

# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



PNRR - M5C2 - INVESTIMENTO 2.1

PROVINCIA DI PISA

Committente

**COMUNE DI SAN GIULIANO TERME**  
**Settore Tecnico e Governo del Territorio**  
**Servizio Lavori Pubblici**

Via G.B. Niccolini, 25 - 56017 San Giuliano Terme (PI)  
Tel. 050-819111 - Fax 050-819220

Progetto

Disegno n°

**RIQUALIFICAZIONE DEL PARCO DEI PINI -  
LOTTO 2**  
**CUP: I13D21000580001**

**05**

Descrizione

**PROGETTO ESECUTIVO**

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

Progettisti:

Ing. Matteo MACHIAVELLI  
Ing. Maria Vittoria MARCHETTI  
Ing. Elenonora SIMONINI  
Ing. Sara PASQUALE  
P.I. Massimo COLI  
Arch. Paolo ANDREONI  
Dott.ssa Alessandra MATTEINI

Il RUP:

Geom. Nicola DAVINI

Note

Scala / Scale

1: --

Aggiornamenti

Data

Descrizione

00

GIUGNO 2023

Si allega la relazione Geologica geotecnica redatta dal Geol. Federico Viti, redatta contestualmente alla progettazione esecutiva del primo lotto di intervento della Riqualificazione del Parco dei Pini

**Dott. Geologo Federico Viti**

*Via Arginone, 68/70 – 56121 Pisa*

*tel: 3403497842*

*e-mail: fedes85@libero.it*

*pec: f.viti@epap.sicurezzapostale.it*

## **RELAZIONE GEOLOGICA/GEOTECNICA**

propedeutica alla progettazione strutturale di una platea di  
sottofondo di un palco rialzato e di un muro perimetrale ubicati  
presso il Parco dei Pini – Lotto 1 nel Comune  
di San Giuliano Terme (PI)

**COMMITTENTE: Comune di San Giuliano Terme – R.U.P Geom. Nicola Davini**

**PROPRIETARIO: Comune di San Giuliano Terme**



**- DICEMBRE 2021 -**

## INDICE

1	Breve descrizione delle opere in progetto e ubicazione dell'area.....	1
2	Geologia generale dell'area .....	4
3	Inquadramento geomorfologico e idrologico/idrogeologico .....	5
4	Valutazione e attribuzione delle pericolosità .....	7
4.1	Pericolosità geologica .....	7
4.2	Pericolosità idraulica .....	7
4.3	Pericolosità sismica .....	7
5	Valutazione e attribuzione delle fattibilità .....	8
6	Classificazione dell'opera in progetto ai sensi della 36/R del 2009 .....	9
6.1	Modello geologico e geotecnico del terreno .....	10
7	Inquadramento sismico .....	12
7.1	Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale .....	12
7.2	Zonazione sismica .....	15
7.3	Azione sismica dell'area di progetto e categoria di sottosuolo.....	16
7.4	Localizzazione sismica e calcolo azione sismica.....	17
8	Verifica alla liquefazione.....	18
9	Conclusioni agli studi geologici e geotecnici .....	20

## INDICE TAVOLE ED ALLEGATI

<b>Tav. 1</b>	– Corografia (Geoscopio - scala 1:10.000)
<b>Tav. 2</b>	– Estratto mappa catastale (Geoscopio - scala 1:2.000)
<b>Tav. 3</b>	– Estratto carta geologica (Geoscopio - scala 1:10.000)
<b>Tav. 4</b>	– Estratto carta geomorfologica (POC - fuori scala)
<b>Tav. 5</b>	– Estratto carta pericolosità geologica (POC - fuori scala)
<b>Tav. 6</b>	– Estratto carta pericolosità idraulica (POC - fuori scala)
<b>Tav. 6.1</b>	– Estratto carta pericolosità idraulica (PGRA - fuori scala)
<b>Tav. 7</b>	– Estratto carta pericolosità sismica (POC - fuori scala)
<b>Tav. 8</b>	– Ubicazione indagini di riferimento (Geoscopio - scala 1:5.000)
<b>Tav. 9</b>	– Estratto carta del battente idraulico (POC - fuori scala)
<b>Tav. 10</b>	– Estratto carta Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS e frequenze fondamentali (POC - fuori scala)

## **ALLEGATI**

**All.1** – Prova penetrometrica statica CPT spinta fino alla profondità di 11,2 m da p.c.

**All.2** – Indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

**All.3** – Localizzazione sismica e calcolo azione sismica

**All.4** – Tabulati di calcolo della verifica a liquefazione

## **1 Breve descrizione delle opere in progetto e ubicazione dell'area**

Il presente elaborato tecnico viene redatto a supporto della progettazione strutturale della platea di sottofondo in calcestruzzo per la costruzione di un palco rialzato e della demolizione e ricostruzione di un muro perimetrale; entrambe le opere sono ubicate presso il Parco dei Pini - Lotto 1, situato nel centro cittadino dell'abitato di San Giuliano Terme in provincia di Pisa, tali opere rientrano in un progetto di riqualificazione di un'area a Nord del Parco stesso.

Più nello specifico si tratta della demolizione e ricostruzione del muro perimetrale posto sul confine Nord-Ovest. Attualmente il muro versa in condizioni di ammaloramento e di cedimento pertanto dal progetto preliminare è prevista la completa demolizione e la successiva ricostruzione.

Il muro perimetrale ha una lunghezza di circa 27 m, un'altezza di 1,30 m ed uno spessore di 20 cm.

Nella porzione Sud-Ovest è prevista la realizzazione di un palco rialzato di poco più di 50 cm rispetto al piano di calpestio su di una struttura portante in calcestruzzo con elementi di alleggerimento tipo igloo. Sarà dotato di scalini su entrambi i fronti e di una rampa per garantire l'accessibilità, avrà una dimensione di circa 10 m di lunghezza per circa 7 m di larghezza. Le rampe avranno una dimensione di circa 1,5 m.

L'area di studio, è un'area verde ubicata nel centro cittadino dell'abitato di San Giuliano Terme, nelle immediate vicinanze di Largo Shelley a cui è collegato mediante un breve vicolo. Più nello specifico il parco è compreso fra il canale di Ripafratta che lo delimita a Sud-Ovest, la Via XX Settembre che lo delimita a Nord-Est e a Sud-Est, l'edificio storico posto in adiacenza al complesso delle terme e un'ampia area, un tempo degradata e abbandonata, occupata dallo stabilimento "Deta Lazzeri" oggi oggetto di un complessivo progetto di recupero urbanistico.

In **Tav. 1** la corografia di riferimento con in rosso l'ubicazione dell'area di studio.

L'intervento è identificato catastalmente dal foglio n.45, particelle n.39 e n.40 N.T.C. del Comune di San Giuliano Terme (**Tav. 2**).

In **fig. 1** ubicazione dell'area che ospiterà le opere in progetto in loc. San Giuliano Terme.

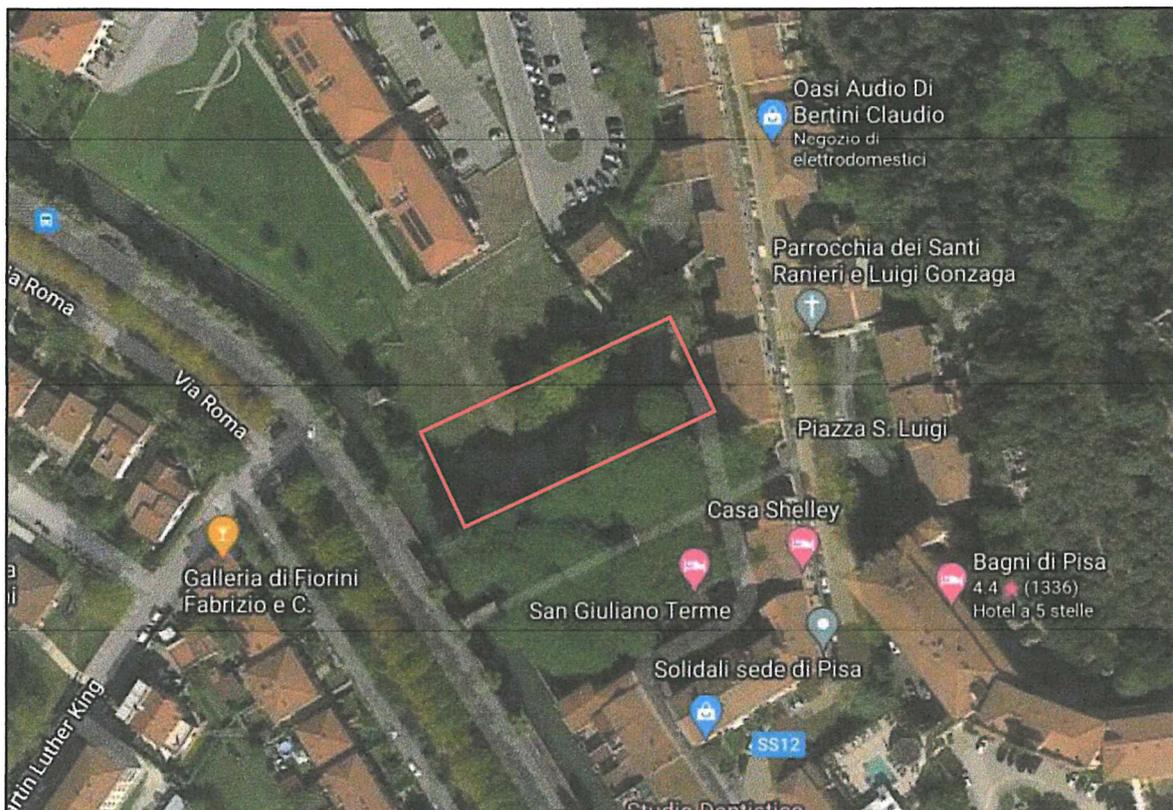
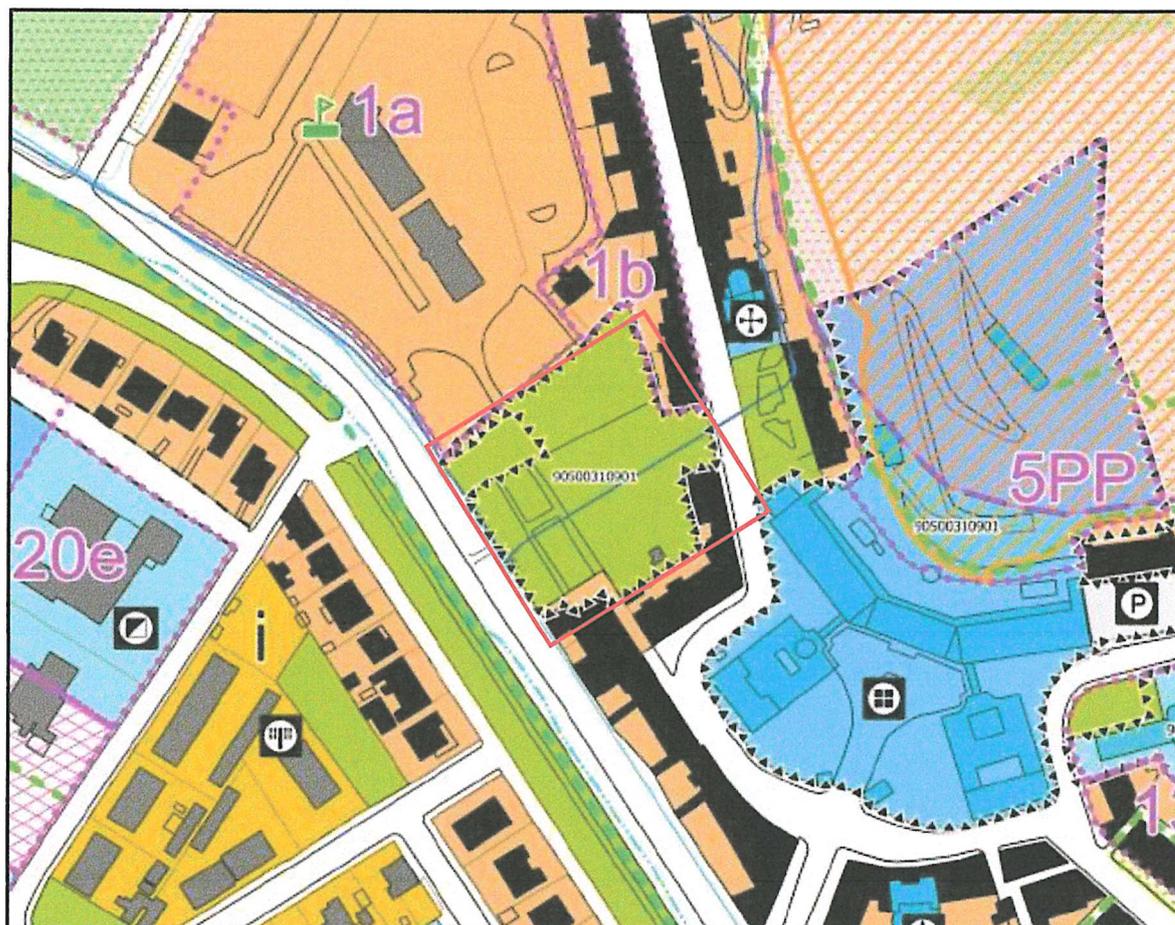


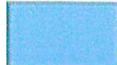
Fig. 1: Foto aerea con ubicazione delle opere di intervento, in loc. San Giuliano Terme (PI)

L'area del Parco dei Pini, occupa una superficie complessiva di circa 5.900 m<sup>2</sup>, mentre l'area oggetto di intervento (Lotto 1) ha una superficie di circa 1.950 m<sup>2</sup>. Secondo quanto riportato dal Piano Operativo Comunale (POC) vigente, il Parco dei Pini è individuato come *Zona Omogenea F1 – Aree destinate a Verde Pubblico Attrezzato*, oggetto dell'art. 24 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano, che identifica tali aree come destinate alla pubblica fruizione e ad attività del tempo libero. Gli interventi di riqualificazione in progetto, sono quindi allineati alle previsioni del POC.

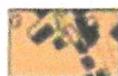
In **fig. 2** è rappresentato un estratto della carta delle previsioni urbanistiche all'interno dell'UTOE (1 – San Giuliano Terme) sul POC.



**Servizi ed attrezzature di interesse generale (Zone F) - (art. 24)**

-  F1 - Aree destinate a verde pubblico attrezzato
-  F4 - Aree per servizi di interesse generale a prevalente carattere privato

**Nuclei storici consolidati (Zone A) - (art. 18)**



A - Agglomerati urbani di carattere storico

Fig. 2: estratto della carta delle previsioni urbanistiche all'interno dell'UTOE (1 – San Giuliano Terme) sul POC.

## 2 Geologia generale dell'area

Il territorio del Comune di San Giuliano Terme occupa l'estremità nord – orientale della più vasta pianura pisana. Essa presenta caratteri morfologici che rispecchiano la diversa natura geologica dei terreni affioranti.

La pianura è formata da sedimenti del Pliocene superiore e del Quaternario.

I depositi recenti olocenici, sono quelli che si possono osservare sull'attuale superficie pianeggiante; tra essi sono maggiormente rappresentati i depositi torbosi palustri e quelli di colmata che, tuttavia, nella porzione di pianura, sono estremamente ridotti. Questi depositi infatti si localizzano nelle aree più lontane dai corsi d'acqua (sia antichi che attuali), dove proprio per l'assenza dei materiali trasportati dalle esondazioni, sono rimaste leggermente depresse e quindi soggette ad impaludamenti. In queste aree vi giungevano solo materiali più fini.

Le alluvioni recenti ed attuali, datate Olocene, sono gli unici depositi presenti nella zona in oggetto, e sono costituiti prevalentemente da argille, limi e sabbie di esondazioni fluviale o di barra di meandro dei fiumi attuali ed antichi, che hanno solcato questo tratto della pianura.

L'area in oggetto si trova inserita nel centro urbano del nucleo abitato di San Giuliano Terme e risulta compresa tra le quote di 4,4 e 4,9 m s.l.m. in leggero declino in direzione monte-valle. Il sito in esame si trova in zona pedocollinare di raccordo fra i rilievi collinari a est (Monti Pisani) e la pianura, su depositi alluvionali recenti terrazzati e non dell'Olocene. Sulle prime pendici collinari affiorano i Metacalcari Selciferi (CLF) del Lias Medio e Superiore appartenente alla Successione Submetamorfica del Monte Pisano.

Come riportato nella cartografia geologica consultabile sul Geoscopio della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>) l'area di intervento si colloca su depositi costituiti da "Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM) – Sigla Cart. b".

In **tav. 3** un estratto della carta geologica in scala 1:10.000.

### **3 Inquadramento geomorfologico e idrologico/idrogeologico**

L'area di studio, è posta ai piedi dei rilievi del Monte Pisano; le quote altimetriche sono di circa 5-6 metri sul livello del mare. (Tav. 4).

Morfologicamente la zona di intervento è determinata essenzialmente dall'azione sinergica delle dinamiche di erosione delle alture con deposito dei detriti alla base dei rilievi

Il crescente sviluppo urbanistico dell'area, sta obliterando sempre di più l'originario assetto morfologico, per cui oltre ai tratti tipici della pianura alluvionale, quali appunto estese superfici a prevalente funzione agricola, sono visibili i motivi di origine antropica, quali edifici industriali, civili e strade.

Questi elementi rappresentano fattori talvolta condizionanti per il regolare deflusso delle acque superficiali, in un'area pressoché pianeggiante, in cui la regimazione delle acque meteoriche è regolata da un articolato sistema di fossi campestri.

L'elemento idrografico principale che interessa questo settore del territorio Comunale è il fiume Arno che scorre con andamento meandriforme.

Il resto del reticolo idrografico è costituito da una serie di fossi campestri aventi direzione prevalente circa NE – SO, che confluiscono in canali collettori aventi direzione circa NO – SE.

La carta geomorfologica a corredo dell'elaborato non evidenzia problemi per l'area in esame.

#### *Caratteristiche idrogeologiche:*

Le differenze litologiche e tessiturali dei litotipi rilevati nell'area di intervento, determinano sostanziali differenze nel comportamento idrogeologico, influenzandone in particolare la permeabilità. Così i depositi alluvionali, presenti in affioramento, risultano caratterizzati, in gran parte, da una permeabilità primaria generalmente medio-bassa (depositi da semipermeabili ad impermeabili). Al loro interno sono presenti livelli a permeabilità maggiore in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose.

La situazione litostratigrafica del territorio Comunale, è complicata dall'alternanza di sedimenti di ambiente continentale e di ambiente marino, di

forma spesso lenticolare, che hanno contribuito alla formazione dell'attuale sistema acquifero.

Sotto il profilo idrogeologico, la successione idrostratigrafica del sottosuolo Comunale può essere così sintetizzata:

- Sistema acquifero di tipo freatico e/o semifreatico, presente in modo più o meno continuo sull'intero territorio comunale, che ha sede nei sedimenti limo-argillosi con intercalazioni sabbiose;
- Orizzonte acquifero multistrato, confinato, contenuto in sedimenti prevalentemente sabbiosi e/o ghiaiosi, sovrapposti. Si estende su di un'ampia superficie, costituita dai conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina ed è particolarmente sfruttato dal settore industriale del territorio comunale.

L'acquifero freatico e/o semifreatico, ancorché discontinuo, può considerarsi ovunque presente e maggiormente vulnerabile, per le caratteristiche legate principalmente alla sua posizione superficiale.

Inoltre, va sottolineato che, a causa dei rapporti esistenti tra questa falda e l'idrografia superficiale (principalmente i fossi, secondariamente i canali) la quantità delle acque che scorrono in superficie, influenza, più o meno direttamente, la qualità dell'acqua presente in falda.

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in esame, si ha una circolazione idrica sotterranea ascrivibile alla presenza di una falda freatica – semifreatica, alimentata dalle piogge e in rapporto diretto con i corsi d'acqua della zona.

Nella stagione umida la falda si avvicina al piano campagna, con la conseguente saturazione dei terreni interessati. Viceversa nella stagione estiva, si abbassa e le litologie superficiali si disidratano.

Nell'area in esame non è presente il battente idraulico; in **Tav. 9** un estratto della carta dei battenti presa dal Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme.

## 4 Valutazione e attribuzione delle pericolosità

### 4.1 Pericolosità geologica

Dai dati raccolti, dalle conoscenze della zona in esame e da quanto scaturisce dalla carta di pericolosità geologica a supporto del Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme (Tav. 5), viene evidenziato come l'intervento in progetto ricada all'interno delle "Aree con pericolosità geologica elevata" attribuendo una **Classe di Pericolosità Geologica elevata G3** (D.P.G.R. 53/R/2011).

### 4.2 Pericolosità idraulica

Come visibile in Tav. 6, dal punto di vista idraulico per il Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme, alla Pericolosità Idraulica è stata attribuita la **Classe di pericolosità idraulica media I2 – Aree interessate da allagamenti con  $200 < T_r \leq 500$  anni** secondo il D.P.G.R. 53/R/2011.

Secondo il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) viene attribuita una classe a **pericolosità idraulica bassa P1** (Tav. 6.1).

### 4.3 Pericolosità sismica

Come visibile in Tav. 7, dal punto di vista sismico per il Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme, alla Pericolosità Sismica è stata attribuita la **Classe di pericolosità sismica locale elevata S.3** secondo il D.P.G.R. 53/R/2011.

## 5 Valutazione e attribuzione delle fattibilità

In base alle matrici riportate all'appendice B delle NTA (Norme Tecniche di Attuazione) del Piano Operativo Comunale (POC) l'intervento in progetto riguardante la demolizione e la ricostruzione del muro perimetrale è assimilabile al numero 9 "Recinzioni" per la pericolosità geologica e sismica e numero 13 per la pericolosità idraulica; mentre per la costruzione del palco rialzato l'intervento è assimilabile al numero 5 "Nuovi interventi di opere pubbliche, di interesse pubblico e relative attrezzature", per la pericolosità geologica e sismica e numero 8a per la pericolosità idraulica.

Qui di seguito sono elencate le quattro classi di fattibilità secondo il D.P.G.R. 53/R/2011:

**F1 - Fattibilità senza particolari limitazioni**, *"si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia"*.

**F2 - Fattibilità con normali vincoli**, *"si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia"*.

**F3 - Fattibilità condizionata**, *"si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi"*.

**F4 – Fattibilità limitata**, *"si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione"*.

Pertanto per il primo intervento (muro perimetrale) si attribuiscono le seguenti fattibilità:

**Classe di Fattibilità Geologica: F2 – Fattibilità con normali vincoli**

**Classe di Fattibilità Idraulica: F1 – Fattibilità senza particolari limitazioni**

**Classe di Fattibilità Sismica: F2 - Fattibilità con normali vincoli**

Per il secondo intervento (palco rialzato) si attribuiscono le seguenti fattibilità:

**Classe di Fattibilità Geologica: F3 – Fattibilità condizionata**

**Classe di Fattibilità Idraulica: F2 - Fattibilità con normali vincoli**

**Classe di Fattibilità Sismica: F3 – Fattibilità condizionata**

Tali interventi sono realizzabili seguendo le prescrizioni riportate delle NTA del POC negli art. 39.1.1 – 39.1.2 e 39.1.3.

Si ricorda infine, anche se non richiesto dalla normativa in quanto non è stata riscontrata una pericolosità idraulica elevata (I3) o molto elevata (I4), che le opere in progetto sono realizzabili ai sensi della L.R. 41/2018 art. 3 “Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua”.

## **6 Classificazione dell’opera in progetto ai sensi della 36/R del 2009**

Secondo la normativa vigente, art. 7 comm. 3 del D.P.G.R. 36/R/2009, l’intervento in progetto ricade nella **Classe d’indagine n. 1**: *“riferita alle opere di volume lordo inferiore a 150 m<sup>3</sup> con altezza in gronda inferiore a 6 m. Con riferimento a tale classe di indagine sono sufficienti considerazioni di natura geologica, geofisica e geotecnica basate su indagini già eseguite in prossimità dell’intervento o desunte da studi già compiuti e pubblicati con riferimento alle aree interessate. Tali considerazioni sono adeguatamente motivate, giustificate ed argomentate e sono compiute anche in presenza di problematiche di versante”*; come espresso dal sopracitato decreto, in riferimento alla classe d’indagine n.1, il

suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini eseguite in prossimità o nelle vicinanze del sito in esame.

### 6.1 Modello geologico e geotecnico del terreno

Allo scopo di inquadrare preventivamente l'area dal punto di vista litostratigrafico sono state reperite e consultate mediante il sito web Geoscopio sezione DB geologico, alcune indagini geognostiche realizzate nelle vicinanze dell'area con lo stesso contesto geologico e ubicate in **Tav. 8**.

Per la caratterizzazione geologica/stratigrafica dei terreni presenti nell'area in oggetto sono stati acquisiti i risultati di una prova penetrometrica statica CPT spinta fino alla profondità di 11,20 m da p.c.

Tale prova, eseguita nella medesima area di studio (Parco dei Pini) ha permesso di ottenere un quadro geologico e litostratigrafico sufficientemente dettagliato.

In **Tav. 8** è riportata l'ubicazione della prova penetrometrica statica CPT e in allegato 1 l'elaborazione.

Nella tabella sottostante (Tabella 1) è riportata la stratigrafia ricavata dalla interpretazione della prova di riferimento.

Dalla colonna litostratigrafica risulta che i terreni di sottosuolo, riguardanti l'opera in progetto, sono costituiti da:

A	da 0,0 – 2,2 m da p.c.	Terreno eterogeneo di riporto
B	da 2,2 – 4,6 m da p.c.	Argille limose poco consistenti
C	da 4,6 – 10,0 m da p.c.	Alternanza di limi argillosi poco consistenti e sabbie limose da poco a mediamente addensate
D	da 10,0 – 11,2 m da p.c.	Sabbie e sabbie limose mediamente addensate

Tabella 1: stratigrafia ricavata dalla interpretazione della prova di riferimento

Di seguito i parametri geotecnici per ogni strato terreno:

A - da 0,0 a 2,2 m da p.c.

valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) 1,89 t/m<sup>3</sup>

valore medio di angolo di attrito ( $\varphi$ ) 34°

valore medio della coesione non drenata ( $c_u$ ) 1,68 kg/cm<sup>2</sup>

valore medio di coefficiente di compressibilità volumetrica ( $mv$ ) 0,032 cm<sup>2</sup>/kg

valore medio della densità relativa ( $D_r$ ) 51,7%

B – da 2,2 a 4,6 m da p.c.

valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) 1,80 t/m<sup>3</sup>

valore medio di angolo di attrito ( $\varphi$ ) ---

valore medio della coesione non drenata ( $c_u$ ) 0,32 kg/cm<sup>2</sup>

valore medio di coefficiente di compressibilità volumetrica ( $mv$ ) 0,16 cm<sup>2</sup>/kg

valore medio della densità relativa ( $D_r$ ) ---

C – da 4,6 a 10,0 m da p.c.

valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) 1,78 t/m<sup>3</sup>

valore medio di angolo di attrito ( $\varphi$ ) 31°

valore medio della coesione non drenata ( $c_u$ ) 0,49 kg/cm<sup>2</sup>

valore medio di coefficiente di compressibilità volumetrica ( $mv$ ) 0,05 cm<sup>2</sup>/kg

valore medio della densità relativa ( $D_r$ ) 22,2%

D – da 10,0 a 11,2 m da p.c.

valore medio di peso di volume ( $\gamma$ ) 1,77 t/m<sup>3</sup>

valore medio di angolo di attrito ( $\varphi$ ) 31°

valore medio della coesione non drenata ( $c_u$ ) 1,2 kg/cm<sup>2</sup>

valore medio di coefficiente di compressibilità volumetrica ( $mv$ ) 0,02 cm<sup>2</sup>/kg

valore medio della densità relativa ( $D_r$ ) 32%

Infine si fa presente che la falda è stata rilevata direttamente nel perforo della prova penetrometrica statica CPT effettuata ed è risultata livellare alla quota di 1,60 m da p.c. Da dati bibliografici si nota che la falda oscilla fino a quote di 0,4 m da p.c.

## **7 Inquadramento sismico**

### **7.1 Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale**

La pericolosità sismica è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

A seguito dell'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha realizzato la Mappa di Pericolosità sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. Dopo la sua approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006) (Fig. 3). A seguito di tale classificazione il territorio del Comune di San Giuliano Terme era stato inserito in zona 3 corrispondente ad una accelerazione massima al suolo compresa tra 0.125 e 150g. Basandosi sui valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04, a seguito all'Ordinanza PCM 3519/2006, le Regioni e le Province Autonome hanno potuto aggiornare le pericolosità del proprio territorio per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra.

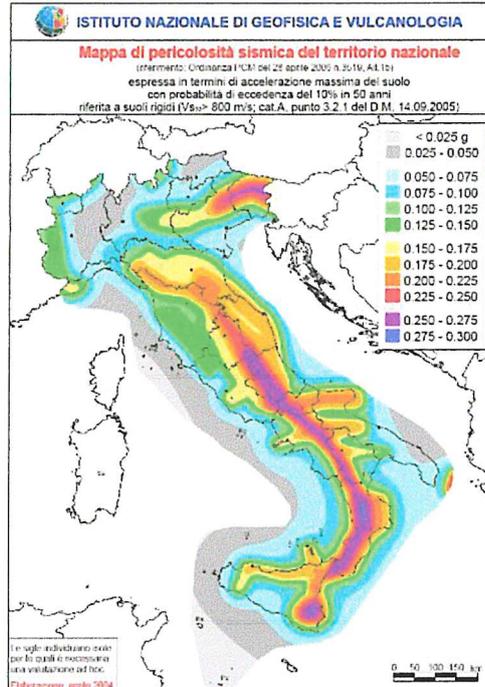


Fig. 3: La Mappa di Pericolosità sismica 2004 (MPS04).

A tal proposito la Regione Toscana con delibera di GRT n° 431 del 19.06.06, approvava la riclassificazione sismica del territorio regionale, applicando (prima fra tutte le regioni italiane) i criteri nazionali riportati nel suddetto O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 e attualmente aggiornata con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, per la quale il Comune di San Giuliano Terme risulta classificato sismico e collocato in “zona 3”, riprendendo la precedente classificazione del 2006.

La classificazione sismica nazionale aggiornata al 2015, consultabile sul sito del Dipartimento della Protezione Civile, è riportata nella Fig. 4 sottostante, mentre in Fig. 5 la classificazione sismica della Regione Toscana.

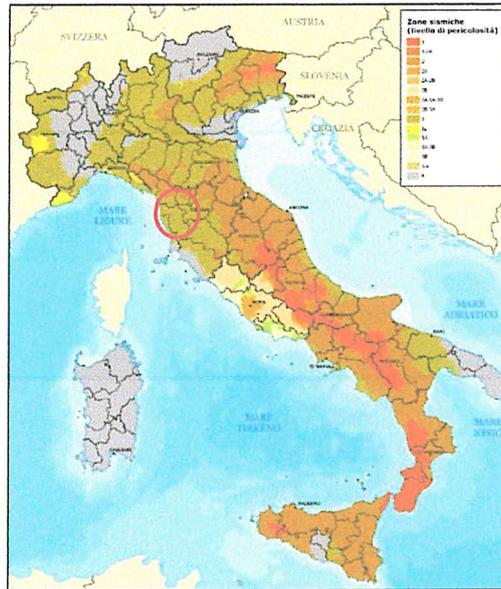


Fig. 4: Classificazione sismica nazionale aggiornata al 2015 secondo le normative regionali sismiche.



Fig. 5: Classificazione sismica Regione Toscana.

## 7.2 Zonazione sismica

Nell'ambito della realizzazione della Mappa di Pericolosità MPS04, l'INGV ha realizzato una nuova zonizzazione sismogenetica, denominata ZS9, a partire da una sostanziale rivalutazione della precedente zonizzazione ZS4 realizzata da Meletti et alii. nel 2000, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

Le zone sismogenetiche individuate con la ZS9 sono 36 (da 9 01 a 9 36) (Fig. 6) ed in particolare il territorio comunale di San Giuliano Terme di nostro interesse, rientra nella zona sismogenetica 16 (916) – Versilia-Chianti per la quale è stata osservata una magnitudo massima cautelativa di 6.14 (Tabella 2).

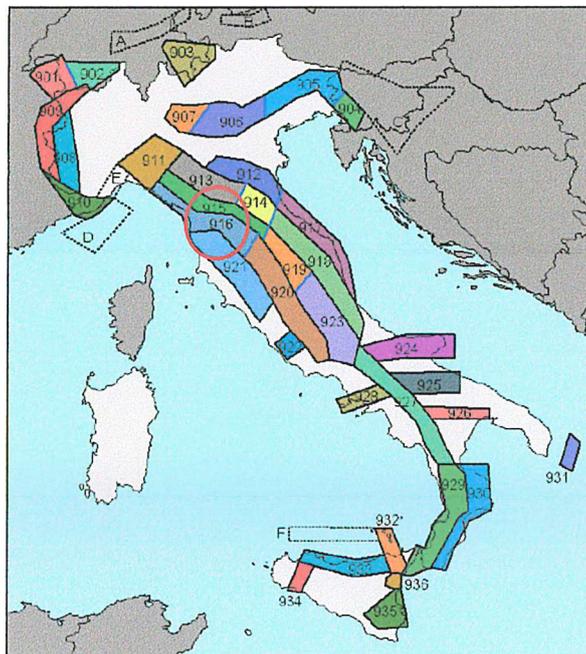


Fig. 6: Zonazione sismogenetica ZS9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45

Tabella 2: Tabella riassuntiva di Mmax (Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).  
Mmax1 – magnitudo "osservata; Mmax2 – magnitudo "cautelativa".

### 7.3 Azione sismica dell'area di progetto e categoria di sottosuolo

Per la determinazione delle caratteristiche sismiche dei terreni è stata consultata un'indagine sismica a rifrazione eseguita con metodologia "Multichannel Analysis of Surface Waves – MASW" nella medesima area di studio (Parco dei Pini), in tav. 8 è riportata l'ubicazione.

Nel caso in esame la  $V_{s,eq}$  corrisponde alla  $V_{s30}$  (ai sensi delle NTC18) in quanto dall'indagine MASW eseguita non è stato rilevato il bedrock sismico con velocità  $V_s$  uguale a 800 m/s.

Dai risultati della prova MASW e dal valore delle  $V_{s,eq}$  il terreno in esame rientra in **Categoria D di sottosuolo con un valore di  $V_{s,eq}$  pari a 174 m/s:**  
*"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s".*

In Tabella 3 elenco delle categorie di sottosuolo.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
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 meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	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.

Tabella 3: elenco categorie di sottosuolo con in rosso la categoria dell'area in esame

#### 7.4 Localizzazione sismica e calcolo azione sismica

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, approvato con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014 e pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, inserisce il territorio comunale di San Giuliano Terme, in "Zona 3".

Per il calcolo dell'azione sismica ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.2018) è necessario attribuire, oltre alla categoria di suolo, che nel nostro caso è risultata essere la categoria D, anche la categoria topografica; per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione secondo la Tab. 3.2.IV delle NTC, che, nel caso del sito in esame prevede l'attribuzione ad una "categoria topografica T1", avente fattore  $St$  1.0.

È necessario inoltre stabilire la "classe d'uso" dell'opera di progetto ai sensi delle NTC (e di conseguenza del coefficiente d'uso  $C_u$ , da Tab. 2.4.II NTC), e la "vita nominale" (Tab. 2.4.I NTC). Per la struttura in progetto è possibile attribuire una "classe d'uso" II (Coefficiente d'uso  $C_u=1$ ) e una vita nominale  $V_n \geq 50$  anni.

Inserendo questi parametri nel software “Geostru PS – parametri sismici” ([http://www.geostru.com/geoapp/Parametri\\_Sismici.aspx](http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx)), è stato possibile calcolare l'azione sismica di progetto, ricavando i coefficienti sismici per i vari Stati Limite, dei quali sono da prendere in considerazione quelli dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

$A_{max}$  (accelerazione massima): 2.138 m/s<sup>2</sup>;

$K_h$  (coefficiente sismico orizzontale): 0.052;

$K_v$  (coefficiente sismico verticale): 0.026

Per i dettagli si veda il relativo **allegato 3**.

## 8 Verifica alla liquefazione

In questo capitolo si affronta il problema della liquefazione, come indicato nel D.M. 17/01/2018, la verifica della liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nel paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC18. Nel sito in esame non si verifica con certezza nessuna delle circostanze indicate e consultando anche la carta MOPS del POC del Comune di San Giuliano Terme, si è pertanto proceduto alla verifica del potenziale di liquefazione dei terreni.

In **Tav. 10** è raffigurato un estratto della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e frequenze fondamentali.

Il fenomeno della liquefazione si manifesta sotto l'azione di carichi ciclici come quelli indotti da un sisma, quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci da cui dipende la resistenza al taglio si riducono a zero. Deve pertanto essere verificata la suscettibilità alla liquefazione nei casi in cui il terreno oggetto d'intervento comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa.

La ricostruzione geologica dell'area in esame non ha permesso di escludere la presenza di spessori rilevanti di terreni potenzialmente liquefacibili, confermato

anche dal punto 1 del paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC18, e pertanto si è ritenuto opportuno eseguire il calcolo della suscettibilità dei terreni in oggetto alla liquefazione secondo il metodo dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5) che considera i valori delle Vs.

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza  $F_s = CSR/CRR$ , indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. La metodologia, partendo da una parametrizzazione geomeccanica e sismica dei terreni costituenti l'area in esame, porta alla individuazione della suscettibilità a liquefazione dei terreni costituenti i terreni di fondazione, analizzando strati dello spessore di 0.20 m al di sotto del livello di falda.

Per quanto concerne maggiori informazioni riguardanti la metodologia di calcolo, le relative tabelle e le sezioni schematiche prodotte, si rimanda all'**Allegato 4**.

Per il calcolo sono stati inseriti i seguenti dati di input:

- la falda freatica è stata considerata cautelativamente in risalita fino a 0,4 m da p.c.;
- sono stati inseriti i dati sismici, considerando una Magnitudo massima cautelativa di 5,5 derivante dalle mappe di pericolosità sismica redatte dall'INGV ai sensi dell'OPCM 20.03.2003 n. 3274, All.1, considerando che l'area in oggetto rientra nella Zona Sismogenetica n. 916 "Versilia-Chianti" (ZS9-16);
- i terreni sono stati considerati completamente privi della frazione fine.

Durante la fase di elaborazione, il programma ha analizzato la suscettibilità di liquefazione a partire dalla profondità di 0,4 m da p.c. (profondità di falda), con un passo di 0.20 metri.

Il calcolo, eseguito fino alla profondità di 15 m, ha prodotto un coefficiente di sicurezza sempre maggiore di 1,25 e pertanto, ai sensi delle NTC18, i terreni in esame non sono suscettibili di liquefazione (Allegato 4).

Si può concludere alla luce dei rilievi e delle indagini condotto, un evidenza di materiali a bassa o bassissima velocità fino a oltre 15 metri sotto il piano

campagna, indicativi di spessori di terreno a scarsissimo addensamento e/o compattezza. Solo oltre questa profondità le velocità delle onde sismiche crescono per raggiungere intorno ai 35 metri valori medio elevati competenti a materiali di maggiore consistenza.

## 9 Conclusioni agli studi geologici e geotecnici

In base ai risultati ottenuti dallo studio eseguito per la valutazione degli aspetti geologici, idrogeologici, geotecnici e sismici si può affermare che gli interventi in oggetto risultano compatibili con la situazione litostratigrafica e idrogeologica caratteristica del sito di intervento, non producendo nessun turbamento all'ambiente.

Pisa, Dicembre 2021

Dott. Geol. Federico Viti  
n. 1772 Ord.Reg.Toscana



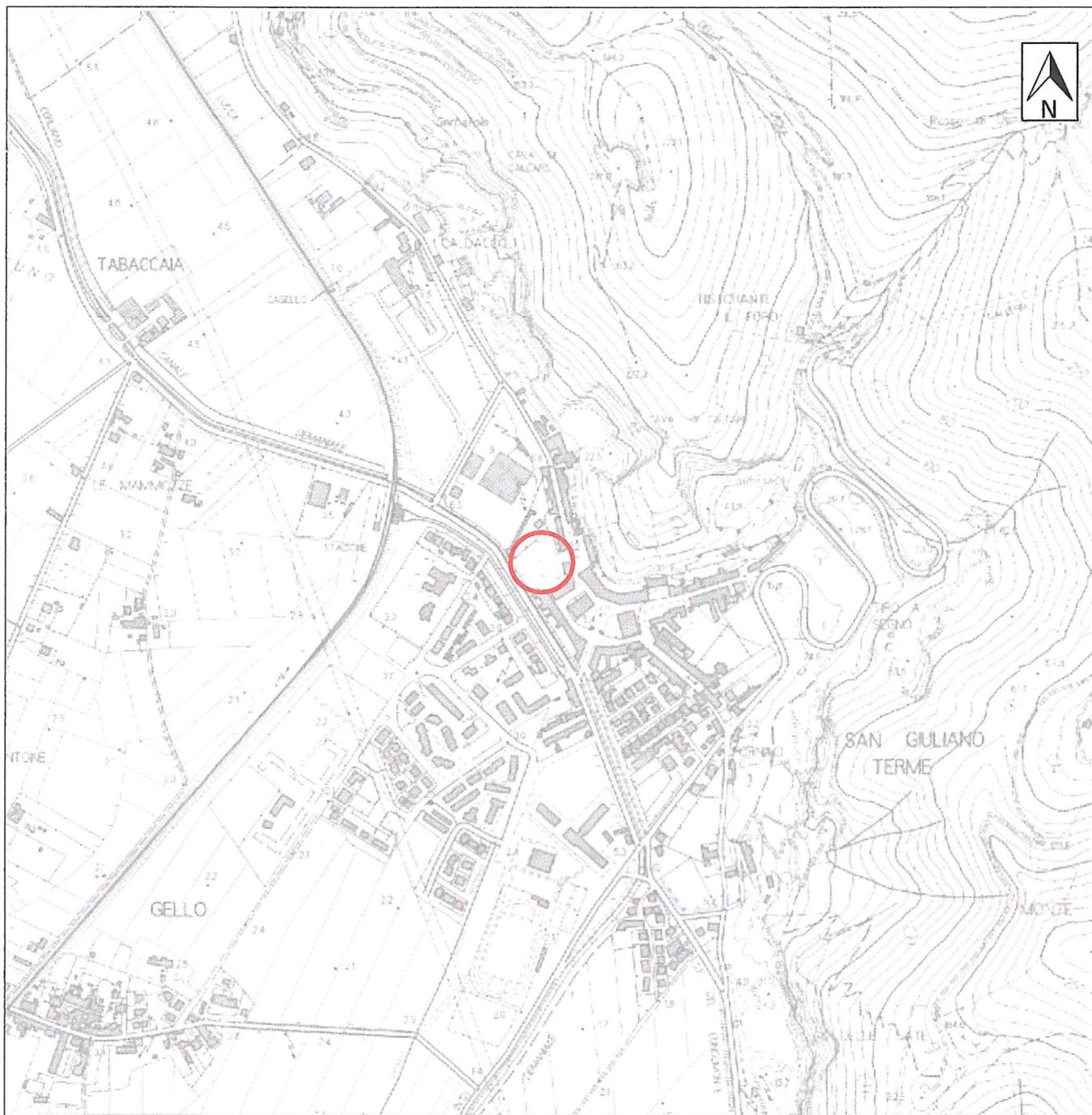
# Corografia

# Tav. 1

Scala 1 : 10.000

1.616.863

4.847.629



4.845.758

1.615.046 Geoscopio — Regione Toscana

## Legenda:



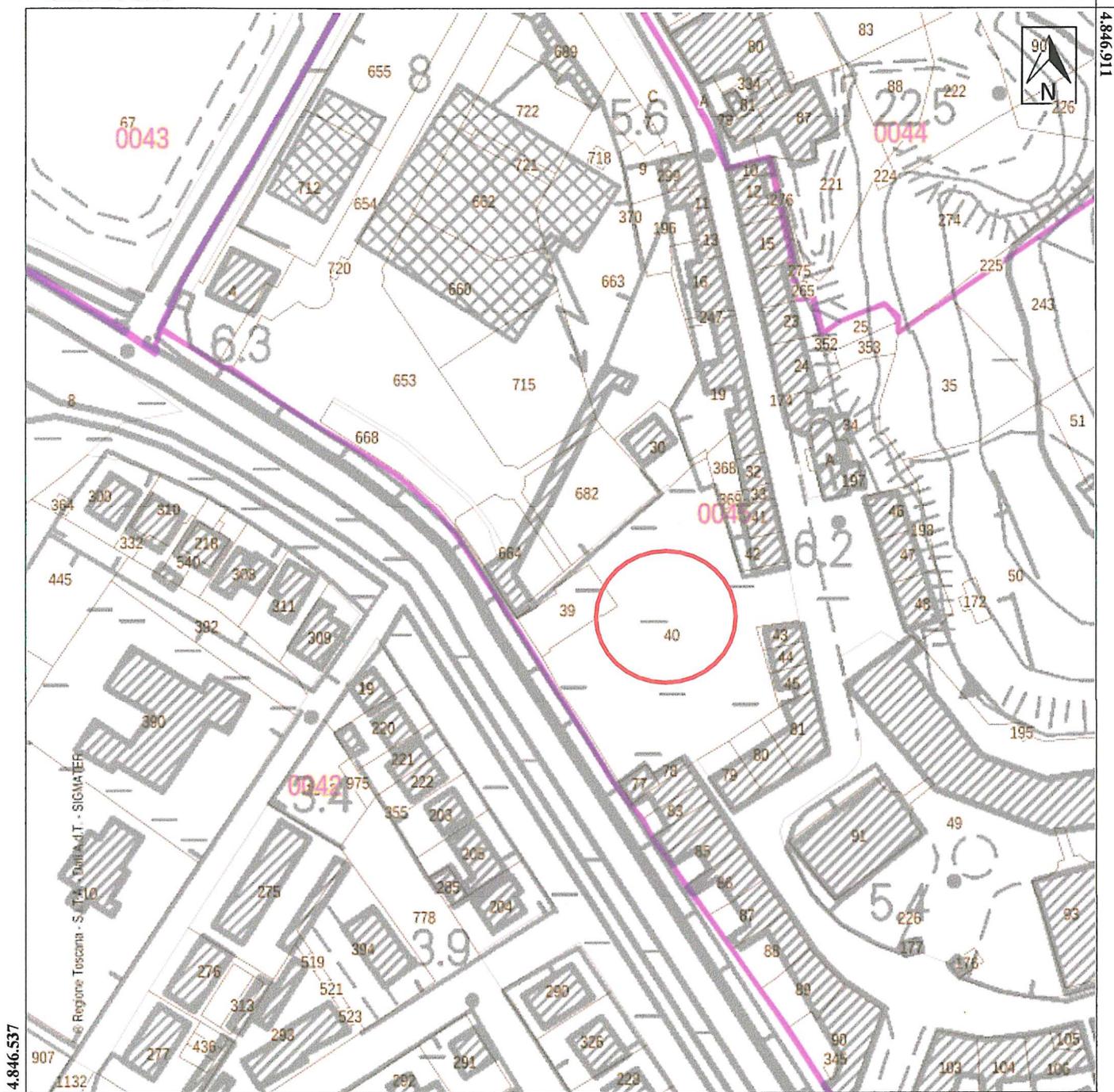
Ubicazione area di studio

# Estratto di mappa catastale

Tav. 2

Scala 1 : 2.000

1.616.082



1.615.719 Geoscopio – Regione Toscana

## Leganda:



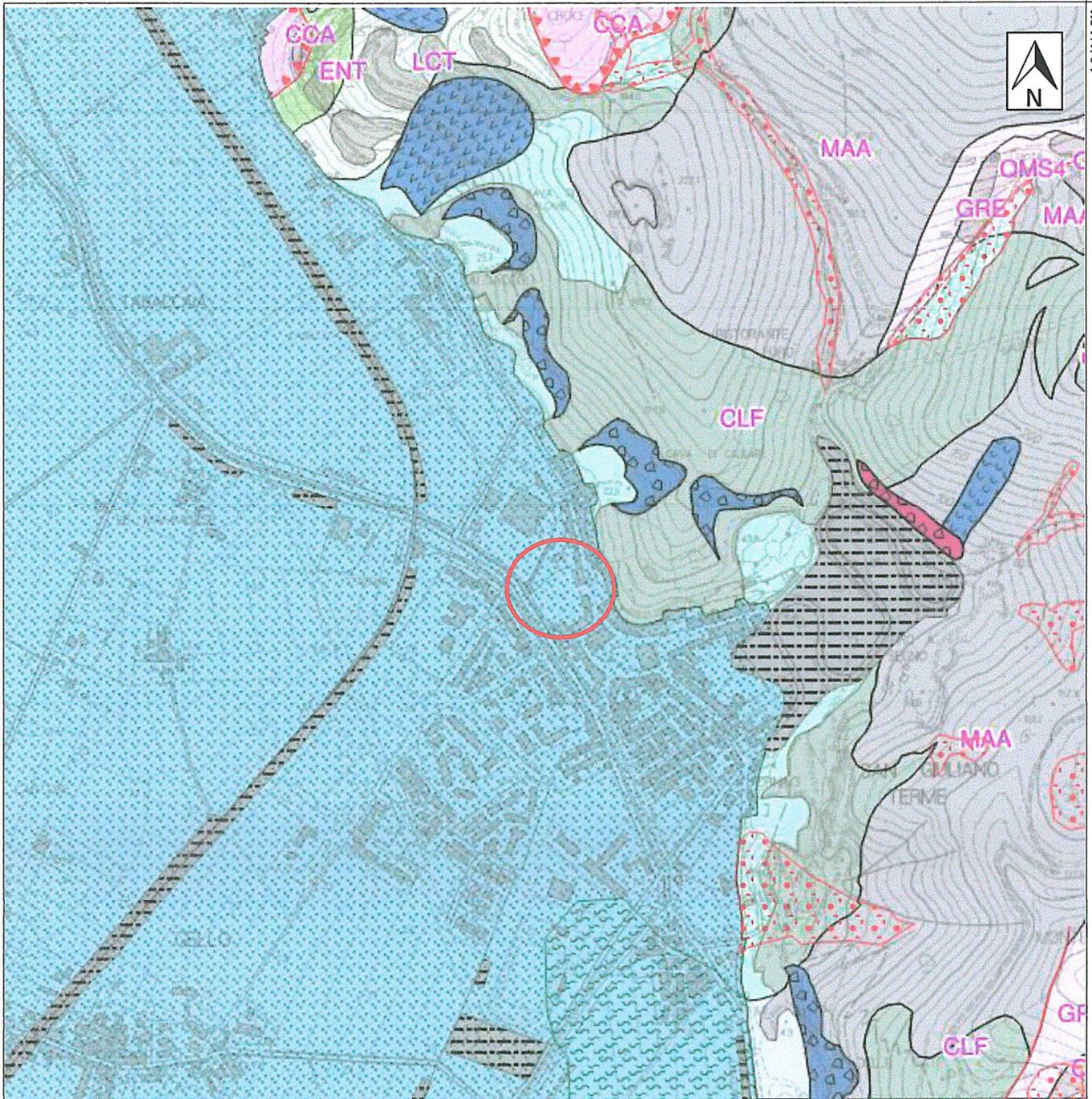
Ubicazione area di studio - Foglio n. 45 – Particelle n. 39 e 40

# Estratto carta geologica

Tav. 3

Scala 1 : 10.000

1.616.817



1.614.999 Geoscopia — Regione Toscana

## Legenda:

 Ubicazione area di studio

 MAA - Marmi LIAS INFERIORE

 CLF - Metacalcri Selciferi LIAS MEDIO - LIAS SUP.

### Depositi alluvionali

Limi e limi argillosi di piana inondabile.

Limi e sabbie di argine e di ventaglio di rotta.

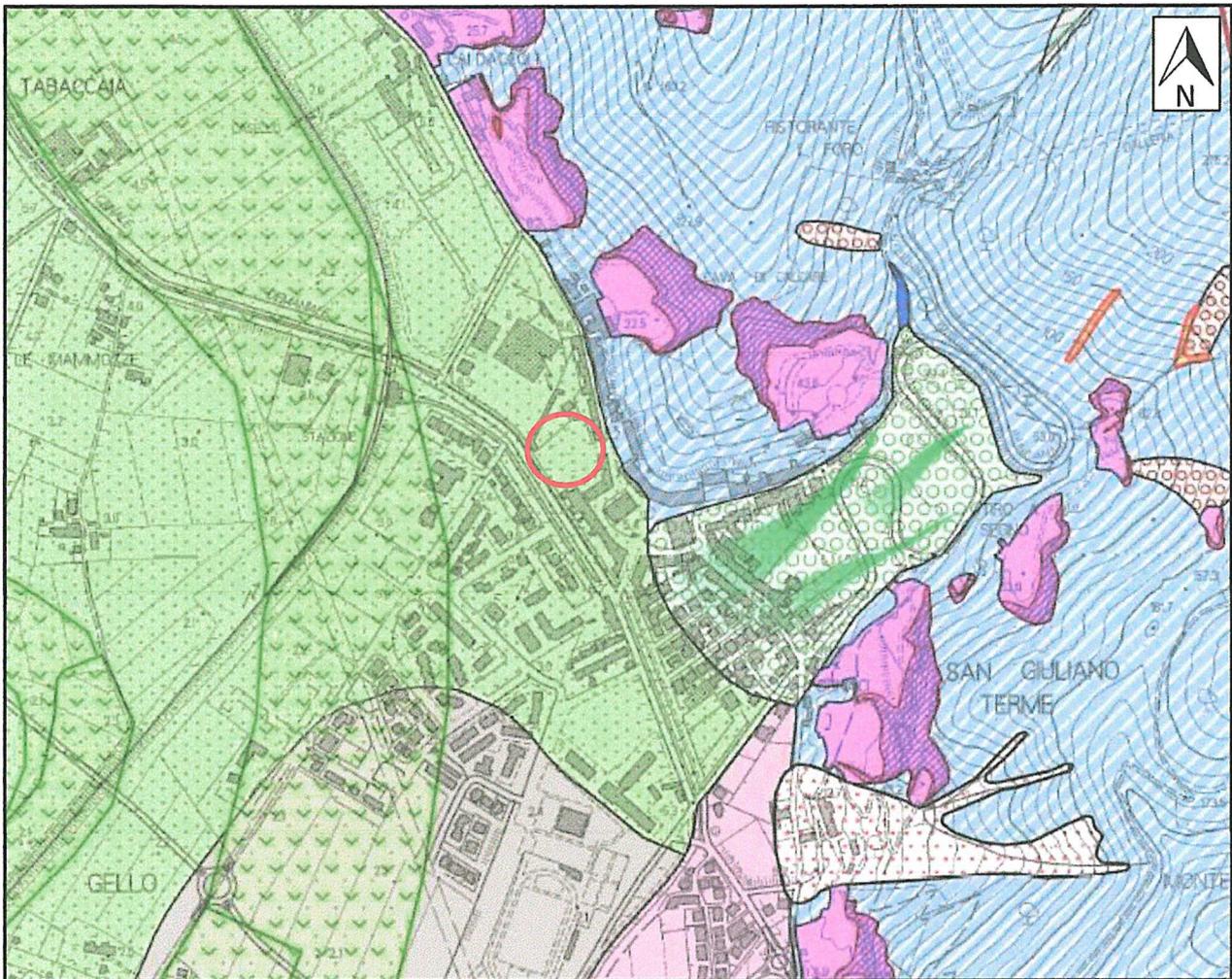
Sabbie da fini a medie di aree di tracimazione intravalliva e di conoide distale.

Ghiaie mal classate con matrice sabbiosa deposte in aree di conoide o di tracimazione intravalliva.

*OLOCENE*



Fuori scala



Piano Operativo Comunale (POC) - Comune di San Giuliano Terme

**Legenda:**



Ubicazione area di studio

**Sedimenti alluvionali attuali e recenti**



Terreni prevalentemente sabbioso-limosi



Terreni prevalentemente argillosi



Terreni argillosi organici



Detrito di versante



Falda detritica



Aree di cava



Formazioni calcaree

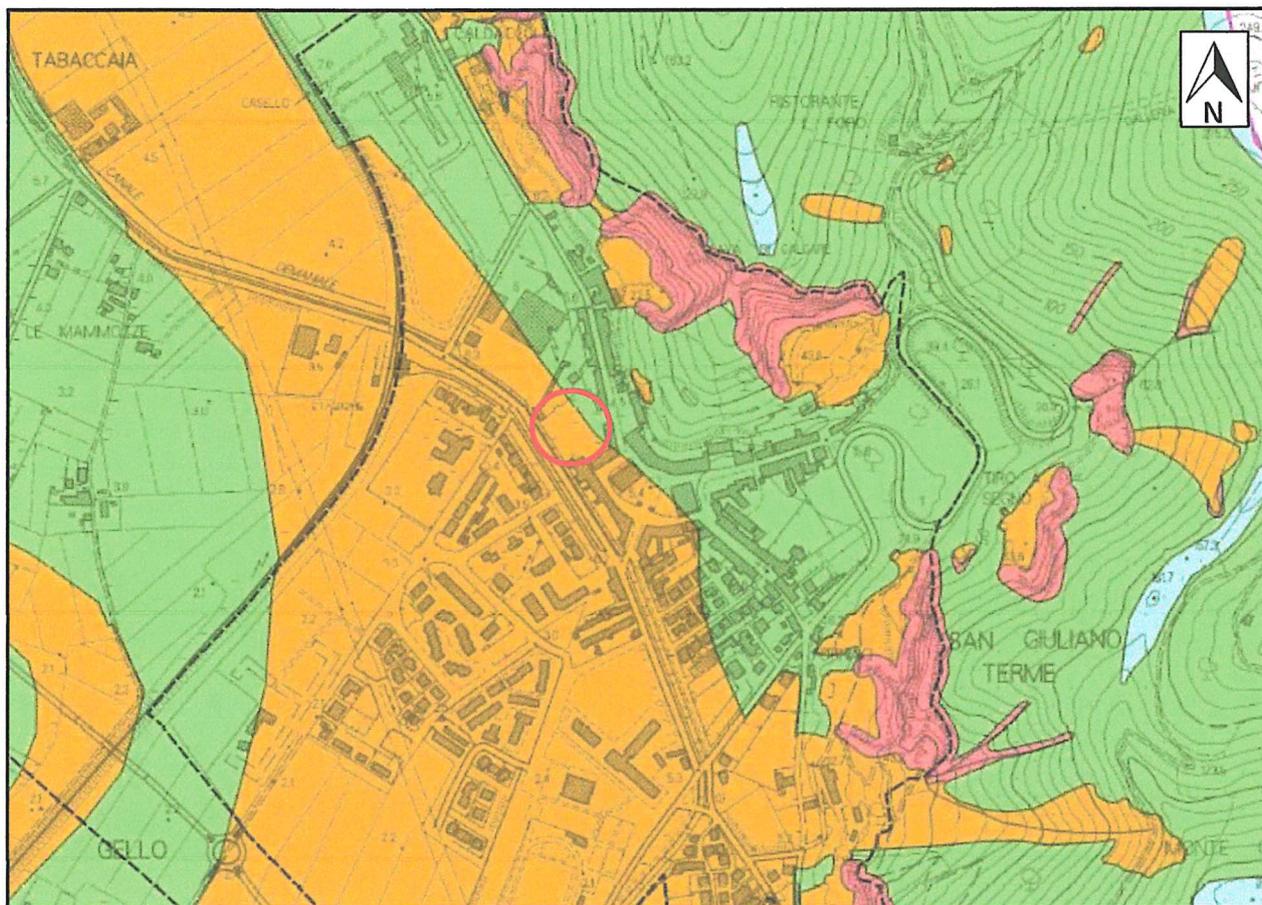


Paleovalvei



Impluvio in erosione

Fuori scala



Piano Operativo Comunale (POC) - Comune di San Giuliano Terme

### Legenda:

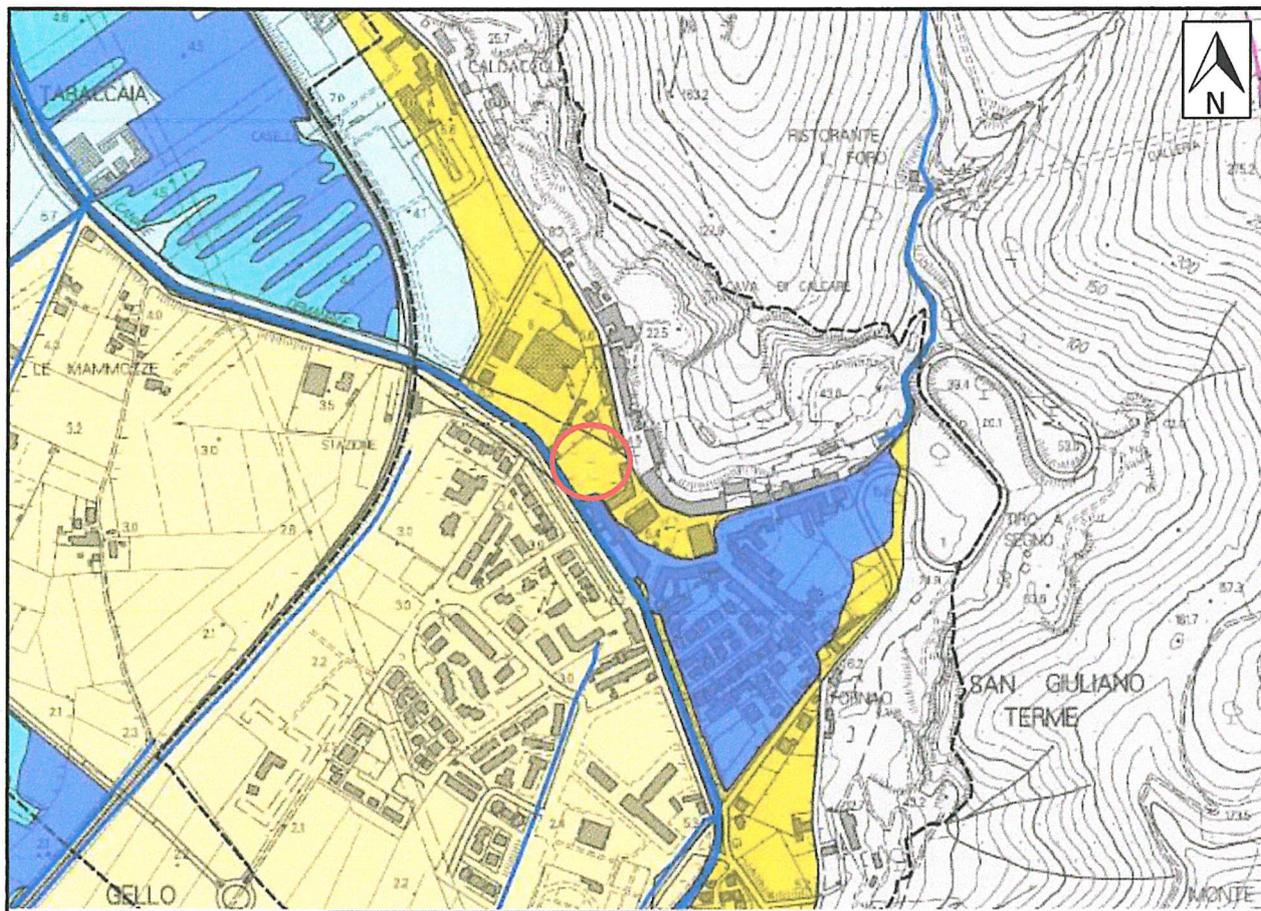
 Ubicazione area di studio

 Limite UTOE

### PERICOLOSITA' GEOLOGICA D.P.G.R. 53/R/2011

-  G1 - Pericolosità geologica bassa
-  G2 - Pericolosità geologica media
-  G3 - Pericolosità geologica elevata
-  G4 - Pericolosità geologica molto elevata

Fuori scala



Piano Operativo Comunale (POC) - Comune di San Giuliano Terme

**Legenda:**  Ubicazione area di studio

PERICOLOSITA' IDRAULICA D.P.G.R. 53/R/2011

**I.1 - Pericolosità idraulica bassa**

 Area interessate da allagamenti con  $Tr > 500$ anni

**I.2 - Pericolosità idraulica media**

Aree interessate da allagamenti con  $200 < Tr \leq 500$  anni

 Da studio idraulico eseguito nella presente indagine

 Da strumenti sovraordinati (PGRA - PAI Serchio)

**I.3 - Pericolosità idraulica elevata**

Alluvioni poco frequenti ai sensi della L.R. 41/2018

Aree interessate da allagamenti con  $30 < Tr \leq 200$  anni

 Da studio idraulico eseguito nella presente indagine

 Da strumenti sovraordinati (PGRA - PAI Serchio)

**I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata**

Alluvioni frequenti ai sensi della L.R. 41/2018

Aree interessate da allagamenti con  $0 < Tr \leq 30$  anni

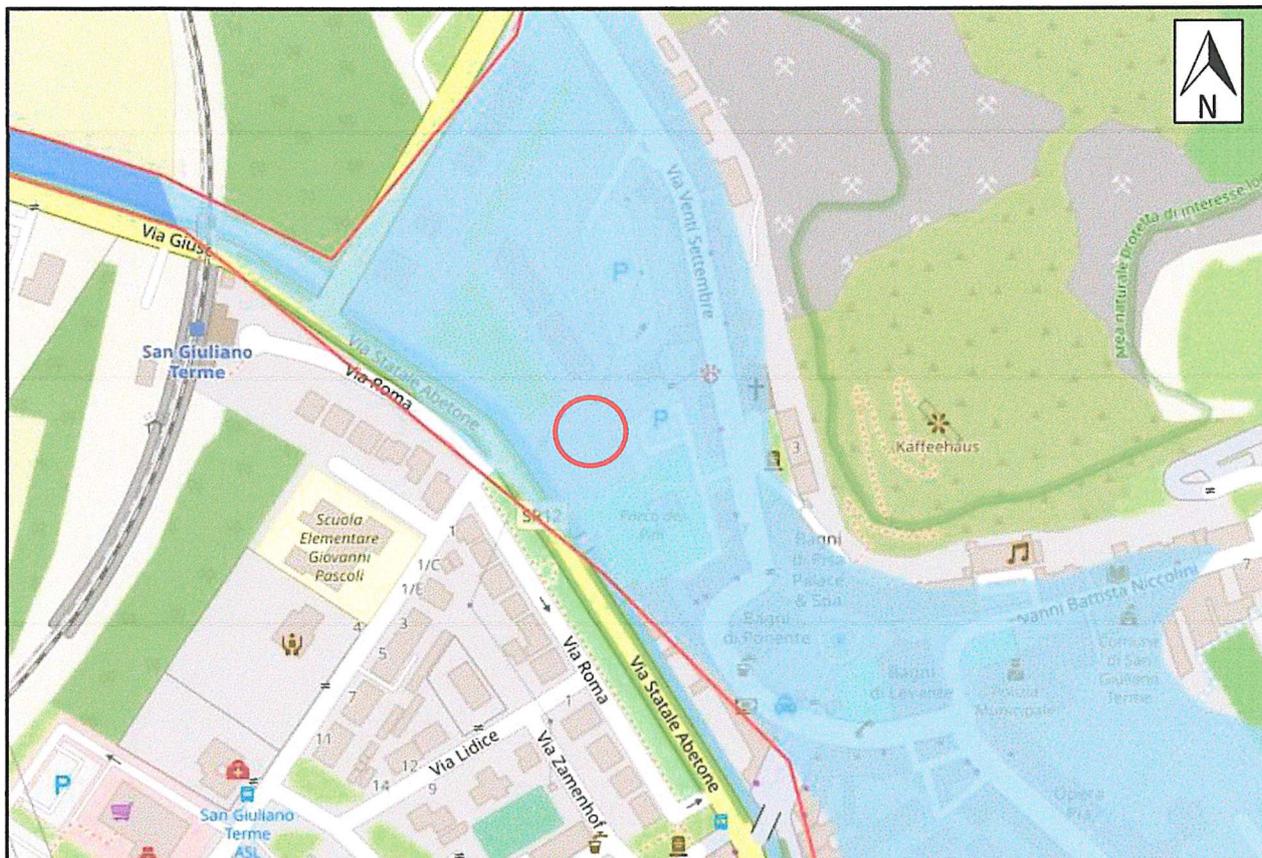
 Da studio idraulico eseguito nella presente indagine

 Da strumenti sovraordinati (PGRA - PAI Serchio)

 Limite UTOE

 Corpi d'acqua

Fuori scala

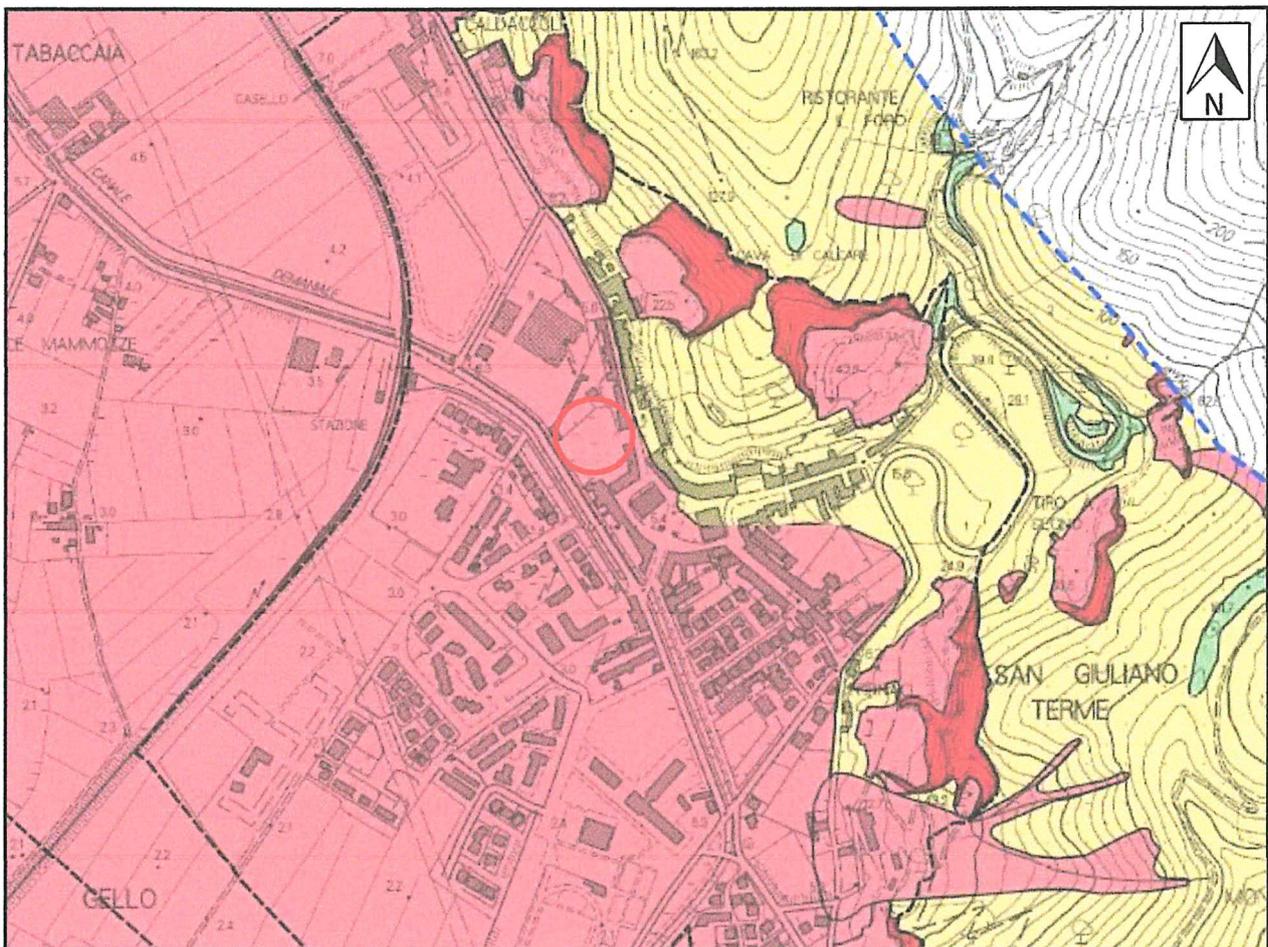


Autorità di bacino del Fiume Arno:  
Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

**Legenda:**

-  Ubicazione area di studio
-  P1 – Pericolosità bassa
-  P2 – Pericolosità media
-  P3 – Pericolosità alta

Fuori scala



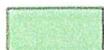
Piano Operativo Comunale (POC) - Comune di San Giuliano Terme

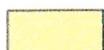
**Legenda:**

 Ubicazione area di studio

 Limite UTOE

**PERICOLOSITA SISMICA D.P.G.R. 53/R/2011**

 S.1 - Pericolosità sismica locale bassa

 S.2 - Pericolosità sismica locale media

 S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

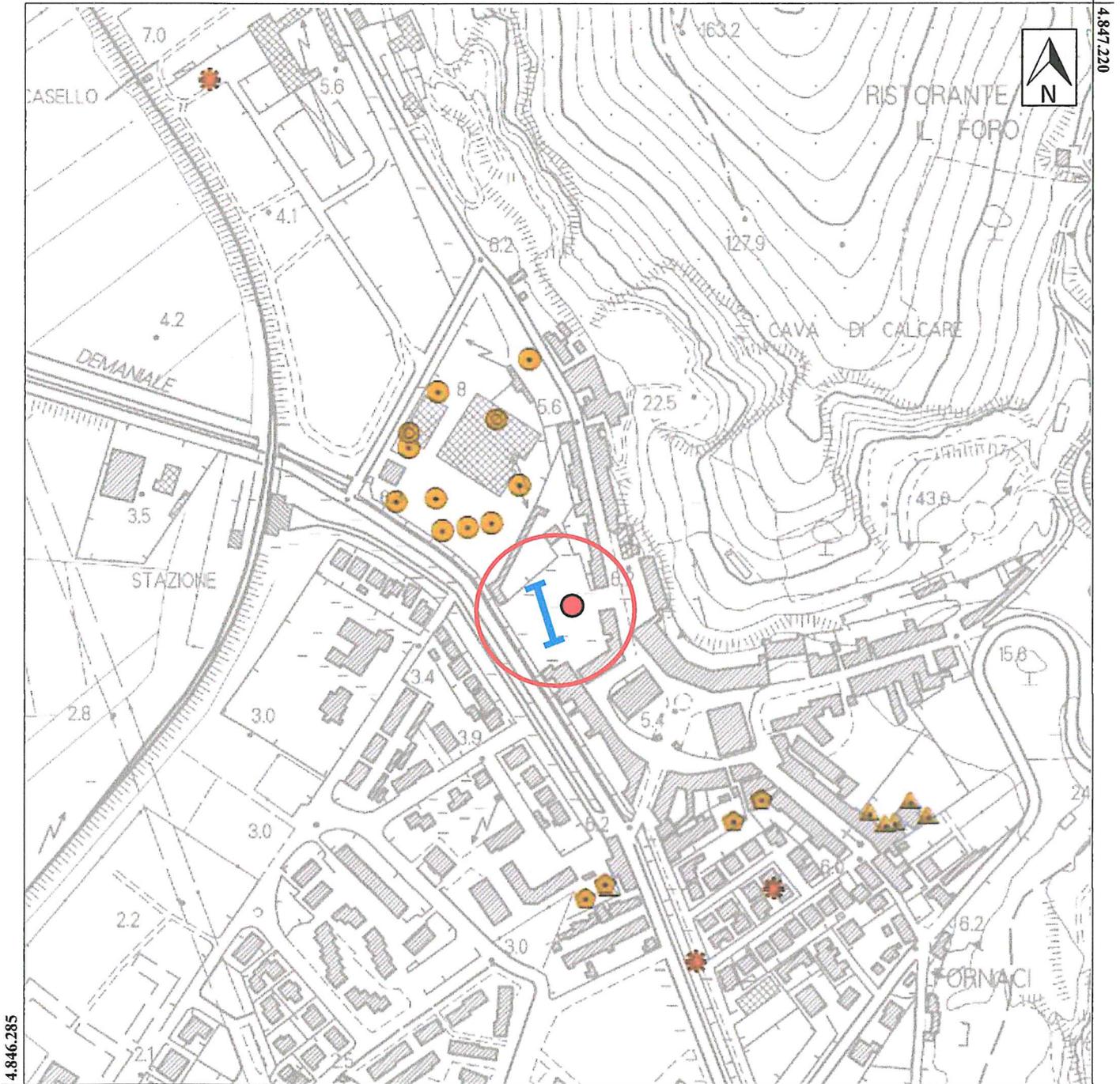
 S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

# Ubicazioni indagini di riferimento

Tav. 8

Scala 1 : 5.000

1.616.389



## Legenda:



Ubicazione area di studio



Prova penetrometrica statica CPT

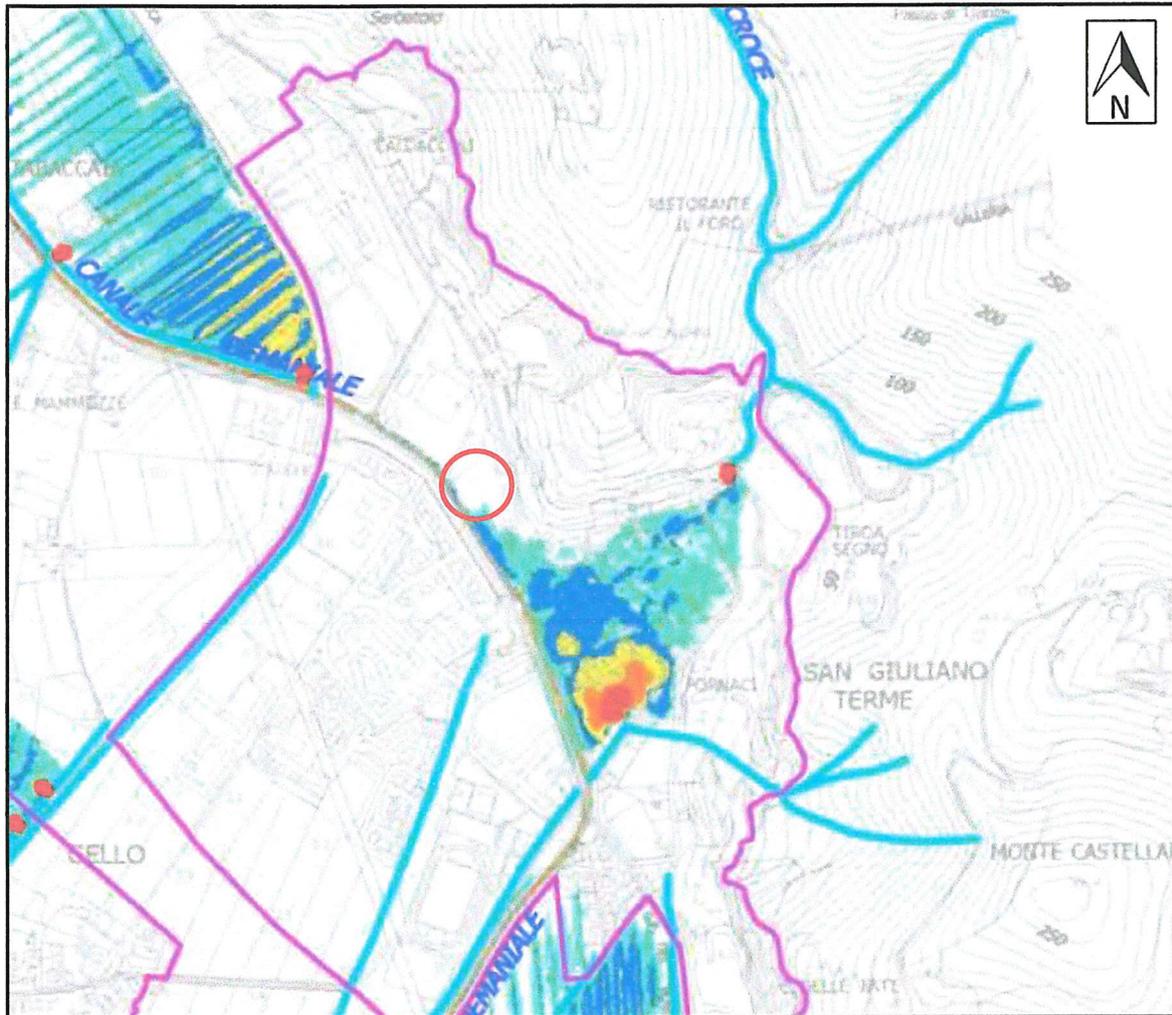


Indagini zone limitrofe



Stesa sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Fuori scala



Studio Idraulico a supporto del POC (Piano Operativo Comunale)

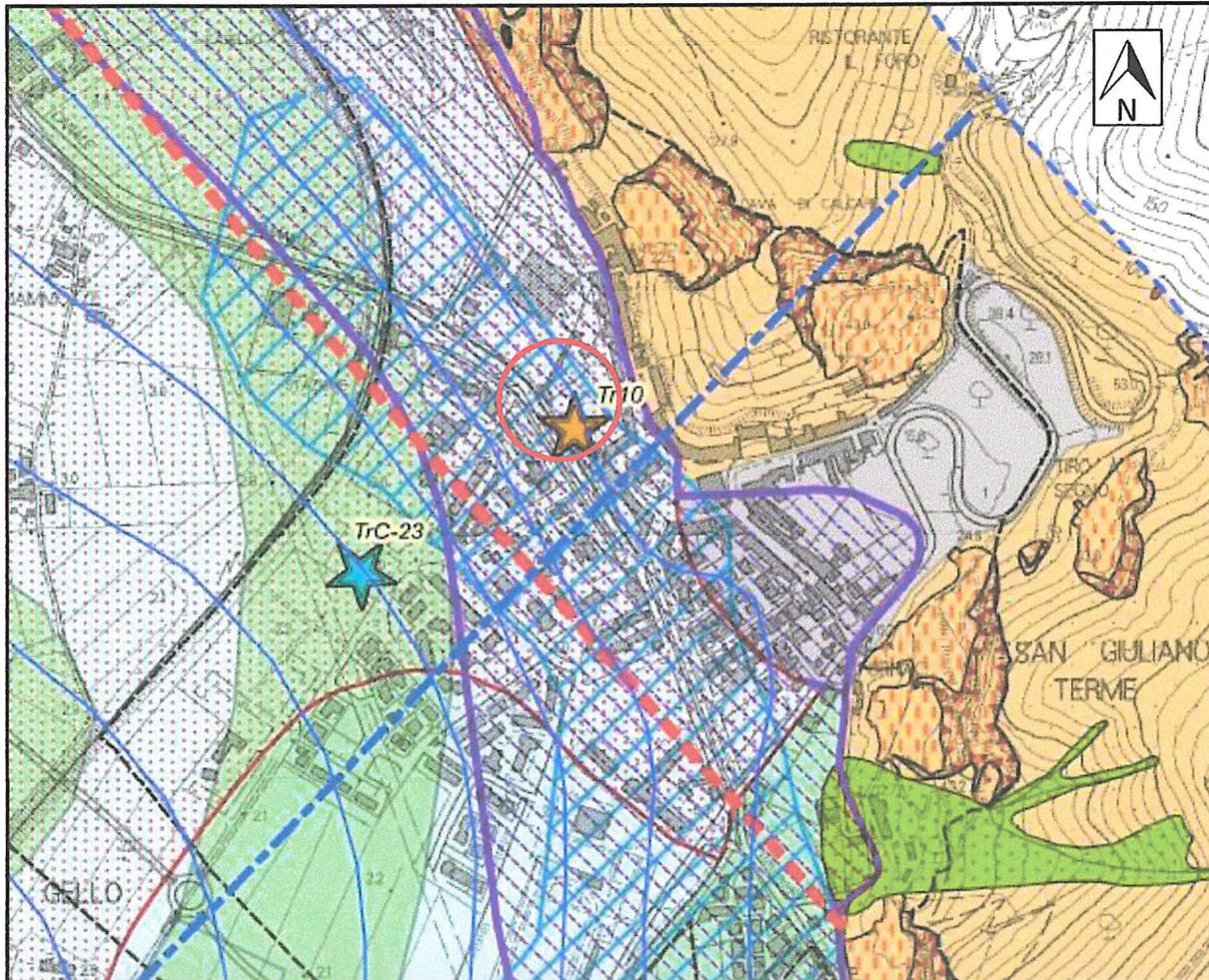
**Legenda:**

 Ubicazione area di studio

-   $b < 30\text{cm}$
-   $30\text{cm} < b < 60\text{cm}$
-   $60\text{cm} < b < 90\text{cm}$
-   $90\text{cm} < b < 1.2\text{m}$
-   $1.2\text{m} < b < 1.5\text{m}$
-   $b > 1.5\text{m}$
-  Perimetri UTOE

# Estratto carta Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS e frequenze fondamentali Tav. 10

Fuori scala



Piano Operativo Comunale (POC) - Comune di San Giuliano Terme

**Legenda:**

Ubicazione area di studio

Liquefazione "L"     Subsidenza diffusa constatata da misure interferometriche

Tracce sezioni geolitologiche     Faglie attive e capaci di quadro conoscitivo "FA" (database ITHACA)

Ampiezza del picco di amplificazione (A0), scala dimensionale:

- < 2 (nessuna amplificazione)
- 2 - 3
- 3 - 4
- > 4

# ALLEGATO 1

Prova penetrometrica statica CPT  
spinta fino alla profondità  
di 11,2 m da p.c.

Prova n. : CPT1

riferimento:

0718\_parco\_pini

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rt kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RL	(RL/Rp)*100
0.20								
0.40	39	72		39.13	1.73		22.62	4.42
0.60	90	116		90.13	3.53		25.53	3.92
0.80	61	114		61.13	2.27		26.93	3.71
1.00	17	51		17.13	0.60		28.55	3.50
1.20	26	35		26.26	0.93		28.24	3.54
1.40	5	19		5.26	1.67		3.15	31.75
1.60	25	50		25.26	2.13		11.86	8.43
1.80	23	55		23.26	3.53		6.59	15.18
2.00	212	265	127	212.26	1.07	1270	198.37	0.50
2.20	219	235		219.39	0.33		664.82	0.15
2.40	7	12		7.39	0.47		15.72	6.36
2.60	7	14		7.39	0.33		22.39	4.47
2.80	7	12		7.39	0.33		22.39	4.47
3.00	7	12	38	7.39	0.33	380	22.39	4.47
3.20	6	11		6.52	1.00		6.52	15.34
3.40	1	16		1.52	0.13		11.69	8.55
3.60	7	9		7.52	0.47		16.00	6.25
3.80	3	10		3.52	0.47		7.49	13.35
4.00	3	10	46	3.52	0.40	460	8.80	11.36
4.20	4	10		4.65	0.47		9.89	10.11
4.40	3	10		3.65	0.33		11.06	9.04
4.60	3	8		3.65	0.53		6.89	14.52
4.80	9	17		9.65	0.13		74.23	1.35
5.00	12	14	45	12.65	0.13	450	97.31	1.03
5.20	13	15		13.78	0.13		106.00	0.94
5.40	12	14		12.78	0.27		47.33	2.11
5.60	12	16		12.78	0.27		47.33	2.11
5.80	12	16		12.78	0.40		31.95	3.13
6.00	8	14	64	8.78	0.13	640	67.54	1.48
6.20	8	10		8.91	0.47		18.96	5.27
6.40	3	10		3.91	0.53		7.38	13.55
6.60	12	20		12.91	0.27		47.81	2.09
6.80	14	18		14.91	0.40		37.28	2.68
7.00	9	15	73	9.91	0.33	730	30.03	3.33
7.20	9	14		10.04	0.33		30.42	3.29
7.40	19	24		20.04	0.67		29.91	3.34
7.60	17	27		18.04	0.40		45.10	2.22
7.80	14	20		15.04	0.20		75.20	1.33
8.00	12	15	97	13.04	0.27	970	48.30	2.07
8.20	16	20		17.17	0.27		63.59	1.57
8.40	10	14		11.17	0.73		15.30	6.54
8.60	6	17		7.17	0.80		8.96	11.16
8.80	6	18		7.17	0.67		10.70	9.34
9.00	7	17	135	8.17	0.67	1350	12.19	8.20
9.20	6	16		7.30	0.33		22.12	4.52
9.40	14	19		15.30	0.27		56.67	1.76
9.60	13	17		14.30	0.73		19.59	5.10
9.80	5	16		6.30	0.53		11.89	8.41
10.00	6	14	147	7.30	0.60	1470	12.17	8.22

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

1.60

Prova n. : CPT1

riferimento:

0718\_parco\_pini

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rt kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RL	(RL/Rp)*100
10.20	18	27		19.43	0.73		26.62	3.76
10.40	18	29		19.43	0.20		97.15	1.03
10.60	22	25		23.43	0.47		49.85	2.01
10.80	17	24		18.43	0.47		39.21	2.55
11.00	21	28	159	22.43	0.53	1590	42.32	2.36
11.20	21	29		22.56	0.33		68.36	1.46
11.40	23	28		24.56				
11.60								
11.80								
12.00								
12.20								
12.40								
12.60								
12.80								
13.00								
13.20								
13.40								
13.60								
13.80								
14.00								
14.20								
14.40								
14.60								
14.80								
15.00								
15.20								
15.40								
15.60								
15.80								
16.00								
16.20								
16.40								
16.60								
16.80								
17.00								
17.20								
17.40								
17.60								
17.80								
18.00								
18.20								
18.40								
18.60								
18.80								
19.00								
19.20								
19.40								
19.60								
19.80								
20.00								

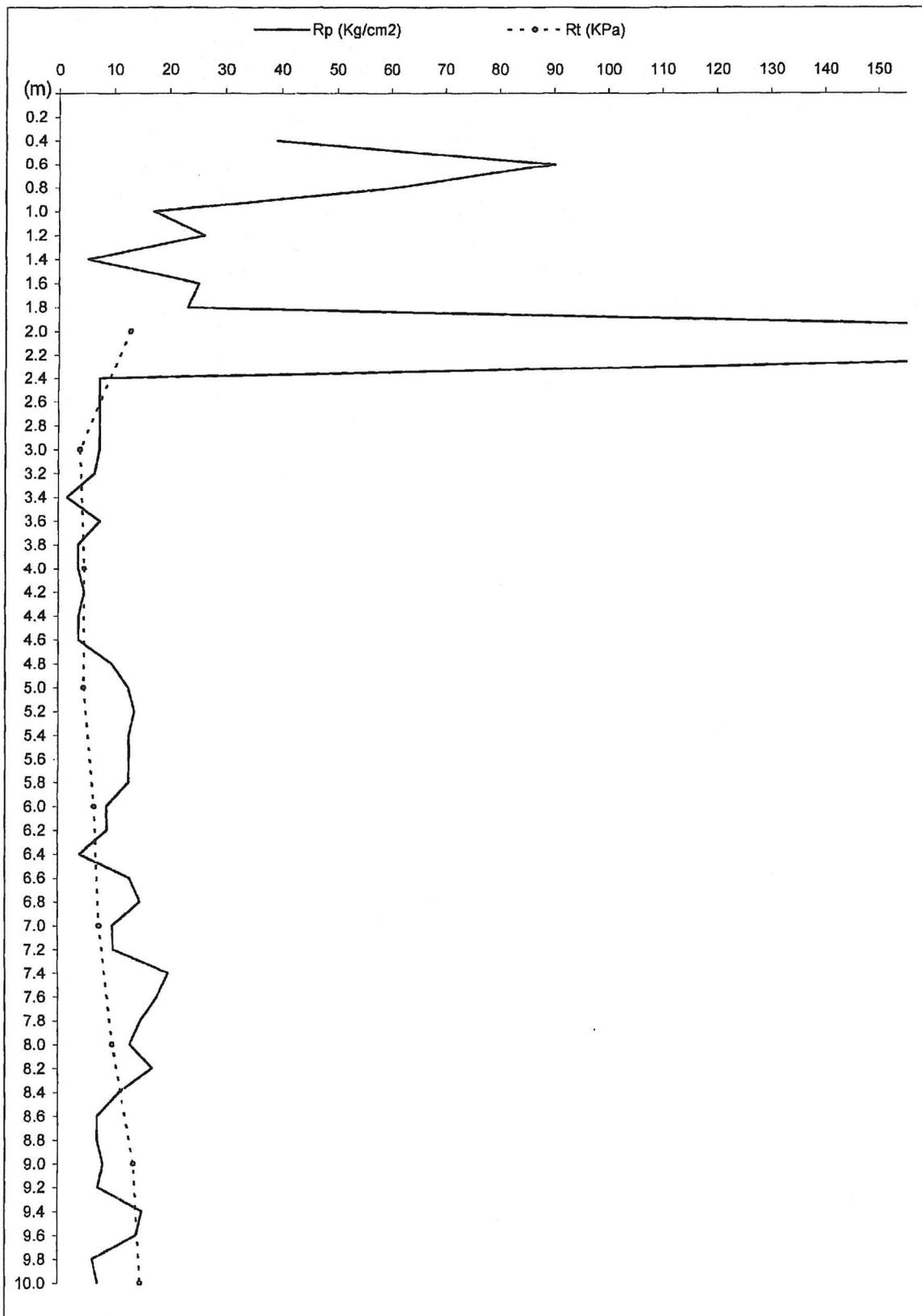
q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

1.60

Prova n. : CPT1

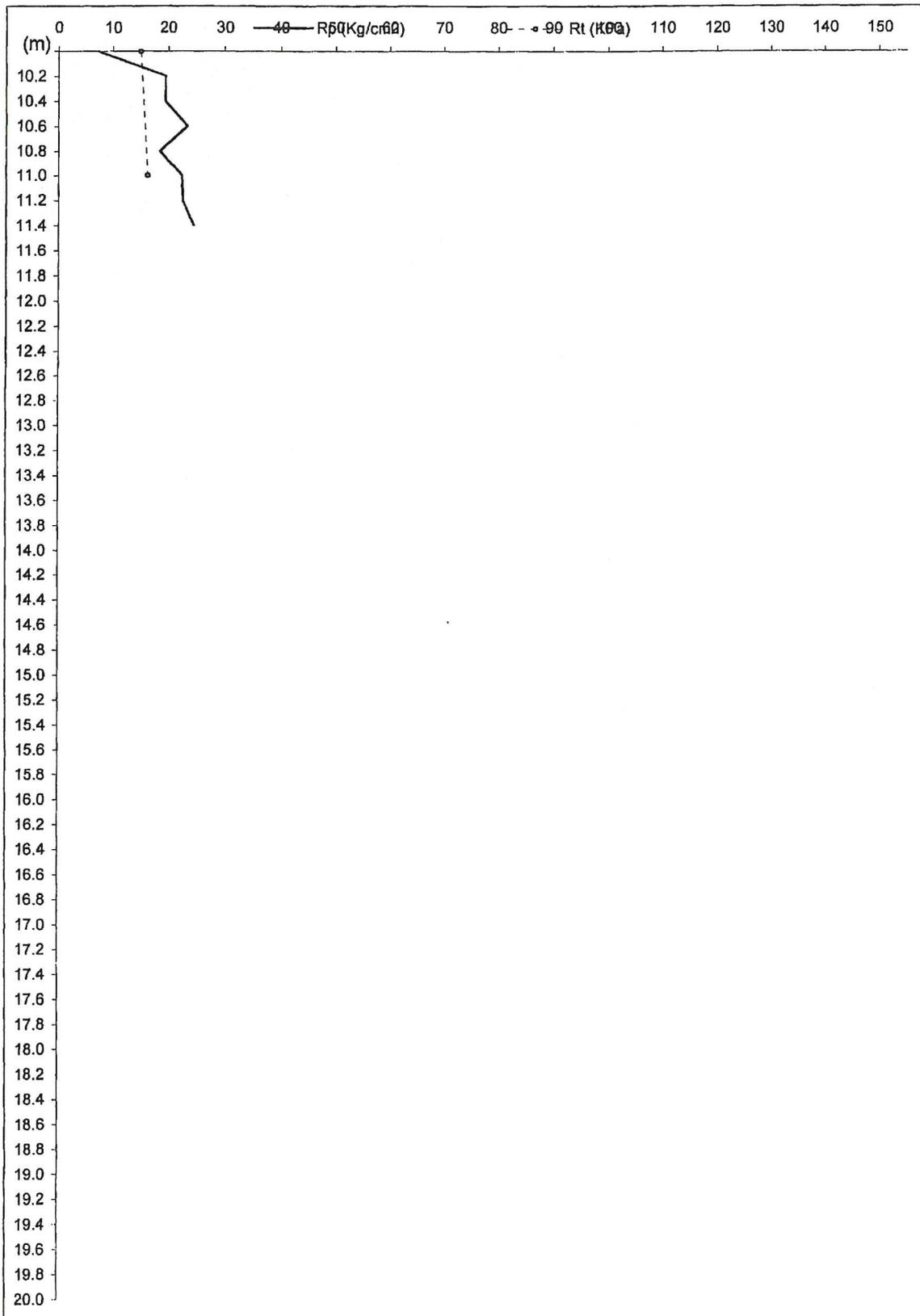
riferimento: 0718\_parco\_pini



quota falda d.p.c. (m) : 1.60

Prova n. : CPT1

riferimento: 0718\_parco\_pini

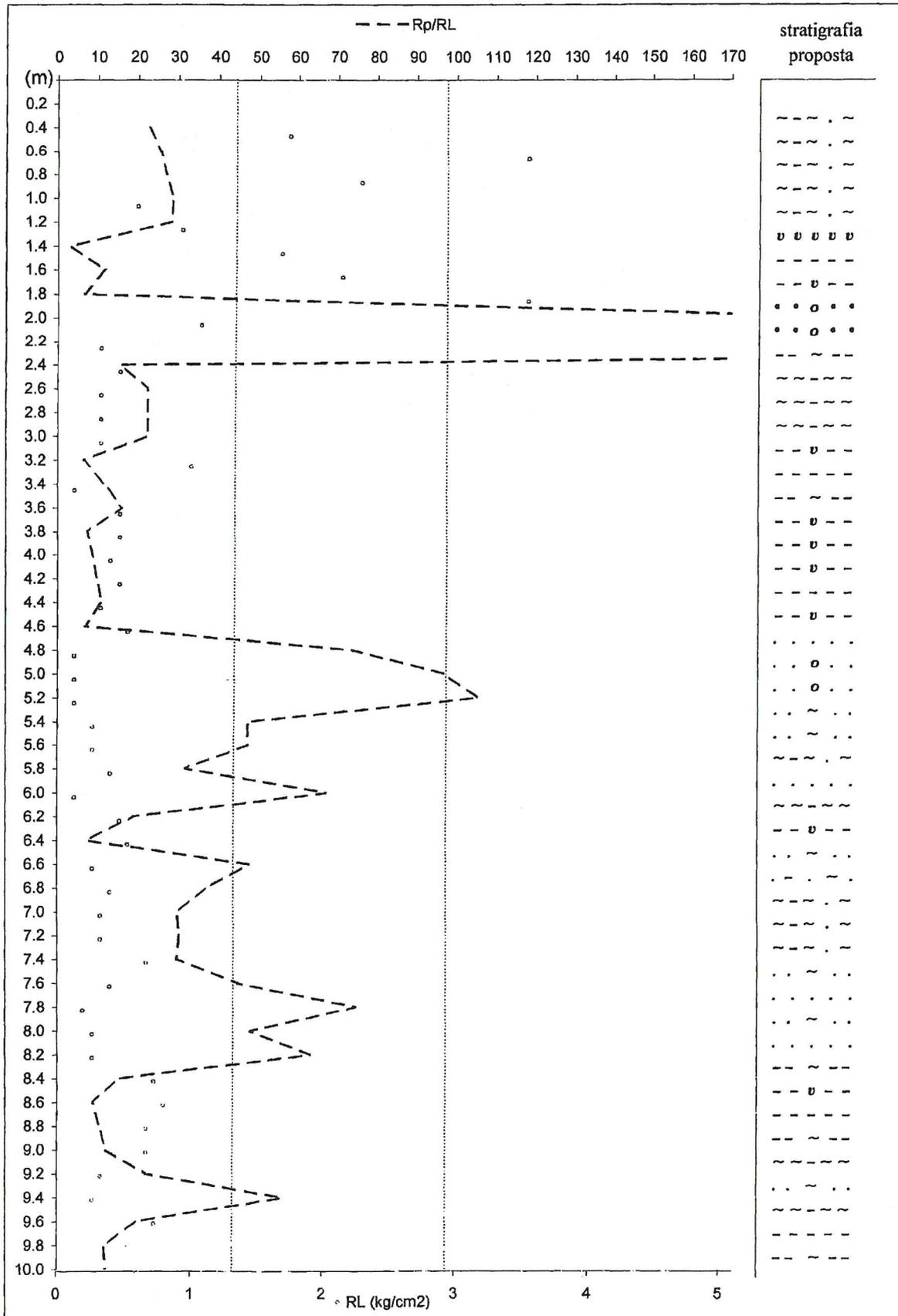


quota falda d.p.c. (m) : 1.60

Prova n. : CPT1

riferimento:

0718\_parco\_pini

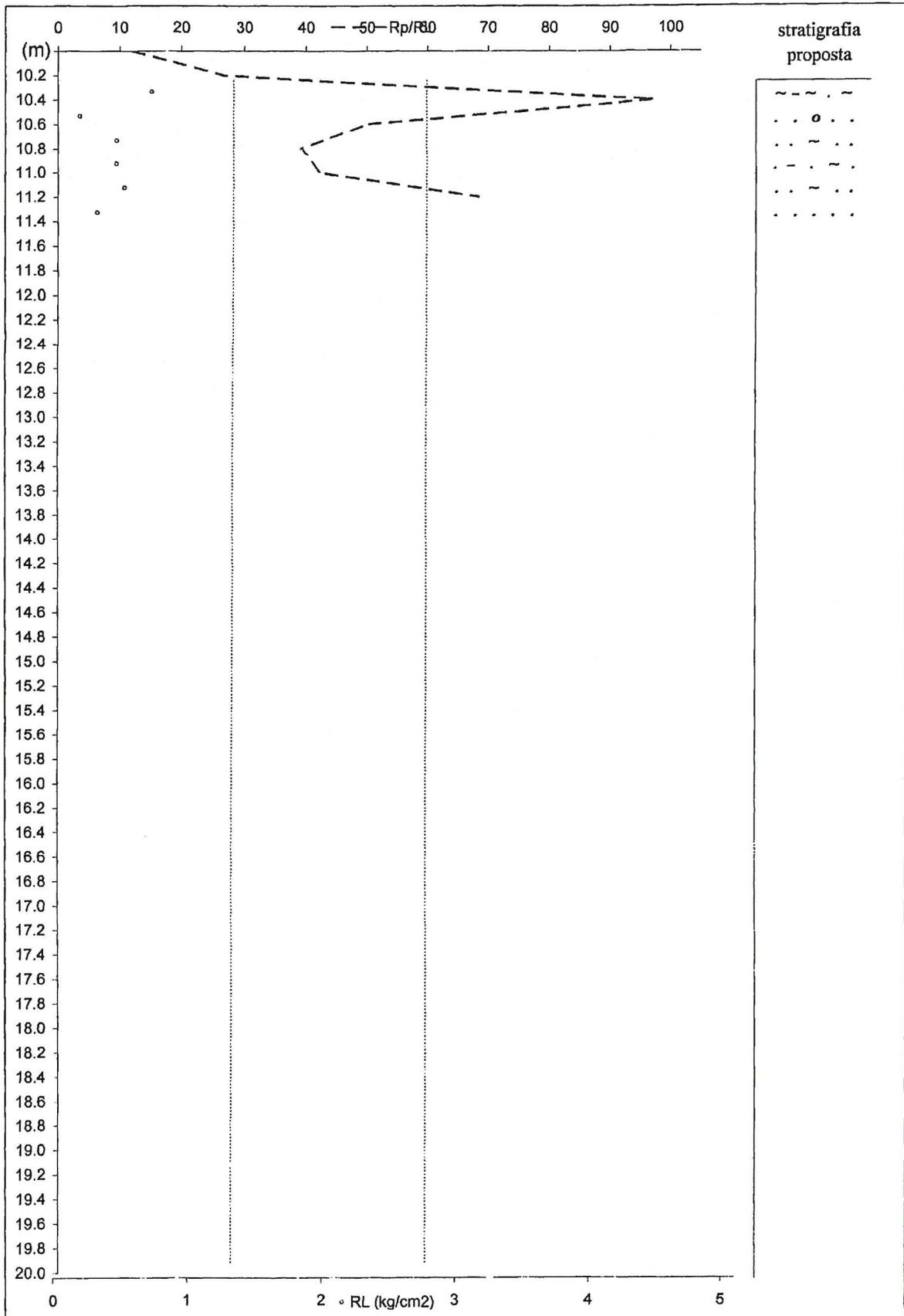


quota falda d.p.c. (m) : 1.60

Prova n. : CPT1

riferimento:

0718\_parco\_pini



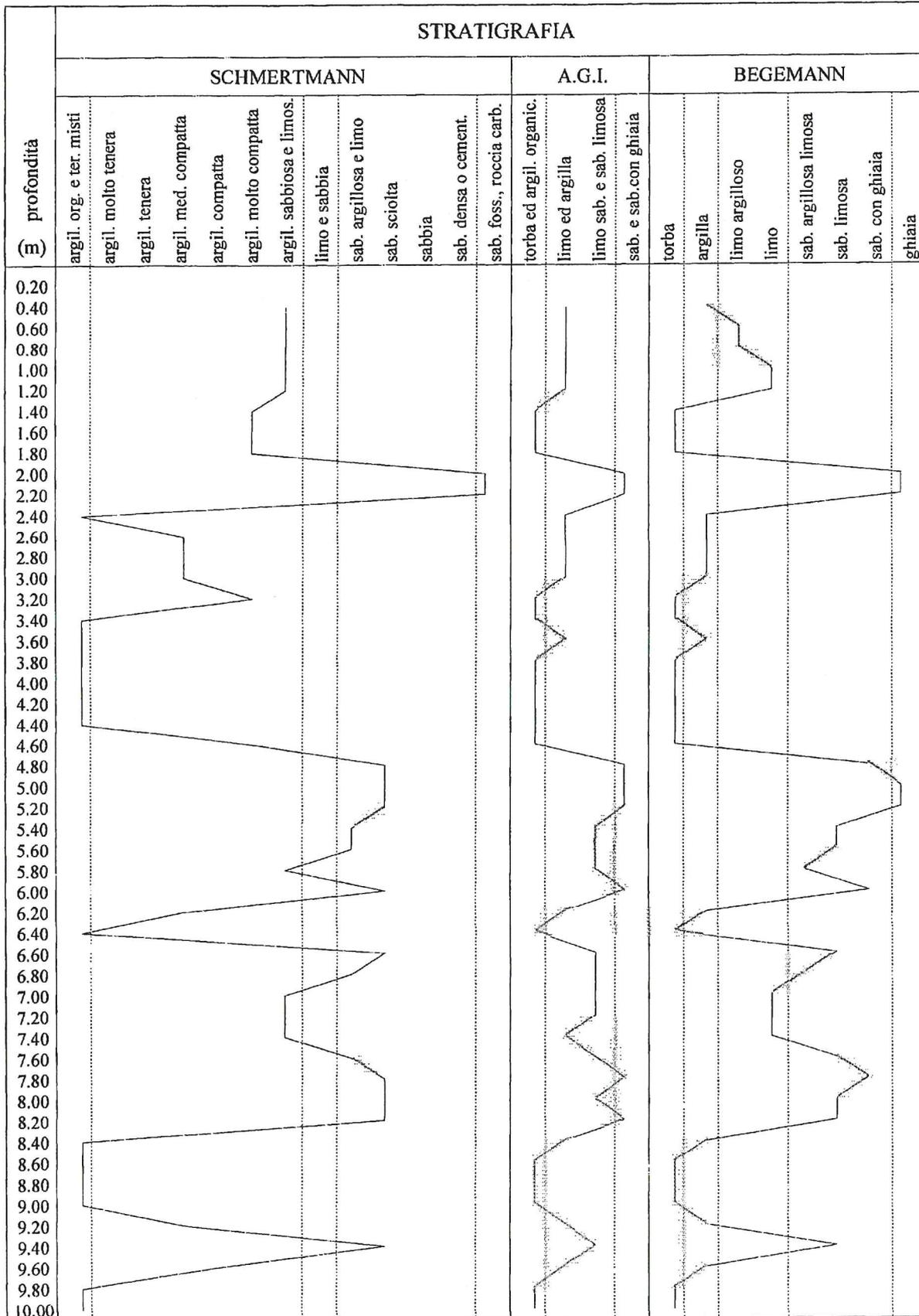
quota falda d.p.c. (m) : 1.60

Prova n. :

CPT1

riferimento:

0718\_parco\_pini





Prova n. : CPT1

riferimento:

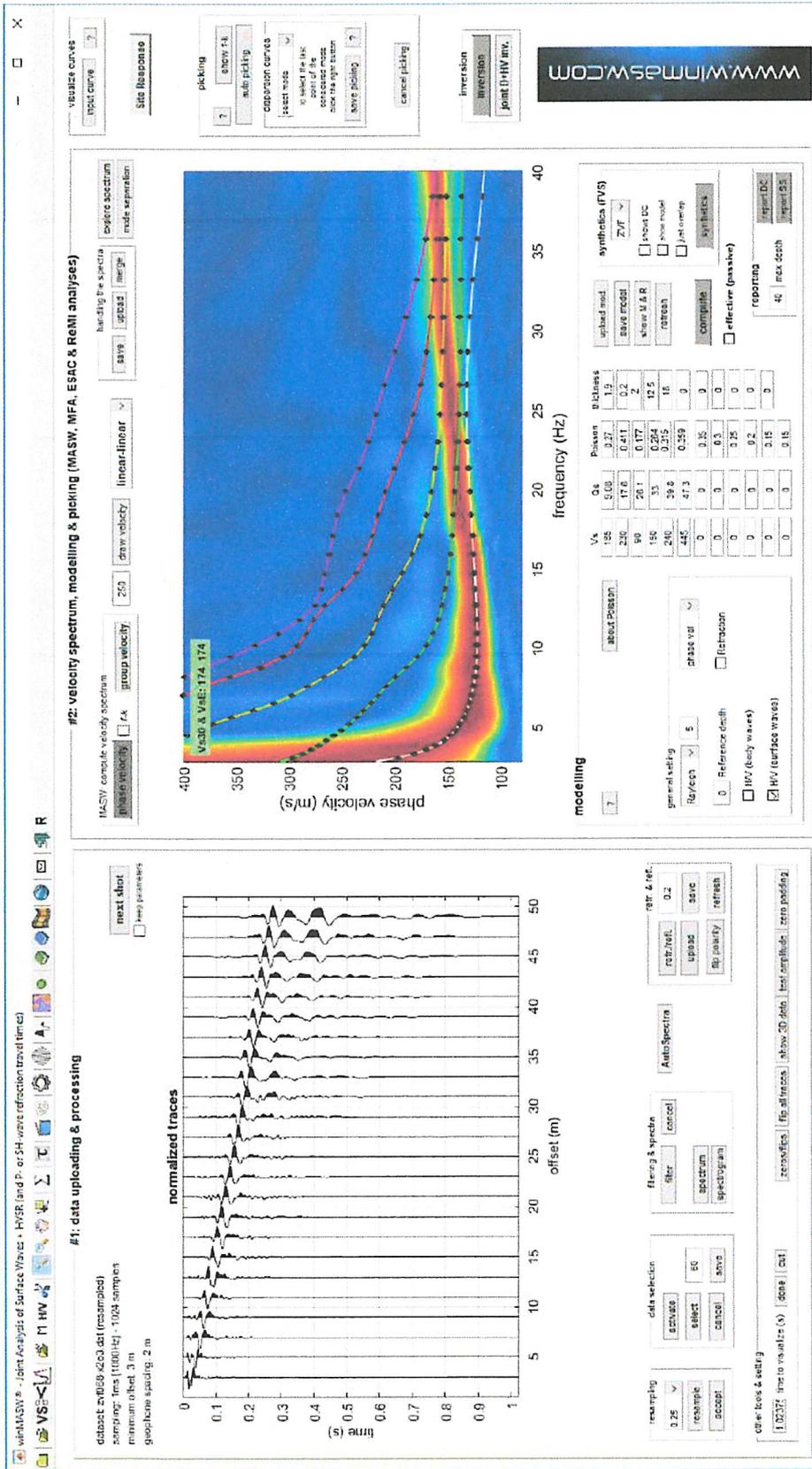
0718\_parco\_pini

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$m_v$ (cm <sup>3</sup> /Kg)
	$c_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	stato di consisten.	O.C.R.	$c_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	Dr (%)	$\phi$ (°)	Dr (%)	stato di addens.		
0.20											
0.40				1.60	28.00	60				1.80	0.013
0.60				3.68	29.00	74				1.95	0.006
0.80				2.50	29.00	65				1.90	0.008
1.00							28	39	sciolta	1.75	0.017
1.20							29	47	med. add.	1.80	0.019
1.40	0.32	molle	0.1							1.80	0.190
1.60	1.03	consist.	0.6							2.00	0.020
1.80	0.95	consist.	0.5							2.00	0.043
2.00							43	50	med. add.	1.95	0.003
2.20							51	27	sciolta	1.95	0.003
2.40	0.45	plastica	0.2							1.80	0.054
2.60	0.45	plastica	0.2							1.80	0.039
2.80	0.45	plastica	0.2							1.80	0.039
3.00	0.45	plastica	0.2							1.80	0.039
3.20	0.40	molle	0.2							1.80	0.153
3.40	0.09	m. moll.	0.0							1.80	0.329
3.60	0.46	plastica	0.3							1.80	0.053
3.80	0.21	molle	0.1							1.80	0.284
4.00	0.21	molle	0.1							1.80	0.284
4.20	0.28	molle	0.1							1.80	0.215
4.40	0.22	molle	0.1							1.80	0.137
4.60	0.22	molle	0.8							1.80	0.274
4.80							32	9	m. sciol.	1.75	0.052
5.00							34	9	m. sciol.	1.75	0.040
5.20							34	9	m. sciol.	1.75	0.036
5.40							31	23	sciolta	1.75	0.039
5.60							31	23	sciolta	1.75	0.039
5.80							29	31	sciolta	1.75	0.022
6.00							31	9	m. sciol.	1.75	0.057
6.20	0.54	plastica	3.8							1.80	0.032
6.40	0.24	molle	1.3							1.80	0.256
6.60							31	23	sciolta	1.75	0.039
6.80							30	31	sciolta	1.75	0.019
7.00							28	27	sciolta	1.75	0.029
7.20							28	27	sciolta	1.75	0.028
7.40							29	41	sciolta	1.80	0.025
7.60							31	31	sciolta	1.75	0.028
7.80							33	17	sciolta	1.75	0.033
8.00							31	23	sciolta	1.75	0.038
8.20							32	23	sciolta	1.75	0.029
8.40	0.68	plastica	3.7							1.95	0.030
8.60	0.43	plastica	2.1							1.80	0.139
8.80	0.43	plastica	2.0							1.80	0.056
9.00	0.50	plastica	2.3							1.80	0.049
9.20	0.44	plastica	1.9							1.80	0.039
9.40							31	23	sciolta	1.75	0.033
9.60	0.87	consist.	4.3							1.95	0.020
9.80	0.38	molle	1.5							1.80	0.063
10.00	0.44	plastica	1.8							1.80	0.055

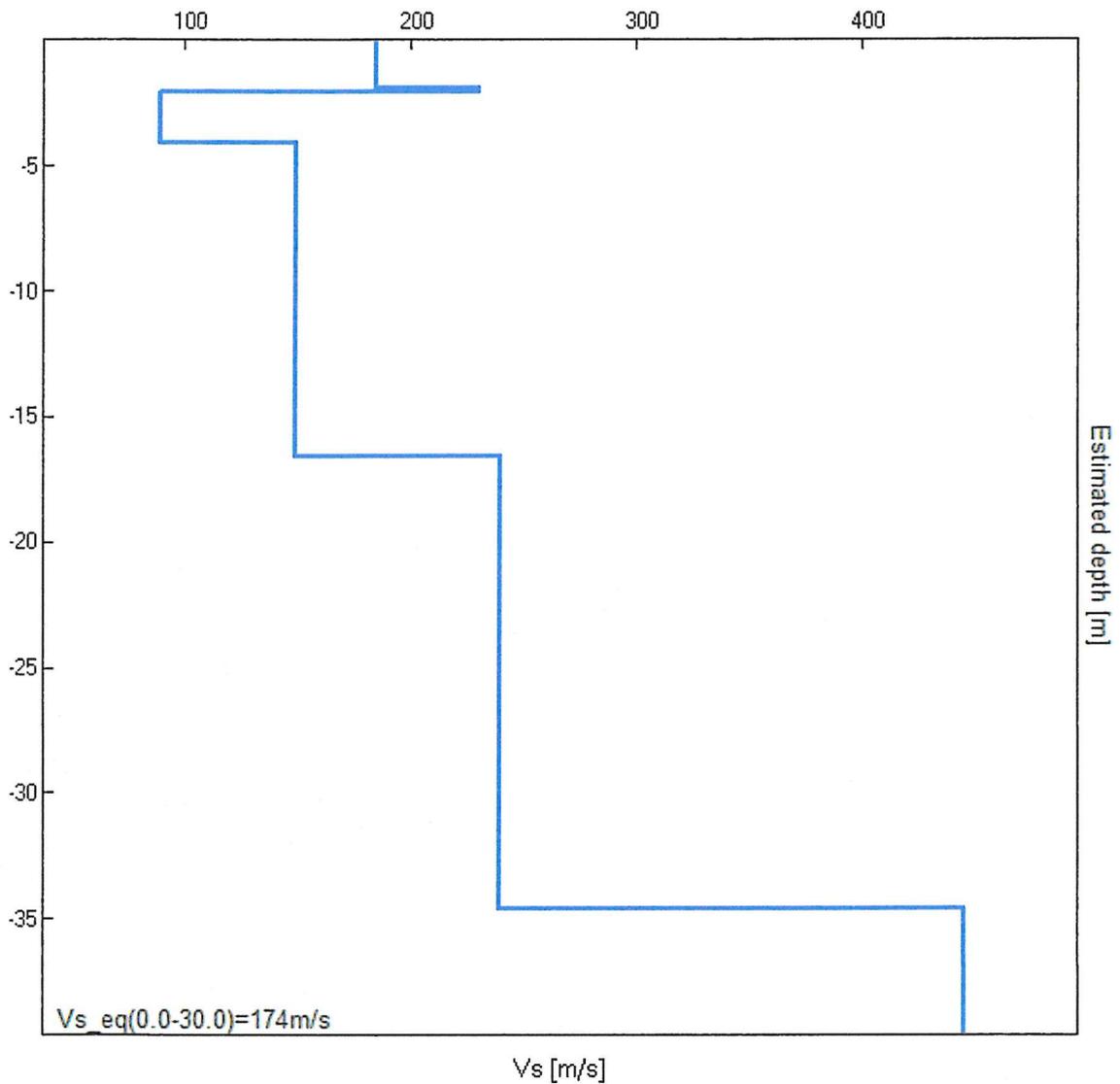


## ALLEGATO 2

Indagine sismica MASW (Multichannel  
Analysis of Surface Waves)



Indagine MASW. Sismogrammi, spettri di velocità e modelli di dispersione.



**Indagine MASW. Profilo verticale delle Vs.**

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.90	1.90	185
2.10	0.20	230
4.10	2.00	90
16.60	12.50	150
34.60	18.00	240
inf.	inf.	445

Vs\_eq(0.0-30.0)=174m/s

## ALLEGATO 3

Localizzazione sismica e calcolo  
azione sismica

## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

## Sito in esame.

latitudine: 43,765403

longitudine: 10,440592

Classe: 2

Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

Sito 1 ID: 20046 Lat: 43,7435 Lon: 10,3757 Distanza: 5750,776

Sito 2 ID: 20047 Lat: 43,7453 Lon: 10,4450 Distanza: 2258,319

Sito 3 ID: 19825 Lat: 43,7953 Lon: 10,4425 Distanza: 3328,886

Sito 4 ID: 19824 Lat: 43,7935 Lon: 10,3732 Distanza: 6248,428

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

## Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,039 g

Fo: 2,579

Tc\*: 0,228 [s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]  
ag: 0,049 g  
Fo: 2,556  
Tc\*: 0,249 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,121 g  
Fo: 2,359  
Tc\*: 0,283 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,155 g  
Fo: 2,385  
Tc\*: 0,286 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,800  
Cc: 2,620  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,691  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800  
Cc: 2,500  
St: 1,000

Kh: 0,017

Kv: 0,009

Amax: 0,856

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,800

Cc: 2,350

St: 1,000

Kh: 0,052

Kv: 0,026

Amax: 2,138

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,800

Cc: 2,340

St: 1,000

Kh: 0,067

Kv: 0,033

Amax: 2,734

Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.764438

longitudine: 10.439591

## ALLEGATO 4

Tabulati di calcolo della verifica a  
liquefazione

## DATI GENERALI

Data 02/12/2021  
Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

### FALDA

Profondità falda idrica 0.4 m

### DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.121

Fattore amplificazione 2.359

Tipo Suolo: D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti  $V_{s30} < 180$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.8

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Distanza epicentro 10 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.2178

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	1.9	16.3	17.3	0	0	0	0	185
2		1.9	2.1	16.3	17.3	0	0	0	0	230
3		2.1	4.1	17.4	18.4	0	0	0	0	90
4		4.1	15	17.4	18.4	0	0	0	0	150

### Eurocodice 8 VS

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
1-	0	0	$\leq 10$	Cat. D	Valido
2-	0	0	$\leq 10$	Cat. D	Valido
3-	0	0	$\leq 10$	Cat. D	Valido
4-	0	0	$\leq 10$	Cat. D	Valido

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.60	9.980	8.019	347.653	220.000	0.995	0.351	0.022	15.96	N.L.	0.007
2	0.80	13.440	9.517	333.076	220.000	0.994	0.321	0.025	12.84	N.L.	0.013
3	1.00	16.900	11.016	321.119	220.000	0.992	0.296	0.027	10.92	N.L.	0.022
4	1.20	20.360	12.515	311.040	220.000	0.991	0.276	0.029	9.60	N.L.	0.033
5	1.40	23.820	14.013	302.368	220.000	0.989	0.259	0.030	8.62	N.L.	0.045
6	1.60	27.280	15.512	294.785	220.000	0.988	0.245	0.031	7.86	N.L.	0.061
7	1.80	30.740	17.011	288.066	220.000	0.986	0.232	0.032	7.24	N.L.	0.078
8	2.00	34.200	18.509	350.655	220.000	0.985	0.358	0.033	10.95	N.L.	0.022
9	2.20	37.770	20.118	134.384	220.000	0.983	0.061	0.033	1.82	N.L.	5.308
10	2.40	41.450	21.837	131.658	220.000	0.982	0.058	0.034	1.73	N.L.	6.199
11	2.60	45.130	23.555	129.187	220.000	0.980	0.056	0.034	1.65	N.L.	7.124
12	2.80	48.810	25.274	126.933	220.000	0.979	0.054	0.034	1.58	N.L.	8.079
13	3.00	52.490	26.993	124.862	220.000	0.977	0.052	0.034	1.52	N.L.	9.058
14	3.20	56.170	28.711	122.950	220.000	0.976	0.051	0.035	1.46	N.L.	10.059
15	3.40	59.850	30.430	121.176	220.000	0.974	0.049	0.035	1.41	N.L.	11.076
16	3.60	63.530	32.149	119.523	220.000	0.972	0.048	0.035	1.36	N.L.	12.108
17	3.80	67.210	33.867	117.977	220.000	0.971	0.046	0.035	1.32	N.L.	13.151
18	4.00	70.890	35.586	116.526	220.000	0.969	0.045	0.035	1.29	N.L.	14.202
19	4.20	74.570	37.305	191.933	220.000	0.968	0.138	0.035	3.92	N.L.	0.522
20	4.40	78.250	39.023	189.784	220.000	0.966	0.134	0.035	3.77	N.L.	0.587
21	4.60	81.930	40.742	187.750	220.000	0.965	0.130	0.036	3.64	N.L.	0.653

22	4.80	85.610	42.461	185.82 1	220.00 0	0.963	0.126	0.036	3.53	N.L.	0.721
23	5.00	89.290	44.179	183.98 7	220.00 0	0.962	0.122	0.036	3.42	N.L.	0.789
24	5.20	92.970	45.898	182.24 0	220.00 0	0.960	0.119	0.036	3.33	N.L.	0.860
25	5.40	96.650	47.617	180.57 2	220.00 0	0.959	0.117	0.036	3.24	N.L.	0.931
26	5.60	100.33 0	49.335	178.97 9	220.00 0	0.957	0.114	0.036	3.17	N.L.	1.004
27	5.80	104.01 0	51.054	177.45 3	220.00 0	0.956	0.112	0.036	3.09	N.L.	1.078
28	6.00	107.69 0	52.773	175.99 0	220.00 0	0.954	0.109	0.036	3.03	N.L.	1.153
29	6.20	111.37 0	54.491	174.58 6	220.00 0	0.953	0.107	0.036	2.96	N.L.	1.230
30	6.40	115.05 0	56.210	173.23 6	220.00 0	0.951	0.105	0.036	2.90	N.L.	1.308
31	6.60	118.73 0	57.929	171.93 6	220.00 0	0.950	0.103	0.036	2.85	N.L.	1.388
32	6.80	122.41 0	59.647	170.68 4	220.00 0	0.948	0.102	0.036	2.80	N.L.	1.468
33	7.00	126.09 0	61.366	169.47 6	220.00 0	0.946	0.100	0.036	2.75	N.L.	1.550
34	7.20	129.77 0	63.085	168.31 0	220.00 0	0.945	0.098	0.036	2.70	N.L.	1.633
35	7.40	133.45 0	64.803	167.18 3	220.00 0	0.943	0.097	0.036	2.66	N.L.	1.718
36	7.60	137.13 0	66.522	166.09 2	220.00 0	0.942	0.095	0.036	2.61	N.L.	1.803
37	7.80	140.81 0	68.241	165.03 7	220.00 0	0.940	0.094	0.037	2.57	N.L.	1.890
38	8.00	144.49 0	69.959	164.01 4	220.00 0	0.939	0.093	0.037	2.54	N.L.	1.978
39	8.20	148.17 0	71.678	163.02 1	220.00 0	0.937	0.091	0.037	2.50	N.L.	2.067
40	8.40	151.85 0	73.397	162.05 9	220.00 0	0.936	0.090	0.037	2.46	N.L.	2.157
41	8.60	155.53 0	75.115	161.12 4	220.00 0	0.934	0.089	0.037	2.43	N.L.	2.248
42	8.80	159.21 0	76.834	160.21 5	220.00 0	0.933	0.088	0.037	2.40	N.L.	2.341
43	9.00	162.89 0	78.553	159.33 1	220.00 0	0.931	0.087	0.037	2.37	N.L.	2.434
44	9.20	166.57 0	80.271	158.47 1	220.00 0	0.928	0.086	0.037	2.34	N.L.	2.528
45	9.40	170.25 0	81.990	157.63 4	220.00 0	0.923	0.085	0.037	2.31	N.L.	2.624

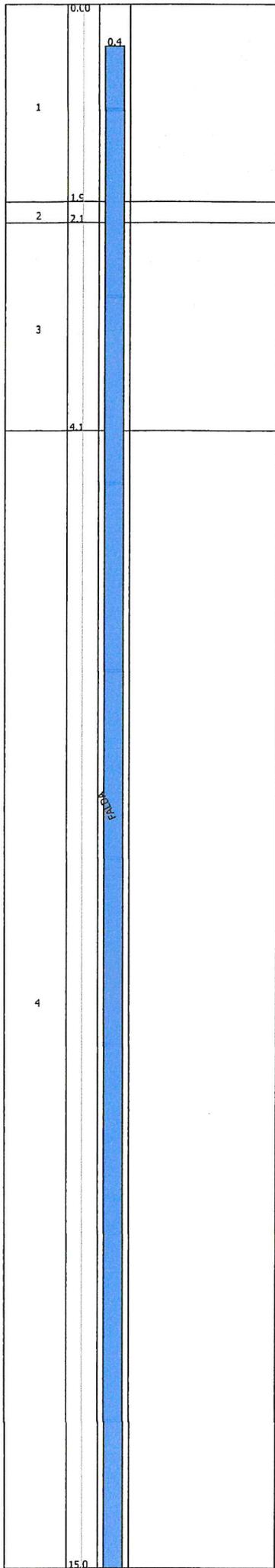
46	9.60	173.93 0	83.709	156.81 9	220.00 0	0.918	0.084	0.037	2.28	N.L.	2.720
47	9.80	177.61 0	85.427	156.02 4	220.00 0	0.912	0.083	0.037	2.26	N.L.	2.818
48	10.00	181.29 0	87.146	155.24 9	220.00 0	0.907	0.082	0.037	2.23	N.L.	2.916
49	10.20	184.97 0	88.865	154.49 3	220.00 0	0.902	0.081	0.037	2.21	N.L.	3.015
50	10.40	188.65 0	90.584	153.75 5	220.00 0	0.896	0.080	0.037	2.18	N.L.	3.115
51	10.60	192.33 0	92.302	153.03 4	220.00 0	0.891	0.080	0.037	2.16	N.L.	3.217
52	10.80	196.01 0	94.021	152.33 0	220.00 0	0.886	0.079	0.037	2.14	N.L.	3.319
53	11.00	199.69 0	95.740	151.64 2	220.00 0	0.880	0.078	0.037	2.11	N.L.	3.422
54	11.20	203.37 0	97.458	150.96 9	220.00 0	0.875	0.077	0.037	2.09	N.L.	3.525
55	11.40	207.05 0	99.177	150.31 0	220.00 0	0.870	0.077	0.037	2.07	N.L.	3.630
56	11.60	210.73 0	100.89 6	149.66 6	220.00 0	0.864	0.076	0.037	2.05	N.L.	3.735
57	11.80	214.41 0	102.61 4	149.03 5	220.00 0	0.859	0.075	0.037	2.03	N.L.	3.842
58	12.00	218.09 0	104.33 3	148.41 8	220.00 0	0.854	0.075	0.037	2.02	N.L.	3.949
59	12.20	221.77 0	106.05 2	147.81 3	220.00 0	0.848	0.074	0.037	2.00	N.L.	4.057
60	12.40	225.45 0	107.77 0	147.22 0	220.00 0	0.843	0.073	0.037	1.98	N.L.	4.165
61	12.60	229.13 0	109.48 9	146.63 9	220.00 0	0.838	0.073	0.037	1.96	N.L.	4.275
62	12.80	232.81 0	111.20 8	146.06 9	220.00 0	0.832	0.072	0.037	1.95	N.L.	4.385
63	13.00	236.49 0	112.92 6	145.51 0	220.00 0	0.827	0.072	0.037	1.93	N.L.	4.496
64	13.20	240.17 0	114.64 5	144.96 2	220.00 0	0.822	0.071	0.037	1.91	N.L.	4.607
65	13.40	243.85 0	116.36 4	144.42 3	220.00 0	0.816	0.070	0.037	1.90	N.L.	4.720
66	13.60	247.53 0	118.08 2	143.89 5	220.00 0	0.811	0.070	0.037	1.88	N.L.	4.832
67	13.80	251.21 0	119.80 1	143.37 6	220.00 0	0.806	0.069	0.037	1.87	N.L.	4.946
68	14.00	254.89 0	121.52 0	142.86 6	220.00 0	0.800	0.069	0.037	1.85	N.L.	5.060
69	14.20	258.57 0	123.23 8	142.36 6	220.00 0	0.795	0.068	0.037	1.84	N.L.	5.175

70	14.40	262.25 0	124.95 7	141.87 4	220.00 0	0.790	0.068	0.037	1.83	N.L.	5.291
71	14.60	265.93 0	126.67 6	141.39 0	220.00 0	0.784	0.067	0.037	1.81	N.L.	5.407
72	14.80	269.61 0	128.39 4	140.91 4	220.00 0	0.779	0.067	0.037	1.80	N.L.	5.524
73	15.00	273.29 0	130.11 3	140.44 7	220.00 0	0.774	0.066	0.037	1.79	N.L.	5.642

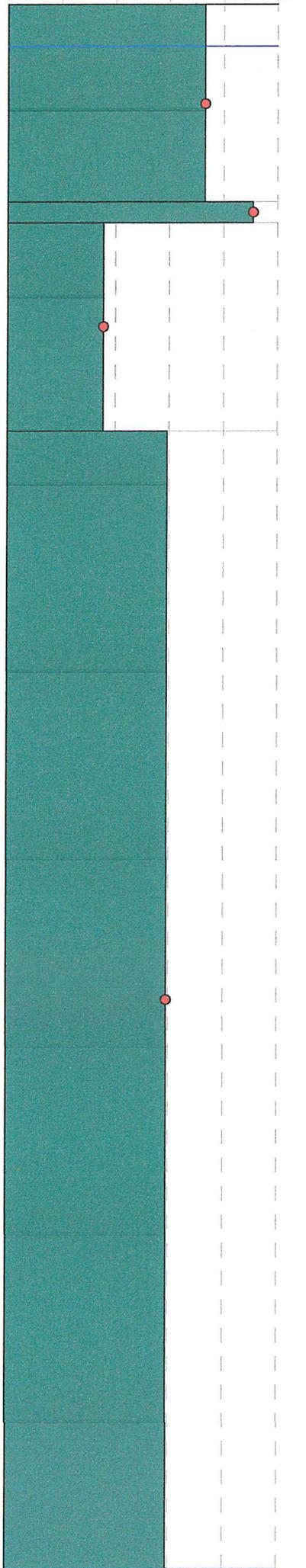
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

N.L. = Non Liquefacibile

Colonna stratigrafica



Vs (m/s)



Fattore di sicurezza Fs

