



LOCALITÀ CAVERNANO
COMUNE DI CHIANCIANO TERME
PROVINCIA DI SIENA

20
25

elaborato REL-005-GEN
relazione geologica

*Ordinanza Commissariale n. 41 del
09/06/2023 - Intervento 09IR023/CI
Progetto di fattibilità tecnico
economica per i lavori di stabilizzazione
delle sponde del Fosso Cavernano*

committente:
Consorzio di Bonifica 2 Alto Valdarno



Dott. Geol. Michele Sani
Dott. Ing. Alessio Gabbrielli
Dott. Agr. Daniele Menabeni

prima emissione: 04/09/2024

revisione n. 1 del 30/09/2024

TERRA & OPERE S.R.L.

Dr. Geol. Gabriele Paolini
Dr. Geol. Fabio Picchi
Dr. Geol. Michele Sani

Via G. La Farina, 14, 50132 Firenze
tel. 0552477474 | fax 0550674063
e-mail: terraeopere@terraeopere.com
PEC: terraeopere@pec.terraeopere.com
sito web: www.terraeopere.com

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. FOSSO CAVERNANO	1
2.1. Premessa	1
2.1.1. Generalità	1
2.1.2. Vincoli territoriali	2
2.1.3. Indagini svolte e fasi di lavoro	2
2.2. Relazione geologica	6
2.2.1. Inquadramento geologico	6
2.2.1.1 Depositi marini pliocenici	6
2.2.1.1.a Sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino (FAAb)	7
2.2.1.1.b Sabbie e ghiaie di Casa Morelli (PLIs)	7
2.2.1.2 Depositi olocenici	7
2.2.1.2.a Riporti	7
2.3. Geomorfologia	7
2.4. Idrogeologia	10
2.5. Classi di pericolosità e di fattibilità	11
2.5.1. Pericolosità geologica	11
2.5.2. Pericolosità idraulica	11
2.5.3. Pericolosità sismica locale	11
2.5.4. Fattibilità	15
2.6. Terre e rocce da scavo	15
2.7. Indagini effettuate	16
2.7.1. Campagna geofisica e geognostica (4 dicembre 2023)	16
2.7.2. Risultati delle indagini geofisiche	16
2.7.2.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	16
2.7.3. Risultati delle indagini geognostiche	20
2.7.3.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)	20
2.7.3.1.a Prova penetrometrica statica CPT1	21
2.7.3.1.b Prova penetrometrica statica CPT2	21
2.7.3.2 Prove geotecniche di laboratorio	22
2.8. Prescrizioni ai fini del vincolo idrogeologico	22
2.9. Modello geologico del sottosuolo	23
2.10. Relazione sismica	24
2.10.1. Zona sismica	24
2.10.2. Parametri sismici	24
2.10.2.1 Aspetti generali	24
2.10.2.2 Categoria di sottosuolo	25
2.10.2.3 Categoria topografica	25
2.10.2.4 Parametri dell'azione sismica locale	25
2.10.2.5 Spettri di risposta elastici	28
2.11. Relazione geotecnica	29
2.11.1. Valori caratteristici e modello geotecnico	29
2.11.1.1 Aspetti generali	29
2.11.1.2 Modello geotecnico	30
2.12. Liquefazione	31
2.13. Conclusioni	34

3. TORRENTE DEL RUOTI	35
3.1. Premessa	35
3.1.1. Generalità	35
3.1.2. Ubicazione e catasto	36
3.1.3. Vincoli territoriali	36
3.2. Indagini svolte e fasi di lavoro	36
3.3. Intervento di protezione contro l'erosione spondale	41
3.4. Relazione geologica	41
3.4.1. Inquadramento geologico	41
3.4.1.1 Depositi marini pliocenici	42
3.4.1.1.a Conglomerati marini poligenici PLIb (Zancleano - Piacenziano)	42
3.4.1.1.b Argille e argille siltose grigio – azzurre localmente fossilifere FAA (Zancleano - Piacenziano)	42
3.4.1.1.c Sabbie plioceniche (PLIs)	43
3.4.1.2 Depositi olocenici	43
3.4.2. Geomorfologia	43
3.4.3. Idrogeologia	43
3.4.4. Classi di pericolosità	44
3.4.5. Terre e rocce da scavo	48
3.5. Relazione sismica	48
3.5.1. Zona sismica	48
3.5.2. Parametri sismici	50
3.5.2.1 Aspetti generali	50
3.5.2.2 Categoria di sottosuolo	50
3.5.2.3 Categoria topografica	50
3.5.3. Parametri dell'azione sismica locale	51
3.5.3.1 Spettri di risposta elastici	53
3.6. Relazione geotecnica	54
3.6.1. Modello geologico preliminare del sottosuolo	54
3.6.2. Modello geotecnico preliminare del sottosuolo	54
3.6.2.1 Aspetti generali e valori caratteristici	54
3.6.2.2 Modello geotecnico preliminare	56
4. CONCLUSIONI	57
5. ALLEGATI	58

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione dell'area in cui verrà realizzato l'intervento in progetto, su carta topografica in scala 1:25.000. (Estratto dei Fogli n.309a e 309b, <i>Fonte dei dati: Regione Toscana</i>).	3
Figura 2 - Ubicazione dell'area in cui verrà realizzato l'intervento in progetto (estratto degli elementi 309100 e 309110 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000).	4
Figura 3 - Estratto dal Foglio n. 1 della Mappa Catastale del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena), con evidenziate le particelle in cui verranno realizzati gli interventi in progetto (scala 1:2.000).	5
Figura 4 - Carta geologica dell'area indagata estratta dalla <i>Tavola G.1.1 Carta</i>	

<i>Geologica</i> del Piano Strutturale di Chianciano Terme. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).	8
Figura 5 - Estratto <i>Tavola G.3.1 Carta Geomorfologica</i> del Piano Strutturale di Chianciano Terme. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).	9
Figura 6 - Estratto della Tav. G.7.1 del PS di Chianciano Terme – Carta della pericolosità geologica. Col cerchio blu è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).	12
Figura 7 - Estratto della Tav. G.8.1 del PS di Chianciano Terme – Carta della pericolosità idraulica. Col cerchio rosso è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).	13
Figura 8 - Estratto del PAI “Dissesti Geomorfologici”. Col cerchio blu è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).	14
Figura 9 - Ubicazione delle indagini realizzate.	17
Figura 10 - Ubicazione delle prove penetrometriche CPT.	18
Figura 11 - Ubicazione dello stendimento MASW.	18
Figura 12 - Sismogrammi e spettri di velocità relativi alle onde di Rayleigh.	19
Figura 13 - Curve di dispersione e picking sugli spettri di velocità delle onde di Rayleigh.	19
Figura 14 - Modello sismostratigrafico interpretativo, con spessore e velocità intervallare dei sismostrati individuati.	20
Figura 15 - Spettri di risposta elastici per le componenti orizzontale e verticale, per ciascun stato limite.	29
Figura 16 - Fuso granulometrico del campione CPT2-C1 (2.0-2.50 m p.c.).	34
Figura 17 - Vista dell'area di intervento ubicata nei pressi del Comune di Chianciano Terme– Provincia di Siena lungo il Torrente del Ruoti su immagine estratta da Google Earth PRO (data foto 13 febbraio 2024).	35
Figura 18 - Ubicazione su carta topografica in scala 1:25.000 dell'area oggetto della presente, posta lungo il Torrente del Ruoti nel territorio del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena). Estratto dal Foglio n. 309b, Fonte dei dati Regione Toscana.	37
Figura 19 - Ubicazione su estratti di mappa catastale dell'area di progetto (scala 1:2.000).	38
Figura 20 - Vincolo paesaggistico di cui alla lettera c del comma 1 dell'art. 142 del D.Lgs. 42/2004, fiumi, torrenti e corsi d'acqua (da Geoscopio - scala 1:10.000).	39
Figura 21 - Vincolo paesaggistico di cui al Decreto Ministeriale 21 novembre 1995 (da Geoscopio - scala 1:10.000).	40
Figura 22 - Carta geologica dell'area indagata. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).	45
Figura 23 - Estratto <i>Tavola G.3.1 Carta Geomorfologica</i> del Piano Strutturale di Chianciano Terme. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).	46
Figura 24 - Estratto del PAI “Dissesti Geomorfologici”. Col cerchio blu è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).	49
Figura 25 - Spettri di risposta elastici per le componenti orizzontale e verticale, per ciascun stato limite.	55
Figura 26 - Risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi S1 e S2 realizzati in loc. S. Albino (Montepulciano).	56
Figura 27 - Risultati delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio S1 e S2	

realizzati in loc. S. Albino (Montepulciano).	56
Figura 28 - Modello geotecnico preliminare di riferimento per l'area attraversata dal tratto del Torrente del Ruoti, basato sui risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi S1 e S2 realizzati in loc. S. Albino (Montepulciano).	57

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Tabella delle permeabilità delle unità presenti nell'area rilevata.	10
Tabella 2 - Modello geotecnico.	32
Tabella 3 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione.	33
Tabella 4 - Tabella delle permeabilità per porosità primaria e per porosità secondaria delle unità presenti nell'area rilevata.	44

* * *

1. INTRODUZIONE

La presente, redatta su incarico del Consorzio di Bonifica 2 Alto Valdarno con sede in Via E.Rossi, 2/L in Arezzo, a seguito dell'Ordinanza Commissariale n. 41 del 9 giugno 2023, rappresenta la Relazione geologica dell'opera relativa all'intervento 09IR023/CI Progetto di fattibilità tecnico economica per i lavori di stabilizzazione delle sponde del Fosso Cavernano nel territorio del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena) e riguarda due diversi tratti di corsi d'acqua del bacino del Fosso Cavernano denominati rispettivamente Fosso Cavernano e Torrente del Ruoti che sono illustrati uno di seguito all'altro.

2. FOSSO CAVERNANO

2.1. Premessa

2.1.1. Generalità

La presente relazione geologica è stata redatta nell'ambito dell'istanza di autorizzazione ai fini del Vincolo Idrogeologico, ai sensi del Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923, n. 3267 avente come oggetto *Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani*, della Legge Regionale 21 marzo 2000 n. 39 avente come oggetto *Legge forestale della Toscana* (successive modifiche e integrazioni) e del Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Toscana 8 agosto 2003 n. 48/R avente come oggetto *Regolamento di attuazione della L.R. 21 marzo 2000 n° 30 "Legge Forestale della Toscana"*. (e successive modifiche e integrazioni), presentata dal Consorzio di Bonifica 2 Alto Valdarno in merito al progetto riguardante gli interventi di stabilizzazione delle sponde del Fosso Cavernano (figura 1 e 2), da attuare nel territorio del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena). Per la realizzazione dell'intervento in esame si è reso necessario uno studio specifico delle caratteristiche geologiche (stratigrafiche, litologiche e giaciture), idrogeologiche (di circolazione dell'acqua di sottosuolo), idrauliche, geomorfologiche e di stabilità dell'area interessata, oltre che geotecniche, che permetta di escludere la presenza di limitazioni alla fattibilità delle opere per problematiche geologiche e geotecniche. L'area d'intervento è compresa interamente nel Foglio n. 1 della Mappa Catastale del Comune di

Chianciano Terme (Provincia di Siena). Le Particelle catastali interessate dall'erosione e quindi dall'intervento sono la n. 11 e 25 (fig. 3).

2.1.2. Vincoli territoriali

L'area in cui verrà realizzato l'intervento in progetto risulta sottoposta ai seguenti vincoli:

- Vincolo Idrogeologico ai sensi del Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923, n. 3267 avente come oggetto Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani, della Legge Regionale 21 marzo 2000 n. 39 avente come oggetto Legge forestale della Toscana e del Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Toscana 8 agosto 2003 n. 48/R avente come oggetto *Regolamento forestale della Toscana*;
- vincolo paesaggistico ai sensi del D.lgs n. 42 del 2004 *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (lettera g dell'art. 142 del suddetto decreto concernente *i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento*);
- vincolo paesaggistico ai sensi del D.lgs n. 42 del 2004 *Codice dei beni culturali e del paesaggio* (lettera h dell'art. 142 del suddetto decreto riguardante *le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici*).

2.1.3. Indagini svolte e fasi di lavoro

La presente relazione geologica, è stata basata sul risultato di alcune indagini sia geognostiche che geofisiche effettuate nell'area di intervento ed è stata articolata secondo le seguenti fasi di lavoro:

- consultazione degli elaborati costituenti gli studi geologici facenti parte del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Chianciano Terme, approvato con D.C.C. n. 74 del 9 dicembre 2013, per quanto riguarda in particolare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geologico tecnici e di pericolosità;
- presa visione degli elaborati presenti nel Piano Operativo del Comune di Chianciano Terme;
- svolgimento di alcuni sopralluoghi per prendere visione dell'area e per comprendere le caratteristiche geologiche e geomorfologiche;

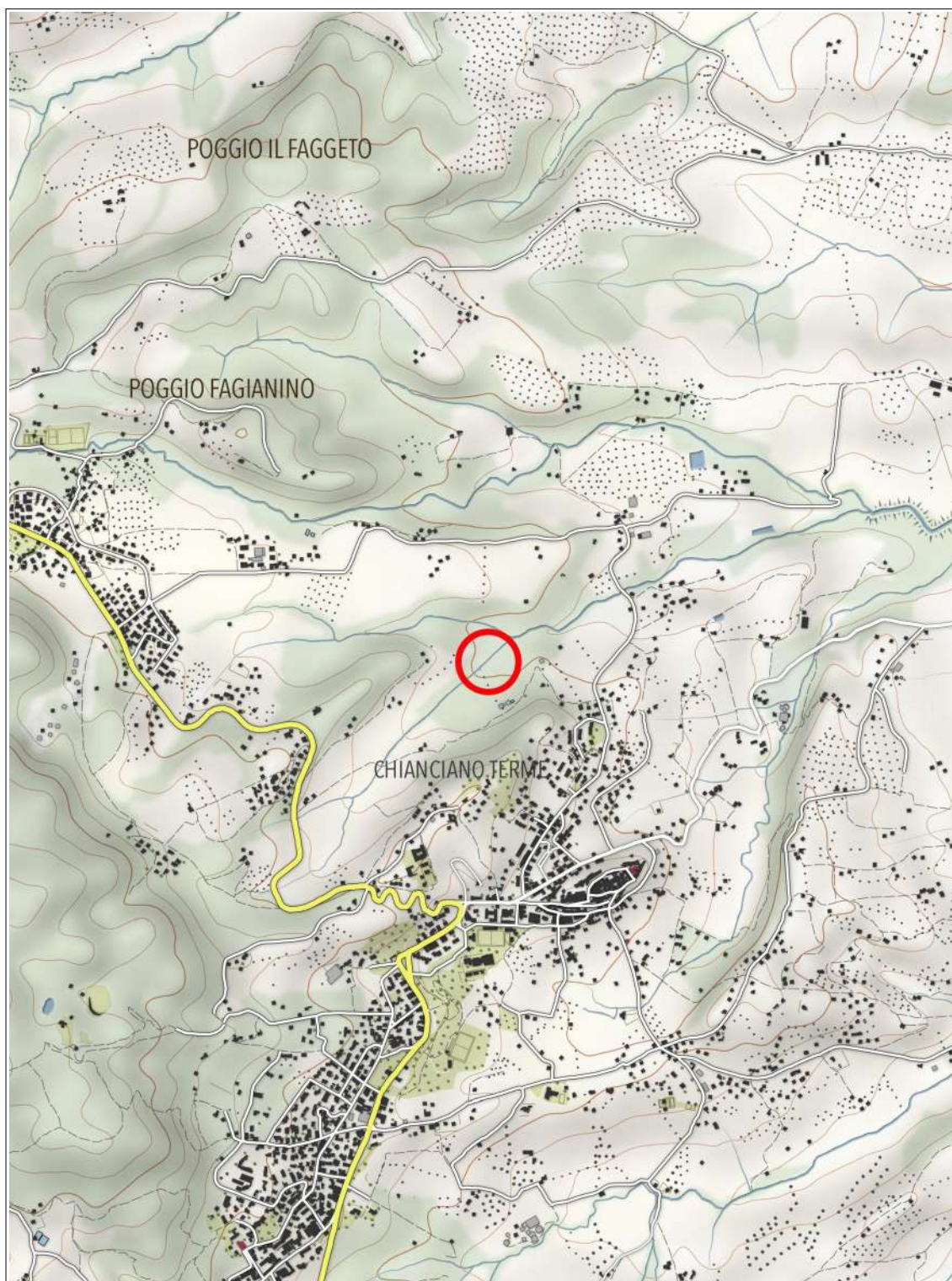


Figura 1 - Ubicazione dell'area in cui verrà realizzato l'intervento in progetto, su carta topografica in scala 1:25.000. (Estratto dei Fogli n.309a e 309b, Fonte dei dati: Regione Toscana).

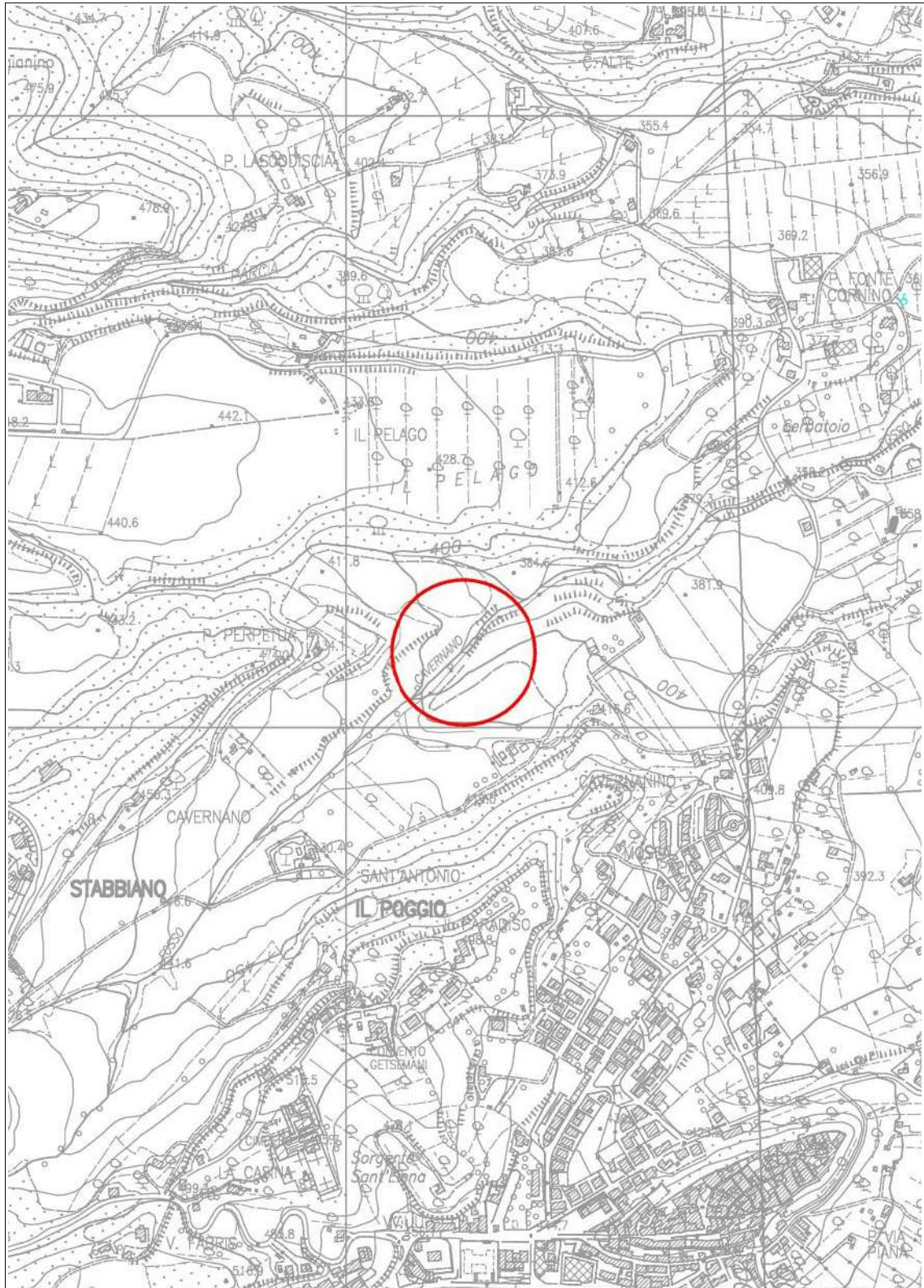


Figura 2 - Ubicazione dell'area in cui verrà realizzato l'intervento in progetto (estratto degli elementi 309100 e 309110 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000).

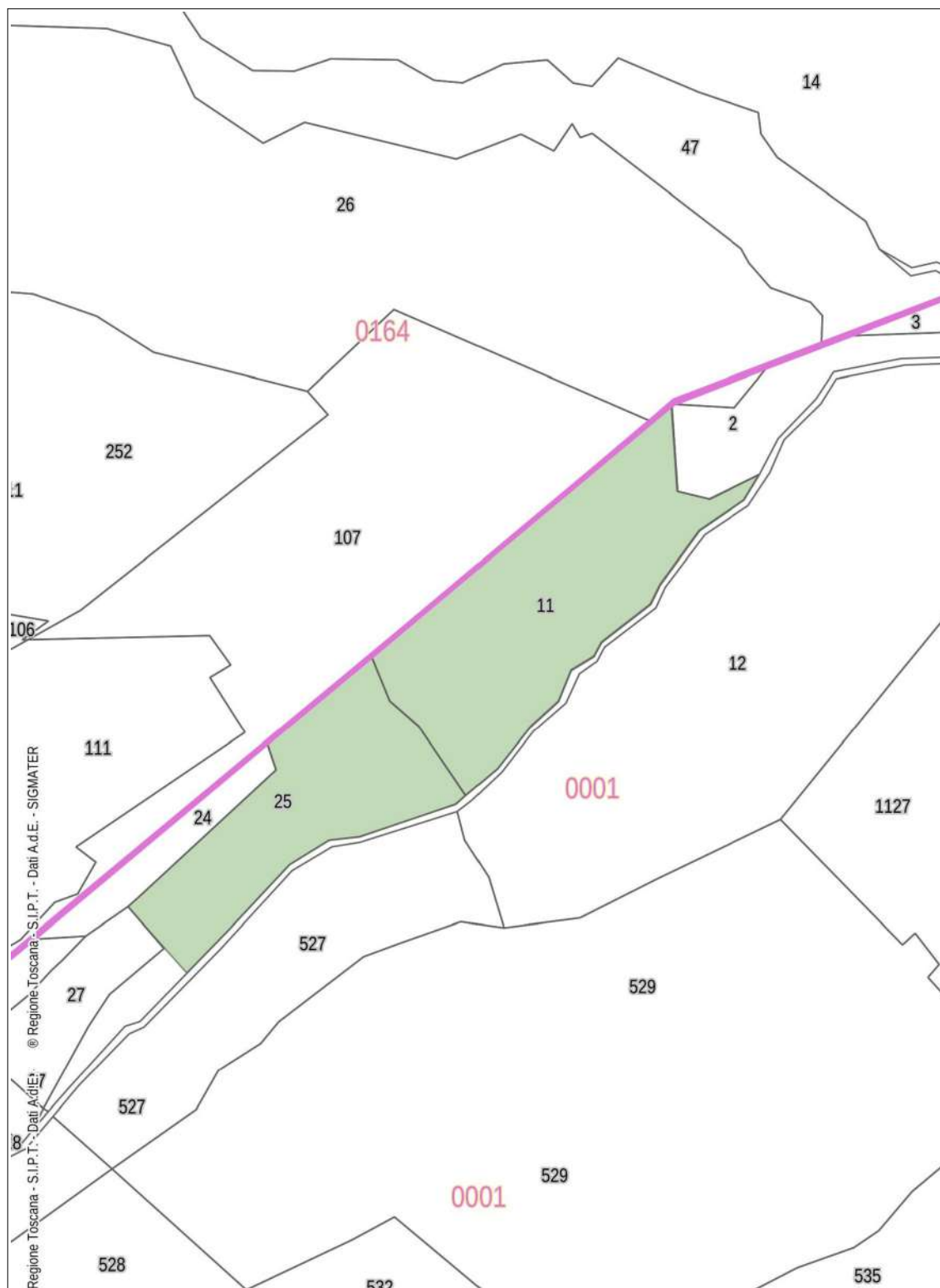


Figura 3 - Estratto dal Foglio n. 1 della Mappa Catastale del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena), con evidenziate le particelle in cui verranno realizzati gli interventi in progetto (scala 1:2.000).

- realizzazione di una specifica campagna geognostica e geofisica consistente nello svolgimento di due prove penetrometriche statiche (CPT1 e CPT2) e una prova sismica consistente nella realizzazione di uno stendimento di Multichannel Analysis of Surface Waves (in seguito MASW);
- assistenza tecnica alla Direzione Lavori per le suddette indagini geognostiche e geofisiche;
- consultazione dei dati a disposizione ricavati da alcuni lavori precedenti svolti nelle aree limitrofe.

2.2. Relazione geologica

2.2.1. Inquadramento geologico

Il presente progetto degli interventi di stabilizzazione delle sponde del Fosso Cavernano interessa, oltre i Depositi Olocenici (costituiti da riporti [h]), i Depositi Marini Pliocenici, rappresentati dalle *Sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino* [FAAb] e dalle *Sabbie e ghiaie di Casa Morelli* [PLIs]. La carta geologica dell'area è riportata in figura 4 ed è stata realizzata utilizzando la *Tavola G.1.1 Carta Geologica* del Piano Strutturale di Chianciano Terme.

Nei paragrafi seguenti si descrivono le formazioni geologiche presenti (dalla più antica alla più recente).

2.2.1.1 Depositi marini pliocenici

In Toscana, durante il Pliocene (Zancleano - Piacenziano), si è verificata una trasgressione marina molto importante. La sedimentazione avvenuta non mostra ovunque caratteri uniformi e quindi in alcune aree si rinviene un unico ciclo sedimentario mentre in altre se ne possono osservare almeno due separati tra di loro da una fase di emersione. Il cosiddetto primo ciclo inizia nel Pliocene inferiore e si chiude o nel Pliocene inferiore oppure, in altre aree, nel Pliocene medio. La trasgressione del secondo ciclo, iniziata generalmente nel Pliocene medio, coinvolge anche aree che non erano state coinvolte dalla sedimentazione durante il primo ciclo. Con il Pliocene medio avviene che la sedimentazione marina termina contemporaneamente in tutta la Toscana; in alcune zone la sedimentazione continua ma con modalità di deposizione di ambiente francamente continentale.

2.2.1.1.a Sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino (FAAb)

Sono sabbie e sabbie argillose di colore giallastro con Pectinidi ed in subordine livelli e lenti di ghiaia. Affiorano ad est dell'abitato di Chianciano Terme e nei pressi dell'area di intervento.

L'età è riferibile all'intervallo Zancleano - Piacenziano (Pliocene).

2.2.1.1.b Sabbie e ghiaie di Casa Morelli (PLIs)

Sono sabbie di colore giallo ocra e con dimensione dei granuli da grossolana a media, raramente fine, con livelli molto addensati e/o cementati e con livelli e lenti di ghiaia e conglomerati poligenici. Costituiscono la parte sommitale dei rilievi collinari su cui sono sorti i centri abitati di Chiusi, Chianciano, Montepulciano, Pienza e Torrita. Le sabbie si presentano quasi sempre a laminazione piano parallela con lamine distanti tra loro da 5 a 10 cm.

Sono risultate abbondanti le macrofaune, con presenza predominante di Ostreidi e Pectinidi.

L'età è Zancleano - Piacenziano (Pliocene).

2.2.1.2 Depositi olocenici

2.2.1.2.a Riporti

Si tratta di depositi di origine antropica derivanti da attività di discarica, come quelli presenti nei pressi dell'area di studio. L'età è Olocene.

2.3. Geomorfologia

L'area di indagine, in cui saranno eseguiti i lavori in progetto, è situata a nord-est dell'abitato di Chianciano Terme, in una zona prettamente collinare, con una quota variabile tra circa 385 e 410 m s.l.m.. Il fosso Cavernano, oggetto di intervento, è posto in una piccola valle piuttosto stretta generata nel tempo dal fosso stesso, erodendo i depositi plio-pleistocenici di natura prevalentemente argillosa-limosa-sabbiosa. Immediatamente a destra idrografica è situata una discarica di rifiuti che, anche a causa della presenza del fosso al piede della stessa, mostra in alcune zone segnali di instabilità.

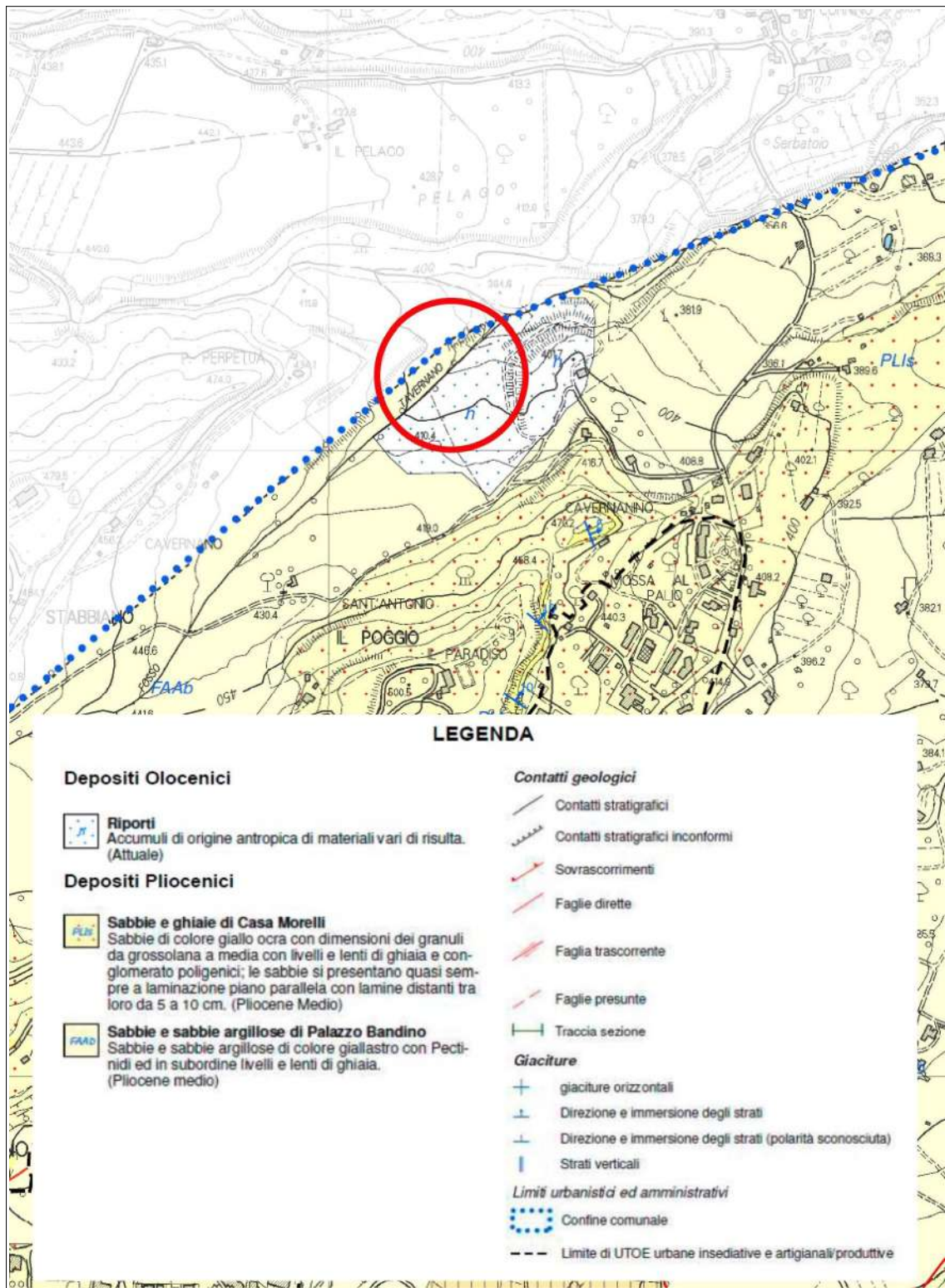


Figura 4 - Carta geologica dell'area indagata estratta dalla *Tavola G.1.1 Carta Geologica* del Piano Strutturale di Chianciano Terme. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).

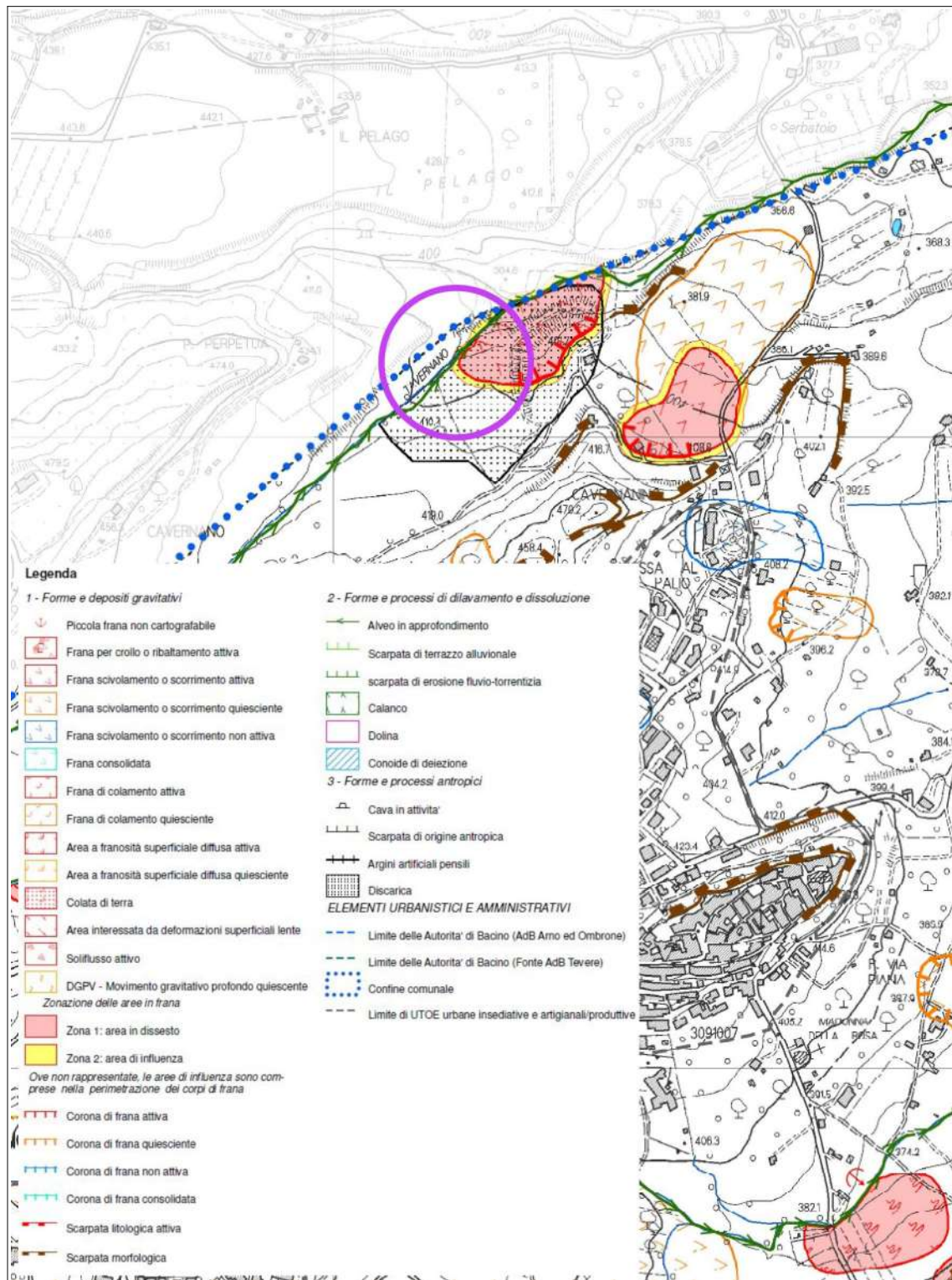


Figura 5 - Estratto Tavola G.3.1 Carta Geomorfologica del Piano Strutturale di Chianciano Terme. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).

Questa è testimoniata anche dalla presenza di un fenomeno gravitativo, classificato come “frana di scivolamento o scorrimento attiva” nella Carta Geomorfologica riportata nel Piano Strutturale di Chianciano Terme (figura 5) e come “frana di scivolamento e colata lenta attiva” nel Piano per l'Assetto Idrogeologico del Piano di Bacino (PAI). L'intervento in oggetto tuttavia non andrà a influire negativamente sulla stabilità del versante ma piuttosto, spostando il corso d'acqua di qualche metro dal piede della discarica e realizzando una scogliera in destra idrografica, si andrebbe piuttosto a migliorare tale situazione.

2.4. Idrogeologia

Per una corretta analisi territoriale, lo studio idrogeologico è opportuno. Per un adeguato studio idrogeologico il primo passo è quello di procedere all'individuazione della permeabilità K delle rocce e dei terreni affioranti, in quanto da questa dipendono la distribuzione e la circolazione idrica del sottosuolo. La permeabilità dei terreni affioranti nell'area non è stata misurata né in laboratorio né in campo, ma stimata sulla base degli elementi da cui dipende (densità del reticolo idrografico, distribuzione e portata delle sorgenti, litologia delle formazioni geologiche, informazioni derivate dai pozzi e strutture delle formazioni geologiche). Le classi di permeabilità derivate da questa analisi non forniscono i valori del coefficiente di permeabilità k, ma indicazioni di tipo qualitativo (tabella 1). I terreni affioranti nell'area sono caratterizzati da permeabilità per porosità primaria, acquisita durante la loro formazione. La misura del livello piezometrico effettuata nel piezometro installato in seguito alla prova penetrometrica CPT2, non ha rilevato presenza di acqua lungo la profondità indagata (-10 m da p.c.).

<i>Permeabilità per porosità primaria</i>		<i>Permeabilità per porosità secondaria</i>	
1 – molto alta	-	a – molto alta	-
2 - alta	aa	b - alta	F1b
3 – media	PLIs, PLIb, b2a	c – media	-
4 - bassa	h1	d - bassa	-
5 – molto bassa	-	e – molto bassa	-

Tabella 1 - Tabella delle permeabilità delle unità presenti nell'area rilevata.

2.5. Classi di pericolosità e di fattibilità

2.5.1. Pericolosità geologica

La cartografia di supporto al Piano Strutturale del Comune di Chianciano Terme, approvato con D.C.C. n. 74 del 9 dicembre 2013, e in particolare la tavola G.7.1 – Carta della Pericolosità Geologica, classifica l'area in cui verrà realizzato l'intervento di progetto in classe di pericolosità geologica G.4 – pericolosità geologica molto elevata per quanto riguarda la parte settentrionale ed in classe di pericolosità geologica G.3 – pericolosità geologica elevata per quanto riguarda quella meridionale (fig. 6).

La parte settentrionale dell'area di intervento è classificata in classe P4 “pericolosità molto elevata” negli elaborati grafici del Piano per l'Assetto Idrogeologico del Piano di Bacino (PAI), come mostrato nella figura 8. Nell'allegato F si riporta l'asseverazione del progettista, ai sensi dell'art. 8 comma 1 della Delibera n. 40 del 28 marzo 2024 (adozione delle misure di salvaguardia).

2.5.2. Pericolosità idraulica

La cartografia di supporto al Piano Strutturale del Comune di Chianciano Terme, approvato con D.C.C. n. 74 del 9 dicembre 2013, e in particolare la tavola G.8.1 – Carta della Pericolosità Idraulica, classifica l'area in cui verrà realizzato l'intervento di progetto in classe di pericolosità idraulica I.3 – Aree a Pericolosità idraulica elevata (fig. 7).

Nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, l'area di intervento non risulta classificata in alcuna classe di pericolosità.

2.5.3. Pericolosità sismica locale

La cartografia di supporto al Piano Strutturale del Comune di Chianciano Terme, approvato con D.C.C. n. 74 del 9 dicembre 2013, e in particolare la tavola G.10.1a – Carta della pericolosità sismica, non classifica l'area in cui verrà realizzato l'intervento di progetto in alcuna classe di pericolosità sismica, in quanto questa ricade al di fuori delle aree studiate per la Microzonazione Sismica.

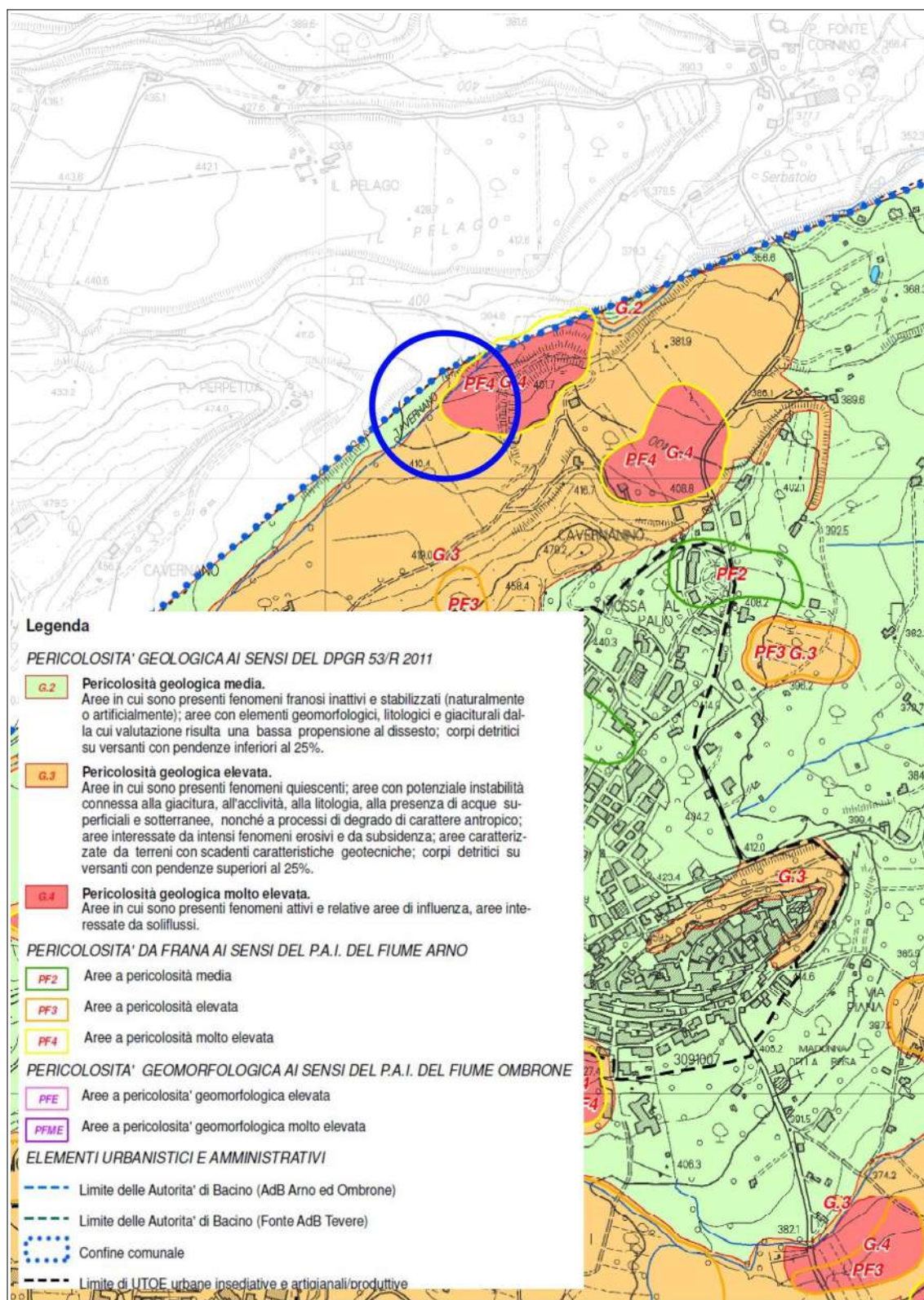


Figura 6 - Estratto della Tav. G.7.1 del PS di Chianciano Terme – Carta della pericolosità geologica. Col cerchio blu è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).

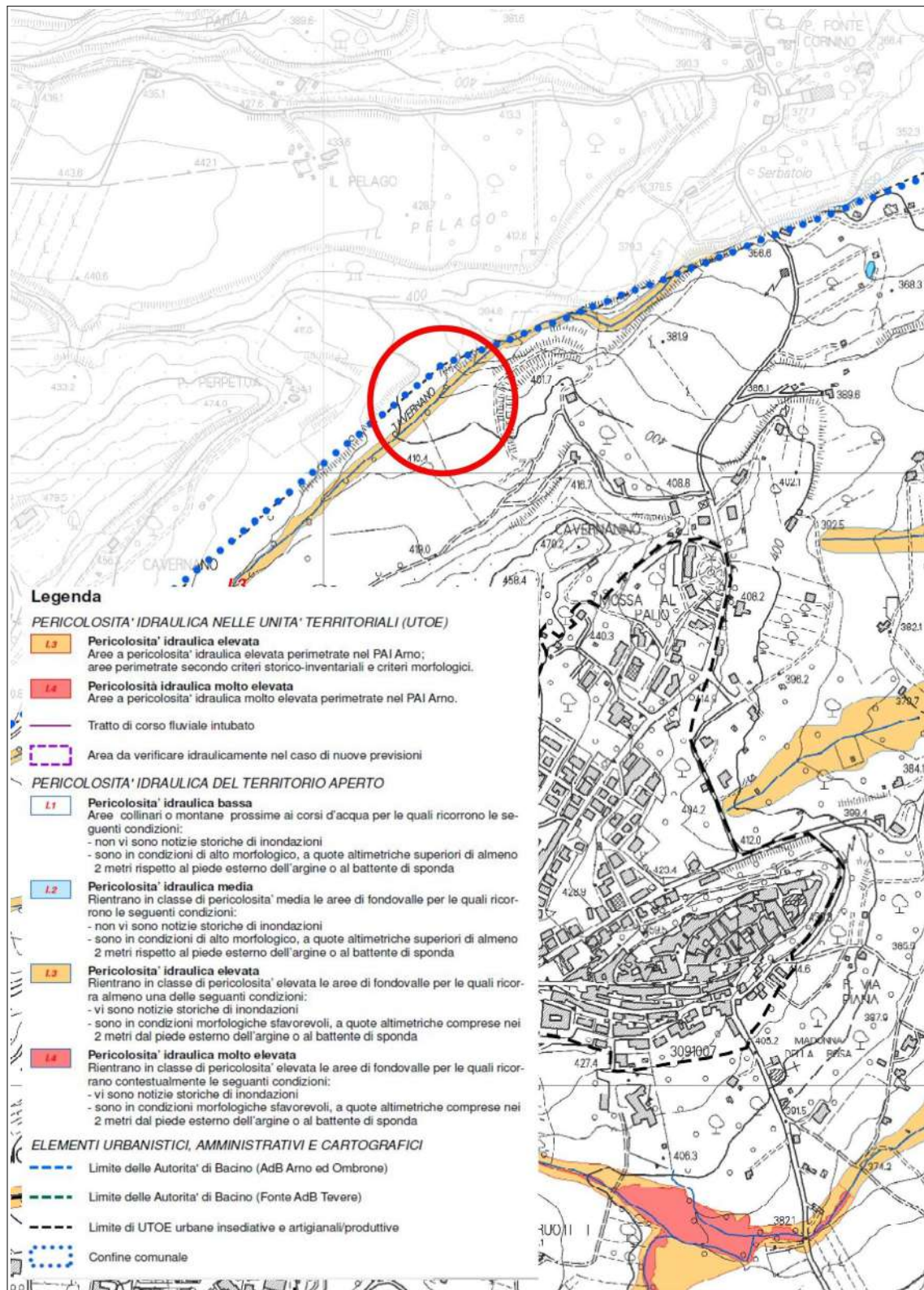


Figura 7 - Estratto della Tav. G.8.1 del PS di Chianciano Terme – Carta della pericolosità idraulica. Col cerchio rosso è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).

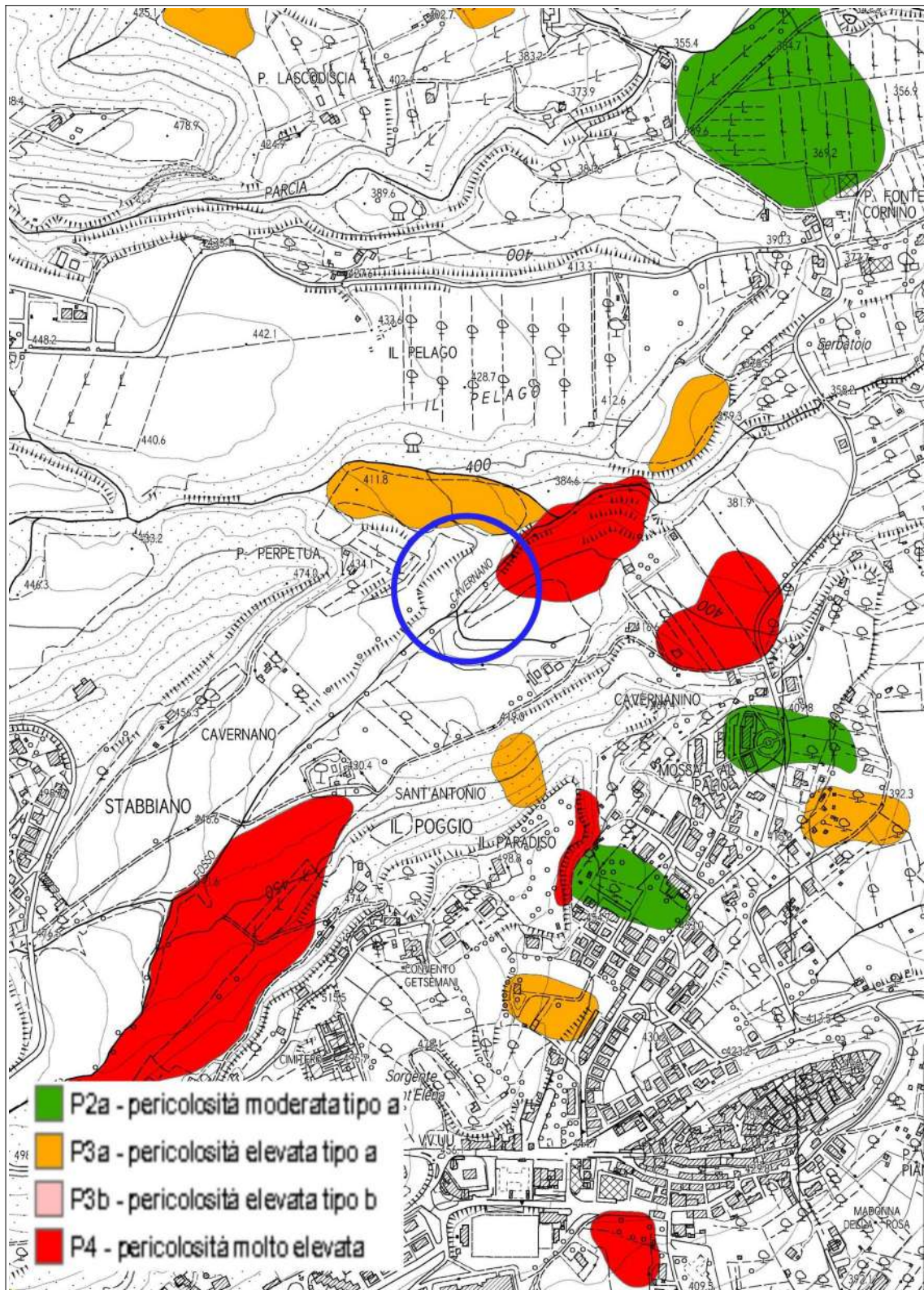


Figura 8 - Estratto del PAI "Dissesti Geomorfologici". Col cerchio blu è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).

2.5.4. Fattibilità

Considerati tutti gli aspetti che caratterizzano l'area di progetto, l'intervento può essere classificato, ai sensi del Piano Operativo del Comune di Chianciano Terme ed in particolare degli abachi presenti nella *Relazione di Fattibilità*, nelle seguenti classi di fattibilità:

- fattibilità geologica FG.4, limitata;
- fattibilità idraulica FI.3, condizionata;
- fattibilità sismica non presente.

2.6. Terre e rocce da scavo

Il materiale che sarà scavato per predisporre il nuovo alveo del Fosso Cavernano, il cui tratto in esame verrà spostato di alcuni metri verso nord, saranno completamente riutilizzate in sito per andare a colmare il tratto di corso d'acqua che verrà dismesso. Le terre e rocce da scavo saranno quindi gestite escludendole dal regime di rifiuto di cui alla parte IV del D.Lgs. 152/2006, secondo la lettera c) del comma 1 dell'art. 185 del D.Lgs. 185/2006 che tra le esclusioni dell'ambito di applicazione della parte IV del D.Lgs. 152/2006 recita il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato, le ceneri vulcaniche, laddove riutilizzate in sostituzione di materie prime all'interno di cicli produttivi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana e del comma 1 dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017. Allo scopo di dimostrare la non contaminazione delle terre e rocce da scavo sono stati prelevati n. 4 campioni in due punti di campionamento (figura 9).

I campioni sono stati prelevati uno nel primo metro e uno nel secondo metro e sono risultati tutti conformi alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

I risultati analitici sono riportati nell'allegato E.

2.7. Indagini effettuate

2.7.1. Campagna geofisica e geognostica (4 dicembre 2023)

Per lo studio delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e meccaniche dei terreni presenti nell'area di intervento, in data 4 dicembre 2023 sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche (figura 9):

- n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT), eseguite dall'impresa *Geognostica Fiorentina S.r.l.* di Scandicci (FI), ubicate come mostrato in figura 10;
- un rilievo sismico MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), indagine sismica di tipo attivo basata sull'analisi della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh, eseguita dall'impresa *Geognostica Fiorentina S.r.l.* di Scandicci (FI), ubicata come in figura 11;
- il prelievo di un campione indisturbato, tramite penetrometro, in corrispondenza della prova CPT 2, alla profondità di 2,0 m dal piano di campagna (sono stati carotati circa 30 cm di terreno).

2.7.2. Risultati delle indagini geofisiche

2.7.2.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

La campagna di indagini, svolta in data 4 dicembre 2023, ha previsto la realizzazione di un rilievo MASW immediatamente in sinistra idrografica del fosso Cavernano. Questa prova è stata condotta dall'impresa *Geognostica Fiorentina S.r.l.* di Scandicci (FI) ed è ubicata come mostrato nelle figure 9 e 11.

La relazione sismica completa è riportata in allegato A.

L'indagine, prova sismica di tipo attivo, è basata sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in un sismogramma realizzato per mezzo di una energizzazione sismica artificiale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

La metodologia MASW consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S.

In base ai dati acquisiti e al relativo sismogramma, si determina lo spettro di velocità (figura 12) sul quale si identifica la curva di dispersione (figura 13).

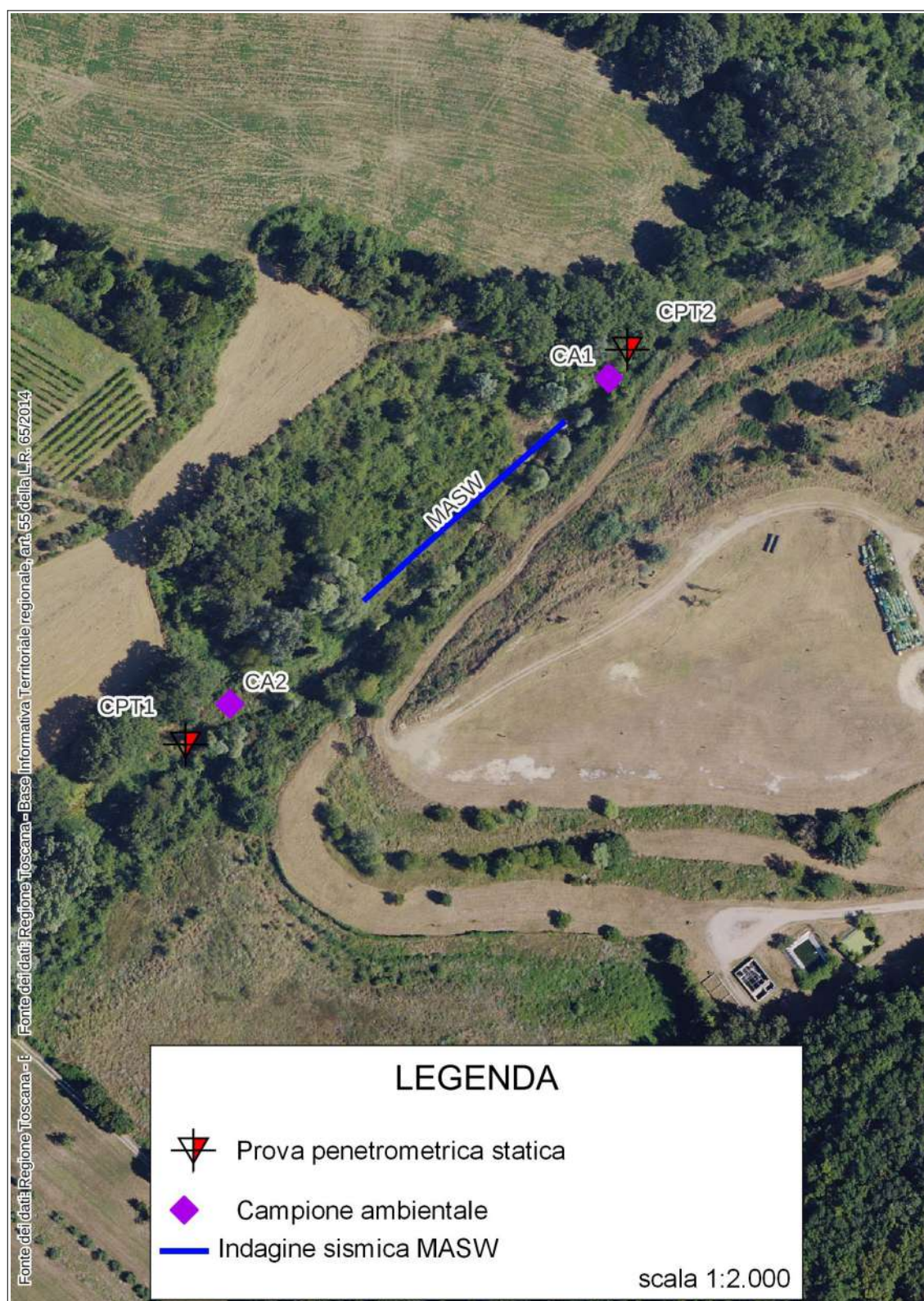


Figura 9 - Ubicazione delle indagini realizzate.



Figura 10 - Ubicazione delle prove penetrometriche CPT.



Figura 11 - Ubicazione dello stendimento MASW.

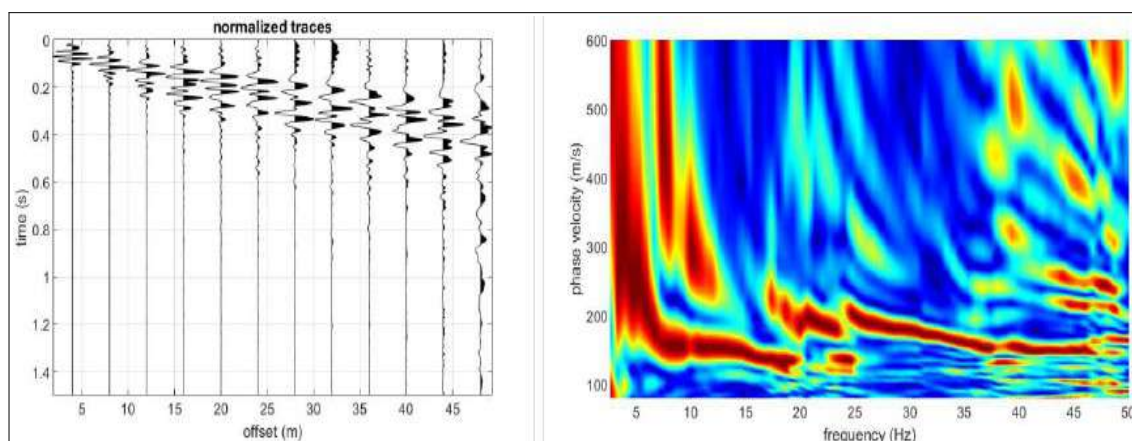


Figura 12 - Sismogrammi e spettri di velocità relativi alle onde di Rayleigh.

Il profilo verticale della velocità delle onde S è quindi ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Il modello sismostratigrafico interpretativo del processo di inversione è mostrato in figura 14 e mostra un incremento progressivo e costante della Vs da piano di campagna (80 - 110 m/s) fino a 25 m p.c. (290 m/s) e terminando nel semi-spazio con una Vs pari a 370 m/s (profondità > 25 m da p.c.) senza importanti e brusche variazioni della Vs stessa.

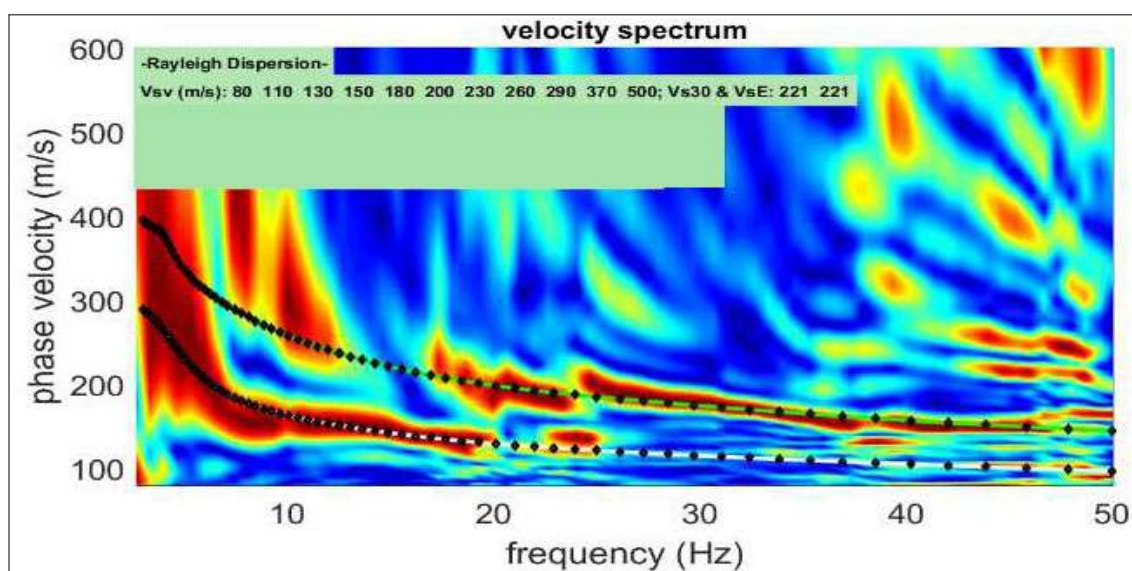


Figura 13 - Curve di dispersione e picking sugli spettri di velocità delle onde di Rayleigh.

Il valore della $V_{s,eq}$ (ai sensi delle NTC 2018) è risultato pari a 221 m/s (con riferimento al piano campagna):

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

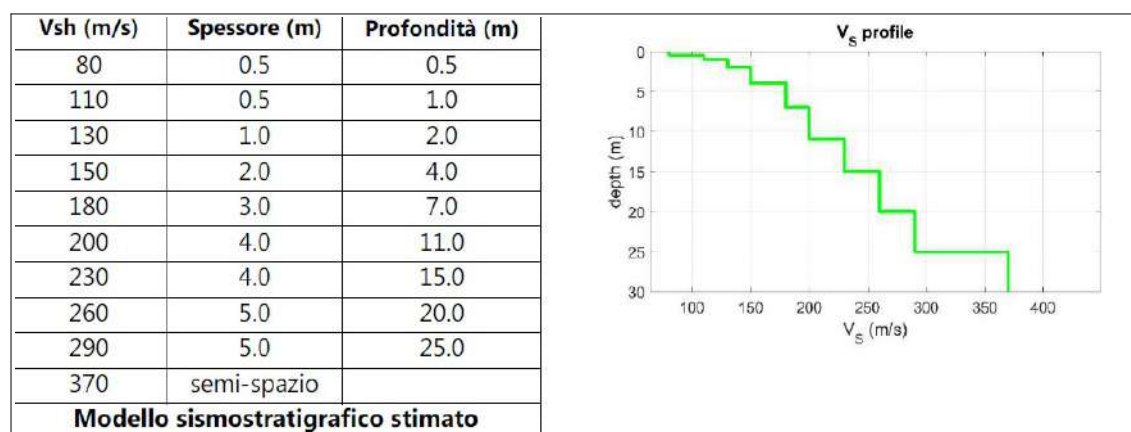


Figura 14 - Modello sismostratigrafico interpretativo, con spessore e velocità intervallare dei sismostrati individuati.

2.7.3. Risultati delle indagini geognostiche

2.7.3.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)

In data 4 dicembre 2023 Geognostica Fiorentina S.r.l. di Scandicci (Firenze) ha realizzato due prove penetrometriche statiche (CPT1 e CPT2) spinte rispettivamente fino alle profondità di 4,60 m e 10 m da p.c.

Le prove sono ubicate come mostrato nelle figure 9 e 10. I risultati della prova sono riportati in allegato B.

Nei paragrafi successivi saranno descritte le prove e le relative interpretazioni sulle verticali eseguite.

- Penetrometro e modalità esecutive

L'apparecchiatura utilizzata è un penetrometro statico-dinamico Pagani TG 63-200, allestito sia per prove statiche (CPT, Cone Penetration Test) che

dinamiche (DPSH, Super Heavy Dynamic Probing).

- Prova penetrometrica statica

Il principio sul quale si basa la prova penetrometrica statica (CPT, Cone Penetration Test) è quello della misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica (angolo al vertice 60° , \varnothing 3.67 cm, sezione 10 cm^2) munita di un manicotto mobile (lunghezza 133 mm, \varnothing 3.67 cm, superficie 150 cm^2) infissa a velocità costante nel terreno.

La prova viene eseguita misurando i valori di resistenza alla penetrazione offerta dal terreno ogni 20 cm (resistenza alla punta, qc; resistenza di attrito laterale, fs; resistenza totale, Rt), facendo avanzare alternativamente la punta e il rivestimento alla velocità costante di 2.0 cm/sec.

I risultati delle prove penetrometriche statiche sono rappresentati da tabelle e diagrammi, nei quali sono riportati i valori delle letture della resistenza di punta qc (kg/cm^2) e la resistenza di attrito laterale fs (Kg/cm^2). Sono inoltre riportate le interpretazioni litologiche secondo Begemann e Schmertmann.

2.7.3.1.a Prova penetrometrica statica CPT1

La prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT1) è stata eseguita fino alla profondità di 4.60 m p.c., raggiungendo a tale profondità una resistenza alla punta "qc" di 360 kg/cm^2 . In questo spessore di terreno si è rilevato:

- intervallo 0 – 3,20 m da p.c.
 - valore medio della resistenza alla punta (qc) pari a ca. 16 kg/cm^2 ;
 - valore medio della resistenza laterale (fs) pari a ca. $1,0 \text{ kg/cm}^2$;
- intervallo 3,20 – 4,40 m da p.c.
 - valore medio della resistenza alla punta (qc) pari a ca. $28,8 \text{ kg/cm}^2$;
 - valore medio della resistenza laterale (fs) pari a ca. $2,3 \text{ kg/cm}^2$.

2.7.3.1.b Prova penetrometrica statica CPT2

La prova penetrometrica statica meccanica (CPT 2) ha raggiunto la profondità di infissione di 10,0 m p.c.. In questo spessore di terreno si è rilevato:

- intervallo 0 – 3,60 m da p.c.

- valore medio della resistenza alla punta (q_c) pari a ca. 11,7 kg/cm²;
- valore medio della resistenza laterale (f_s) pari a ca. 0,8 kg/cm²;
- intervallo 3,60 – 9,40 m da p.c.
 - valore medio della resistenza alla punta (q_c) pari a ca. 56 kg/cm²;
 - valore medio della resistenza laterale (f_s) pari a ca. 3,9 kg/cm²;
- intervallo 9,40 – 10,0 m da p.c.
 - valore medio della resistenza alla punta (q_c) pari a ca. 135 kg/cm²;
 - valore medio della resistenza laterale (f_s) pari a ca. 6,5 kg/cm².

2.7.4. Prove geotecniche di laboratorio

Durante la realizzazione della campagna penetrometrica è stato prelevato un campione indisturbato di terreno con fustella a pareti sottili tipo Shelby, alla profondità di 2.0 m p.c. da una verticale di indagine posta in corrispondenza della prova CPT2 (quota circa 392,3 m.s.l.m.). Questo è poi stato inviato al laboratorio Terra s.n.c. di Papiano, Marsciano (Provincia di Perugia) per l'esecuzione delle seguenti prove geotecniche:

- descrizione e identificazione del campione (ASTM D 2488);
- determinazione del peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D);
- prova di compressione non confinata con espansione laterale libera con rilievo della curva di deformazione (ASTM D 2166);
- prova di consolidazione edometrica in unico ciclo di carico e scarico su provino, con determinazione di c_v , K e m_v (ASTM D 2435);
- prova di taglio diretto consolidato drenato C.D. (ASTM D 3080).

I risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sono visibili nel modulo riassuntivo dei certificati raccolti nell'allegato C.

2.8. Prescrizioni ai fini del vincolo idrogeologico

Come già affermato in premessa l'area in studio è sottoposta al vincolo idrogeologico pertanto la realizzazione degli interventi in progetto è soggetta alle prescrizioni della L.R. 39/2000 ss.mm.ii. e del D.P.G.R. n. 48/R del giorno 8 agosto 2003 ss.mm.ii.. Durante l'esecuzione dei lavori è quindi richiesta la massima attenzione onde evitare che si possano verificare fenomeni di instabilità; oltre a quanto indicato al capitolo precedente, gli interventi sono realizzabili a condizione

che:

- gli scavi non eccedano lo stretto necessario e siano immediatamente ricolmati per evitare ristagni di acqua al loro interno;
- la realizzazione delle opere non comporti il taglio di vegetazione arborea e non causi instabilità del pendio;
- il materiale di risulta dello scavo sia ricollocato in loco, nei terreni della stessa proprietà; a tal fine dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:
 - i) dovrà essere posto al di fuori di ogni fosso o linea di scorrimento delle acque;
 - ii) non dovrà determinare apprezzabili modificazioni di assetto e di pendenza del terreno;
 - iii) il riporto dovrà essere eseguito in strati provvedendo al compattamento del terreno in modo da limitare l'erosione superficiale ed evitare che si verifichino fenomeni di ristagno delle acque;
 - iv) le frazioni litoidi di maggiori dimensioni dovranno essere separate dal materiale terroso al fine di garantire un compattamento e assestamento omogenei; tali materiali lapidei possono essere depositati in loco ma in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque.

I lavori dovranno essere eseguiti secondo le indicazioni del progetto al fine di assicurare che il deflusso delle acque superficiali avvenga senza determinare fenomeni di erosione oppure di ristagno.

2.9. Modello geologico del sottosuolo

Il modello geologico del sottosuolo dell'area di progetto è stato definito in base ai risultati delle indagini realizzate per l'intervento in oggetto.

Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza principalmente dalle sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino [FAAb, § 2.2.1.1.a], con la presenza dominante, nel nostro caso, della parte argillosa-limosa, come dimostrato dai risultati sia delle prove geognostiche che del campione di laboratorio geotecnico (§ 2.7). Per quanto riguarda la presenza di acqua nel sottosuolo si rimanda a quanto detto al paragrafo 2.4.

2.10. Relazione sismica

2.10.1. Zona sismica

La nuova classificazione sismica è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale della Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, che ha apportato modifiche (per accorpamento di alcuni Comuni) alla classificazione sismica regionale definita con la Delibera della Giunta Regionale della Toscana n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento introdotto con quest'ultima delibera, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 si era reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle NTC e di rendere la classificazione sismica maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto da tali norme. Inoltre, contestualmente all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, è stato approvato il regolamento 58/R del 22 ottobre 2012¹, di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Il Comune di Chianciano Terme (Siena) è inserito nella "zona sismica 3" (in fascia di pericolosità B, contraddistinta da $0,125 < a_g \leq 0,15$ g, secondo il D.P.G.R. 19 gennaio 2022, n. 1/R).

2.10.2. Parametri sismici

2.10.2.1 Aspetti generali

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita tramite un approccio sito-dipendente. Come riportato al § 3.2 del D.M. 18 gennaio 2018 e al § C3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, è possibile fare riferimento all'*Allegato A* del D.M. 14 gennaio 2008 nel quale i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati attraverso le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (nella *Tabella 1 - Allegato B* del medesimo decreto NTC2008 vengono forniti, per ciascuno dei 10.751 nodi della griglia che costituisce il reticolo, i valori di a_g , F_0 e T^*c , per nove valori del periodo di ritorno: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni).

¹ *Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica.*

Nel presente studio si è utilizzato il software fornito da *GeoStru S.r.l.* che permette di calcolare i coefficienti sismici per un generico sito del territorio nazionale. Mediante questo programma, inserendo le coordinate del sito e le caratteristiche progettuali, è possibile ottenere direttamente i parametri relativi al computo dell'azione sismica.

2.10.2.2 Categoria di sottosuolo

Il substrato sismico ($V_s \geq 800$ m/s) non è stato rilevato a una profondità minore di 30 m dal piano di campagna.

In base ai risultati dell'indagine sismica MASW eseguita nell'area di intervento (§ 2.7.2.1) si assegna al sito la **categoria di sottosuolo C** (*“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”* - da Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018 e § C3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019).

2.10.2.3 Categoria topografica

Ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C.3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, al sito di intervento viene assegnata la **categoria topografica T1** (*superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* , Tab. 3.2.III del D.M. 17 gennaio 2018), alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1,0 (Tab. 3.2.V del decreto suddetto).

2.10.2.4 Parametri dell'azione sismica locale

Per ricavare i valori dei parametri dell'azione sismica locale per l'area di progetto, si è utilizzato il programma fornito da *GeoStru S.r.l.* assegnando le seguenti coordinate geografiche (WGS84): **latitudine 43.066835**, **longitudine 11.826905**. Per determinare gli spettri di risposta elastici del sito, tenuto conto degli effetti locali dovuti all'amplificazione sia stratigrafica che topografica, vengono assegnati determinati parametri progettuali. Questi ultimi, per la definizione dell'azione sismica, sono adottati come segue, ai sensi del § 2.4 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C2.4 della Circolare n. 7/2019:

- vita nominale di progetto (V_N) 50 anni (*Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari*);
- classe d'uso II (*Costruzioni il cui uso preveda affollamenti normali*);
- coefficiente d'uso (C_U) pari a 1;
- vita o periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_R = V_N * C_U$) pari a 50 anni.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 43,067804

longitudine: 11,827864

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 23174	Lat: 43,0723	Lon: 11,7789	Distanza: 4007,150
Sito 2 ID: 23175	Lat: 43,0732	Lon: 11,8473	Distanza: 1691,652
Sito 3 ID: 23397	Lat: 43,0233	Lon: 11,8487	Distanza: 5234,741
Sito 4 ID: 23396	Lat: 43,0223	Lon: 11,7803	Distanza: 6369,770

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,050 g

Fo: 2,522

Tc*: 0,254 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,061 g

Fo: 2,551

Tc*: 0,265 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,144 g
Fo: 2,471
Tc*: 0,284 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,183 g
Fo: 2,458
Tc*: 0,287 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,008
Amax: 0,741
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,630
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,901
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,490
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,052
Kv: 0,026
Amax: 2,106
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,430
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,063

Kv: 0,031
 Amax: 2,565
 Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.066835

longitudine: 11.826905

2.10.2.5 Spettri di risposta elastici

In figura 15 sono riportati gli spettri di risposta elastici per gli stati limite di progetto (SLE – SLU) ottenuti dal programma fornito da GeoStru S.r.l..

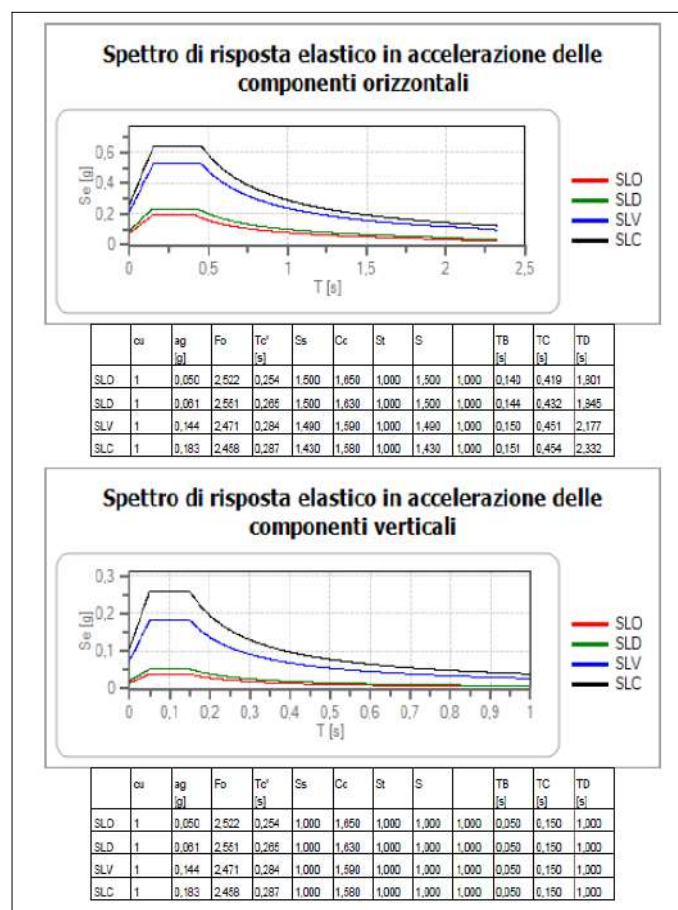


Figura 15 - Spettri di risposta elastici per le componenti orizzontale e verticale, per ciascun stato limite.

2.11. Relazione geotecnica

2.11.1. Valori caratteristici e modello geotecnico

2.11.1.1 Aspetti generali

Secondo l'EuroCodice 7 (EC7), il valore caratteristico è il valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento, per una serie teoricamente illimitata di valori. Significa, quindi, che solo una percentuale di valori, pari alla probabilità prefissata, risulterà inferiore al valore caratteristico.

Con riferimento all'EC7, il valore soglia di probabilità di non superamento è il 5% (5° percentile o frattile). Nelle NTC 2018 per valore caratteristico di un parametro s'intende *una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato (§ 6.2.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C6.2.2 della Circolare n. 7/2019)*. Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire a una scelta corretta dei valori caratteristici appare giustificato, secondo la Circolare, il riferimento a valori prossimi ai *valori medi* quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali, fondazioni su pali relativamente alla resistenza laterale, verifiche di stabilità, opere di contenimento, e di scatolari e paramenti in terre rinforzate associati a rilevati stradali), mentre valori prossimi ai *valori minimi* dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (come nel caso di fondazioni su pali relativamente alla resistenza di punta). Per il progetto in questione le NTC indicano l'assunzione, come già accennato, di valori caratteristici prossimi al *valore medio* dei parametri geotecnici (unica deroga a questa assunzione è data dall'adozione di valori caratteristici prossimi ai *minimi* (riferimento al valore del 5° percentile) dei parametri geotecnici per quelle condizioni di rottura localizzata).

2.11.1.2 Modello geotecnico

Prendendo a riferimento il modello geologico definito al paragrafo 2.9, è stato delineato il modello geotecnico del sottosuolo dell'area di intervento. Sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, per il modello geotecnico sono stati identificati i seguenti livelli:

- **livello geotecnico 1a** (da 0,0 a 4.40 m p.c., in CPT1): rappresentato da argilla limosa consistente;
- **livello geotecnico 1b** (da 0,0 a 3,60 m p.c., in CPT2): costituito da argilla limosa poco consistente, con presenza di livelli di torba;
- **livello geotecnico 2** (da 3,60 a 9,40 m p.c., in CPT2): rappresentato da argilla limosa molto consistente;
- **livello geotecnico 3** (> 4,4/9,4 m p.c., in CPT1/CPT2): costituito da argilla limoso-sabbiosa consistente.

Riguardo la presenza d'acqua nel sottosuolo si rimanda a quanto scritto nel paragrafo 2.4.

Nell'allegato D è riportata inoltre una tavola contenente una sezione geologica e geotecnica, passante nell'area oggetto di intervento, nella quale sono riportate le indagini effettuate per il progetto in questione (CPT1, CPT2 e MASW) ed i vari orizzonti geotecnici sui quali poi è stato costruito il relativo modello riportato in tabella 2.

2.12. Liquefazione

Ai sensi del § 7.11.3.4 del D.M. 17 gennaio 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{o1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{o1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

Modello geotecnico e valori caratteristici																					
Interventi di stabilizzazione delle sponde del fosso Cavernano, comune di Chianciano Terme (Si)																					
livello geotecnico					indagini prese a riferimento	Peso vol nat	peso vol sat	φ'	c'	φ'	Cu	Cu	Med	Med (0,5-1 kg/cm²)	Cc (0,5-1 kg/cm²)	Cv (0,5-1 kg/cm²)	K (0,5-1 kg/cm²)	Med (1-2 kg/cm²)	Cc (1-2 kg/cm²)	Cv (1-2 kg/cm²)	k (1-2 kg/cm²)
livello geotecn	subliv geotecn	profondità m p.c. (CPT1/CPT2)	quota m slm (CPT1/CPT2)	descrizione		kN/m3	kN/m3	(°)	(kPa)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	-	(cm2/s)	(cm/s)	(MPa)	-	(cm2/s)	(cm/s)
								TG DIR CD	TG DIR CD	prove penetr	ELL	prove penetr	prove penetr	EDOM	EDOM	EDOM	EDOM	EDOM	EDOM	EDOM	EDOM
1	a	0.0 ÷ 4.4 (CPT1)	401.7 ÷ 397.3	Argilla limosa consistente	CPT1/ CPT2,MASW	18,5	18,8		8	20,6		54	5,9								
	b	0.0 ÷ 3.6 (CPT2)	392.2 ÷ 388.6	Argilla limosa poco consistente, con presenza di livelli di torba	CPT1/ CPT2,MASW	18,1	18,3	22,4	4,2		45,9	40	4,2	3,94	0,085	1,46E-03	3,63E-08	5,05	0,133	1,26E-03	2,45E-08
2		3.6 ÷ 9.4 (CPT2)	388.6 ÷ 382.8	Argilla limosa molto consistente	CPT1/ CPT2,MASW	18,3	18,6		15	20,4		127	15								
3		> 4.4 ÷ 9.4 (CPT1+CPT2)	397.3 ÷ 382.8	Argilla limoso-sabbiosa consistente	CPT1/ CPT2,MASW	18,6	19,0		20	23,0		200									
in corsivo, valori stimati o da letteratura																					
Note:																					
livello piezometrico non riscontrato nel tubo installato nella prova CPT2 (prof. di 10 m da p.c.)																					
livello 1a: φ 20,6° da elaborazione statistica utilizzando il parametro COV secondo Cherubini & Orr, effettuata sui dati relativi alla prova CPT1; Cu 54 KPa da elaborazione statistica utilizzando il parametro COV secondo Cherubini & Orr, effettuata sui dati relativi alla prova CPT1; Mod edometrico 5,9 MPa da mediana valori CPT1.																					
livello 1b: φ 22,4,° da prova di taglio diretto (TD) effettuata sul campione CPT2C1, applicando il parametro COV secondo Cherubini & Or; c' 4,2 kPa da prova di taglio diretto (TD) effettuata sul campione CPT2C1, applicando il parametro COV secondo Cherubini & Or; Mod edometrico 4,2 MPa da mediana valori CPT2.																					
livello 2: φ 20,4° da elaborazione statistica utilizzando il parametro COV secondo Cherubini & Orr, effettuata sui dati relativi alla prova CPT2; Cu 127 KPa da elaborazione statistica utilizzando il parametro COV secondo Cherubini & Orr, effettuata sui dati relativi alla prova CPT2; Mod edometrico 15 MPa da mediana valori CPT2.																					
Livello 3: sia valori stimati che da elaborazione prove CPT																					

Tabella 2 - Modello geotecnico.

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1a e b delle NTC 2018.

§ 7.11.3.4 DM 17-01-18	Criteri per omissione verifica	Valore	Verifica liquefazione	Note
1	Accelerazione max attesa al p.c. < 0.1 g	0,144 g (SLV)	SI	§ 2.10.2.4
2	Profondità falda > 15 m	Non è stata rilevata la falda nei primi 10 m p.c. della prova CPT2	NO (per l'intervallo 0-10 m p.c.), n.d. (per l'intervallo 10-15 m p.c.)	§ 2.4
3	$q_{c1N} > 180$ $(N_1)_{60} > 30$	$q_{c1N} < 180$	SI	Allegato B
4	Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle fig. 7.11.1 a e b delle NTC 2018	Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1 per i terreni argilloso-limosi identificati tramite il campione CPT2-C1	NO (per intervallo 0-3,60 m p.c. di cui il campione CPT2-C1 è rappresentativo)	Allegato C

Tabella 3 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione.

Analisi della tabella 3:

1. il primo campo relativo all'*accelerazione max attesa al p.c.* mostra un valore ottenuto pari a 0,144 (per SLV), essendo quindi > 0,1 g risulta soggetto a liquefazione;
2. il secondo campo relativo alla *profondità della falda* mostra che non è stato rilevato il livello piezometrico nel piezometro installato in seguito alla prova penetrometrica CPT2 lungo tutta la profondità indagata (- 10 m da p.c.), quindi è esclusa la verifica a liquefazione in quell'intervallo investigato mentre non è possibile determinare l'esclusione della verifica a liquefazione da 10 a 15 m p.c.;
3. il campo numero tre esclusivamente ai valori di q_{c1n} mostra che i valori di q_{c1n} sono < 180. In particolare, analizzando i valori di q_{c1N} relativi alle prove penetrometriche CPT1 e CPT2, per i livelli geotecnici "1a", "1b",

“2” e “3” il valore di q_{c1n} è minore di 180 kPa e quindi soggetti a liquefazione;

4. Per quanto riguarda il quarto campo di analisi relativo alla *distribuzione granulometrica* è disponibile soltanto un fuso granulometrico relativo al campione CPT2-C1 (figura 16), la cui curva granulometrica ricade esternamente alle zone indicate nella fig. 7.11.1 delle NTC 2018.

Pertanto la verifica a liquefazione risulta omessa per i terreni argilloso limoso sabbiosi che ricoprono l'area di progetto.

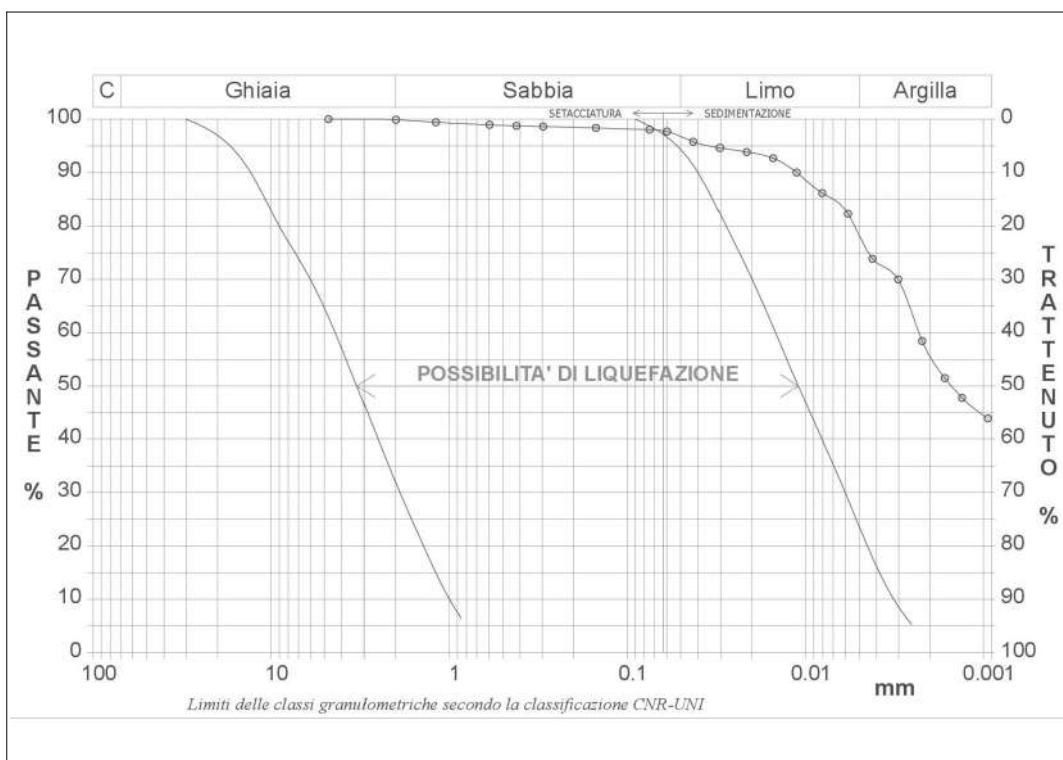


Figura 16 - Fuso granulometrico del campione CPT2-C1 (2.0-2.50 m p.c.).

2.13. Conclusioni

Viste le caratteristiche di progetto e quelle geologiche, idrogeologiche, sismiche, geomorfologiche e di stabilità dell'area del Fosso Cavernano, si ritiene fattibile l'intervento in progetto, a condizione che siano osservate le prescrizioni espresse nella presente relazione.

3. TORRENTE DEL RUOTI

3.1. Premessa

3.1.1. Generalità

La presente riguarda l'area in cui si svolgeranno i lavori di sistemazione delle sponde del Torrente del Ruoti, ubicato in località Pietriccia, nel territorio del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena) (figure 17 e 18).



Figura 17 - Vista dell'area di intervento ubicata nei pressi del Comune di Chianciano Terme– Provincia di Siena lungo il Torrente del Ruoti su immagine estratta da Google Earth PRO (data foto 13 febbraio 2024).

Per la realizzazione dell'intervento in esame si è reso necessario uno studio specifico delle caratteristiche geologiche (stratigrafiche, litologiche e giaciture), idrogeologiche (di circolazione dell'acqua di sottosuolo), idrauliche, geomorfologiche e di stabilità dell'area interessata, che permetta di escludere la presenza di limitazioni alla fattibilità delle opere per problematiche geologiche e geotecniche.

3.1.2. Ubicazione e catasto

Il *Progetto di fattibilità tecnico economica per i lavori di stabilizzazione delle sponde del Torrente del Ruoti (PFTE)* si riferisce ad un'area posta in un fondo valle ubicato a nord di Pietriccia e a sud del centro storico di Chianciano Terme, nel territorio del Comune di Chianciano Terme. L'intervento è posto alla longitudine di 11°50'03.40" E e alla latitudine di 43°03.16'84" N, entrambe determinate nel sistema di coordinate geografiche di tipo geodetico di riferimento WGS84. L'area d'intervento è compresa tra Via Madonna della Rosa e la Strada Vicinale del Sordino, interna al Foglio n. 12 della Mappa Catastale del Comune di Chianciano Terme (figura 19). L'intervento si svolgerà entro 4 m dal ciglio di sponda da ciascun lato del Torrente del Ruoti e Particelle interessate saranno la n. 38, 42, 55, 57, 58, 496.

3.1.3. Vincoli territoriali

L'area a cui si riferisce il progetto cui la presente relazione geologica è funzionale è interessata direttamente solamente da due tipologie di vincolo paesaggistico (figure 20 e 21):

- vincolo paesaggistico ai sensi della lettera c) del comma 1 dell'articolo 142 del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 del *Codice dei beni culturali e del paesaggio*: c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;
- vincolo paesaggistico di cui al Decreto Ministeriale 21 novembre 1995 avente come oggetto *Rettifica del decreto ministeriale 21 dicembre 1967 relativo alla dichiarazione di notevole interesse pubblico di una zona sita nel Comune di Chianciano*.

3.2. Indagini svolte e fasi di lavoro

La presente relazione geologica, è stata basata sul risultato di alcune indagini geognostiche effettuate al di fuori dell'area di intervento ed è stata articolata secondo le seguenti fasi di lavoro:

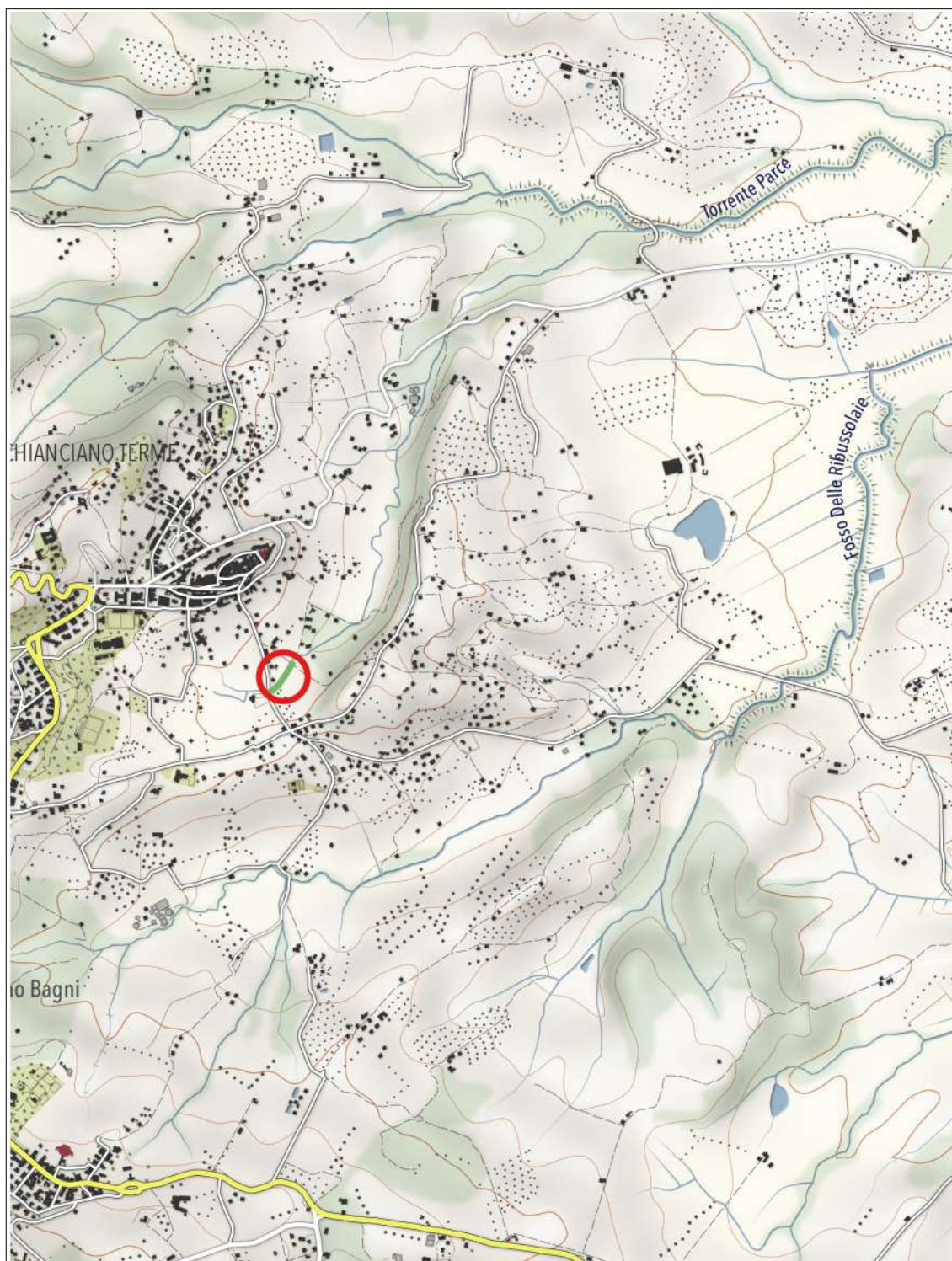


Figura 18 - Ubicazione su carta topografica in scala 1:25.000 dell'area oggetto della presente, posta lungo il Torrente del Ruoti nel territorio del Comune di Chianciano Terme (Provincia di Siena). Estratto dal Foglio n. 309b, Fonte dei dati Regione Toscana.

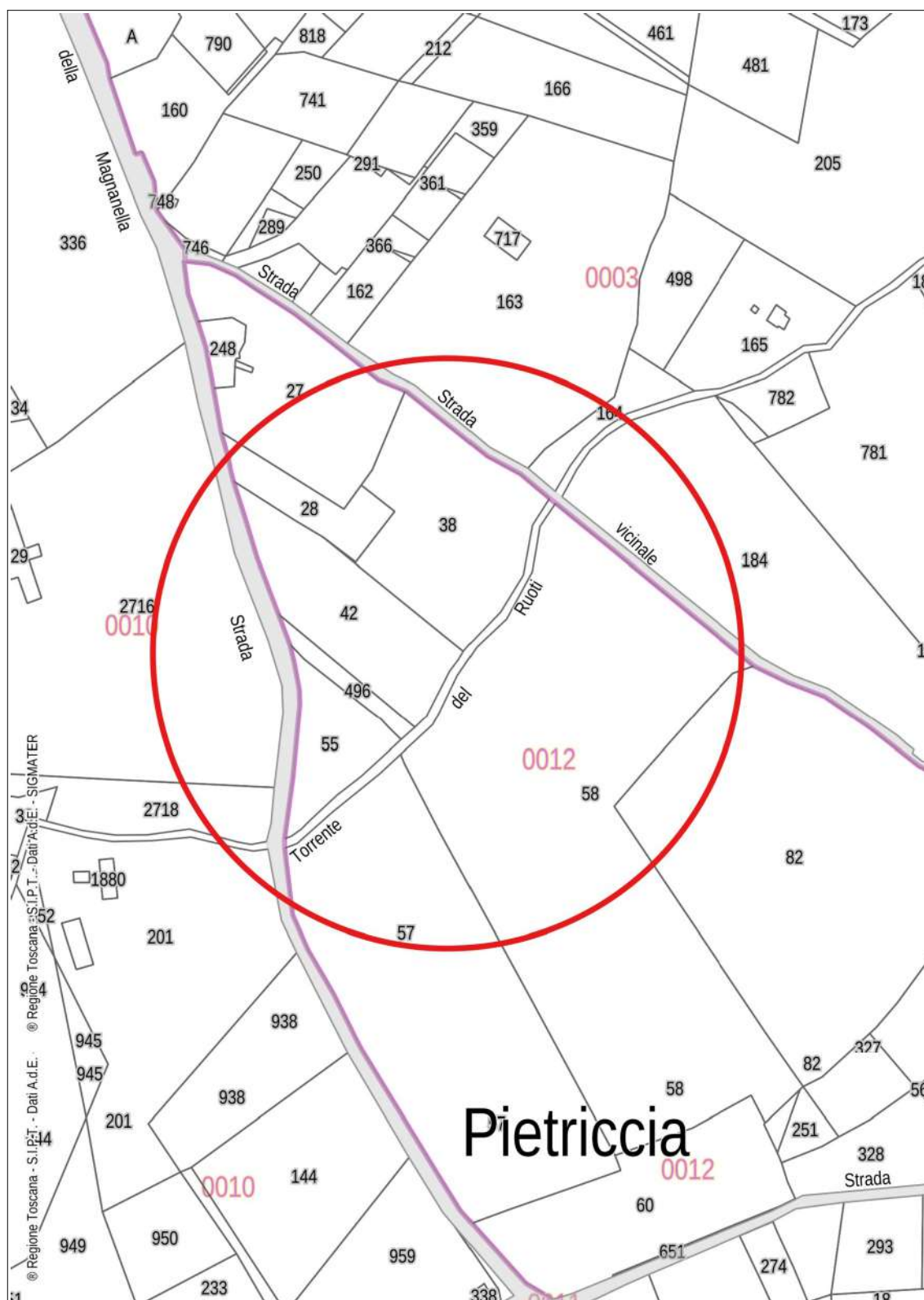


Figura 19 - Ubicazione su estratti di mappa catastale dell'area di progetto (scala 1:2.000).

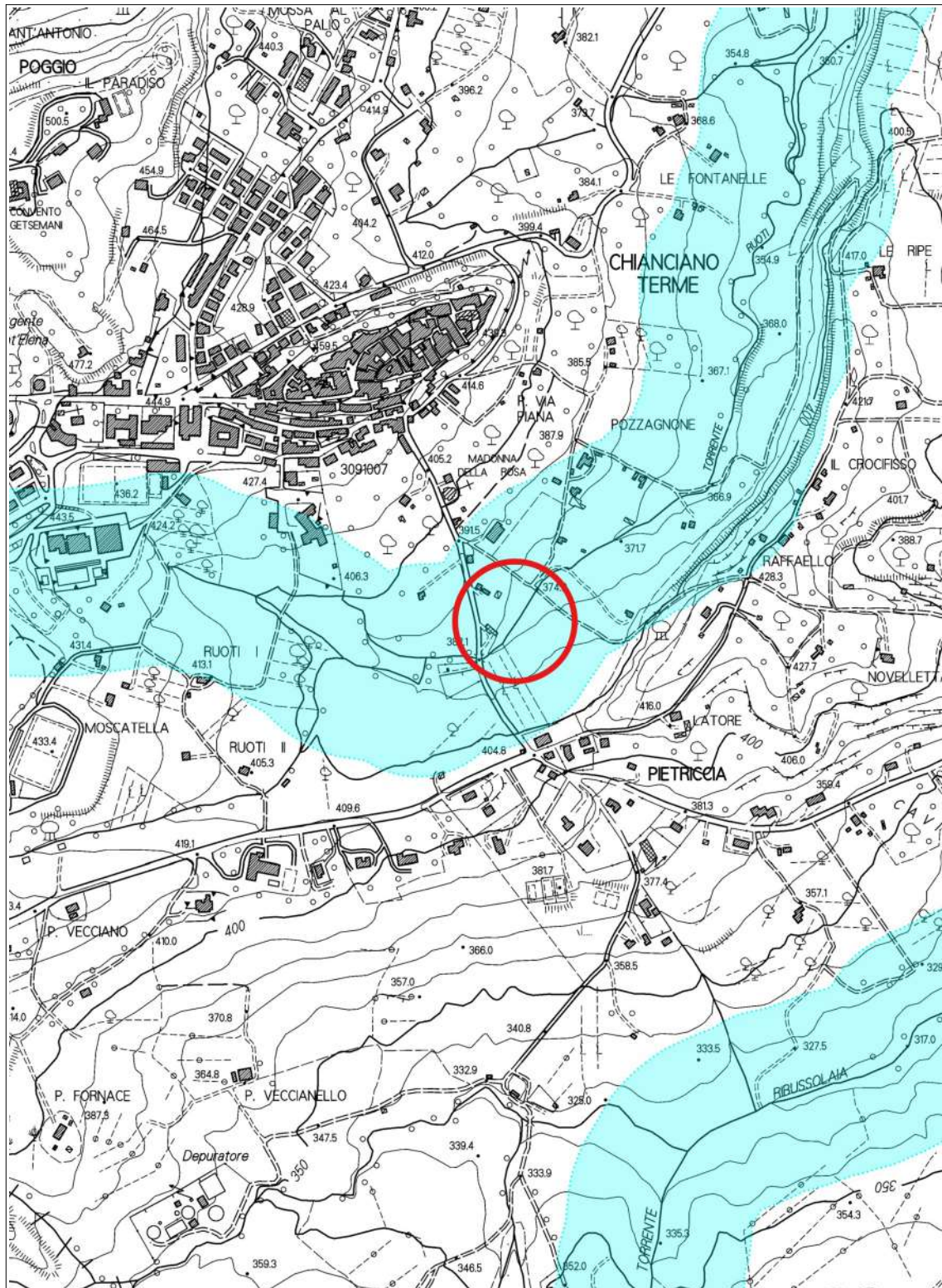


Figura 20 - Vincolo paesaggistico di cui alla lettera c del comma 1 dell'art. 142 del D.Lgs. 42/2004, fiumi, torrenti e corsi d'acqua (da Geoscopio - scala 1:10.000).

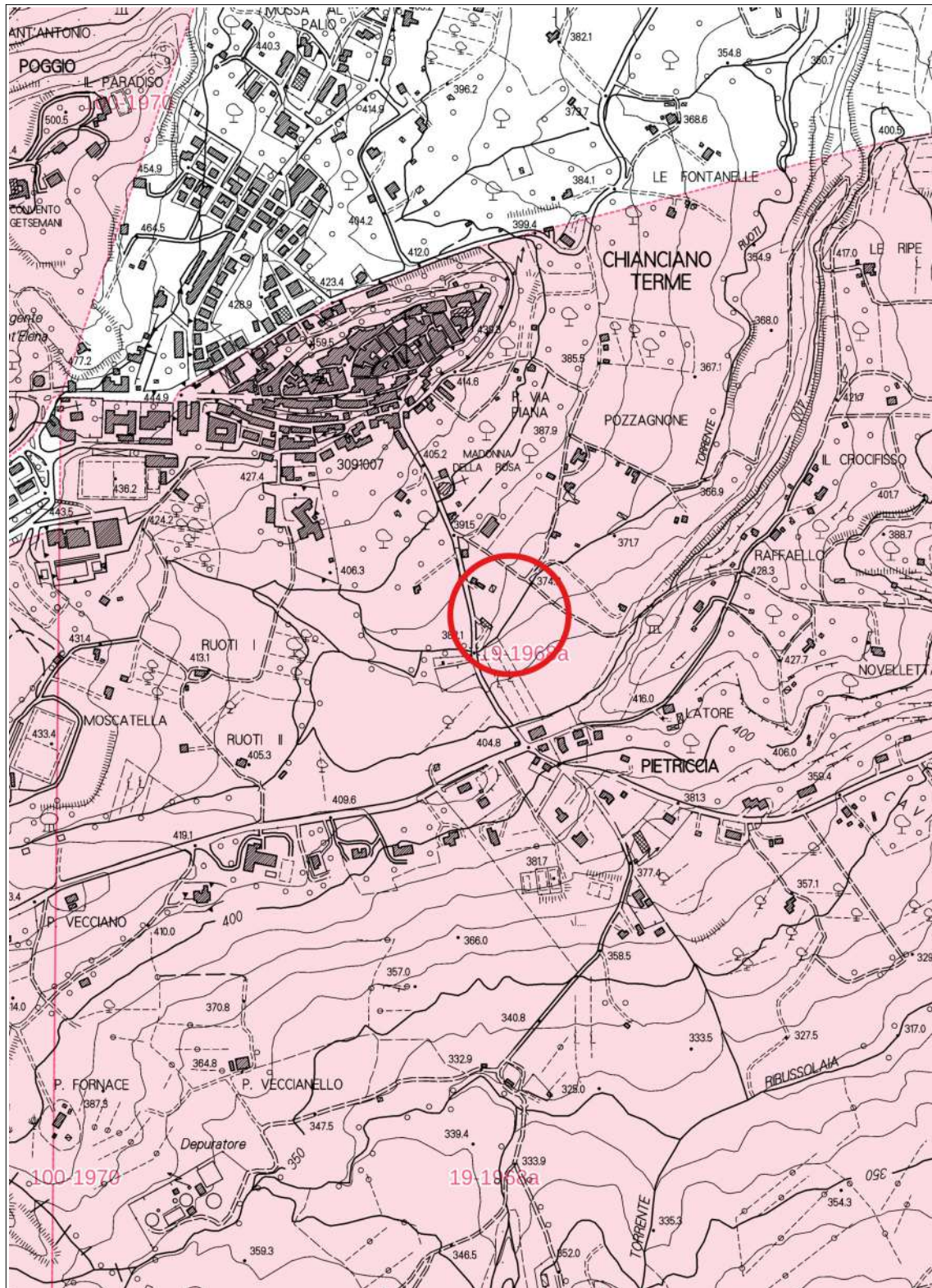


Figura 21 - Vincolo paesaggistico di cui al Decreto Ministeriale 21 novembre 1995 (da Geoscopio - scala 1:10.000).

- consultazione degli elaborati costituenti gli studi geologici facenti parte del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Chianciano Terme, approvato con D.C.C. n. 74 del 9 dicembre 2013, per quanto riguarda in particolare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geologico tecnici e di pericolosità;
- presa visione degli elaborati presenti nel Piano Operativo del Comune di Chianciano Terme;
- svolgimento di alcuni sopralluoghi per prendere visione dell'area e per comprendere le caratteristiche geologiche e geomorfologiche;
- consultazione dei dati a disposizione ricavati da alcuni lavori precedenti svolti nelle aree limitrofe.

3.3. Intervento di protezione contro l'erosione spondale

Per contrastare gli effetti dell'erosione delle sponde del corso d'acqua, l'intervento oggetto della presente relazione prevede la realizzazione di una scogliera con massi ciclopici, aventi forma geometrica approssimativamente cubica con lato pari a circa 0.80 m (per gli elementi da posizionare sul fondo del corso d'acqua) e circa 0.60 m (per gli elementi da posizionare sulle sponde del corso d'acqua).

Gli elementi saranno costituiti da blocchi di roccia calcarea (ad esempio calcare compatto, travertino), con peso di volume pari a $24\div 25 \text{ kN/m}^3$. L'intervento sarà realizzato su un tratto di lunghezza del corso d'acqua di circa 140 m. La sezione tipo di progetto prevede sponde inclinate di circa 45° .

Per i dettagli dell'intervento si rimanda agli elaborati di progetto.

3.4. Relazione geologica

3.4.1. Inquadramento geologico

Il presente progetto degli interventi di stabilizzazione delle sponde del Torrente del Ruoti interessa i Depositi Marini Pliocenici, rappresentati dalle Sabbie plioceniche [PLIs] e i Depositi eluvio – colluviali.

La carta geologica dell'area di intervento è riportata in figura 22 e nei paragrafi seguenti si descrivono le formazioni geologiche presenti (dalla più

antica alla più recente).

3.4.1.1 Depositi marini pliocenici

In Toscana, durante il Pliocene (Zancleano - Piacenziano), si è verificata una trasgressione marina molto importante. La sedimentazione avvenuta non mostra ovunque caratteri uniformi e quindi in alcune aree si rinviene un unico ciclo sedimentario mentre in altre se ne possono osservare almeno due separati tra di loro da una fase di emersione.

Il cosiddetto primo ciclo inizia nel Pliocene inferiore e si chiude o nel Pliocene inferiore oppure, in altre aree, nel Pliocene medio. La trasgressione del secondo ciclo, iniziata generalmente nel Pliocene medio, coinvolge anche alcune aree che non erano state coinvolte dalla sedimentazione durante il primo ciclo. Con il Pliocene medio avviene che la sedimentazione marina termina contemporaneamente in tutta la Toscana; in alcune zone peraltro la sedimentazione continua ma con modalità di deposizione di ambiente francamente continentale.

3.4.1.1.a Conglomerati marini poligenici *PLIb* (Zancleano - Piacenziano)

Si tratta della Formazione dei cosiddetti Conglomerati di Gambassi. Si presentano di regola ben cementati, scarsamente organizzati, con matrice sabbiosa presente in quantità variabile. Lo spessore massimo della Formazione non supera mai i 15 m. In questa Unità si rinvencono spesso resti di Ostreidi e di Pectinidi ed i ciottoli sono spesso forati da organismi litofagi. Le caratteristiche litologiche e paleontologiche indicano, per la Formazione in esame, un ambiente di formazione costiero ad elevata energia. L'età è riferibile all'intervallo Zancleano – Piacenziano.

3.4.1.1.b Argille e argille siltose grigio – azzurre localmente fossilifere *FAA* (Zancleano - Piacenziano)

La Formazione in oggetto poggia in continuità di sedimentazione sulle Unità mioceniche. La Formazione è costituita da argille e da argille siltose, talora marnose, di colore grigio – azzurro o nocciola, in genere di aspetto massiccio. L'età è Zancleano – Piacenziano.

3.4.1.1.c Sabbie plioceniche (PLIs)

Sono sabbie di colore giallo ocra e con dimensione dei granuli da grossolana a media, raramente fine, con livelli molto addensati e/o cementati e con livelli e lenti di ghiaia e conglomerati poligenici. Le sabbie si presentano quasi sempre a laminazione piano parallela con lamine distanti tra loro da 5 a 10 cm. Sono risultate abbondanti le macrofaune, con presenza predominante di Ostreidi e Pectinidi. L'età è Zancleano - Piacenziano (Pliocene).

3.4.1.2 Depositi olocenici

I terreni individuati ed appartenenti alla categoria in esame sono i depositi eluvio – colluviali (coperture di materiale a granulometria fine quali limi e sabbie, con rari frammenti litoidi grossolani; processi di alterazione e/o trasporto di entità non precisabile).

3.4.2. Geomorfologia

L'area di indagine, in cui saranno eseguiti i lavori in progetto, è situata a sud del centro storico di Chianciano Terme, in una zona prettamente collinare, con una quota variabile tra circa 374,2 e 382,1 m sul livello del mare. Il Torrente del Ruoti, oggetto di intervento, è posto in una valle piuttosto larga generata nel tempo dal fosso stesso, erodendo i depositi plio-pleistocenici di natura prevalentemente argillosa-limosa-sabbiosa. Nella Carta Geomorfologica riportata nel Piano Strutturale di Chianciano Terme (figura 23) il Torrente del Ruoti è individuato come alveo in approfondimento e infatti anche nel tratto di cui all'intervento in progetto sono presenti delle piccole briglie. Inoltre in riva destra è stato individuato un soliflusso attivo.

L'intervento in oggetto tuttavia non andrà a influire negativamente sulla stabilità del versante.

3.4.3. Idrogeologia

Per una corretta analisi territoriale, lo studio idrogeologico è di regola opportuno. Per un adeguato studio idrogeologico il primo passo da fare è quello di procedere all'individuazione della permeabilità “k” delle rocce e dei terreni affioranti, in quanto da questa dipendono in gran parte la distribuzione e la

circolazione idrica del sottosuolo.

La permeabilità dei terreni affioranti nell'area di intervento non è stata misurata né in laboratorio né in campo, ma è stata stimata sulla base degli elementi da cui questa dipende (densità del reticolo idrografico, distribuzione e portata delle sorgenti, litologia delle formazioni geologiche, informazioni derivate dai pozzi e strutture delle formazioni geologiche).

Le classi di permeabilità non forniscono quindi valori numerici del coefficiente di permeabilità k , ma solamente indicazioni di tipo qualitativo (tabella 4). I terreni affioranti nell'area indagata sono caratterizzati generalmente da permeabilità per porosità primaria, quindi acquisita durante la loro formazione.

<i>Permeabilità per porosità primaria</i>		<i>Permeabilità per porosità secondaria</i>	
1 – molto alta	-	a – molto alta	-
2 - alta	-	b - alta	-
3 – media	PLIs, PLIb, dep. eluvio-colluviali	c – media	-
4 - bassa	-	d - bassa	-
5 – molto bassa	FAA	e – molto bassa	-

Tabella 4 - Tabella delle permeabilità per porosità primaria e per porosità secondaria delle unità presenti nell'area rilevata.

3.4.4. Classi di pericolosità

Per quanto riguarda le indagini geologico - tecniche di supporto al Piano Strutturale del Comune di Chianciano Terme, approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 74 del 9 dicembre 2013, la situazione dell'area di intervento è la seguente:

- **pericolosità geologica:** nella tavola G.7.1 *Carta della Pericolosità Geologica* l'area d'intervento è compresa nella classe G.3 – pericolosità geologica elevata, al limite di una zona in classe G.4 – pericolosità geologica molto elevata;

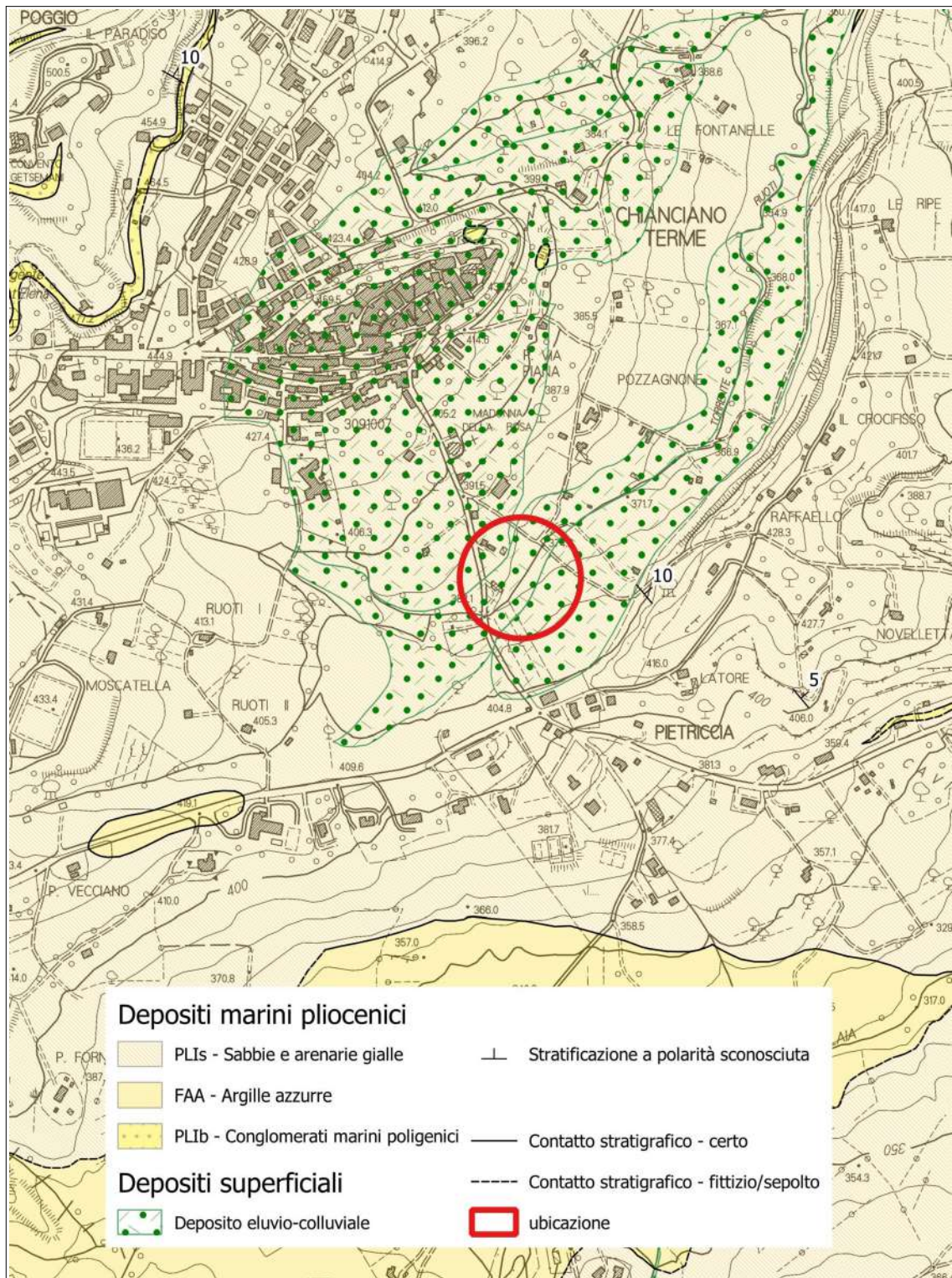


Figura 22 - Carta geologica dell'area indagata. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).

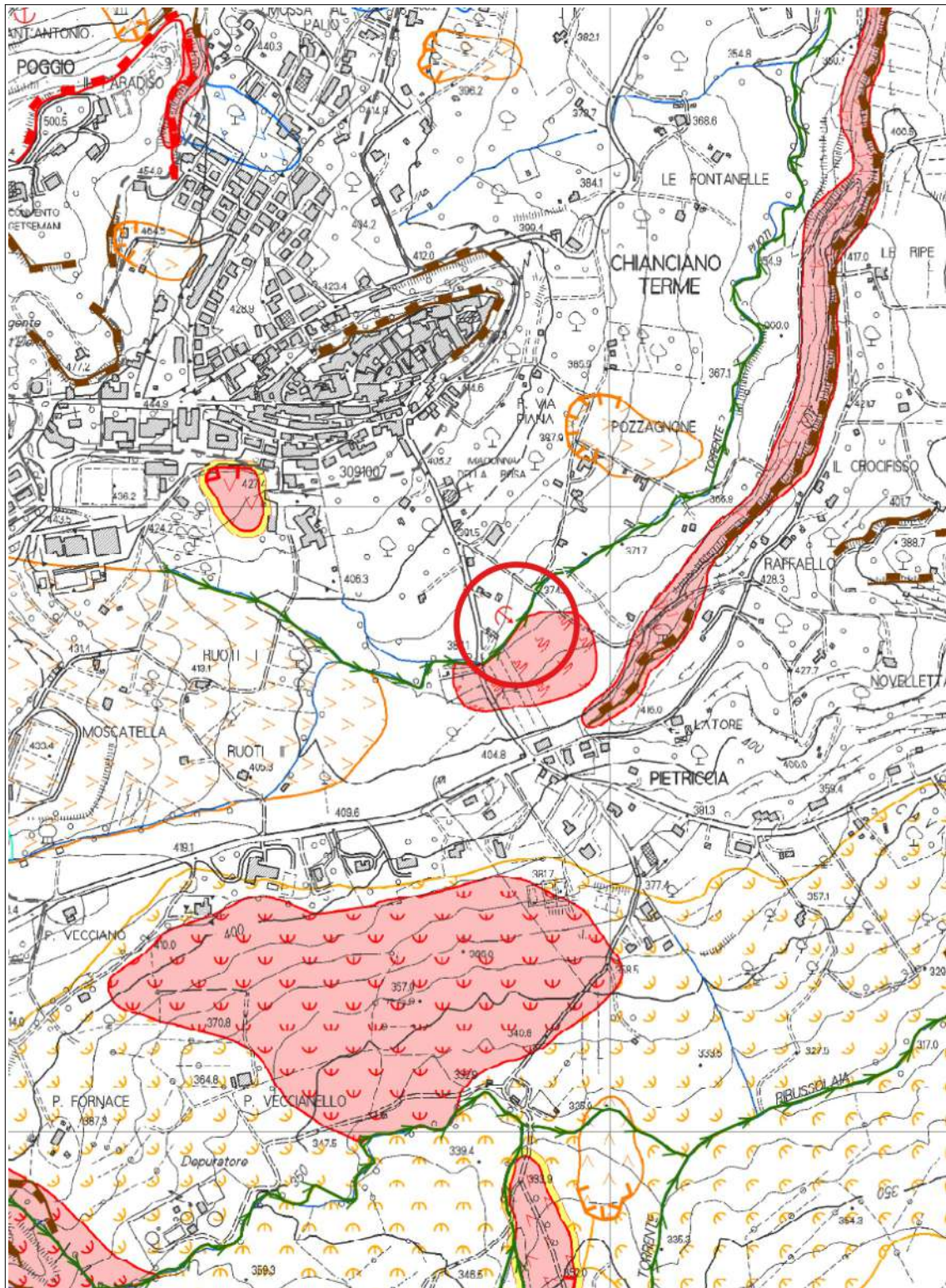


Figura 23 - Estratto Tavola G.3.1 Carta Geomorfologica del Piano Strutturale di Chianciano Terme. Con il cerchio di colore rosso è stata individuata l'area di intervento (scala 1:10.000).

- **pericolosità idraulica:** nella tavola G.8.1 *Carta della pericolosità idraulica* l'area d'intervento ricade nelle classi di pericolosità idraulica I.3 e I.4 – Aree a Pericolosità idraulica elevata e molto elevata;
- **pericolosità sismica:** l'area di intervento non risulta classificata.

Per quanto riguarda le indagini geologico - tecniche di supporto al Piano Strutturale Intercomunale (PSI 2022) dell'Unione dei Comuni della Valdichiana senese, adottato, la situazione dell'area di intervento è la seguente:

- **pericolosità geologica:** nella *Carta della pericolosità geologica*, tavola QC.G4n (luglio 2023) del Piano Strutturale Intercomunale (PSI 2022) dell'Unione dei Comuni della Valdichiana senese, adottato ma non ancora approvato, l'area d'intervento ricade in pericolosità geologica molto elevata (G4).
- **pericolosità idraulica:** nella *Carta della pericolosità idraulica*, tavola IDR.4 foglio 11 (luglio 2023) del Piano Strutturale Intercomunale (PSI 2022) dell'Unione dei Comuni della Valdichiana senese, adottato ma non ancora approvato, l'area d'intervento ricade in pericolosità idraulica *P3-elevata probabilità* (alluvioni frequenti) e *P2-media probabilità* (alluvioni poco frequenti).
- **pericolosità sismica:** Nella *Carta della pericolosità sismica locale*, tavola QC.G5n (luglio 2023) del Piano Strutturale Intercomunale (PSI 2022) dell'Unione dei Comuni della Valdichiana senese, adottato ma non ancora approvato, l'area d'intervento ricade in pericolosità sismica molto elevata (S4).

Per quanto riguarda le varie carte tematiche redatte dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, la situazione riscontrata per la zona di intervento è la seguente:

- in riferimento al Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (PAI) l'area in cui saranno eseguiti gli interventi in progetto non risulta classificata in alcuna classe di pericolosità per alluvioni;
- nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (PGRA) l'area in cui saranno eseguiti gli interventi in progetto non risulta classificata in alcuna classe di pericolosità per alluvioni.

3.4.5. Terre e rocce da scavo

Il materiale che sarà scavato per la sistemazione delle sponde del Torrente del Ruoti sarà gestito escludendolo dal regime di rifiuto di cui alla parte IV del D.Lgs. 152/2006, secondo la lettera c) del comma 1 dell'art. 185 del D.Lgs. 152/2006 che tra le esclusioni dell'ambito di applicazione della parte IV del D.Lgs. 152/2006 recita il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato, le ceneri vulcaniche, laddove riutilizzate in sostituzione di materie prime all'interno di cicli produttivi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana e del comma 1 dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017. Allo scopo di dimostrare la non contaminazione delle terre e rocce da scavo saranno analizzati n. 6 campioni in due punti di campionamento.

3.5. Relazione sismica

3.5.1. Zona sismica

La nuova classificazione sismica è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale della Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, che ha apportato modifiche (per accorpamento di alcuni Comuni) alla classificazione sismica regionale definita con la Delibera della Giunta Regionale della Toscana n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento introdotto con quest'ultima delibera, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 si era reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle NTC e di rendere la classificazione sismica maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto da tali norme. Inoltre, contestualmente all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, è stato approvato il regolamento 58/R del 22 ottobre 2012², di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Il Comune di Chianciano Terme (Siena) è inserito nella "zona sismica 3" (in fascia di pericolosità B, contraddistinta da $0,125 < a_g \leq 0,15$ g [$a_g=0,144$ g], secondo il D.P.G.R. 19 gennaio 2022, n. 1/R).

² Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica.

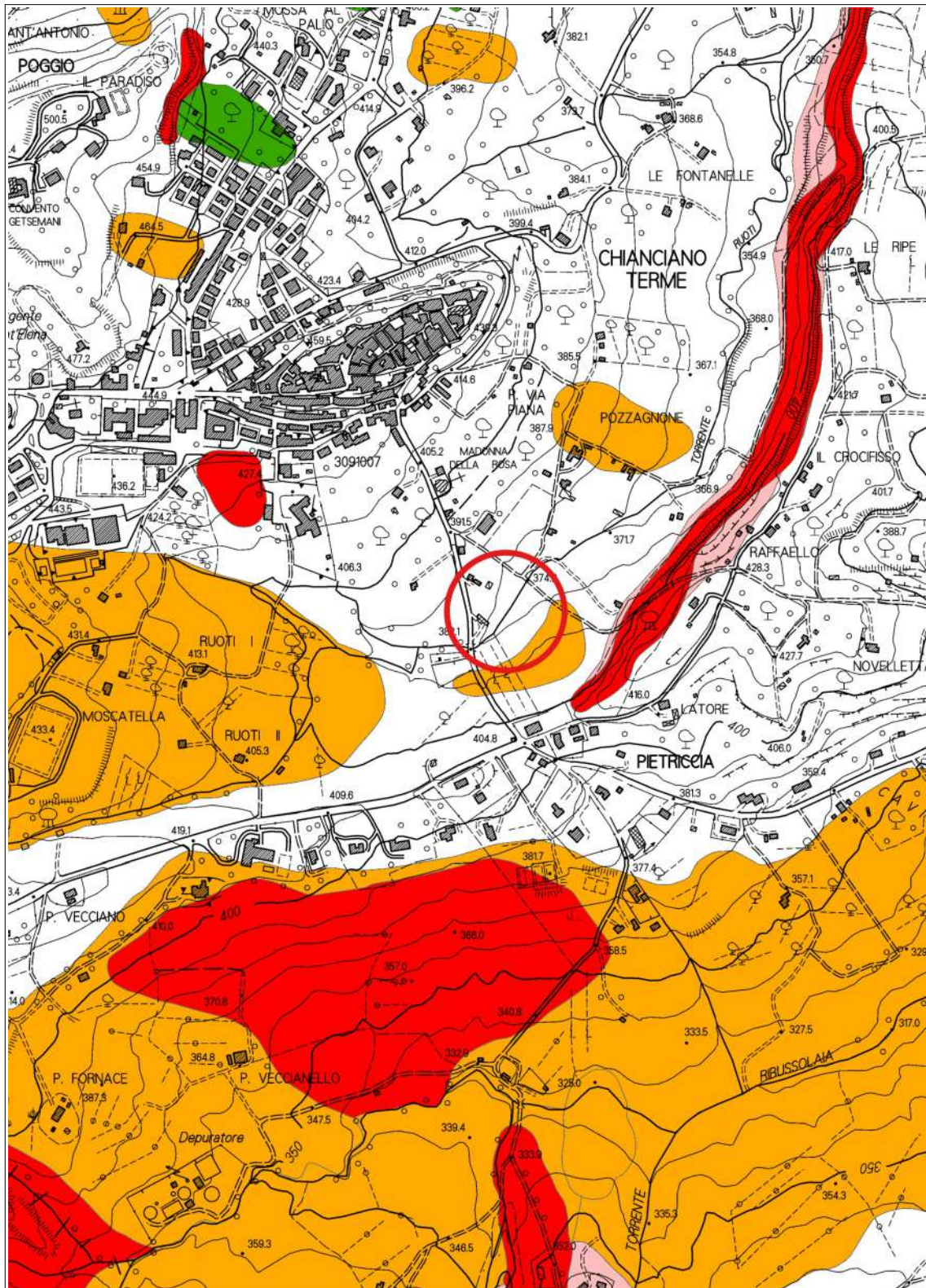


Figura 24 - Estratto del PAI “Dissesti Geomorfológicos”. Col cerchio blu è rappresentata l'area in oggetto (scala 1:10.000).

3.5.2. Parametri sismici

3.5.2.1 Aspetti generali

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita tramite un approccio sito-dipendente. Come riportato al § 3.2 del D.M. 18 gennaio 2018 e al § C3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, è possibile fare riferimento all'*Allegato A* del D.M. 14 gennaio 2008 nel quale i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati attraverso le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (nella *Tabella 1 - Allegato B* del medesimo decreto NTC2008 vengono forniti, per ciascuno dei 10.751 nodi della griglia che costituisce il reticolo, i valori di a_g , F_0 e T^*c , per nove valori del periodo di ritorno: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni). Nel presente studio si è utilizzato il software fornito da GeoStru S.r.l. che permette di calcolare i coefficienti sismici per un generico sito del territorio nazionale. Mediante questo programma, inserendo le coordinate del sito e le caratteristiche progettuali, è possibile ottenere direttamente i parametri relativi al computo dell'azione sismica.

3.5.2.2 Categoria di sottosuolo

Prendendo a riferimento le indicazioni contenute negli elaborati del Piano Strutturale Comunale (PSC 2013), in particolare le Tavv. G.1.1 (geologia), G.2.1 (litotecnica) e G.3.1 (geomorfologia), oltre ai risultati ottenuti con l'indagine sismica attiva MASW (V_s , eq 221 m/s) realizzata per il progetto del Fosso Cavernano sui terreni analoghi a quelli in oggetto, in via preliminare si assegna al sito la **categoria di sottosuolo C** (*"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."* - da Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018 e § C3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019).

3.5.2.3 Categoria topografica

Ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C.3.2.2 della Circolare

C.S.LL.PP. n. 7/2019, al sito di intervento viene assegnata la categoria topografica T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, Tab. 3.2.III del D.M. 17 gennaio 2018), alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1,0 (Tab. 3.2.V del decreto suddetto).

3.5.3. Parametri dell'azione sismica locale

Per ricavare i valori dei parametri dell'azione sismica locale per l'area di progetto, si è utilizzato il programma fornito da GeoStru S.r.l. assegnando le seguenti coordinate geografiche (WGS84): latitudine 43.054661, longitudine 11.834253. Per determinare gli spettri di risposta elastici del sito, tenuto conto degli effetti locali dovuti all'amplificazione sia stratigrafica che topografica, vengono assegnati determinati parametri progettuali. Questi ultimi, per la definizione dell'azione sismica, sono adottati come segue, ai sensi del § 2.4 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C2.4 della Circolare n. 7/2019:

- vita nominale di progetto (VN) 50 anni (Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari);
- classe d'uso II (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti normali);
- coefficiente d'uso (CU) pari a 1;
- vita o periodo di riferimento per l'azione sismica ($VR=VN*CU$) pari a 50 anni.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine:	43,05563
longitudine:	11,835211
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 23174	Lat: 43,0723	Lon: 11,7789	Distanza: 4933,038
Sito 2 ID: 23175	Lat: 43,0732	Lon: 11,8473	Distanza: 2190,353
Sito 3 ID: 23397	Lat: 43,0233	Lon: 11,8487	Distanza: 3762,976
Sito 4 ID: 23396	Lat: 43,0223	Lon: 11,7803	Distanza: 5802,536

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,050 g
Fo: 2,522
Tc*: 0,254 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,061 g
Fo: 2,551
Tc*: 0,265 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,144 g
Fo: 2,472
Tc*: 0,284 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,183 g
Fo: 2,458
Tc*: 0,287 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000

Kh:	0,015
Kv:	0,008
Amax:	0,741
Beta:	0,200
SLD:	
Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,901
Beta:	0,200
SLV:	
Ss:	1,490
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,052
Kv:	0,026
Amax:	2,105
Beta:	0,240
SLC:	
Ss:	1,430
Cc:	1,580
St:	1,000
Kh:	0,063
Kv:	0,031
Amax:	2,566
Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.054661

longitudine: 11.834253

3.5.3.1 Spettri di risposta elastici

In figura 25 sono riportati gli spettri di risposta elastici per gli stati limite di progetto (SLE – SLU) ottenuti dal programma fornito da GeoStru S.r.l..

3.6. Relazione geotecnica

3.6.1. Modello geologico preliminare del sottosuolo

Il modello geologico preliminare del sottosuolo dell'area di progetto è stato definito sulla base della cartografia geologica e di sondaggi a carotaggio continuo disponibili. Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza delle sabbie plioceniche [PLIs] (par. 3.4.1.1.c), nello specifico dalla Formazione delle Sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino [FAAb] secondo la Tav. G.1.1 del PSC 2013. Superficialmente, tali terreni sono sovrastati da depositi eluvio-colluviali (par. 3.4.1.2), sedimenti a granulometria prevalentemente fine o mista (sabbie e silts) con clasti grossolani immersi nella matrice, deposti per meccanismi misti di gravità e ruscellamento ai piedi dei versanti, delle scarpate e all'interno di vallecole a fondo concavo o piatto. Lo spessore della coltre eluvio-colluviale è in genere limitato.

La piezometria è collegata alle condizioni di portata del Torrente del Ruoti, nell'arco delle variazioni stagionali.

3.6.2. Modello geotecnico preliminare del sottosuolo

3.6.2.1 Aspetti generali e valori caratteristici

Secondo l'EuroCodice 7 (EC7), il valore caratteristico è il valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento, per una serie teoricamente illimitata di valori. Significa, quindi, che solo una percentuale di valori, pari alla probabilità prefissata, risulterà inferiore al valore caratteristico.

Con riferimento all'EC7, il valore soglia di probabilità di non superamento è il 5% (5° percentile o frattile). Nelle NTC 2018 per valore caratteristico di un parametro s'intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato (§ 6.2.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C6.2.2 della Circolare n. 7/2019). Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire a una scelta corretta dei valori caratteristici appare giustificato, secondo la Circolare, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali, fondazioni su pali relativamente alla resistenza laterale,

verifiche di stabilità, opere di contenimento, e di scatolari e paramenti in terre rinforzate associati a rilevati stradali), mentre valori prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (come nel caso di fondazioni su pali relativamente alla resistenza di punta). Per il progetto in questione le NTC indicano l'assunzione, come già accennato, di valori caratteristici prossimi al valore medio dei parametri geotecnici (unica deroga a questa assunzione è data dall'adozione di valori caratteristici prossimi ai minimi (riferimento al valore del 5° percentile) dei parametri geotecnici per quelle condizioni di rottura localizzata).

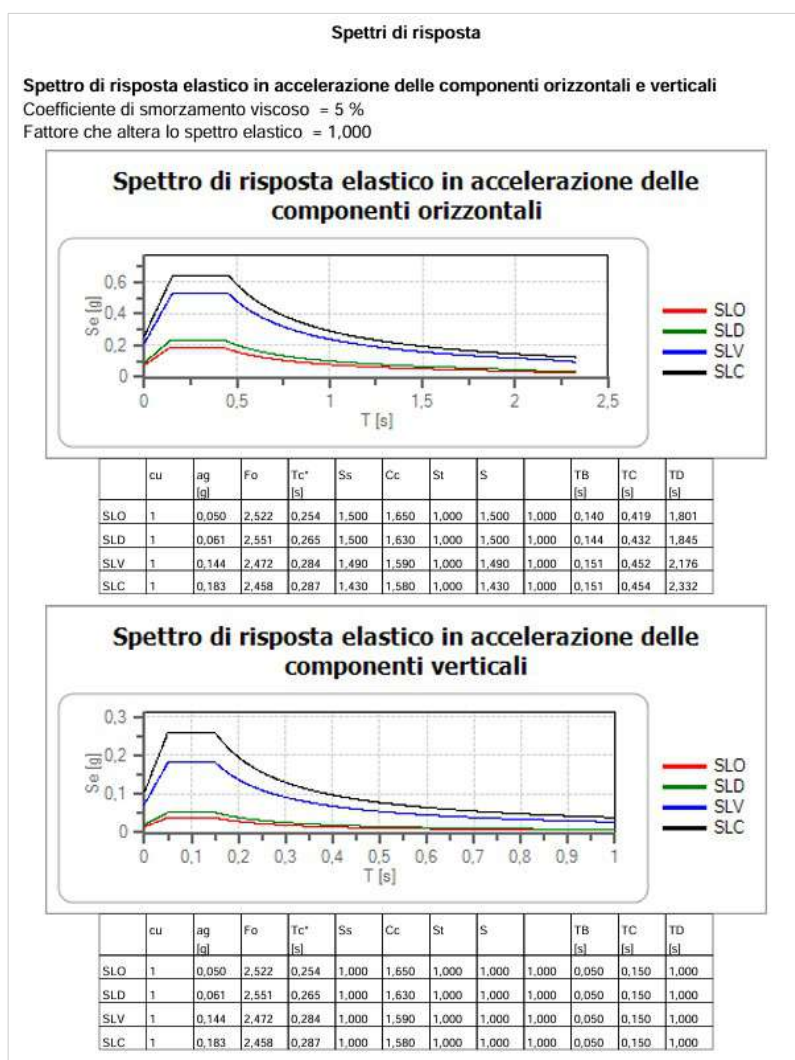


Figura 25 - Spettri di risposta elastici per le componenti orizzontale e verticale, per ciascun stato limite.

3.6.2.2 Modello geotecnico preliminare

Per la definizione del modello geotecnico preliminare sono state prese a riferimento le indagini rese disponibili. A tal fine, un paio di sondaggi (S1 e S2) perforati nelle sabbie plioceniche per circa 12 m in un'area vicina ubicata nel territorio di Montepulciano in loc. S. Albino, ha permesso di caratterizzare tali terreni sotto l'aspetto geotecnico.

sondaggio	campione	prof m p.c.	descrizione	prova lab	γ_{nat}	γ_d	$\phi' (CD)$ $\phi (UU)$	$c' (CD)$ $c (UU)$	W_n
					kN/m ³	kN/m ³	°	kPa	%
S1	C1	3.50-3.80	limo sabbioso, giallo-ocra, da mediamente ad addensato	TG DIR CD	19,24	15,34	27,9	39,6	22,85
	C2	6.50-6.90	limo sabbioso argilloso, grigio, consistente, con brecciolino calcareo	TG DIR UU	20,50	17,70	20,2	73,2	17,00
	C3	8.10-8.40	limo sabbioso argilloso, grigio, consistente, con brecciolino calcareo	TG DIR UU	19,86	16,62	28,9	58,1	19,86
				prova lab	LL %	LP%	IP%	lc	Wn%
S1	C4	10.30-10.70	passaggio da limo sabbioso argilloso, grigio, consistente, con brecciolino calcareo a limo argilloso con livelli sabbiosi calcarei	limiti di consistenza	23,99	17,77	6,22	0,8	18,94
sondaggio	campione	prof m p.c.	descrizione	prova lab	γ_{nat}	γ_d	$\phi' (CD)$ $\phi (UU)$	$c' (CD)$ $c (UU)$	W_n
					kN/m ³	kN/m ³	°	kPa	%
S2	C1	3.30-3.60	limo sabbioso, giallo-ocra-grigio, materiale organico (paleosuolo?), sciolto	TG DIR CD	20,26	17,03	26,0	40,2	19,96
	C2	6.20-6.45	limo sabbioso argilloso, giallo-ocra con venature grigie, da poco a mediamente addensato	TG DIR UU	20,13	16,69	21,8	45,6	21,89
	C4	9.50-9.80	limo sabbioso argilloso, grigio, consistente, con brecciolino calcareo e livelli più sabbiosi	TG DIR UU	19,24	16,04	29,7	60,8	18,65

Figura 26 - Risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi S1 e S2 realizzati in loc. S. Albino (Montepulciano).

sondaggio	SPT	prof m p.c.	descrizione
S1	SPT1 (4-5-8)	2.00-2.45	limo sabbioso argilloso, giallo-ocra, da poco a mediamente addensato
	SPT2 (6-10-13)	5.00-5.45	limo sabbioso, giallo-ocra, da mediamente ad addensato
S2	SPT1 (3-2-3)	2.50-2.95	limo sabbioso argilloso, giallo-ocra, sciolto
	SPT2 (2-3-4)	4.70-5.15	limo sabbioso, giallo-ocra-grigio, materiale organico (paleosuolo?), sciolto
	SPT3 (4-6-8)	6.50-6.95	limo sabbioso argilloso, giallo-ocra con venature grigie, da poco a mediamente addensato

Figura 27 - Risultati delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio S1 e S2 realizzati in loc. S. Albino (Montepulciano).

La figura 26 riporta i risultati delle prove di laboratorio (tagli diretti CD e UU, limiti di consistenza) eseguite sui campioni prelevati nelle sabbie plioceniche; la figura 27 contiene le registrazioni delle prove in foro SPT condotte nei due fori di sondaggio.

In figura 28 viene presentato il modello geotecnico preliminare di riferimento per l'area attraversata dal tratto del Torrente del Ruoti oggetto del presente intervento di protezione delle sponde dall'erosione.

sondaggi di rif	campioni di rif	livello geotecnico prof m p.c.	descrizione livello geotecnico	prova lab	γ_{nat}	γ_d	ϕ' (CD)	c' (CD)	W_n
S1-S2	S1C1-S2C1	1.00-5.00	limo sabbioso, giallo-ocra, da sciolto a mediamente ad addensato, presenza di materiale organico (paleosuolo?)	TG DIR CD	19,75	16,19	26,95	39,9	21,41

Figura 28 - Modello geotecnico preliminare di riferimento per l'area attraversata dal tratto del Torrente del Ruoti, basato sui risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi S1 e S2 realizzati in loc. S. Albino (Montepulciano).

4. CONCLUSIONI

Viste le caratteristiche di progetto e quelle geologiche, idrogeologiche, sismiche, geomorfologiche e di stabilità dell'area, si ritiene fattibile l'intervento in progetto, a condizione che siano osservate le prescrizioni espresse nella presente relazione.

Firenze, 29 gennaio 2025

dr. Michele Sani
geologo

5. ALLEGATI

(relativi alla parte di relazione geologica riguardante il fosso cavernano)

ALLEGATO A – Indagini geofisiche



Geognostica Fiorentina srl

Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)

C.F./P.IVA • 05256260489

Tel. e Fax • 055 3897865

E-mail • info@geognosticafiorentina.com

Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI CHIANCIANO TERME
Provincia di Siena



Oggetto:

Indagine geofisica di superfice mediante
metodologia MASW
per Calcolo $V_{s,eq}$ – D.M. 17/01/2018

RELAZIONE TECNICA



Località:

Cavernano – Chianciano Terme (SI)



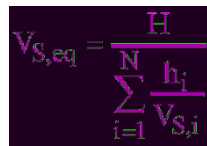
Committente:

Terra & Opere s.r.l.

Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante analisi MASW in data 4 Dicembre 2023, come concordato con la Committenza e con il Dott. Geol Paride Bigazzi, in località Cavernano nel Comune di Chianciano Terme (SI).

E' stata eseguita una campagna geofisica con analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio), definita dalla relazione:

	<p> 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, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s. </p>
--	---


Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

MASW: metodologia d'indagine

L'analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio).

In un mezzo stratificato le onde di superficie danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i

 GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL	Indagine geofisica di superficie: analisi MASW e HVSR Località: Cavernano – Chianciano Terme (SI).	Rif. n° S167-23
---	---	-----------------

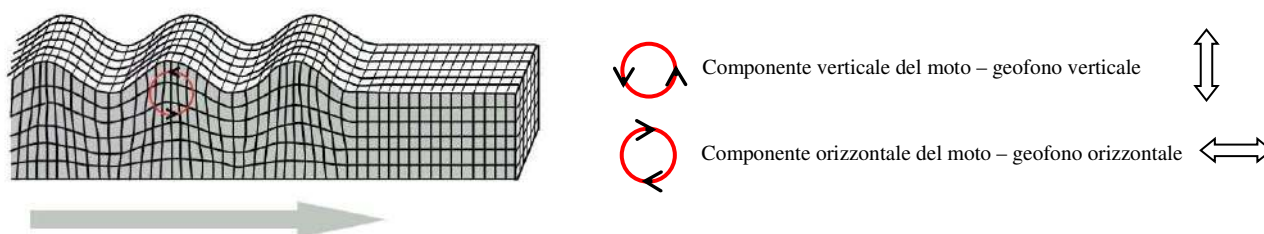
5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30 m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali, intercettando nel moto delle particelle lo spostamento verticale; oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento, intercettando lo spostamento orizzontale. In entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello.

Rayleigh Wave




Schema operativo

In Tavola 1, è stato riportato un inquadramento dell'area con inserita la traccia della sezione sismica eseguita. Dopo una prima analisi dell'area ed in considerazione degli spazi a disposizione è stato deciso di adottare la seguente configurazione:

MASW:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 4.0 m per complessivi 44.0 m di rilievo (G1-G12)

	Indagine geofisica di superficie: analisi MASW e HVSR Località: Cavernano – Chianciano Terme (SI).	Rif. n° S167-23
---	---	-----------------

- Coordinate linea sismica: G1: 43.066320°, 11.825972°; G12: 43.066585°, 11.826377°, coordinate punto centrale: 43.066454°, 11.826174°
- n° 2 offset (distanza tra i punti di energizzazione e il primo o l'ultimo geofono) a 2.0 m dal primo geofono e a 4.0 m dall'ultimo.

Per quando riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- tempo di acquisizione: 1.5 s
- frequenza di campionamento 2000 Hz
- periodo di campionamento 500 μ s.

Strumentazione impiegata

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento (*array*).

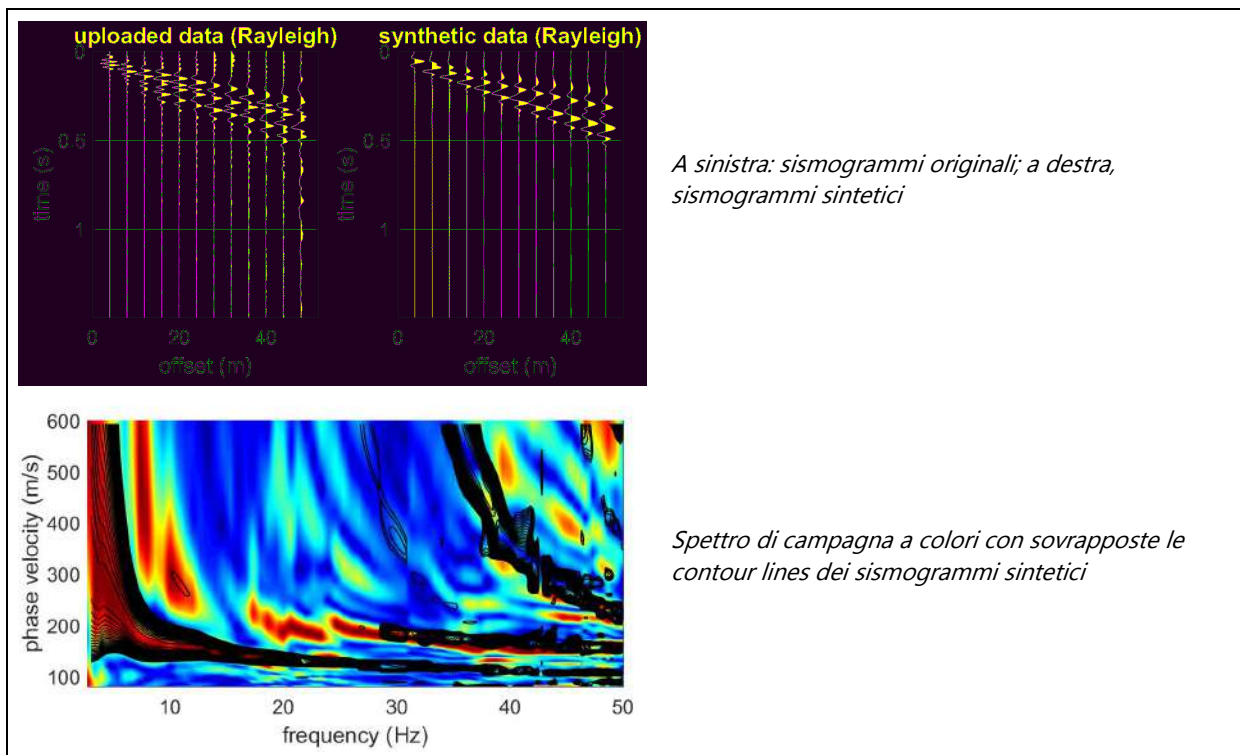
L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

Analisi e risultati dell'indagine

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia MASW, avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia; 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs, e, figura sotto, inversione dell'intero spettro di velocità

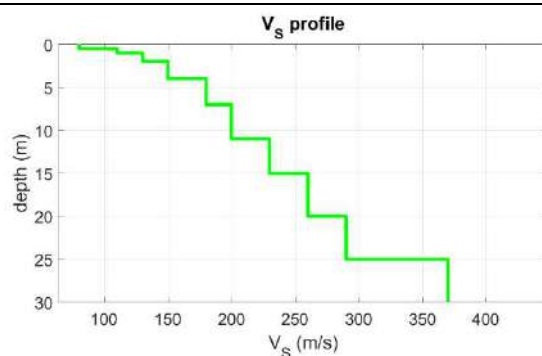
tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della *Modal Summation* (Herman 2003).




I risultati dell'elaborazione sono riportati in Tavola 2.

Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori e le relative velocità V_s , ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.

Vsh (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
80	0.5	0.5
110	0.5	1.0
130	1.0	2.0
150	2.0	4.0
180	3.0	7.0
200	4.0	11.0
230	4.0	15.0
260	5.0	20.0
290	5.0	25.0
370	semi-spazio	
Modello sismostratigrafico stimato		



	Indagine geofisica di superficie: analisi MASW e HVSR Località: Cavernano – Chianciano Terme (SI).	Rif. n° S167-23
---	---	-----------------

L'analisi della dispersione delle onde superficiali ha consentito di stimare il profilo verticale della V_s e di conseguenza del parametro $V_{s,eq}$ (in questo caso corrispondente con V_{s30}) che risulta essere pari a 221 m/s, considerando come riferimento il piano campagna.

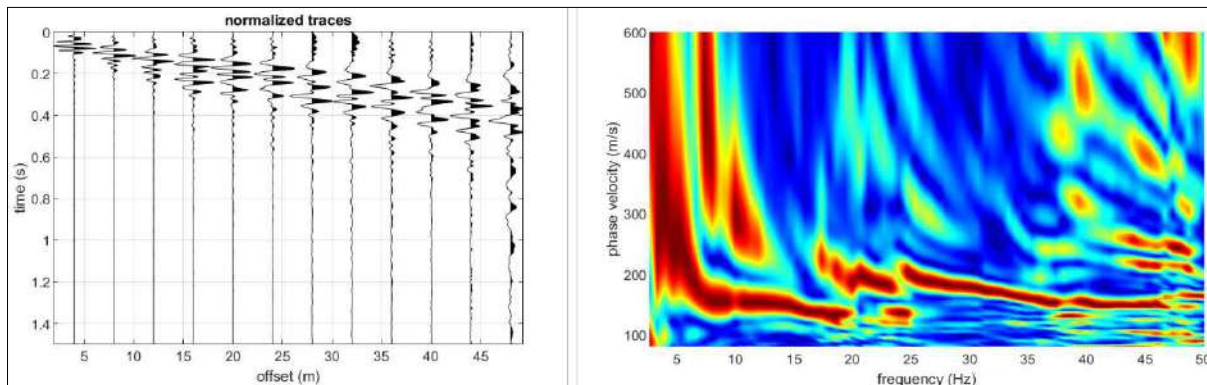
Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della V_s , ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II (riportata sotto).

Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

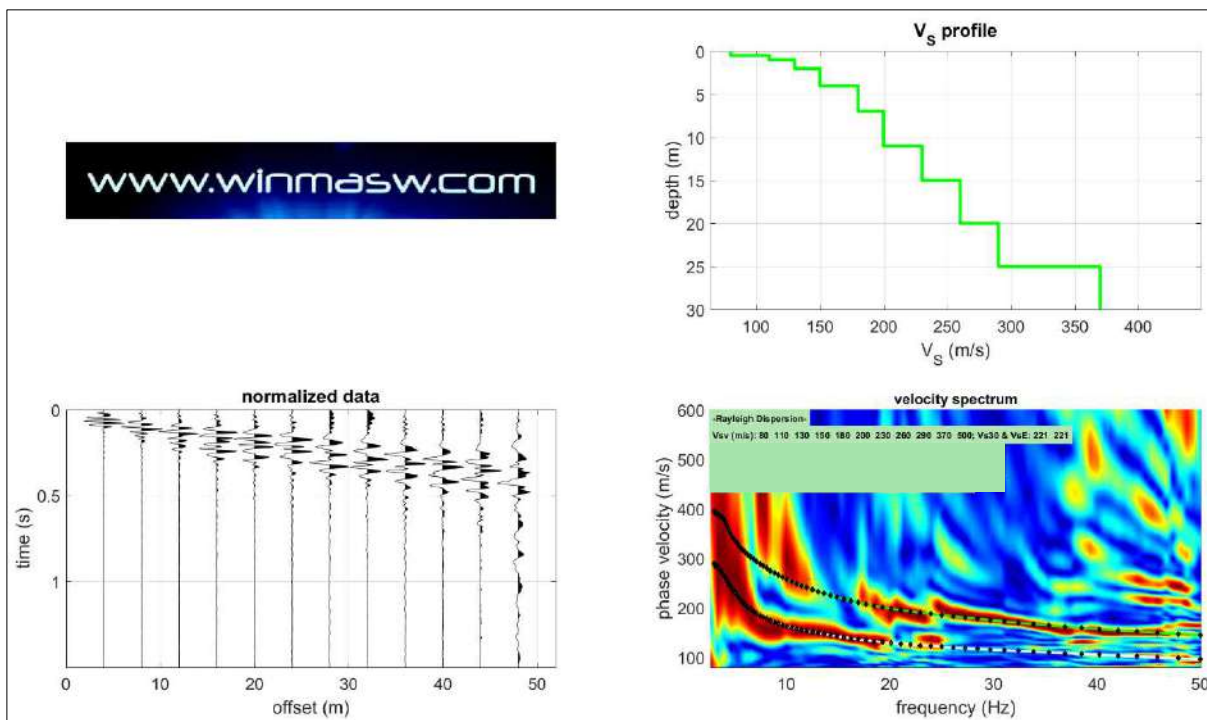
Scandicci, lì 10/01/2024



TAVOLA 1



Componente di Rayleigh - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW.

In basso: sismogramma e spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh). In alto: profilo verticale Vs identificato dall'inversione.

TAVOLA 2

ALLEGATO B – Indagini geognostiche

Rapporto n°:	273-23			Data:	04/12/2023
Committente:	Terra & Opere S.R.L.			Località:	Cavernano – Chianciano Terme (SI)
Coordinate P1:	Lat.:	43.066117°	Long.:	11.825489°	
Coordinate P2:	Lat.:	43.066629°	Long.:	11.826405°	



P1 (CPT)



Ubicazione prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI								CPT		1					
								Riferimento		273-23					
Committente Terra & Opere S.R.L.								U.M.: kg/cm²		Data esec. 04/12/2023					
Cantiere								Pagina 1							
Località Cavernano - Chianciano Terme (SI)								Elaborato		Falda					
H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	7	10		7,0	0,20	35	2,9								
0,60	7	16		7,0	0,60	12	8,6								
0,80	13	23		13,0	0,67	19	5,2								
1,00	15	32		15,0	1,13	13	7,5								
1,20	20	38		20,0	1,20	17	6,0								
1,40	26	46		26,0	1,33	20	5,1								
1,60	16	36		16,0	1,33	12	8,3								
1,80	19	41		19,0	1,47	13	7,7								
2,00	21	38		21,0	1,13	19	5,4								
2,20	16	28		16,0	0,80	20	5,0								
2,40	12	23		12,0	0,73	16	6,1								
2,60	14	29		14,0	1,00	14	7,1								
2,80	15	32		15,0	1,13	13	7,5								
3,00	20	36		20,0	1,07	19	5,4								
3,20	23	49		23,0	1,73	13	7,5								
3,40	31	55		31,0	1,60	19	5,2								
3,60	28	63		28,0	2,33	12	8,3								
3,80	46	82		46,0	2,40	19	5,2								
4,00	27	68		27,0	2,73	10	10,1								
4,20	20	63		20,0	2,87	7	14,4								
4,40	21	56		21,0	2,33	9	11,1								
4,60	360	500		360,0	9,33	39	2,6								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

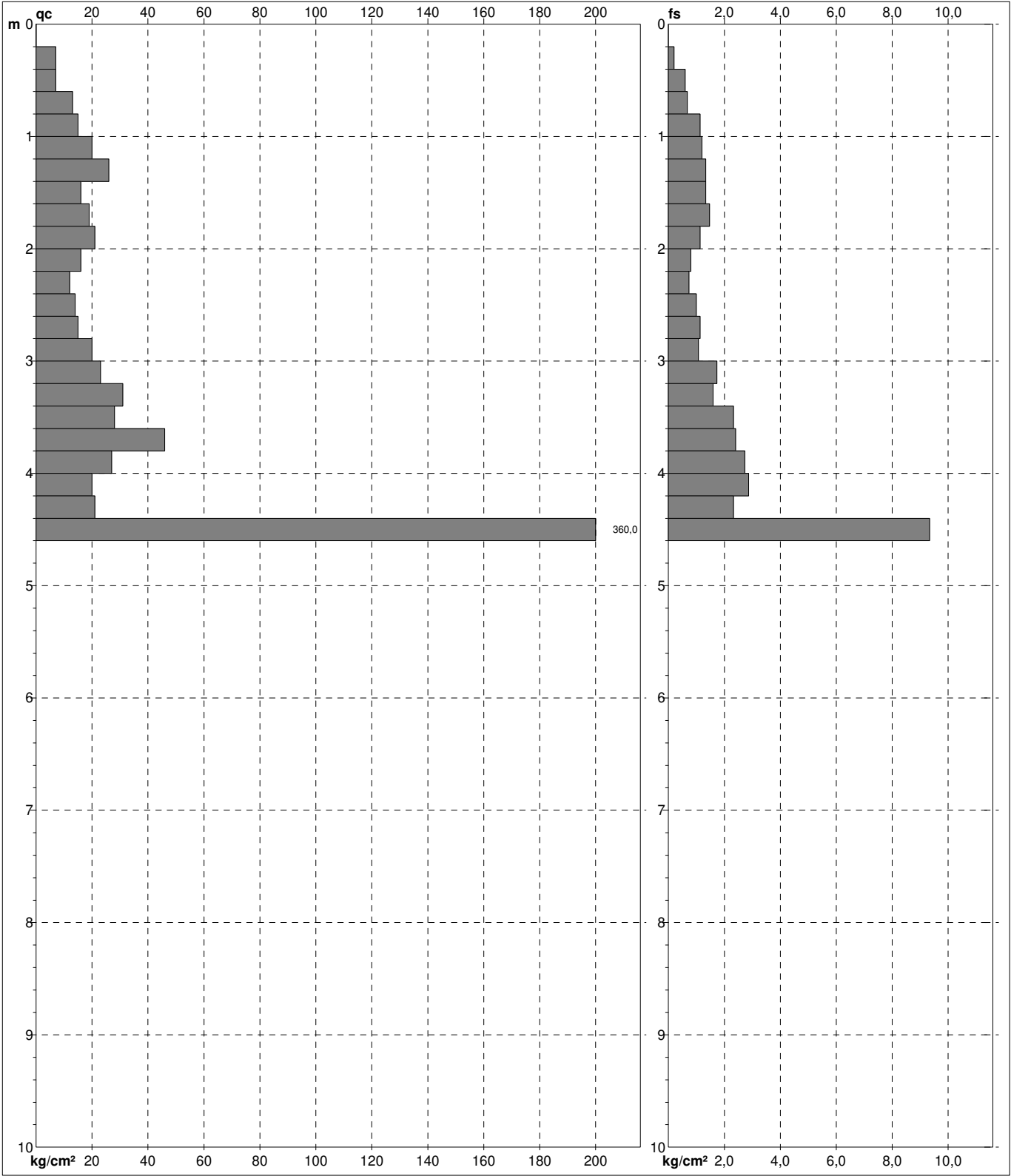
fs = resistenza laterale
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

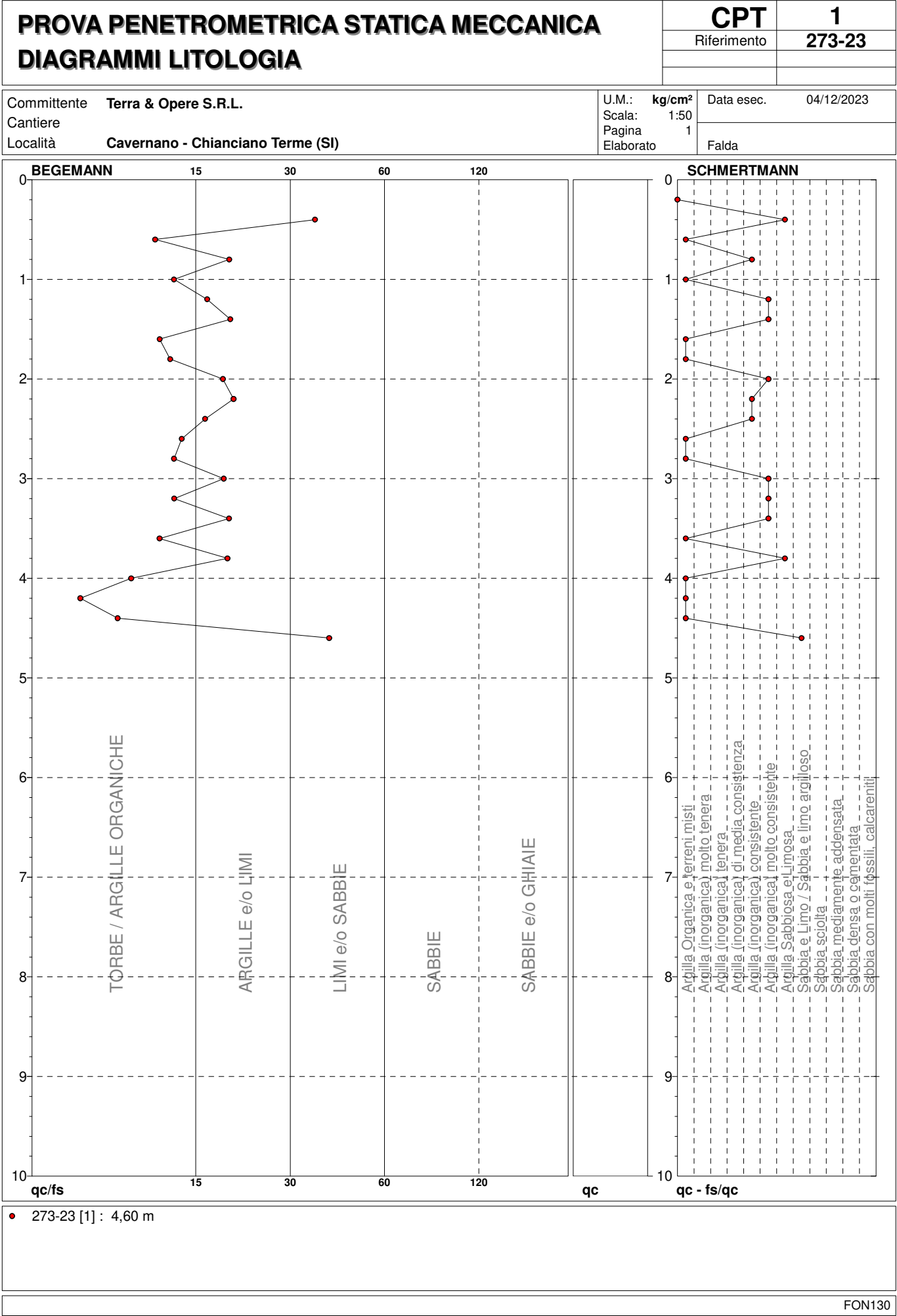
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA		CPT	1
		Riferimento	273-23

Committente	Terra & Opere S.R.L.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	04/12/2023
Cantiere		Scala:	1:50		
Località	Cavernano - Chianciano Terme (SI)	Pagina	1	Quota inizio: Falda	
		Elaborato			



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI												CPT		1									
												Riferimento		273-23									
Committente Terra & Opere S.R.L.												U.M.: kg/cm²		Data eseg. 04/12/2023									
Cantiere												Pagina 1											
Località Cavernano - Chianciano Terme (SI)												Elaborato		Falda									
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	4 ? ? ?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	7.0	35.0	1	1.85	0.07	115	0.35	43.8	59.5	89.3	32.2	44	37	32	29	28	37	26	11.7	17.5	21.0	--	--
0.60	7.0	11.7	2	1.85	0.11	115	0.35	26.4	14.0	21.0	10.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	13.0	19.4	2	1.85	0.15	145	0.60	36.5	102.8	154.2	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	15.0	13.3	2	1.85	0.19	154	0.67	31.2	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	20.0	16.7	4	1.85	0.22	171	0.80	31.2	136.0	204.0	60.0	53	38	32	29	27	36	27	33.3	50.0	60.0	--	--
1.40	26.0	19.5	4	1.85	0.26	189	0.93	31.0	157.9	236.8	78.0	59	38	33	30	28	37	28	43.3	65.0	78.0	--	--
1.60	16.0	12.0	2	1.85	0.30	157	0.70	18.3	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	19.0	12.9	2	1.85	0.33	168	0.78	18.1	131.8	197.8	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	21.0	18.6	4	1.85	0.37	174	0.82	17.1	140.0	210.0	63.0	43	36	30	27	25	34	27	35.0	52.5	63.0	--	--
2.20	16.0	20.0	2	1.85	0.41	157	0.70	12.3	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	12.0	16.4	2	1.85	0.44	141	0.57	8.6	105.3	157.9	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	14.0	14.0	2	1.85	0.48	150	0.64	8.9	114.0	171.0	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	15.0	13.3	2	1.85	0.52	154	0.67	8.6	122.8	184.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	20.0	18.7	4	1.85	0.56	171	0.80	9.9	136.1	204.2	60.0	31	35	28	24	23	31	27	33.3	50.0	60.0	--	--
3.20	23.0	13.3	4	1.85	0.59	180	0.87	10.1	147.5	221.3	69.0	34	35	28	25	23	32	28	38.3	57.5	69.0	--	--
3.40	31.0	19.4	4	1.85	0.63	202	1.03	11.7	175.7	263.5	93.0	43	36	29	26	24	33	29	51.7	77.5	93.0	--	--
3.60	28.0	12.0	4	1.85	0.67	194	0.97	10.0	164.2	246.2	84.0	38	36	28	25	24	32	28	46.7	70.0	84.0	--	--
3.80	46.0	19.2	4	1.85	0.70	234	1.53	16.6	260.7	391.0	138.0	54	38	31	28	26	35	31	76.7	115.0	138.0	--	--
4.00	27.0	9.9	4	1.85	0.74	192	0.95	8.5	175.5	263.3	81.0	34	35	28	25	23	31	28	45.0	67.5	81.0	--	--
4.20	20.0	7.0	4	1.85	0.78	171	0.80	6.5	200.1	300.2	60.0	23	34	26	23	21	29	27	33.3	50.0	60.0	--	--
4.40	21.0	9.0	4	1.85	0.81	174	0.82	6.4	211.3	316.9	63.0	23	34	26	23	21	29	27	35.0	52.5	63.0	--	--
4.60	360.0	38.6	3	1.85	0.85	509	--	--	--	--	--	100	43	40	37	35	43	40	600.0	900.0	1080.0	--	--

FON130

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	Riferimento	273-23

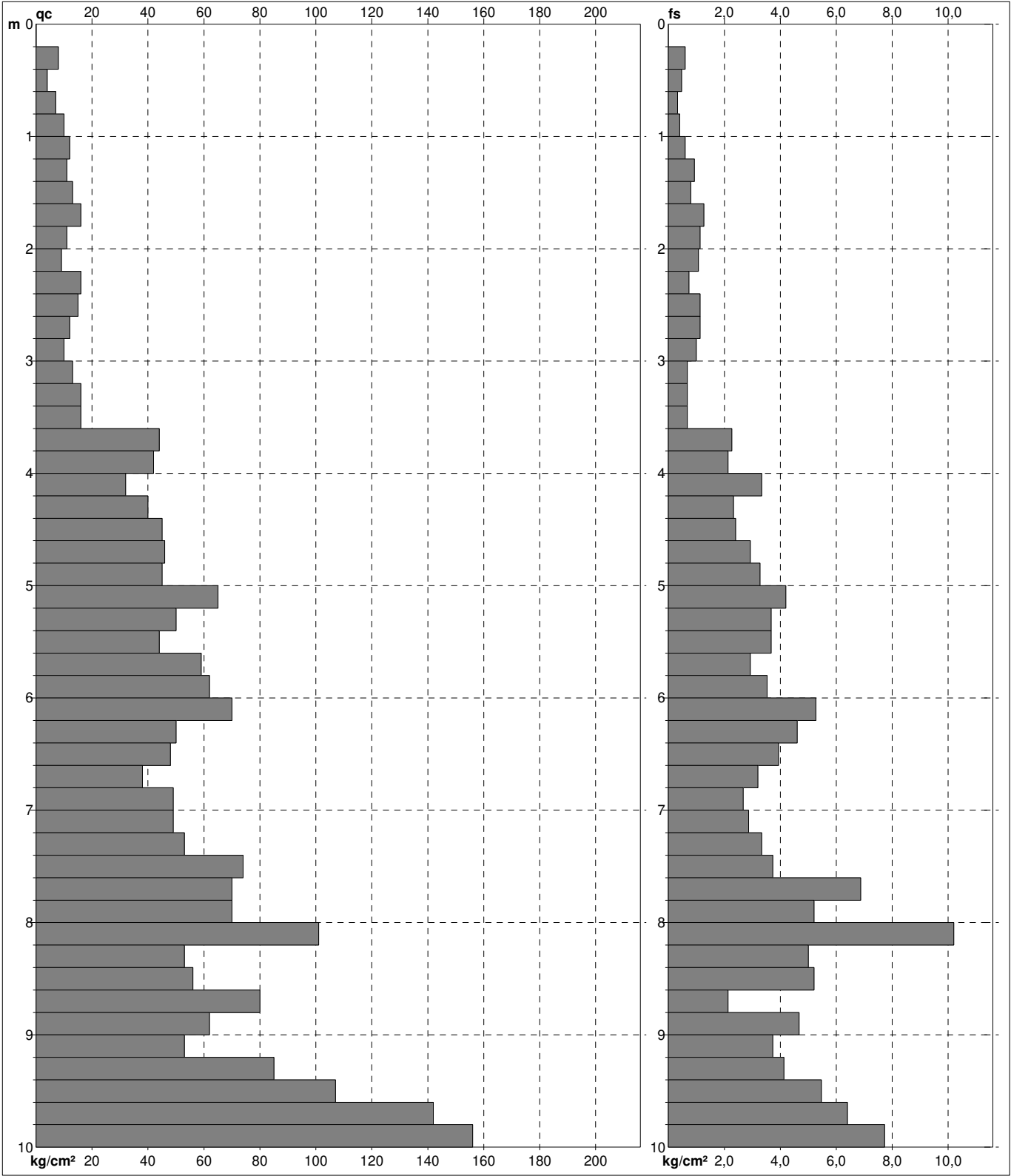
Committente Terra & Opere S.R.L.	U.M.: kg/cm²	Data eseg. 04/12/2023
Cantiere	Pagina 1	
Località Cavernano - Chianciano Terme (SI)	Elaborato	Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	8	17		8,0	0,60	13	7,5								
0,60	4	11		4,0	0,47	9	11,8								
0,80	7	12		7,0	0,33	21	4,7								
1,00	10	16		10,0	0,40	25	4,0								
1,20	12	21		12,0	0,60	20	5,0								
1,40	11	25		11,0	0,93	12	8,5								
1,60	13	25		13,0	0,80	16	6,2								
1,80	16	35		16,0	1,27	13	7,9								
2,00	11	28		11,0	1,13	10	10,3								
2,20	9	25		9,0	1,07	8	11,9								
2,40	16	27		16,0	0,73	22	4,6								
2,60	15	32		15,0	1,13	13	7,5								
2,80	12	29		12,0	1,13	11	9,4								
3,00	10	25		10,0	1,00	10	10,0								
3,20	13	23		13,0	0,67	19	5,2								
3,40	16	26		16,0	0,67	24	4,2								
3,60	16	26		16,0	0,67	24	4,2								
3,80	44	78		44,0	2,27	19	5,2								
4,00	42	74		42,0	2,13	20	5,1								
4,20	32	82		32,0	3,33	10	10,4								
4,40	40	75		40,0	2,33	17	5,8								
4,60	45	81		45,0	2,40	19	5,3								
4,80	46	90		46,0	2,93	16	6,4								
5,00	45	94		45,0	3,27	14	7,3								
5,20	65	128		65,0	4,20	15	6,5								
5,40	50	105		50,0	3,67	14	7,3								
5,60	44	99		44,0	3,67	12	8,3								
5,80	59	103		59,0	2,93	20	5,0								
6,00	62	115		62,0	3,53	18	5,7								
6,20	70	149		70,0	5,27	13	7,5								
6,40	50	119		50,0	4,60	11	9,2								
6,60	48	107		48,0	3,93	12	8,2								
6,80	38	86		38,0	3,20	12	8,4								
7,00	49	89		49,0	2,67	18	5,4								
7,20	49	92		49,0	2,87	17	5,9								
7,40	53	103		53,0	3,33	16	6,3								
7,60	74	130		74,0	3,73	20	5,0								
7,80	70	173		70,0	6,87	10	9,8								
8,00	70	148		70,0	5,20	13	7,4								
8,20	101	262		101,0	10,73	9	10,6								
8,40	53	128		53,0	5,00	11	9,4								
8,60	56	134		56,0	5,20	11	9,3								
8,80	80	112		80,0	2,13	38	2,7								
9,00	62	132		62,0	4,67	13	7,5								
9,20	53	109		53,0	3,73	14	7,0								
9,40	85	147		85,0	4,13	21	4,9								
9,60	107	189		107,0	5,47	20	5,1								
9,80	142	238		142,0	6,40	22	4,5								
10,00	156	272		156,0	7,73	20	5,0								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA		CPT	2
		Riferimento	273-23

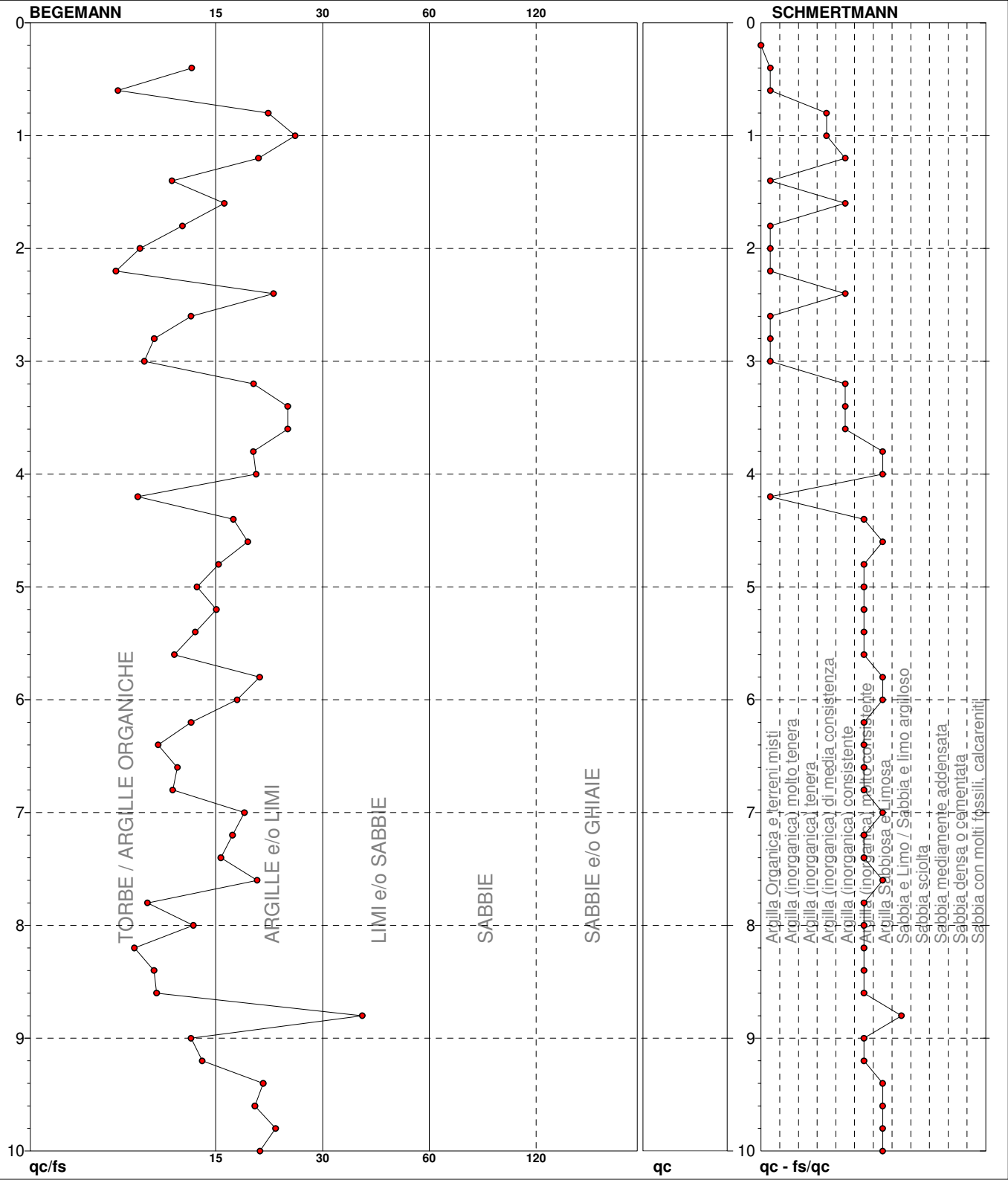
Committente	Terra & Opere S.R.L.	U.M.: kg/cm²	Data esec.	04/12/2023
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Cavernano - Chianciano Terme (SI)	Pagina 1	Quota inizio: Falda	
		Elaborato		



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	2
	Riferimento	273-23

Committente	Terra & Opere S.R.L.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	04/12/2023
Cantiere		Scala:	1:50		
Località	Cavernano - Chianciano Terme (SI)	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	



● 273-23 [2] : 10,00 m

note: Piezometro

FON130

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:

TG63-200Stat - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata alla stessa quota della punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$**

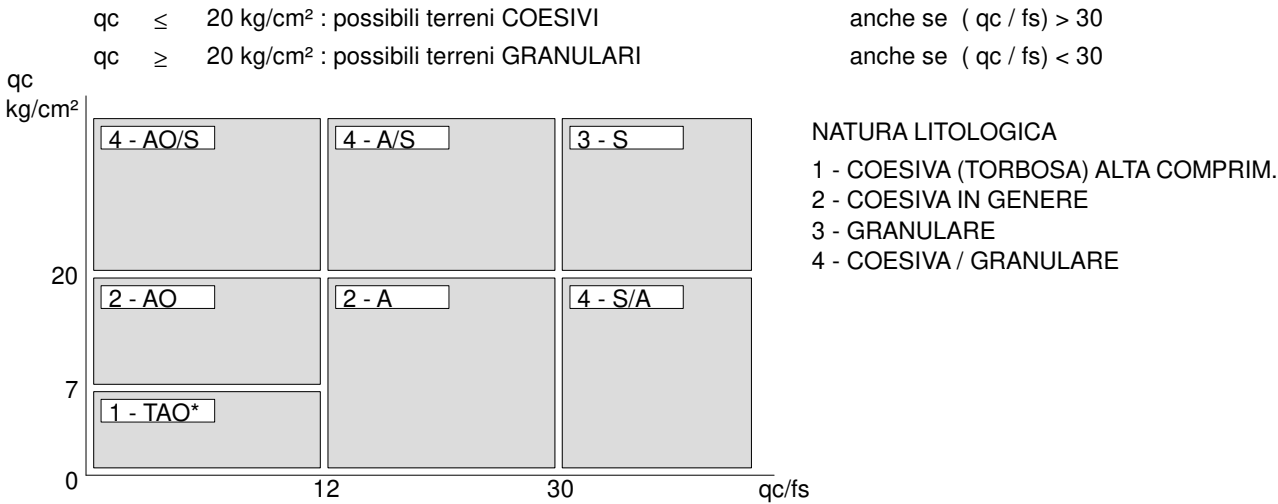
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

**LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI
SPECIFICHE TECNICHE**

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno immerso in falda [correlaz.: γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 \emptyset_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset_{DB} - De Beer (1965) \emptyset_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	Riferimento	273-23

Committente	Terra & Opere S.R.L.	
Cantiere		
Località	Cavernano - Chianciano Terme (SI)	

TG63-200Stat**Pagani - Piacenza**

Sigla	TG63-200Stat	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,12	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63,0 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,60 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento

ALLEGATO C – Certificati del laboratorio geotecnico

**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	35,2	%
Peso di volume	18,1	kN/m ³
Peso di volume secco	13,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,3	kN/m ³
Peso specifico	2,74	
Indice dei vuoti	1,014	
Porosità	50,3	%
Grado di saturazione	95,4	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	70,7	%
Limite di plasticità	32,5	%
Indice di plasticità	38,2	%
Indice di consistenza	0,93	
Passante al set. n° 40	NO	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,1	%
Sabbia	3,2	%
Limo	18,3	%
Argilla	78,4	%

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
6,3 ÷ 12,5			
12,5 ÷ 25,0			
25,0 ÷ 50,0	3619	0,001456	3,94E-08
50,0 ÷ 100,0	3941	0,001458	3,63E-08
100,0 ÷ 200,0	5050	0,001259	2,45E-08
200,0 ÷ 400,0	7450	0,000750	9,87E-09
400,0 ÷ 800,0	11325	0,000539	4,67E-09
800,0 ÷ 1600,0	17710	0,000410	2,27E-09

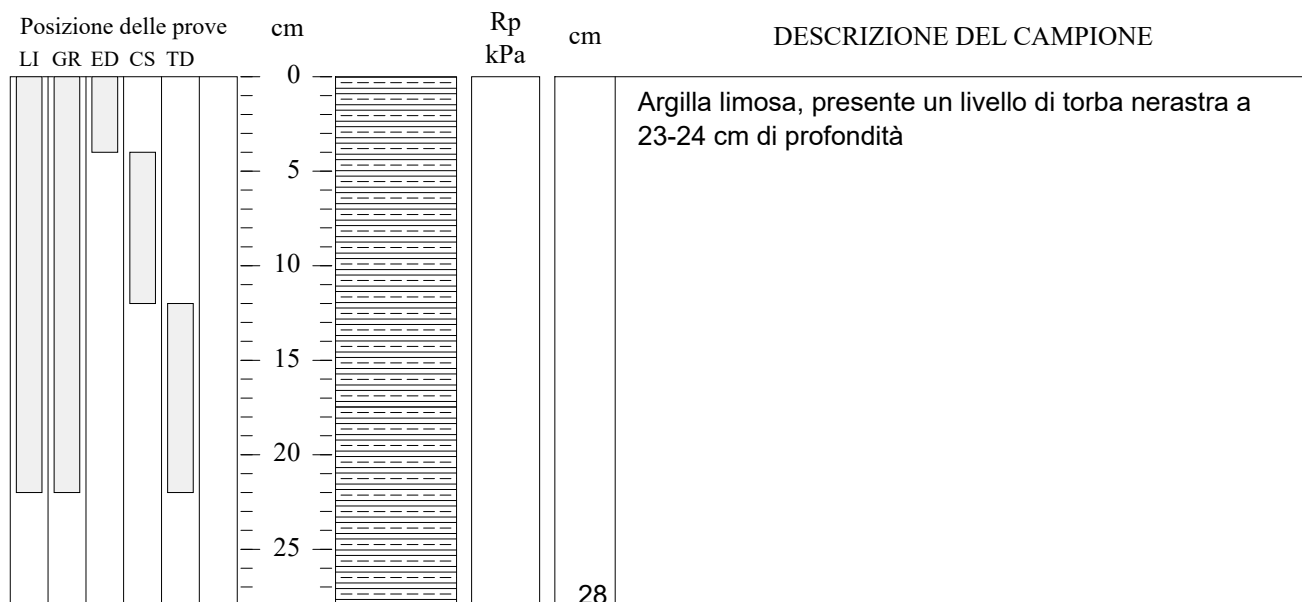
COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50



TIPO DI CAMPIONE

- ☒ Cilindrico
 - ☐ Cubico
 - ☐ Massivo
 - ☐ Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- ☐ Q5 (Ottima)
☒ Q4 (Buona)
☐ Q3 (Sufficiente)
☐ Q2 (Insufficiente)
☐ Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella metallica



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01915 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12

DATA DI EMISSIONE 20/12/23

Inizio analisi: 18/12/23

Apertura campione: 11/12/23

Fine analisi: 19/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

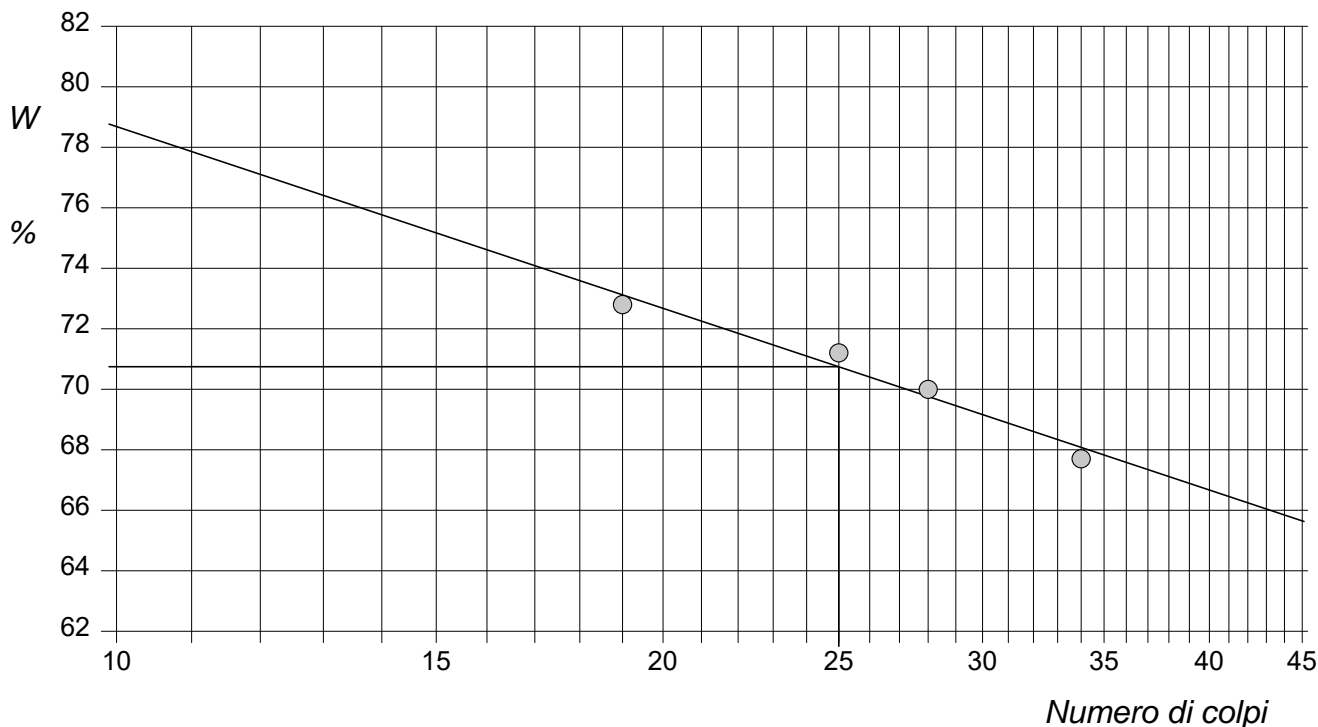
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM 4318

Limite di liquidità	70,7 %
Limite di plasticità	32,5 %
Indice di plasticità	38,2 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	19	25	28	34		Umidità (%)	32,7	32,2
Umidità (%)	72,8	71,2	70,0	67,7		Umidità media	32,5	

Determinazione del Limite di liquidità





TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01915 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12

DATA DI EMISSIONE 20/12/23

Inizio analisi: 18/12/23

Apertura campione: 11/12/23

Fine analisi: 19/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

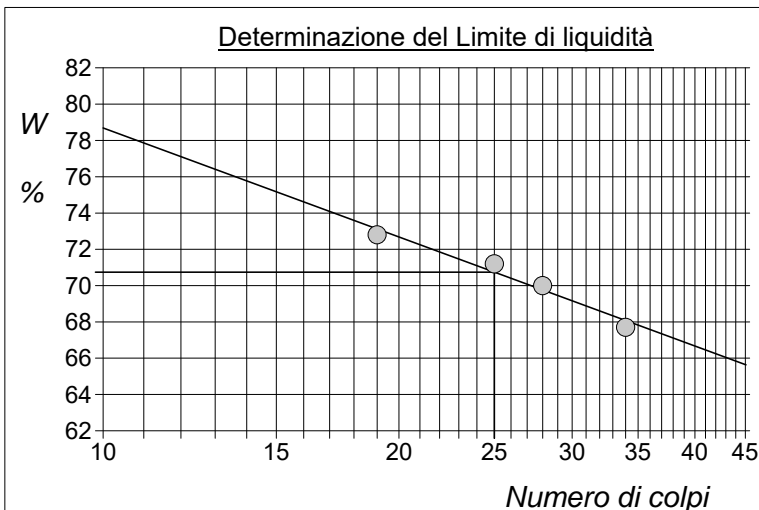
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM 4318

Limite di liquidità	70,7	%
Limite di plasticità	32,5	%
Indice di plasticità	38,2	%
Indice di consistenza	0,93	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

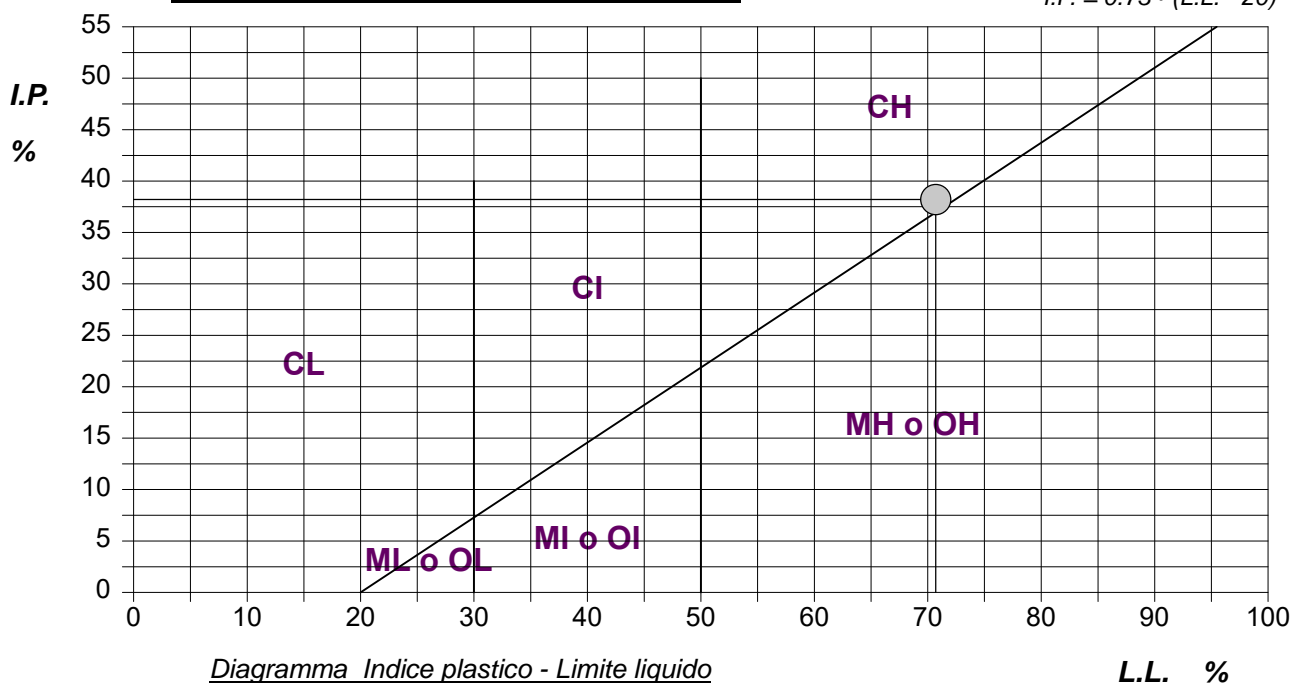
L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



Sperimentatore
Roberta Ficiara

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01916 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12

DATA DI EMISSIONE 20/12/23

Inizio analisi: 12/12/23

Apertura campione: 11/12/23

Fine analisi: 15/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

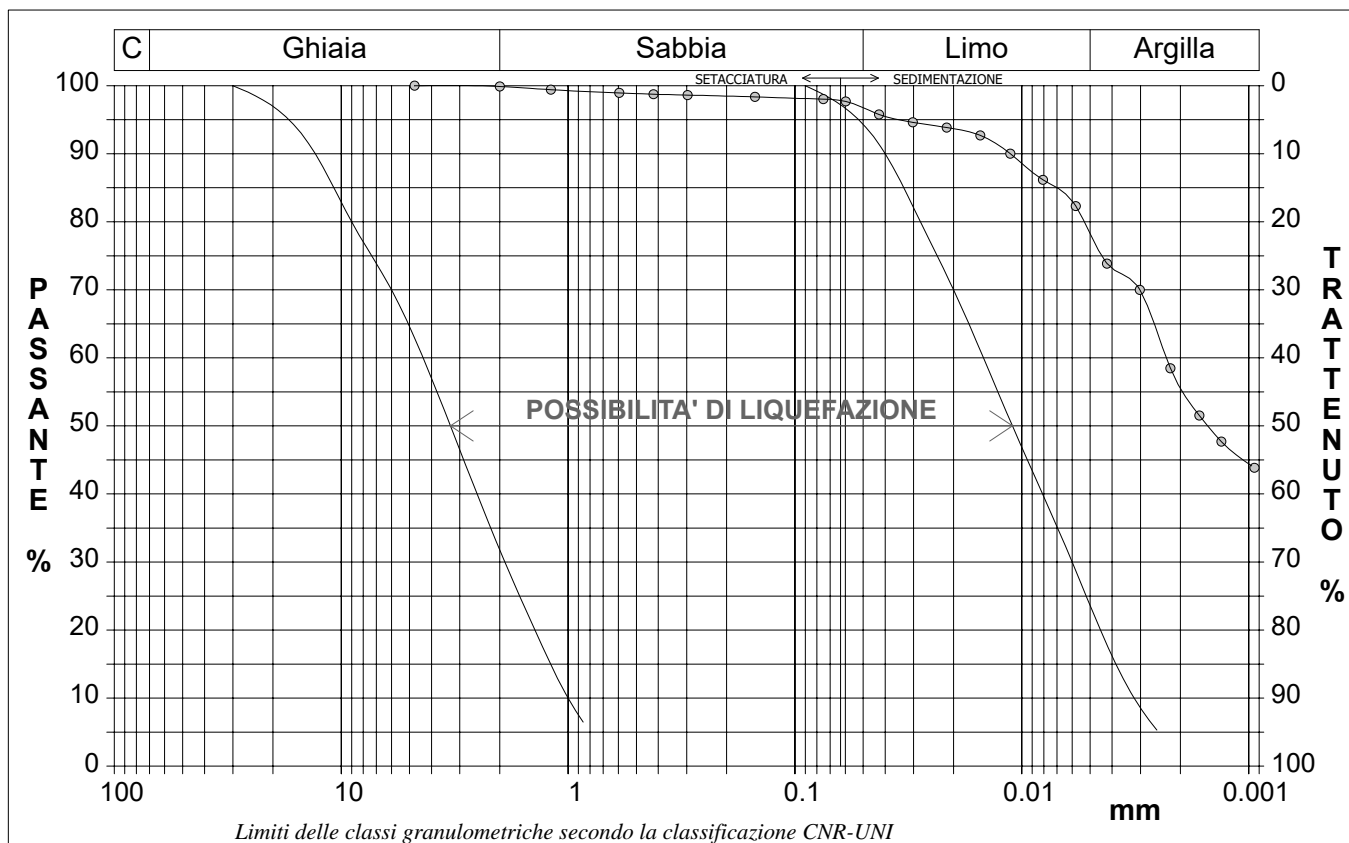
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9 %	D10	---	mm
Sabbia	3,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,7 %	D30	---	mm
Limo	18,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98,0 %	D50	0,00151	mm
Argilla	78,4 %			D60	0,00231	mm
				D90	0,01124	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,2970	98,62	0,0302	94,62	0,0058	82,31	0,0013	47,69
2,0000	99,88	0,1500	98,35	0,0214	93,85	0,0042	73,85	0,0009	43,85
1,1900	99,41	0,0750	98,02	0,0152	92,70	0,0030	70,00		
0,5950	98,93	0,0597	97,70	0,0112	90,00	0,0022	58,46		
0,4200	98,75	0,0426	95,77	0,0081	86,16	0,0017	51,54		



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01916 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE 20/12/23	Inizio analisi: 12/12/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12	Apertura campione: 11/12/23	Fine analisi: 15/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.
RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)
SONDAGGIO: CPT2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

SETACCIATURA

Peso totale: 394,26 g		Diametro massimo: 4,750 mm				
Setaccio	Diametro mm	Tratt. cumulato g	Tratt. parziale g	Trattenuto %	Pass. cumulato g	Passante %
n° 10	2,000	0,460	0,460	0,12	393,800	99,88
n° 16	1,190	2,320	1,860	0,59	391,940	99,41
n° 30	0,595	4,200	1,880	1,07	390,060	98,93
n° 40	0,420	4,940	0,740	1,25	389,320	98,75
n° 50	0,297	5,450	0,510	1,38	388,810	98,62
n° 100	0,150	6,490	1,040	1,65	387,770	98,35
n° 200	0,075	7,800	1,310	1,98	386,460	98,02

SEDIMENTAZIONE

Peso totale: 40,09 g		Temperatura: 14,0°	Peso specifico: 2,74	Densimetro: ASTM H151		
Correzione menisco: 0,5		Correzione dispersivo: -2,9		Correzione temperatura: -1,2		
Tempo minuti	Lettura densimetro	Lettura corretta	Prof. bulbo cm	Velocità cm/sec	Diametro mm	Passante %
0,50	29,0	25,4	8,493	16,985	0,05974	97,70
1,00	28,5	24,9	8,625	8,625	0,04257	95,77
2,00	28,2	24,6	8,704	4,352	0,03024	94,62
4,00	28,0	24,4	8,757	2,189	0,02145	93,85
8,00	27,7	24,1	8,837	1,105	0,01523	92,70
15,00	27,0	23,4	9,022	0,601	0,01124	90,00
30,00	26,0	22,4	9,286	0,310	0,00806	86,16
60,00	25,0	21,4	9,551	0,159	0,00578	82,31
120,00	22,8	19,2	10,133	0,084	0,00421	73,85
240,00	21,8	18,2	10,398	0,043	0,00302	70,00
480,00	18,8	15,2	11,192	0,023	0,00221	58,46
900,00	17,0	13,4	11,668	0,013	0,00165	51,54
1440,00	16,0	12,4	11,932	0,008	0,00132	47,69
2880,00	15,0	11,4	12,197	0,004	0,00094	43,85

Sperimentatore
Rosario Reho

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01917 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12

DATA DI EMISSIONE 20/12/23

Inizio analisi: 11/12/23

Apertura campione: 11/12/23

Fine analisi: 20/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	18,20
Umidità (%)	36,5
Peso specifico	2,74
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,14
Sezione provino (cm²)	40,04
Volume provino (cm³)	80,08
Volume dei vuoti (cm³)	40,42
Indice dei vuoti	1,02
Porosità (%)	50,47
Saturazione (%)	98,3

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

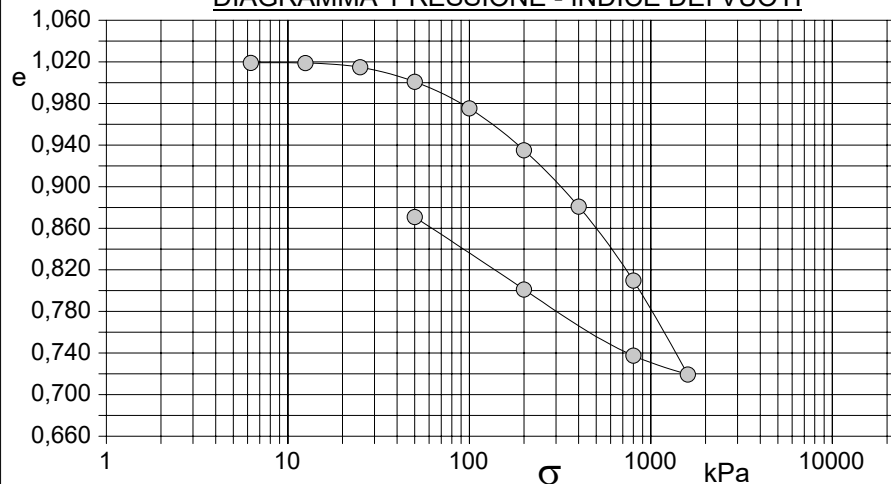
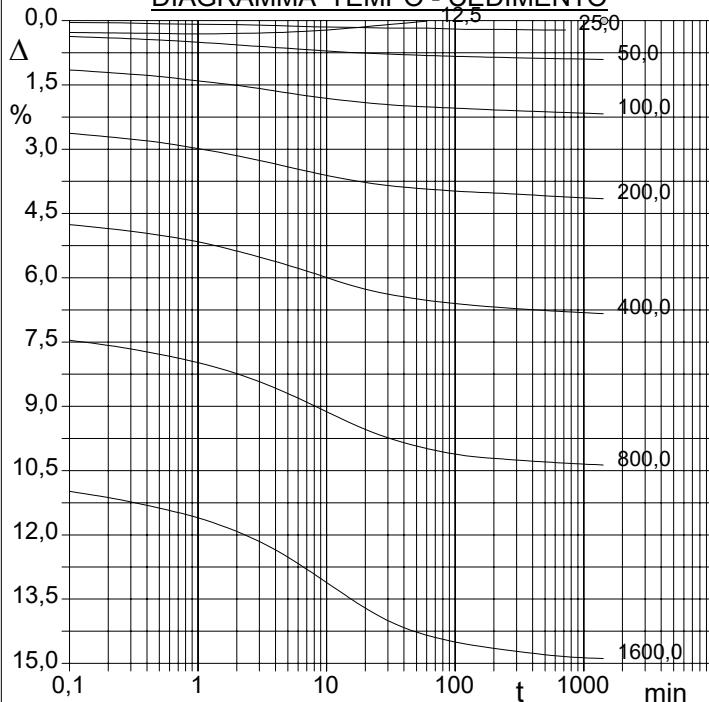


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
6,3	0,1	1,019	
12,5	0,2	1,019	0,000
25,0	4,3	1,015	0,014
50,0	18,1	1,001	0,046
100,0	43,5	0,975	0,085
200,0	83,1	0,935	0,133
400,0	136,8	0,881	0,180
800,0	207,4	0,810	0,236
1600,0	297,8	0,719	0,300
800,0	279,0	0,737	
200,0	216,0	0,801	
50,0	147,0	0,871	



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01917 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE 20/12/23	Inizio analisi: 11/12/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12	Apertura campione: 11/12/23	Fine analisi: 20/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.
RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)
SONDAGGIO: CPT2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 12,5 kPa		Pressione 25,0 kPa		Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	0,1	0,00	0,2	0,00	4,3	0,00	18,1
0,10	5,5	0,10	0,8	0,10	7,4	0,10	23,0
0,25	5,7	0,25	1,0	0,25	8,2	0,25	24,6
0,50	5,9	0,50	1,4	0,50	9,0	0,50	26,1
1,00	6,2	1,00	1,6	1,00	10,1	1,00	28,1
2,00	5,9	2,00	1,8	2,00	11,3	2,00	30,2
4,00	5,5	4,00	2,3	4,00	12,5	4,00	32,8
8,00	4,7	8,00	2,9	8,00	13,7	8,00	35,5
15,00	3,5	15,00	3,1	15,00	14,8	15,00	37,5
30,00	1,8	30,00	3,5	30,00	15,6	30,00	39,2
60,00	0,2	60,00	3,5	60,00	16,3	60,00	40,2
		120,00	4,1	120,00	16,8	120,00	41,0
		240,00	4,1	240,00	17,2	240,00	41,8
		480,00	4,3	480,00	17,6	480,00	42,5
		720,00	4,3	720,00	17,8	720,00	42,9
				1440,00	18,1	1440,00	43,5

Pressione 200,0 kPa		Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	43,5	0,00	83,1	0,00	136,8	0,00	207,4
0,10	52,5	0,10	95,2	0,10	149,2	0,10	219,7
0,25	54,8	0,25	97,7	0,25	152,4	0,25	223,6
0,50	56,8	0,50	100,1	0,50	155,7	0,50	227,5
1,00	59,7	1,00	103,2	1,00	159,6	1,00	232,0
2,00	63,0	2,00	107,5	2,00	164,8	2,00	238,4
4,00	66,9	4,00	112,4	4,00	171,5	4,00	247,0
8,00	71,0	8,00	118,0	8,00	179,7	8,00	258,3
15,00	74,3	15,00	123,3	15,00	187,5	15,00	269,4
30,00	76,9	30,00	127,6	30,00	194,7	30,00	280,1
60,00	78,6	60,00	130,5	60,00	199,7	60,00	286,8
120,00	79,8	120,00	132,5	120,00	203,0	120,00	290,9
240,00	80,6	240,00	134,0	240,00	204,6	240,00	293,6
480,00	81,7	480,00	135,2	480,00	205,9	480,00	295,9
720,00	82,3	720,00	135,8	720,00	206,5	720,00	296,9
1440,00	83,1	1440,00	136,8	1440,00	207,4	1440,00	297,8



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01918 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12

DATA DI EMISSIONE 20/12/23

Inizio analisi: 11/12/23

Apertura campione: 11/12/23

Fine analisi: 11/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

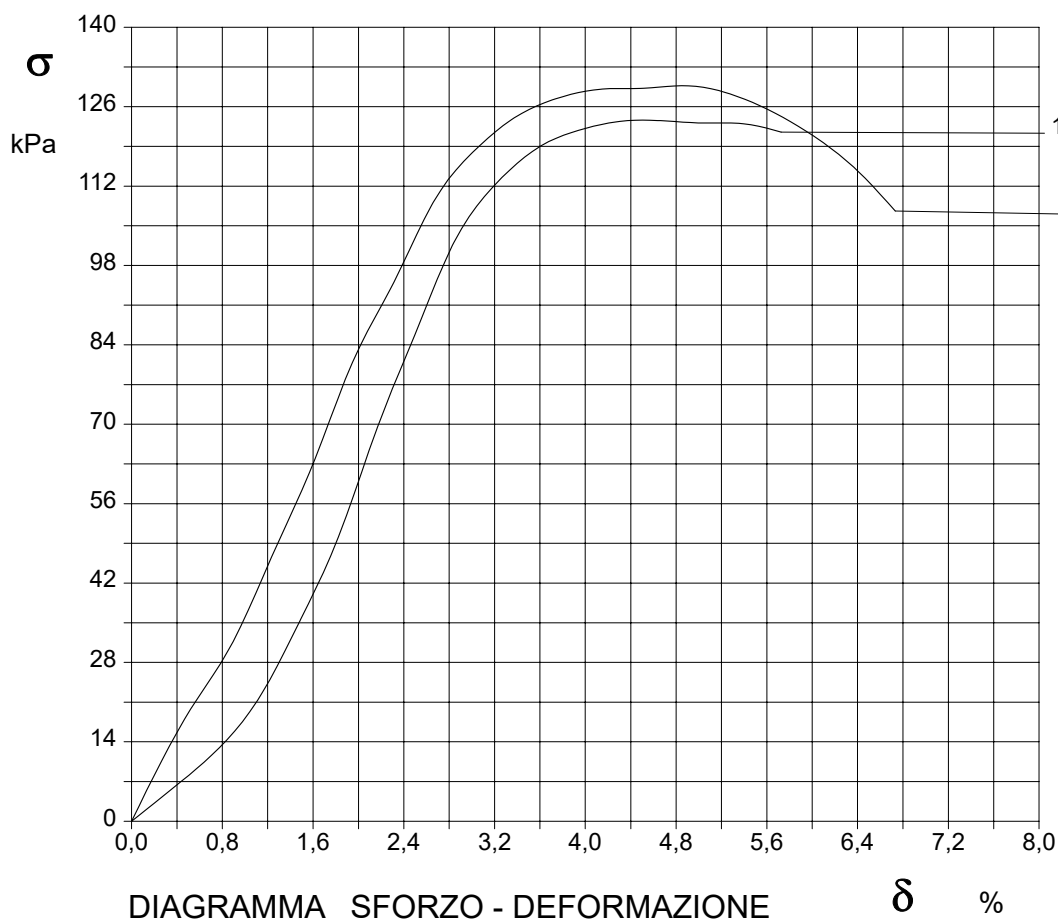
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

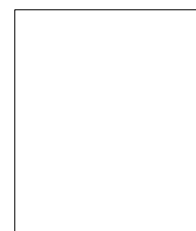
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	1,000	-----
Altezza (cm):	5,70	5,70	-----
Sezione (cm²):	11,34	11,34	-----
Peso di volume (kN/m³):	18,5	18,6	-----
Umidità naturale (%):	31,4	32,4	-----
Deformazione a rottura (%):	4,66	4,91	-----
Sforzo a rottura (kPa):	123,5	129,7	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01918 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE 20/12/23	Inizio analisi: 11/12/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12	Apertura campione: 11/12/23	Fine analisi: 11/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.				
RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)				
SONDAGGIO: CPT2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.00 - 2.50	

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

[illegible]



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01919 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 23/249 del 07/12

DATA DI EMISSIONE 20/12/23

Inizio analisi: 11/12/23

Apertura campione: 11/12/23

Fine analisi: 18/12/23

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.

RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)

SONDAGGIO: CPT2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

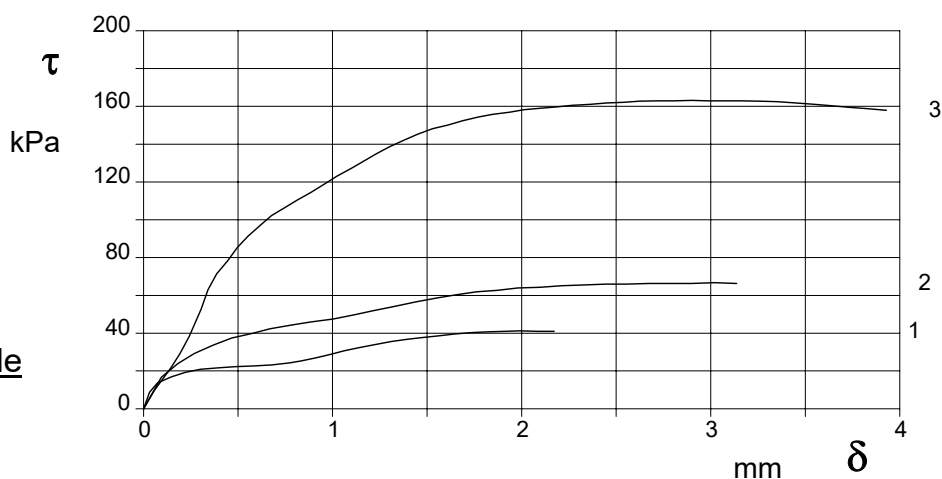
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	147	294
Tensione a rottura (kPa):	41	67	163
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,99 0,01	3,02 0,01	2,90 0,01
Umidità iniziale e umidità finale (%):	37,3 43,3	38,1 40,5	36,4 38,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,4 18,1	17,6 17,9	17,5 17,8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	90,7 100,0	93,9 99,7	91,3 97,2
Tipo di prova: Consolidata - lenta Tempo di consolidazione (ore): 24 Velocità di deformazione: 0,002 mm / min			

DIAGRAMMA

Tensione

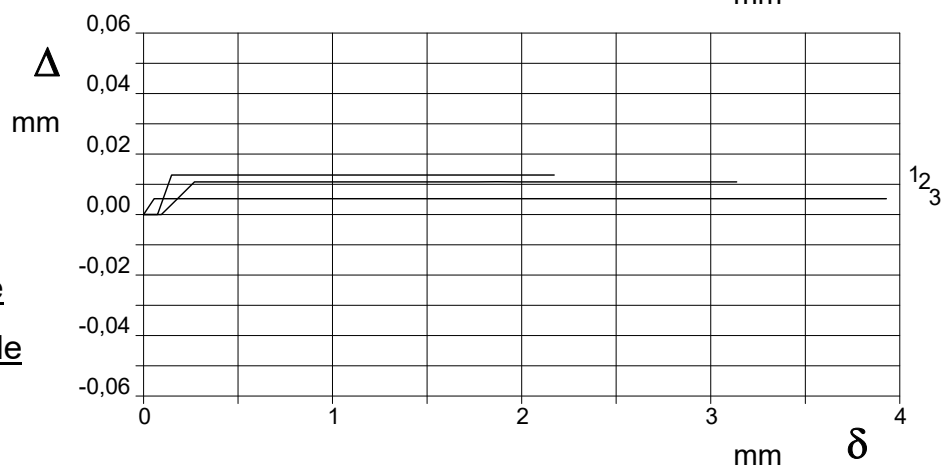
Deformazione orizzontale



DIAGRAMMA

Deformazione verticale

Deformazione orizzontale





AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: TERRA & OPERE S.r.l.				
RIFERIMENTO: Cavernano, Chianciano Terme (AR)				
SONDAGGIO:	CPT2	CAMPIONE:	C1	PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

SGEO - Laboratorio 7.0 - 2022

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocchini

COMMITTENTE:	TERRA & OPERE S.r.l.		
RIFERIMENTO:	Cavernano, Chianciano Terme (AR)		
SONDAGGIO:	CPT2	CAMPIONE:	C1 PROFONDITA': m 2.00 - 2.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	49		147		294	
Tensione a rottura (kPa):	41		67		163	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,99	0,01	3,02	0,01	2,90	0,01
Umidità iniziale e umidità finale (%):	37,3	43,3	38,1	40,5	36,4	38,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,4	18,1	17,6	17,9	17,5	17,8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	90,7	100,0	93,9	99,7	91,3	97,2

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 5,4 kPa
Angolo di attrito interno: 26,4 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,002 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

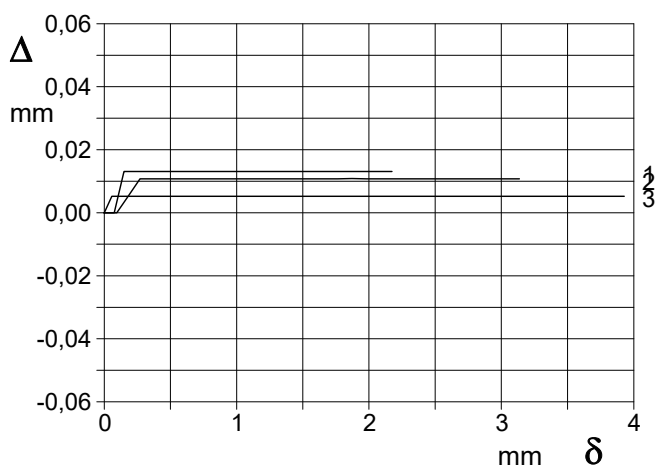
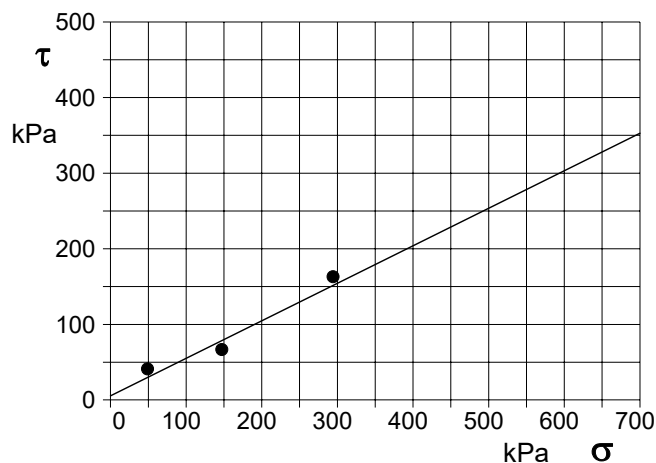


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

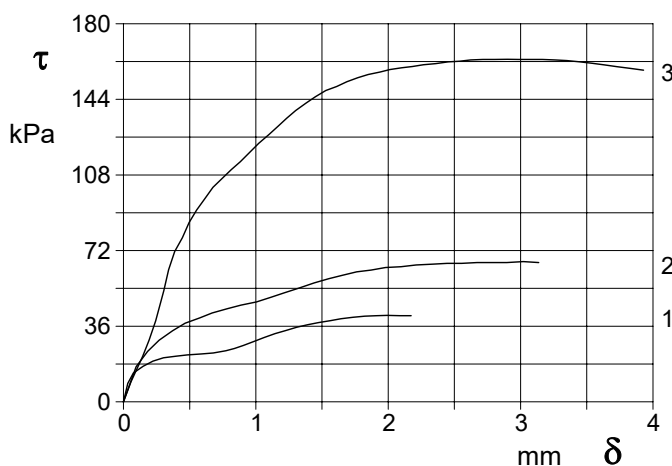


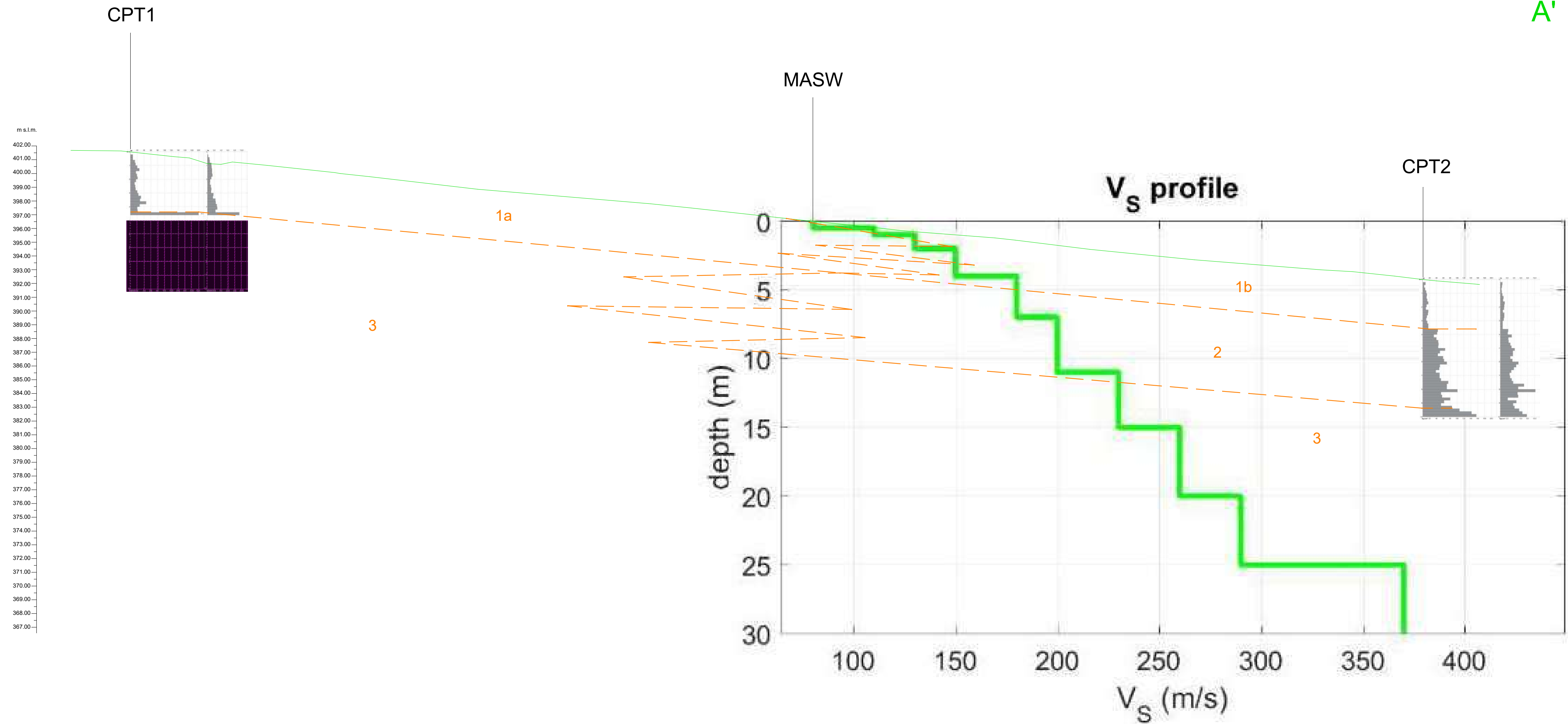
DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ALLEGATO D – Sezione geologica con correlazioni

SEZIONE A-A'

A

A'



scala 1:200

PLANIMETRIA INDAGINI CON TRACCIA SEZIONE



scala 1:1000

ALLEGATO E – Certificati di laboratorio chimico

LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONE

Spett.le
**CONSORZIO DI BONIFICA 2 ALTO
VALDARNO**

IT

Rapporto di prova n°2301130-001 del 18/12/2023

Denominazione del campione: Campione terreno 1a

Tipologia analisi: Terreni

Data arrivo campione: 04/12/2023

Data campionamento: 04/12/2023

Campionamento effettuato da: Cliente

Luogo di campionamento: Fosso Cavernano, Chianciano Terme (SI)

Punto di prelievo: Profondità 0-1 m

Contenitore: 1

Volume: 1,4 kg

Tempo di conservazione in lab.: 30 gg

Data inizio prova: 12/12/2023

Data fine prova: 15/12/2023

Parametro	Unità di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Metodo
Composti inorganici					
Arsenico	mg/Kg ss	3,3		20	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cadmio	mg/Kg ss	<0,1		2	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cobalto	mg/Kg ss	6,7		20	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo totale	mg/Kg ss	23,3		150	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo VI	mg/Kg ss	<0,1		2	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1985
Mercurio	mg/Kg ss	<0,1		1	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Nichel	mg/Kg ss	18,7		120	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Piombo	mg/Kg ss	5,6		100	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Rame	mg/Kg ss	13,1		120	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Zinco	mg/Kg ss	22,6		150	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Idrocarburi					
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg ss	<20		50	ISO 16703 2004
Amianto					
Amianto	mg/Kg ss	<1000		1000	DM 06/09/1994 (FT-IR)

**LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONE**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Metodo
-----------	------------------	-----------	------------	------------------------	--------

I valori evidenziati in grassetto risultano fuori limite

(1) Limite legislativo: D. Lgs. n°152 del 23 Aprile 2006 e smi Tabella 1 Allegato 5 alla parte quarta. Colonna A

Giudizio di conformità

Sulla base dei parametri analizzati il campione risulta conforme ai limiti stabiliti dal D.Lgs 152-06 e smi Tab. A (residenziale verde pubblico) e Tab. B (suoli uso industriali e commerciali).

Incertezza di misura espressa come incertezza estesa. Il fattore di copertura è $K=2$ con un livello di fiducia del 95%.

Il giudizio di conformità riportato sul rapporto di prova è espresso senza considerare l'incertezza estesa di misura.

I risultati del presente rapporto sono riferibili esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Si declina ogni responsabilità relativamente a campionamento, conservazione e trasporto del campione se non effettuato dal laboratorio, nonché sulle informazioni fornite dal cliente (denominazione campione, identità e/o qualifica del campionatore, luogo e data del campionamento e punto di prelievo) e, ove applicabile, dal produttore (codice CER e descrizione del rifiuto).

Qualora il campionamento sia eseguito dal cliente, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto.

E' vietata la riproduzione parziale del presente documento salvo approvazione scritta da Ambianta Srl.

A fronte di eventuali manomissioni del documento fa fede la copia conservata presso gli archivi della nostra sede.

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

Dott. Chim. Giulia Bastiani



-- FINE RAPPORTO DI PROVA --

LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONE

Spett.le
**CONSORZIO DI BONIFICA 2 ALTO
VALDARNO**

IT

Rapporto di prova n°2301130-002 del 18/12/2023

Denominazione del campione: Campione terreno 1b

Tipologia analisi: Terreni

Data arrivo campione: 04/12/2023

Data campionamento: 04/12/2023

Campionamento effettuato da: Cliente

Luogo di campionamento: Fosso Cavernano, Chianciano Terme (SI)

Punto di prelievo: Profondità 0-1 m

Contenitore: 1

Volume: 1,4 kg

Tempo di conservazione in lab.: 30 gg

Data inizio prova: 12/12/2023

Data fine prova: 15/12/2023

Parametro	Unità di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Metodo
Composti inorganici					
Arsenico	mg/Kg ss	3,0		20	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cadmio	mg/Kg ss	<0,1		2	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cobalto	mg/Kg ss	5,4		20	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo totale	mg/Kg ss	27,7		150	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo VI	mg/Kg ss	<0,1		2	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1985
Mercurio	mg/Kg ss	<0,1		1	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Nichel	mg/Kg ss	22,6		120	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Piombo	mg/Kg ss	6,0		100	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Rame	mg/Kg ss	10,0		120	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Zinco	mg/Kg ss	25,3		150	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Idrocarburi					
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg ss	<20		50	ISO 16703 2004
Amianto					
Amianto	mg/Kg ss	<1000		1000	DM 06/09/1994 (FT-IR)

**LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONE**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Metodo
-----------	------------------	-----------	------------	------------------------	--------

I valori evidenziati in grassetto risultano fuori limite

(1) Limite legislativo: D. Lgs. n°152 del 23 Aprile 2006 e smi Tabella 1 Allegato 5 alla parte quarta. Colonna A

Giudizio di conformità

Sulla base dei parametri analizzati il campione risulta conforme ai limiti stabiliti dal D.Lgs 152-06 e smi Tab. A (residenziale verde pubblico) e Tab. B (suoli uso industriali e commerciali).

Incertezza di misura espressa come incertezza estesa. Il fattore di copertura è $K=2$ con un livello di fiducia del 95%.

Il giudizio di conformità riportato sul rapporto di prova è espresso senza considerare l'incertezza estesa di misura.

I risultati del presente rapporto sono riferibili esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Si declina ogni responsabilità relativamente a campionamento, conservazione e trasporto del campione se non effettuato dal laboratorio, nonché sulle informazioni fornite dal cliente (denominazione campione, identità e/o qualifica del campionatore, luogo e data del campionamento e punto di prelievo) e, ove applicabile, dal produttore (codice CER e descrizione del rifiuto).

Qualora il campionamento sia eseguito dal cliente, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto.

E' vietata la riproduzione parziale del presente documento salvo approvazione scritta da Ambianta Srl.

A fronte di eventuali manomissioni del documento fa fede la copia conservata presso gli archivi della nostra sede.

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

Dott. Chim. Giulia Bastiani



-- FINE RAPPORTO DI PROVA --

LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONESpett.le
**CONSORZIO DI BONIFICA 2 ALTO
VALDARNO**

IT

Rapporto di prova n°2301206-002 del 22/01/2024**Denominazione del campione:** Campione terreno 2a**Tipologia analisi:** Terreni**Data arrivo campione:** 21/12/2023**Data campionamento:** 21/12/2023**Campionamento effettuato da:** Cliente**Luogo di campionamento:** Fosso Cavernano, Chianciano Terme (SI)**Punto di prelievo:** Profondità 0-1 m**Contenitore:** 1**Volume:** 1,4 kg**Tempo di conservazione in lab.:** 30 gg**Data inizio prova:** 22/12/2023**Data fine prova:** 05/01/2024

Parametro	Unita' di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Limite legislativo (2)	Metodo
Composti inorganici						
Arsenico	mg/Kg ss	4,2		20	50	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cadmio	mg/Kg ss	<0,1		2	15	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cobalto	mg/Kg ss	7,7		20	250	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo totale	mg/Kg ss	46,2		150	800	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo VI	mg/Kg ss	<0,1		2	15	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1985
Mercurio	mg/Kg ss	<0,1		1	5	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Nichel	mg/Kg ss	31,1		120	500	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Piombo	mg/Kg ss	8,1		100	1000	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Rame	mg/Kg ss	17,7		120	600	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Zinco	mg/Kg ss	34,1		150	1500	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Idrocarburi						
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg ss	<20		50	750	ISO 16703 2004
Amianto						
Amianto	mg/Kg ss	<1000		1000	1000	DM 06/09/1994 (FT-IR)

**LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONE**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Limite legislativo (2)	Metodo
-----------	------------------	-----------	------------	------------------------	------------------------	--------

I valori evidenziati in grassetto risultano fuori limite

(1) Limite legislativo: D. Lgs. n°152 del 23 Aprile 2006 e smi Tabella 1 Allegato 5 alla parte quarta. Colonna A

(2) Limite legislativo: D. Lgs. n°152 del 23 Aprile 2006 e smi Tabella 1 Allegato 5 alla parte quarta. Colonna B

Giudizio di conformità

Sulla base dei parametri analizzati il campione risulta conforme ai limiti stabiliti dal D.Lgs 152-06 e smi Tab. A (residenziale verde pubblico) e Tab. B (suoli uso industriali e commerciali).

Incertezza di misura espressa come incertezza estesa. Il fattore di copertura è $K=2$ con un livello di fiducia del 95%.

Il giudizio di conformità riportato sul rapporto di prova è espresso senza considerare l'incertezza estesa di misura.

I risultati del presente rapporto sono riferibili esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Si declina ogni responsabilità relativamente a campionamento, conservazione e trasporto del campione se non effettuato dal laboratorio, nonché sulle informazioni fornite dal cliente (denominazione campione, identità e/o qualifica del campionario, luogo e data del campionamento e punto di prelievo) e, ove applicabile, dal produttore (codice CER e descrizione del rifiuto).

Qualora il campionamento sia eseguito dal cliente, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto.

E' vietata la riproduzione parziale del presente documento salvo approvazione scritta da Ambianta Srl.

A fronte di eventuali manomissioni del documento fa fede la copia conservata presso gli archivi della nostra sede.

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

Dott. Chim. Giulia Bastiani



-- FINE RAPPORTO DI PROVA --

LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONESpett.le
**CONSORZIO DI BONIFICA 2 ALTO
VALDARNO**

IT

Rapporto di prova n°2301130-004 del 18/12/2023**Denominazione del campione:** Campione terreno 2b**Tipologia analisi:** Terreni**Data arrivo campione:** 04/12/2023**Data campionamento:** 04/12/2023**Campionamento effettuato da:** Committente**Luogo di campionamento:** Fosso Cavernano, Chianciano Terme (SI)**Punto di prelievo:** Profondità 0-1 m**Contenitore:** 1**Volume:** 1,4 kg**Tempo di conservazione in lab.:** 30 gg**Data inizio prova:** 12/12/2023**Data fine prova:** 15/12/2023

Parametro	Unita' di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Metodo
Composti inorganici					
Arsenico	mg/Kg ss	4,4		20	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cadmio	mg/Kg ss	<0,1		2	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cobalto	mg/Kg ss	10,3		20	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo totale	mg/Kg ss	53,0		150	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Cromo VI	mg/Kg ss	<0,1		2	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1985
Mercurio	mg/Kg ss	<0,1		1	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Nichel	mg/Kg ss	44,0		120	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Piombo	mg/Kg ss	43,2		100	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Rame	mg/Kg ss	16,6		120	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Zinco	mg/Kg ss	40,8		150	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met XI.1 + EPA 6010C 2007
Idrocarburi					
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg ss	<20		50	ISO 16703 2004
Amianto					
Amianto	mg/Kg ss	<1000		1000	DM 06/09/1994 (FT-IR)

**LABORATORIO DI ANALISI
PROGETTAZIONE
CONSULENZA
FORMAZIONE**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	Incertezza	Limite legislativo (1)	Metodo
-----------	------------------	-----------	------------	------------------------	--------

I valori evidenziati in grassetto risultano fuori limite

(1) Limite legislativo: D. Lgs. n°152 del 23 Aprile 2006 e smi Tabella 1 Allegato 5 alla parte quarta. Colonna A

Giudizio di conformità

Sulla base dei parametri analizzati il campione risulta conforme ai limiti stabiliti dal D.Lgs 152-06 e smi Tab. A (residenziale verde pubblico) e Tab. B (suoli uso industriali e commerciali).

Incertezza di misura espressa come incertezza estesa. Il fattore di copertura è $K=2$ con un livello di fiducia del 95%.

Il giudizio di conformità riportato sul rapporto di prova è espresso senza considerare l'incertezza estesa di misura.

I risultati del presente rapporto sono riferibili esclusivamente al campione sottoposto a prova.

Si declina ogni responsabilità relativamente a campionamento, conservazione e trasporto del campione se non effettuato dal laboratorio, nonché sulle informazioni fornite dal cliente (denominazione campione, identità e/o qualifica del campionatore, luogo e data del campionamento e punto di prelievo) e, ove applicabile, dal produttore (codice CER e descrizione del rifiuto).

Qualora il campionamento sia eseguito dal cliente, i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto.

E' vietata la riproduzione parziale del presente documento salvo approvazione scritta da Ambianta Srl.

A fronte di eventuali manomissioni del documento fa fede la copia conservata presso gli archivi della nostra sede.

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO

Dott. Chim. Giulia Bastiani



-- FINE RAPPORTO DI PROVA --

**ALLEGATO F – Asseverazione progettista ai sensi dell'art. 8 comma 1 della
Delibera n. 40 del 28 marzo 2024 (PAI Dissesti)**



TERRA & OPERE S.R.L.
SOCIETÀ D'INGEGNERIA
CONSULENZE GEOLOGICHE

Firenze, 04/09/2024

Spett.le Consorzio di Bonifica 2
Alto Valdarno
Via E. Rossi 2/L
52100 Arezzo AR

c.a. Ing. Matteo Isola

oggetto: asseverazione ai sensi dell'art. 8 della Disciplina di Piano del PAI dissesti
– Progetto esecutivo per i lavori di stabilizzazione delle sponde del Fosso Cavernano

Con la presente ai sensi dell'art. 8 della Delibera n. 40 del 28/03/2024 Disciplina di Piano del PAI dissesti si

ASSEVERA

che:

- a) lo studio geologico di supporto alla progettazione dell'intervento di stabilizzazione delle sponde del Fosso Cavernano, posto in loc. Cavernano, particelle n. 11 e 25 del foglio 1 della Mappa Catastale del Comune di Chianciano Terme (Si), è stato sviluppato tenendo conto delle mappe di pericolosità esistenti ed in ogni caso in coerenza con i criteri e le indicazioni dell'allegato n. 3;
- b) il quadro conoscitivo a supporto della progettazione ha un livello di approfondimento tale da permettere di valutare compiutamente le criticità del contesto fisico interessato, la funzionalità dell'intervento ai fini della mitigazione del dissesto e l'efficacia attesa post-operam;
- c) l'intervento non comporta peggioramento nelle condizioni di rischio per le aree contermini.

In fede

Dott. Geol. Michele Sani

TERRA & OPERE S.R.L.

P.IVA e CF 05996290481
codice destinatario SUBM70N
n° REA: FI-592074

Via G. La Farina, 14, 50132 Firenze
tel. 0552477474 | fax 0550674063
e-mail: terraeopere@terraeopere.com
PEC: terraeopere@pec.terraeopere.com
sito web: www.terraeopere.com