



GEOPIU' Studio di Geologia  
Tel/Fax 050 576698  
geopiu@inwind.it  
www.spazioweb.inwind.it/geopiu/

---

**COMUNE DI SAN GIULIANO T.**

(Provincia di Pisa)

RELAZIONE GEOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE  
GEOLOGICA DEI TERRENI DI SEDIME DI  
COMPLESSO IMMOBILIARE IN VIA PONTECORVO LOCALITA'  
LA FONTINA NEL COMUNE DI SAN GIULIANO T.

Ottobre 2022

-----**RELAZIONE GEOLOGICA**-----

GEOPIU' Studio Associato di Geologia

Dott. Geol. Lorenzo Mannella



## 1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce all'indagine geologica effettuata a supporto della caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del terreno ubicato in via Pontecorvo in località La Fontina nel comune di San Giuliano terme (PI) su cui è prevista la realizzazione di un complesso immobiliare di quattro edifici a destinazione artigianale/commerciale.

L'ubicazione è riportata in Fig. 1.

Lo studio in oggetto è stato redatto in conformità al D.M. 17/01/2018 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni, alla Del. C.R.T. 230/94, alla L.R. 1/05, al D.L. 180/98, alla L. 267/98, al D.L. 132/99, alla L. 226/99, al PIT (DCR 27 marzo 2015 n. 37), al D.L. 279/2000 e alla L. 365/2000 e alla L.R. n. 41 del 24 luglio 2018.

In conformità a quanto indicato nel D.M. 14/01/2008 Testo Unitario-Norme tecniche per le Costruzioni l'intervento di progetto è stato inserito nella classe d'uso 2 *“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”*.

Ai sensi del DPGR 21 gennaio 2022, n. 1/R *“Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico”* l'intervento in progetto sarà inserito nelle classi d'indagine da 2 a 4 in funzione delle tipologie edilizie esaminate.

Il presente studio si è articolato nell'analisi geologica, idrogeologica, idraulica e geomorfologica di dettaglio del sito e nella realizzazione di 6 prove penetrometriche statiche realizzate sulle porzioni di intervento; due sondaggi ed una indagine sismica Down Hole sono in corso di realizzazione ai fini dell'ottemperanza al DPGR 21 gennaio 2022, n. 1/R.

## 2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area è posta nella porzione meridionale del territorio comunale a circa 280 m a est del Canale Demaniale di Ripafratta che segna il confine con il comune di Pisa.

E' posta nella porzione pianeggiante del territorio comunale nel settore compreso tra la via Pontecorvo a ovest, via dei Condotti a est e via Puccini a nord.

Le quote di questa zona sono variabili dai 3.3 a 3.9 metri sul livello del mare con una quota medio del comparto di circa 3.8 m s.l.m. (da cartografia 1:10.000 Regione Toscana), ed è caratterizzata dalla presenza, alla scala dell'affioramento, da depositi fluviali, costituiti da sedimenti di natura prevalentemente argillosa, sabbiosa o limosa.

Morfologicamente la zona d'intervento si colloca nella parte settentrionale della pianura alluvionale, in destra idrografica del Fiume Arno. Mostra una leggera pendenza da Est verso Ovest, conseguenza della modalità di deposizione dei sedimenti alluvionali dell'Arno.

Il crescente sviluppo urbanistico dell'area, sta obliterando sempre 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 Canale Demaniale di Ripafratta che scorre a circa 280 m a ovest con direzione nord-est, sud-ovest ed il fosso Vicinaia, affluente del F. Morto, che scorre a circa 780 m a nord con direzione est-ovest.

Il primo deriva le acque del Serchio e le fa confluire nell'Arno subito a monte del Ponte della Fortezza. In questo punto è presente un sistema di cateratte che vengono chiuse quando l'Arno è in piena.

Il Fiume Morto rappresenta l'asse idraulico principale di drenaggio delle acque meteoriche, reflue, trattate e non, della pianura a Nord dell'Arno. Il suo bacino idrografico è definito dalla linea di displuvio dei Monti Pisani, dal F. Serchio, dall'Arno e dal mare.

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

La carta geomorfologica a corredo del P.O.C. Di San Giuliano Terme non evidenzia problematiche per l'area; la stessa carta evidenzia, per la porzione di intervento, la presenza di terreni prevalentemente argillosi; nelle vicinanze dell'area viene indicata la presenza di un paleoalvo che non interessa la porzione del comparto.

I paleoalvei sono generalmente caratterizzati da terreni più sabbiosi ad andamento lenticolare, alternati a sedimenti più fini limo-argillosi. In superficie possono essere presenti depositi più fini talvolta organici dovuti a locali impaludamenti verificatisi in seguito al taglio del meandro.

Lo stesso Strumento inserisce la zona in oggetto nella classe G3 di pericolosità geomorfologica elevata (fig. 4).

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA**

La superficie oggetto della presente indagine è ubicata nella porzione meridionale del territorio Comunale di San Giuliano Terme, a circa 280 m a est del confine con il comune di Pisa.

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 di Pisa si è originata in seguito al progressivo sprofondamento del litorale pisano – versiliese causato dall'azione distensiva di faglie dirette. La subsidenza di quest'area, collegata al sollevamento generale dei rilievi montuosi formatisi durante le fasi parossistiche del corrugamento dell'Orogenesi Appenninica, è stata controbilanciata dalla sedimentazione marina e fluvio lacustre a partire dal Miocene superiore.

Questa attività tettonica distensiva è ben documentata fino al Pliocene medio, ma non è escluso che sia tuttora attiva, considerando l'attuale morfologia e le tendenze evolutive della pianura alluvionale di Pisa.

Sulla base delle considerazioni effettuate precedentemente, il sottosuolo della Pianura di Pisa può essere schematicamente suddiviso in tre parti.

*Il substrato profondo:* comprende le formazioni litoidi della Serie Toscana, le stesse che affiorano sui Monti Pisani a Nord di Pisa e che nella Pianura sono state ribassate dall'azione delle faglie dirette. Tra le rocce della Serie Toscana sembrano essere predominanti le formazioni carbonatiche. Ad ovest di Pisa fanno parte del substrato profondo anche le Formazioni dell'Alloctono Ligure. La profondità del tetto del substrato profondo varia da un minimo di 500 m ai piedi dei Monti Pisani fino a circa 2000 m lungo la costa. Nella zona di Pisa le isobate del tetto di questi terreni si trovano alla profondità di circa 1000 m .

*Il substrato intermedio:* Tale substrato è costituito da sedimenti neoautoctoni la cui deposizione ha un inizio variabile da zona a zona, ma non è mai anteriore al Miocene sup. La successione inizia alla base con sabbie e conglomerati a cui seguono argille lagunari sormontate da gessi variamente alternati a strati argillosi.

Al di sopra dei gessi si ritrovano sabbie, argille e conglomerati che rappresentano la sedimentazione di un bacino senza comunicazione con i mari aperti. A questi ultimi è seguita la deposizione di argille azzurre di facies francamente marina cui seguono alternanze di argille azzurre e sabbie gialle che denotano l'alternarsi di ambienti marini più o meno profondi.

Al di sopra si ritrovano Sabbie ed Argille contenenti al loro interno fossili di *Arctica Islandica* a cui segue la sedimentazione delle sabbie di Nugola Vecchia.

*Il substrato superiore:* tale substrato è formato da sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore che si sono depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria più o meno fine dei clasti.

L'attuale situazione geologica e stratigrafica degli strati superficiali di terreno della Pianura di Pisa è principalmente il risultato della attività di trasporto ed esondazione dell'Arno e dei corsi d'acqua minori nonché delle variazioni del suo corso fluviale ed è legato agli effetti della presenza di vaste aree paludose in rapporto alle variazioni del livello marino e dei variabili equilibri della dinamica costiera. Si tratta quindi sostanzialmente di sedimenti fluvio – lacustri localizzati nelle parti interne separati dal mare aperto da depositi eolico transizionali dei lidi e dune litoranee più ad Ovest.

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 in esame, sono 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.

Sotto il profilo geologico, nell'area indagata affiorano i seguenti termini litologici (fig. 3):

- Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene);
- Depositi alluvionali prevalentemente limosi e argillosi con intercalazioni sabbiose (Olocene).



I primi sono costituiti perlopiù da argille (la cui consistenza può variare localmente), da argille organiche e torbe. Queste ultime sono caratterizzate dal colore grigio scuro o nero e dalle scadenti proprietà meccaniche. All'interno degli strati argillosi sono talvolta presenti sottili livelli costituiti da limi e subordinatamente da sabbie.

I depositi appartenenti a questo gruppo sono rappresentati da sedimenti molto fini e sono generalmente localizzati nelle zone più lontane dai fiumi, sulle quali si sono verificati fenomeni di sovralluvionamento. Nelle zone ancora più depresse inoltre, soggette ad impaludamento, si sono deposte anche argille organiche e torbe.

La deposizione delle torbe è causata da un processo di degradazione anaerobica subito dalla vegetazione igrofila che si verifica in seguito alla permanenza del terreno allo stato palustre.

Questi depositi si ritrovano infatti nelle zone che nel passato erano permanentemente paludose mentre attualmente lo diventano solo occasionalmente in concomitanza degli eventi meteorici più consistenti. Tali aree si trovano a Nord di Coltano, a Stagno, nella zona della Ballerina, del Gracitone e, più a Nord, nelle vicinanze di Campaldo.

I secondi hanno una granulometria mediamente più grossolana di quella dei terreni sopra descritti. Si tratta di depositi prevalentemente limosi e argillosi, al cui interno sono più o meno frequenti intercalazioni sabbiose.

Come può essere osservato dalla fig. 3, la totalità dell'area d'intervento risulta localizzata in questo tipo di depositi.

Le superfici il cui substrato è costituito da questi terreni sono leggermente più rilevate rispetto alle ex aree palustri in cui si ritrovano sedimenti mediamente più fini.

#### **4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

Le differenze litologiche e tessiturali dei litotipi rilevati nell'area d'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 qualità 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.

In particolare, nella zona investigata, è presente una circolazione di acque d'infiltrazione, all'interno dei sedimenti di copertura alluvionali, in cui si individuano falde acquifere talvolta semiconfinite, come nell'area in oggetto, tamponate al letto da uno strato di argille che ne impedisce la filtrazione in profondità, il cui tetto si attesta alla profondità di - 2.1 -3.5 metri dal p.d.c. come riscontrato dalla misurazione effettuata nelle prove penetrometriche realizzate.

Da tenere presente che in occasione di eventi meteorologici di una certa intensità o di notevole durata la falda può risalire verso il p.c.. Data la natura dei terreni presenti in superficie e la presenza di assi di drenaggio delle acque superficiali, è possibile una circolazione d'acqua a bassa profondità dal p.c. collegata agli eventi meteorologici.

## **5. CONSIDERAZIONI AI FINI DEL RISCHIO IDRAULICO**

Gli elementi idrografici principali che interessano questo settore del territorio Comunale sono il Canale Demaniale di Ripafratta che scorre a circa 280 m a ovest con direzione nord-est, sud-ovest ed il Fosso Vicinaia, affluente del F. Morto, che scorre a circa 780 m a nord con direzione est-ovest. Il Canale Demaniale di Ripafratta ed il Fosso Vicinaia risultano inseriti nell'elenco del PIT (DCR 27 marzo 2015 n. 37) con le rispettive sigle PI 3045 e PI736.

Gli stessi risultano inseriti nell'elenco della LR 79 del 2012, facenti parte del Consorzio Basso Valdarno con i codici rispettivi BV6233 e BV5839.

Nell'area sono inoltre presenti vari fossi minori sia a nord, nord est e nord ovest, generalmente affluenti secondari del Fosso Vicinaia sia a sud, sud est e sud ovest, generalmente affluenti secondari del Fosso dei Sei Comuni, inseriti nell'elenco della LR 79 del 2012. I più vicini alla porzione di intervento sono un affluente di sinistra del Canale Demaniale di Ripafratta censito con il codice BV5968 che scorre a circa 80 m a nord dell'area di intervento ed un fosso senza nome, affluente secondario di sinistra del Fosso Vicinaia che scorre nel margine ovest del terreno oggetto di intervento con codice BV5968 dotato di fascia di rispetto.

Dovrà essere pertanto applicato l'art.3 *“Tutela dei corsi d'acqua”* della Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 *“Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014”* che al comma 1 indica: *“1. Non sono consentiti nuove costruzioni, nuovi manufatti di qualsiasi natura o*

*trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della legge regionale 27 dicembre 2012, n. 79 (Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla l.r. 69/2008 e alla l.r. 91/1998. Abrogazione della l.r. 34/1994), fatto salvo quanto previsto ai commi 2, 3 e 4."*

Il Piano Operativo Comunale (P.O.C.) del Comune di San Giuliano T. indica per l'area una pericolosità idraulica elevata I3 (fig.5).

La carta dei battenti idrici con tempo di ritorno duecentennale, a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano T., evidenzia la presenza di battenti per l'area compresi tra 0 e minori di 60 cm. In particolare, come visibile in fig. 6, la generalità dell'area presenta battenti nulli che passano a minori di 30 cm o, in minima parte, compresi tra 30 e 60 cm laddove presenti le incisioni del terreno costituenti la rete di scolo del terreno di interesse (fossette di scolo o i capofossi).

La carta della magnitudo idraulica, a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano T., evidenzia la presenza di magnitudo per l'area tra nulla e severa. In particolare, come visibile in fig. 6, la generalità dell'area presenta magnitudo nulle che passano a moderata o, in minima parte, severa laddove presenti le incisioni del terreno costituenti la rete di scolo del terreno di interesse (fossette di scolo o i capofossi).

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, nuovo strumento di pianificazione territoriale che recepisce la direttiva europea 2007/60/CE e sostituisce la parte di pericolosità idraulica del PAI, assegna all'area in oggetto la classe di pericolosità P2 a pericolosità da alluvione poco frequente. (fig.9).

L'intervento prevede la realizzazione di 4 edifici ad uso artigianale/commerciale (nuova costruzione) oltre a viabilità e parcheggi (infrastrutture lineari a rete).

Per la porzione edificatoria la Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 *"Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014"* all'art. 11 indica:

*"Art.11: Interventi di **nuova costruzione** in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti*

*1. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti possono essere realizzati interventi di nuova costruzione alle seguenti condizioni:*

*a) se ricadenti in aree caratterizzate da magnitudo severa o molto severa è realizzata almeno una delle opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a) o b);*

*b) se ricadenti in aree caratterizzate da magnitudo moderata è realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).[\(3\)](#)*

*2. Fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).*

*3. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a).*

*4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, possono essere realizzati volumi interrati a*

*condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a), o le opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata e a condizione che non sia superato il rischio medio R2.*

*5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica moderata, possono essere realizzati volumi interrati a condizione che non sia superato il rischio medio R2.”*

La stessa Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 all'art. 8 indica:

*Art.8: Opere per la gestione del rischio di alluvioni*

- 1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:
  - a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;*
  - b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;*
  - c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;***
  - d) interventi di difesa locale.**
- 2. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree è assicurato attraverso la realizzazione delle seguenti opere:
  - a) opere o interventi che assicurino il drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore garantendo il buon regime delle acque;*
  - b) opere o interventi diretti a trasferire in altre aree gli effetti idraulici conseguenti alla realizzazione della trasformazione urbanistico-edilizia, a condizione che:
    - 1) nell'area di destinazione non si incrementi la classe di magnitudo idraulica;*
    - 2) sia prevista dagli strumenti urbanistici la stipula di una convenzione tra il proprietario delle aree interessate e il comune prima della realizzazione dell'intervento.***
- 3. Le opere o interventi di cui al comma 2, lettera b), sono previste negli strumenti urbanistici e sono realizzate previa verifica di compatibilità idraulica effettuata dalla struttura regionale competente in relazione al titolo abilitativo di riferimento.*
- 4. Le opere idrauliche di cui al comma 1, lettere a) e b), sono realizzate prima o contestualmente all'attuazione della trasformazione urbanistico-edilizia. L'attestazione di agibilità degli immobili oggetto delle trasformazioni urbanistico-edilizie è subordinata al collaudo di tali opere idrauliche.*

Nel caso in esame potrà essere applicato l'art. 11 comma 2 della Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 che rimanda all'applicazione dell'art. 8 comma 1 punto c *“opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;”*.

Il sopralluogo effettuato sull'area in oggetto ed in un suo intorno, ha permesso di constatare che la porzione di interesse risulta costituita da terreni solcati da fossette di scolo o capofossi.

La carta dei battenti idrici con tempo di ritorno duecentennale a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano T., come visibile in fig. 6, evidenzia la presenza di battenti nulli per le superfici dei campi che passano a minori di 30 cm o, in minima parte, compresi tra 30 e 60 cm laddove presenti le fosse o fossette del terreno costituenti la rete di scolo del terreno di interesse (fossette di scolo o i capofossi).

La carta della magnitudo idraulica, a corredo del P.O.C. del Comune di San Giuliano T., come visibile in fig. 6, evidenzia la presenza di magnitudo nulla per le superfici dei campi che passano a moderata o, in minima parte, severa laddove presenti le fosse o fossette del terreno costituenti la rete di scolo del terreno di interesse (fossette di scolo o i capofossi).

Per tale motivo si ritiene che mantenendo la quota del comparto da realizzare alla quota media del terreno esistente, senza considerare le fosse o fossette, o superiore, l'area sia soggetta ad un battente nullo ed ad una magnitudo nulla.

In base a quanto indicato pertanto si ritiene adeguato sopraelevare il primo piano di calpestio ad una quota di poco superiore alla quota media del terreno esistente (10-20 cm) per ovviare ad eventuali fenomeni di ristagno in caso di eventi meteorici intensi.

Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree potrà essere raggiunto mediante una corretta regimazione delle acque dimensionando adeguatamente gli smaltimenti delle acque pluviali con particolare riguardo alla rete interrata.

Per la viabilità ed i parcheggi verrà applicato l'art.13 della Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 che indica:

*”Infrastrutture lineari o a rete*

*1. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).*

***2. Nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.***

*3. L'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.*

*4. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite:*

*a) itinerari ciclopedonali, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;*

***b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali;***

*c) nuove infrastrutture a rete per la distribuzione della risorsa idrica, il convogliamento degli scarichi idrici, il trasporto di energia e gas naturali nonché l'adeguamento e l'ampliamento di quelle esistenti, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio;*

*d) impianti e relative opere per la produzione di energia da fonti rinnovabili, nonché l'adeguamento e l'ampliamento di quelli esistenti, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b), c) o d);*

(5)

*e) impianti e relative opere per il trattamento della risorsa idrica e per la depurazione, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c);*

*f) adeguamento e ampliamento degli impianti e delle relative opere di cui alla lettera e), a condizione che sia realizzata almeno una delle opere o interventi di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b), c) o d).*

*5. Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'articolo 8, comma 1, lettera a).*

*6. Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi, solo se non diversamente localizzabili, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.”*

Nel caso in esame potrà essere applicato l'art. 13 comma 2 della Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41.

Per gli stessi motivi indicati in precedenza si ritiene che mantenendo la quota del comparto da realizzare alla quota media del terreno esistente, senza considerare le fosse o fossette, o superiore, l'area sia soggetta ad un battente nullo ed ad una magnitudo nulla.

Tale condizione garantisce che non sia superato il rischio medio R2.

Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree potrà essere raggiunto mediante una corretta regimazione delle acque dimensionando adeguatamente gli smaltimenti delle acque pluviali con particolare riguardo alla rete interrata.

Si ritiene inoltre necessario effettuare, contestualmente alle opere edificatorie, una corretta regimazione delle acque mediante opportuna sagomatura dell'area, che permetta il deflusso verso gli impluvi naturali evitando ristagni. Dovranno essere previste idonee opere di regimazione delle acque e dovranno essere adeguatamente dimensionati gli smaltimenti delle acque pluviali in maniera da evitare, durante eventi piovosi particolarmente intensi e di breve durata, fenomeni di allagamento o intasamento del sistema di allontanamento delle acque.

Si ricorda infine che il Regolamento 24 luglio 2018, n. 39/R “Regolamento di attuazione dell'articolo 216 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) in materia di unificazione dei parametri urbanistici ed edilizi per il governo del territorio” all'art. 26 indica:

*“ART.26 Indice di permeabilità (voce n. 10 dell'Allegato 1)*

*1. In recepimento della voce n. 10 dell'Allegato 1 al presente regolamento si definisce “indice di permeabilità” (IPT/IPF) il rapporto, espresso in percentuale, tra la superficie permeabile (SP) e la superficie territoriale (ST) (indice di permeabilità territoriale) o la superficie fondiaria (SF) (indice di permeabilità fondiaria).*

*2. Nella realizzazione di nuovi edifici, ancorché derivanti da interventi di demolizione e ricostruzione comunque denominati, nonché negli interventi di ampliamento di edifici esistenti comportanti incremento di superficie coperta (SC), è garantito il mantenimento di un indice di permeabilità fondiaria (IPF) pari ad almeno il 25 per cento della superficie fondiaria (SF).*

*3. Nelle aree già urbanizzate il soddisfacimento dei requisiti minimi di permeabilità fondiaria di cui al comma 2 può essere assicurato ricorrendo in parte a*

sistemi di autocontenimento o di ritenzione temporanea, ove sussistano obiettivi impedimenti al reperimento dei quantitativi minimi di superficie permeabile (SP) oppure ove sussistano rischi di inquinamento degli acquiferi sotterranei.

4. I sistemi di autocontenimento o di ritenzione temporanea di cui al comma 3 possono essere adottati ove sia garantito il rispetto di tutte le seguenti condizioni:

a) sia assicurato, previa idonea depurazione, il recapito controllato delle acque meteoriche nel sottosuolo, o in corsi d'acqua superficiali, oppure in fognatura, in misura equivalente al quantitativo di superficie permeabile (SP) non reperimento;

b) non siano prevedibili danni o problematiche conseguenti ad eventuali fenomeni di ristagno;

c) non sussistano rischi di inquinamento del suolo e del sottosuolo.

## 6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio comunale di San Giuliano Terme, ai sensi del D.M 19/03/1988, non era classificato comune sismico. Con l'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 (G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone". Nell'Allegato A della citata Ordinanza viene indicata la classificazione sismica dei comuni italiani.

A livello di mappatura macrosismica, l'intero territorio nazionale viene considerato sismico e suddiviso in 4 zone, sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità), derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	$> 0.25$	0.35
2	$0.15 - 0.25$	0.25
3	$0.05 - 0.15$	0.15
4	$< 0.05$	0.05

Ai sensi della suddetta normativa, il Comune di San Giuliano Terme risulta inserito nella zona sismica 3.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Il territorio comunale di San Giuliano Terme non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19/03/1982.

La nuova normativa sismica nazionale adottata con Ord. P.C.M. 3274 del 20/03/2003 ha definito la nuova classificazione sismica del territorio nazionale inserendo il Comune di San Giuliano Terme nella zona 3 cui corrispondono valori del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale al suolo  $a_g$  di 0.15 g.

L'ultimo aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana è stato approvato con Deliberazione GRT n.421 del 26/05/2014. Il Comune di San Giuliano Terme risulta inserito nella zona sismica 3.

A seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 s.m.i., la stima della pericolosità sismica viene definita mediante approccio "sito dipendente".

Indagini sismiche realizzate nelle vicinanze dell'area, che hanno fornito valori di  $V_{s30} = V_{seq} = 202$  m/s, hanno permesso di attribuire ai terreni presenti una 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 meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento  $P_{vr}$ :

$a_g$  = accelerazione massima del sito;

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

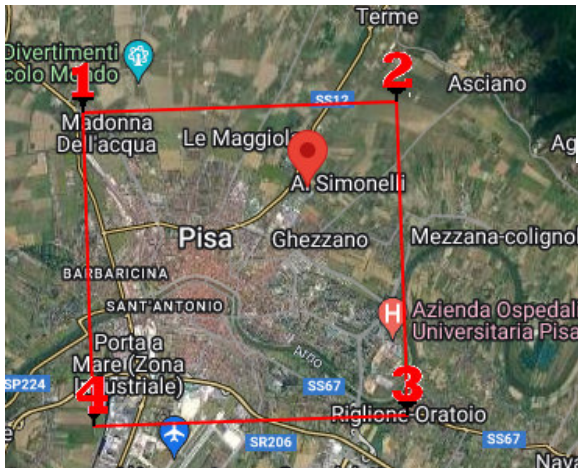
$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

In base a tale caratteristica, alle coordinate del sito, alla classe dell'edificio e alla vita nominale, sono stati calcolati i coefficienti sismici di seguito riportati:



WGS84: Lat 43.730776 - Lng 10.424471

ED50: Lat 43.731742 - Lng 10.425472



Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.014	0.043	0.054
kv	0.006	0.007	0.021	0.027
Amax [m/s²]	0.567	0.703	1.752	2.223
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

### Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pur...



50

Vita Nominale



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> * [s]
Operatività (SLO)	30	0.039	2.576	0.222
Danno (SLD)	50	0.048	2.552	0.249
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.119	2.386	0.280
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.153	2.383	0.283
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

### Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondaz...

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

1

us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,48
CC Coeff. funz categoria	1,73	1,66	1,60	1,59
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al

I valori  $S_s$ , amplificazione stratigrafica, ed il coefficiente  $C_c$ , coefficiente funzione della categoria, variano in funzione dei valori precedentemente calcolati  $F_0$ ,  $T_c$  e  $a_g$  e di seguito tabellati:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1	1
B	$1,00 < 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$	$1,10 (T^*c)^{-020}$
C	<b><math>1,00 &lt; 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50</math></b>	<b><math>1,05 (T^*c)^{-033}</math></b>
D	$0,90 < 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$	$1,25 (T^*c)^{-050}$
E	$1,00 < 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$	$1,15 (T^*c)^{-040}$

Per quanto riguarda il valore di  $S_T$ , amplificazione topografica, varia in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
<b>T1</b>	-	<b>1</b>
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del pendio	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Dal valore nominale di  $a_g$  (g) si passa a  $A_{max}$  ( $m/s^2$ ) attraverso la seguente formula:

$$A_{max} = a_g * 9.81 * S$$

Dove

$$S = S_s * S_t$$

Per cui per SLV avremo

$$A_{max} = 1.752 m/s^2$$

Per cui avremo per SLD

$$A_{max} = 0.703 m/s^2$$

## 7. PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ

La carta della Pericolosità Geomorfologica a corredo del P.O.C. Di San Giuliano Terme inserisce la zona in oggetto nella classe G3 di pericolosità geomorfologica elevata (fig. 4).

Lo stesso Strumento indica per l'area una pericolosità idraulica elevata I3 (fig.5) ed una pericolosità sismica elevata S3 (fig.7). Dalle suesposte pericolosità deriva una fattibilità 3 condizionata (fig. 8).

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, nuovo strumento di pianificazione territoriale che recepisce la direttiva europea 2007/60/CE e sostituisce la parte di pericolosità idraulica del PAI, assegna all'area in oggetto la classe di pericolosità P2 a pericolosità da alluvione poco frequente. (fig.9).

## 8. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Le caratteristiche litologiche sono state ottenute mediante l'analisi di sei prove penetrometriche statiche realizzate sulla porzione di interesse. L'ubicazione delle prove è riportata in fig. 1 e 2.

In allegato sono riportati i tabulati della prova.

### *Prova penetrometrica PS1*

*0.0– 0.60 metri dal p.c.:* Terreno vegetale;

*0.6– 1.2 metri dal p.c.:* terreno prevalentemente sabbioso con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.85 e 1.96 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 30° (valore medio 29°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 66.0 e 129.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 85.5 Kg/cm<sup>2</sup>);

*1.2– 4.8 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a media consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.98 Kg/dmc (valore medio 1.88 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.30 a 0.78 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 9 e 56.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 41.5 Kg/cm<sup>2</sup>);

*4.8– 8.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.85 Kg/dmc (valore medio 1.70 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.20 a 0.45 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.24 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 6.0 e 28.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 21.3 Kg/cm<sup>2</sup>);

*8.0– 10.0 metri dal p.c.:* litologie a natura mista con argille di media consistenza ed intercalazioni di sabbie limose che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.86 e 1.97 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 27° e 28° (valore medio 27°) negli strati granulari e coesione  $C_u$  compresa tra 0.50 a 0.78 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.66 Kg/cm<sup>2</sup>) negli strati coesivi, modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 40.0 e 58.1 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 50.4 Kg/cm<sup>2</sup>);

*10.0– 15.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.82 Kg/dmc (valore medio 1.70 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.20 a 0.30 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.21 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 6.0 e 28.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 17.8 Kg/cm<sup>2</sup>).

La misura del livello piezometrico all'interno del foro della prova effettuato nel mese di settembre ha fornito un livello di -2.9 m da p.c.

### *Prova penetrometrica PS2*

*0.0– 0.60 metri dal p.c.:* Terreno vegetale;

*0.6– 1.0 metri dal p.c.:* terreno prevalentemente sabbioso con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.90 e 1.96 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 30° (valore medio 28°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 75.0 e 114.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 83.0 Kg/cm<sup>2</sup>);

*1.0– 5.2 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a media consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.91 Kg/dmc (valore medio 1.92 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.40 a 0.75 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.57 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 35.2 e 56.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 44.8 Kg/cm<sup>2</sup>);

*5.2– 8.4 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.91 Kg/dmc (valore medio 1.76 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.25 a 0.54 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.32 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 6.0 e 42.5 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 26.9 Kg/cm<sup>2</sup>);

*8.4– 9.8 metri dal p.c.:* litologie a natura mista con argille di media consistenza ed intercalazioni di sabbie limose che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.85 e 1.96 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 26° e 29° (valore medio 27°) negli strati granulari e coesione  $C_u$  compresa tra 0.45 a 0.91 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.7 Kg/cm<sup>2</sup>) negli strati coesivi, modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 37.8 e 75.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 54.8 Kg/cm<sup>2</sup>);

*9.8– 20.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.82 Kg/dmc (valore medio 1.55 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.15 a 0.35 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.19 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 4.5 e 26.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 10.3 Kg/cm<sup>2</sup>).

La misura del livello piezometrico all'interno del foro della prova effettuato nel mese di settembre ha fornito un livello di -2.6 m da p.c.

### *Prova penetrometrica PS3*

*0.0– 0.60 metri dal p.c.:* Terreno vegetale;

*0.6– 1.2 metri dal p.c.:* terreno prevalentemente sabbioso con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.85 e 1.98 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 31° (valore medio 29°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 69.0 e 135.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 87.0 Kg/cm<sup>2</sup>);

*1.2– 4.2 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a media consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.86 e 1.95 Kg/dmc (valore medio 1.91 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.40 a 0.67 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.54 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 35.2 e 48.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 43.1 Kg/cm<sup>2</sup>);

*4.2– 5.4 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  pari a 1.46 Kg/dmc (valore medio 1.46 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.15 a 0.35 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.21 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 4.5 e 10.5 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 6.5 Kg/cm<sup>2</sup>);

*5.4– 7.8 metri dal p.c.:* litologie a natura mista con argille di media consistenza ed intercalazioni di sabbie limose che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.64 e 1.94 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 26° e 28° (valore medio 27°) negli strati granulari e coesione  $C_u$  compresa tra 0.40 a 0.80 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.66 Kg/cm<sup>2</sup>) negli strati coesivi,

modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 35.2 e 60.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 50.5 Kg/cm<sup>2</sup>);

*7.8– 10.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente sabbiose con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.86 e 1.91 Kg/dmc (valore medio 1.89 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 31° (valore medio 29°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 72.0 e 141.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 114.0 Kg/cm<sup>2</sup>);

*10.0– 20.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.80 Kg/dmc (valore medio 1.52 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.10 a 0.25 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.18 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 3.0 e 25.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 8.6 Kg/cm<sup>2</sup>).

La misura del livello piezometrico all'interno del foro della prova effettuato nel mese di settembre ha fornito un livello di -2.8 m da p.c.

#### *Prova penetrometrica PS4*

*0.0– 0.60 metri dal p.c.:* Terreno vegetale;

*0.6– 1.6 metri dal p.c.:* terreno prevalentemente sabbioso con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.85 e 1.98 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 30° (valore medio 29°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 81.0 e 129.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 93.6 Kg/cm<sup>2</sup>);

*1.6– 4.4 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a media consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.88 e 1.99 Kg/dmc (valore medio 1.91 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.45 a 0.78 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.56 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 37.8 e 58.1 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 44.1 Kg/cm<sup>2</sup>);

*4.4– 5.2 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.84 Kg/dmc (valore medio 1.73 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.25 a 0.35 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.30 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 9.0 e 32.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 23.7 Kg/cm<sup>2</sup>);

*5.2– 7.4 metri dal p.c.:* litologie a natura mista con argille di media consistenza ed intercalazioni di sabbie limose che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.98 Kg/dmc (valore medio 1.87 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 26° e 27° (valore medio 26°) negli strati granulari e coesione  $C_u$  compresa tra 0.30 a 0.82 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.60 Kg/cm<sup>2</sup>) negli strati coesivi, modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 9.0 e 63.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 46.1 Kg/cm<sup>2</sup>);

*7.4– 10.8 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.93 Kg/dmc (valore medio 1.78 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.30 a 0.54 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.39 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 9.0 e 46.5 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 30.6 Kg/cm<sup>2</sup>);

*10.8– 20.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.82 Kg/dmc (valore medio 1.65 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.15 a 0.25 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.22 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 4.5 e 25.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 16.8 Kg/cm<sup>2</sup>).

La misura del livello piezometrico all'interno del foro della prova effettuato nel mese di settembre ha fornito un livello di -3.5 m da p.c.

*Prova penetrometrica PS5*

*0.0– 0.60 metri dal p.c.:* Terreno vegetale;

*0.6– 1.8 metri dal p.c.:* terreno prevalentemente sabbioso con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.91 e 1.99 Kg/dmc (valore medio 1.92 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 31° (valore medio 29°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 66.0 e 159.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 80.4 Kg/cm<sup>2</sup>);

*1.8– 5.2 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a media consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.86 e 1.98 Kg/dmc (valore medio 1.90 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.40 a 0.75 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.54 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 35.2 e 56.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 43.1 Kg/cm<sup>2</sup>);

*5.2– 7.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.82 Kg/dmc (valore medio 1.71 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.15 a 0.30 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.22 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 4.5 e 28.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 18.9 Kg/cm<sup>2</sup>);

*7.0– 10.2 metri dal p.c.:* litologie a natura mista con argille di media consistenza ed intercalazioni di sabbie limose che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.99 Kg/dmc (valore medio 1.87 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 27° e 29° (valore medio 27°) negli strati granulari e coesione  $C_u$  compresa tra 0.35 a 0.89 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.66 Kg/cm<sup>2</sup>) negli strati coesivi, modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 10.5 e 72.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 50.0 Kg/cm<sup>2</sup>);

*10.2– 20.0 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.86 Kg/dmc (valore medio 1.75 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.20 a 0.40 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.25 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 6.0 e 35.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 18.0 Kg/cm<sup>2</sup>).

La misura del livello piezometrico all'interno del foro della prova effettuato nel mese di settembre ha fornito un livello di -2.1 m da p.c.

*Prova penetrometrica PS6*

*0.0– 0.60 metri dal p.c.:* Terreno vegetale;

*0.6– 1.8 metri dal p.c.:* terreno prevalentemente sabbioso con limi che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.92 e 2.01 Kg/dmc (valore medio 1.94 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 27° e 31° (valore medio 29°), modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 60.0 e 159.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 90.1 Kg/cm<sup>2</sup>);

*1.8– 5.6 metri dal p.c.:* litologie prevalentemente argillose a media consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.84 e 1.99 Kg/dmc (valore medio 1.92 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.35 a 0.70 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.57 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 32.2 e 51.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 45.1 Kg/cm<sup>2</sup>);

5.6– 7.4 metri dal p.c.: litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.80 e 1.82 Kg/dmc (valore medio 1.81 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.25 a 0.30 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.27 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 25.0 e 28.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 26.6 Kg/cm<sup>2</sup>);

7.4– 9.8 metri dal p.c.: litologie prevalentemente argillose con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.80 e 1.96 Kg/dmc (valore medio 1.85 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.25 a 0.70 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.40 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 25.0 e 51.8 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 34.7 Kg/cm<sup>2</sup>);

9.8– 20.8 metri dal p.c.: litologie prevalentemente argillose a bassa consistenza con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.46 e 1.84 Kg/dmc (valore medio 1.73 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.15 a 0.30 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.22 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 4.5 e 32.2 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 19.6 Kg/cm<sup>2</sup>);

20.8– 23.8 metri dal p.c.: litologie prevalentemente argillose con peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.82 e 1.99 Kg/dmc (valore medio 1.88 Kg/dmc), coesione  $C_u$  compresa tra 0.30 a 0.78 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.47 Kg/cm<sup>2</sup>) e modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 28.8 e 58.1 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 39.0 Kg/cm<sup>2</sup>);

23.8– 27.0 metri dal p.c.: litologie a natura mista con argille di media consistenza ed intercalazioni di sabbie limose che presentano le seguenti caratteristiche: peso di volume  $\gamma$  variabile tra 1.88 e 2.01 Kg/dmc (valore medio 1.96 Kg/dmc), angolo di attrito  $\phi$  variabile tra 28° e 33° (valore medio 29°) negli strati granulari e coesione  $C_u$  compresa tra 0.57 a 1.67 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 0.90 Kg/cm<sup>2</sup>) negli strati coesivi, modulo di deformazione edometrica  $M_o$  variabile tra 44.5 e 150.0 Kg/cm<sup>2</sup> (valore medio 91.5 Kg/cm<sup>2</sup>).

La misura del livello piezometrico all'interno del foro della prova effettuato nel mese di settembre ha fornito un livello di -2.1 m da p.c.

## 9. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Come riportato nel par. 7.11.3.4.2 del DM 17-01-2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso specifico le verifiche a liquefazione possono essere omesse avendo un valore di resistenza minima normalizzata pari a  $q_c 183,15 \text{ kPa}$  (livello -11,6 m da p.c. nella prova PS3), determinata sulle prove penetrometriche statica realizzate.

La condizione  $q_{c1N} > 180$  di cui al punto 3 è verificata.

## 10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area e le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivate dalle prove geognostiche realizzate nell'ambito del presente studio opportunamente confrontate con indagini provenienti dal SIT Regione Toscana o dagli Strumenti Urbanistici comunali, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

La stratigrafia tipo risulta essere costituita da un terreno vegetale o di riporto entro 0.60-0.80 m dal p.c.

Al di sotto sono stati riscontrati terreni sabbioso limosi fino ad una profondità di circa 1.0-1.8 m da p.c. seguiti da terreni prevalentemente argillosi dotati di caratteristiche medie fino ad una profondità di circa 4.6-5.2 m da p.c. e poi prevalentemente argillosi dotati di caratteristiche medio-basse fino a circa 5.2-8.4 m da p.c. Al di sotto sono stati riscontrati terreni a natura mista fino a profondità di 7.4-10.0 m da p.c. seguiti da terreni prevalentemente argillosi.

Sulla scorta delle indagini svolte e delle informazioni acquisite si riportano di seguito i principali parametri geotecnici attribuiti alle formazioni rilevate in ottica generale e cautelativa:

Unità	Peso di volume $\gamma$ (Kg/dmc)	Condizione non drenata		Modulo di deformazione edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Angolo di attrito	Coesione (Cu Kg/cm <sup>2</sup> )	
Unità A (0.8-1.2)	1.90	29°	-	87.0
Unità B (1.2-4.5)	1.91	-	0.50	43.1
Unità C (4.5-7.5)	1.46	-	0.20	6.5
Unità D (7.5-10.0)	1.90	27°	0.60	50.5
Unità E (10.0-23.8)	1.52	-	0,18	8.6
Unità F (23.8-27.0)	1.96	29°	0.9	91.5



## 11. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per le terre e rocce di scavo, deve essere applicata la normativa vigente, disciplinata dal D.P.R. 13 giugno 2017 n.120, *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del D.L. 12/09/2014, n 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11/11/2014, n 164”* (cui si rimanda per approfondimenti):

Art. 4. Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti

1. In attuazione dell'articolo 184-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il presente Capo stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo generate in cantieri di piccole dimensioni, in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, siano qualificati come sottoprodotti e non come rifiuti, nonché le disposizioni comuni ad esse applicabili. Il presente Capo definisce, altresì, le procedure per garantire che la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti avvenga senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

2. Ai fini del comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera gg), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:

1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;

2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;

d) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

e) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).

3. Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

4. Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 24, comma 2, sull'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo contenenti amianto presente negli affioramenti geologici naturali, alle terre e rocce da scavo, ai fini del loro utilizzo quali sottoprodotti, si applica per il parametro amianto la Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo n. 152 del 2006, secondo quanto previsto dall'allegato 4 al presente regolamento. Il parametro amianto è escluso dall'applicazione del test di cessione.

5. La sussistenza delle condizioni di cui ai commi 2, 3 e 4 è attestata tramite la predisposizione e la trasmissione del piano di utilizzo o della dichiarazione di cui all'articolo 21, nonché della dichiarazione di avvenuto utilizzo in conformità alle previsioni del presente regolamento.

Art. 6 - Trasporto

1. Per le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti il trasporto fuori dal sito di produzione è accompagnato dalla documentazione indicata nell'allegato 7. Tale documentazione equivale, ai fini della responsabilità di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 21 novembre 2005, n. 286, alla copia del contratto in forma scritta di cui all'articolo 6 del medesimo decreto legislativo.

2. La documentazione di cui al comma 1 è predisposta in triplice copia, una per il proponente o per il produttore, una per il trasportatore e una per il destinatario, anche se del sito intermedio, ed è conservata dai predetti soggetti per tre anni e resa disponibile, in qualunque momento, all'autorità di controllo. Qualora il proponente e l'esecutore sono soggetti diversi, una quarta copia della documentazione deve essere conservata dall'esecutore.

Art. 7. Dichiarazione di avvenuto utilizzo

1. L'utilizzo delle terre e rocce da scavo in conformità al piano di utilizzo o alla dichiarazione di cui all'articolo 21 è attestato all'autorità competente mediante la dichiarazione di avvenuto utilizzo.

2. La dichiarazione di avvenuto utilizzo, redatta ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, è resa dall'esecutore o dal produttore con la trasmissione, anche solo in via telematica, del modulo di cui all'allegato 8 all'autorità e all'Agenzia di protezione ambientale competenti per il sito di destinazione, al comune del sito di produzione e al comune del sito di destinazione. La dichiarazione è conservata per cinque anni dall'esecutore o dal produttore ed è resa disponibile all'autorità di controllo.

3. La dichiarazione di avvenuto utilizzo deve essere resa ai soggetti di cui al comma 2, entro il termine di validità del piano di utilizzo o della dichiarazione di cui all'allegato 7; l'omessa dichiarazione di avvenuto utilizzo entro tale termine comporta la cessazione, con effetto immediato, della qualifica delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto.

4. Il deposito intermedio delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti, non costituisce utilizzo, ai sensi dell'articolo 4, comma 2, lettera b).

Art. 20. Ambito di applicazione

1. Le disposizioni del presente Capo si applicano alle terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni, come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t), se, con riferimento ai requisiti ambientali di cui all'articolo 4, il produttore dimostra, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.

2. Nel caso in cui, per fenomeni di origine naturale siano superate le concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, i valori di fondo naturale sostituiscono le suddette concentrazioni soglia di contaminazione. A tal fine, i valori di fondo da assumere sono definiti con la procedura di cui all'articolo 11, comma 1, e, in tal caso, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti è possibile nel rispetto delle condizioni indicate nell'articolo 11, comma 2.

3. Qualora il sito di produzione delle terre e rocce da scavo ricada in un sito oggetto di bonifica, su richiesta e con oneri a carico del produttore, i requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4, sono validati dall'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, secondo la procedura definita nell'articolo 12. L'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, entro sessanta giorni dalla data della richiesta, comunica al produttore se per le terre e rocce da scavo i parametri e i composti pertinenti al procedimento di bonifica non superano le concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della sopra indicata Tabella 1, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e di destinazione, affinché siano indicati nella dichiarazione di cui all'articolo 21.

Art. 21. Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni

1. La sussistenza delle condizioni previste dall'articolo 4, è attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà resa ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, con la trasmissione, anche solo in via telematica, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo, del modulo di cui all'allegato 6 al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente. Nella dichiarazione il produttore indica le quantità di terre e rocce da scavo destinate all'utilizzo come sottoprodotti, l'eventuale sito di deposito intermedio, il sito di destinazione, gli estremi delle autorizzazioni per la realizzazione delle opere e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione delle terre e rocce da scavo, salvo il caso in cui l'opera nella quale le terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti sono destinate ad essere utilizzate, preveda un termine di esecuzione superiore.

2. La dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà di cui al comma 1, assolve la funzione del piano di utilizzo di cui all'articolo 2, comma 1, lettera f).

3. Nel caso di modifica sostanziale dei requisiti di cui all'articolo 4, il produttore aggiorna la dichiarazione di cui al comma 1 e la trasmette, anche solo in via telematica, al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente. Decorsi 15 giorni dalla trasmissione della dichiarazione aggiornata, le terre e rocce da scavo possono essere gestite in conformità alla dichiarazione aggiornata. Costituiscono modifiche sostanziali quelle indicate all'articolo 15, comma 2. Qualora la variazione riguardi il sito di destinazione o il diverso utilizzo delle terre e rocce da scavo, l'aggiornamento della dichiarazione può essere effettuato per un massimo di due volte, fatte salve eventuali circostanze sopravvenute, imprevedibili o imprevedibili.

4. I tempi previsti per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti possono essere prorogati una sola volta e per la durata massima di sei mesi, in presenza di circostanze sopravvenute, imprevedibili o imprevedibili. A tal fine il produttore, prima della data di scadenza del termine di utilizzo indicato nella dichiarazione, comunica al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, il nuovo termine di utilizzo, motivando le ragioni della proroga.

5. Le attività di scavo e di utilizzo sono effettuate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori.

6. Fermi restando i compiti di vigilanza e controllo stabiliti dalle norme vigenti, le Agenzie di protezione ambientale territorialmente competenti effettuano, secondo una programmazione annuale, le ispezioni, i controlli, i prelievi e le verifiche necessarie ad accertare il rispetto degli obblighi assunti nella

dichiarazione di cui al comma 1. L'onere economico derivante dallo svolgimento delle attività di controllo è a carico del produttore. I controlli sono disposti anche con metodo a campione o in base a programmi settoriali, per categorie di attività o nelle situazioni di potenziale pericolo comunque segnalate o rilevate.

7. L'autorità competente, qualora accerti l'assenza dei requisiti di cui all'articolo 4, o delle circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili di cui ai commi 3 e 4, dispone il divieto di inizio ovvero di prosecuzione delle attività di gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti.

**TITOLO IV - TERRE E ROCCE DA SCAVO ESCLUSE DALL'AMBITO DI APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA SUI RIFIUTI**

**Art. 24. Utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti**

1. Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e in particolare devono essere utilizzate nel sito di produzione. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del presente regolamento.

2. Fermo restando l'applicazione dell'articolo 11, comma 1, ai fini del presente articolo, le terre e rocce da scavo provenienti da affioramenti geologici naturali contenenti amianto in misura superiore al valore determinato ai sensi dell'articolo 4, comma 4, possono essere riutilizzate esclusivamente nel sito di produzione sotto diretto controllo delle autorità competenti. A tal fine il produttore ne dà immediata comunicazione all'Agenzia di protezione ambientale e all'Azienda sanitaria territorialmente competenti, presentando apposito progetto di riutilizzo. Gli organismi di controllo sopra individuati effettuano le necessarie verifiche e assicurano il rispetto delle condizioni di cui al primo periodo.

3. Nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale, la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è effettuata in via preliminare, in funzione del livello di progettazione e in fase di stesura dello studio di impatto ambientale (SIA), attraverso la presentazione di un «Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti» che contenga:

a) descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo;  
b) inquadramento ambientale del sito (geografico, geomorfologico, geologico, idrogeologico, destinazione d'uso delle aree attraversate, ricognizione dei siti a rischio potenziale di inquinamento);

c) proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo da eseguire nella fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, che contenga almeno:

- 1) numero e caratteristiche dei punti di indagine;
- 2) numero e modalità dei campionamenti da effettuare;
- 3) parametri da determinare;
- 4) volumetrie previste delle terre e rocce da scavo;
- 5) modalità e volumetrie previste delle terre e rocce da scavo da riutilizzare in sito.

4. In fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, in conformità alle previsioni del «Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti» di cui al comma 2, il proponente o l'esecutore:

a) effettua il campionamento dei terreni, nell'area interessata dai lavori, per la loro caratterizzazione al fine di accertarne la non contaminazione ai fini dell'utilizzo allo stato naturale, in conformità con quanto pianificato in fase di autorizzazione;

b) redige, accertata l'idoneità delle terre e rocce scavo all'utilizzo ai sensi e per gli effetti dell'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, un apposito progetto in cui sono definite:

- 1) le volumetrie definitive di scavo delle terre e rocce;
- 2) la quantità delle terre e rocce da riutilizzare;
- 3) la collocazione e durata dei depositi delle terre e rocce da scavo;
- 4) la collocazione definitiva delle terre e rocce da scavo.

5. Gli esiti delle attività eseguite ai sensi del comma 3 sono trasmessi all'autorità competente e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, prima dell'avvio dei lavori.

1. Qualora in fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori non venga accertata l'idoneità del materiale scavato all'utilizzo ai sensi dell'articolo 185, comma 1, lettera c), le terre e rocce sono gestite come rifiuti ai sensi della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

## 12. CONCLUSIONI

La presente relazione si riferisce all'indagine geologica effettuata a supporto della caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del terreno ubicato in via Pontecorvo in località La Fontina nel comune di San Giuliano terme (PI) su cui è prevista la realizzazione di un complesso immobiliare di quattro edifici a destinazione artigianale/commerciale.

La carta della Pericolosità Geomorfologica a corredo del P.O.C. Di San Giuliano Terme inserisce la zona in oggetto nella classe G3 di pericolosità geomorfologica elevata.

Lo stesso Strumento indica per l'area una pericolosità idraulica elevata I3 (fig.5) ed una pericolosità sismica elevata S3. Dalle suesposte pericolosità deriva una fattibilità 3 condizionata.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, nuovo strumento di pianificazione territoriale che recepisce la direttiva europea 2007/60/CE e sostituisce la parte di pericolosità idraulica del PAI, assegna all'area in oggetto la classe di pericolosità P2 a pericolosità da alluvione poco frequente.

Le caratteristiche litologiche sono state ottenute mediante l'analisi di 6 prove penetrometriche statica realizzata sull'area integrate da dati bibliografici provenienti dalla Banca Dati della Regione Toscana; la categoria di suolo è stata determinata mediante indagini sismiche eseguite nelle vicinanze dell'area oggetto di intervento sugli stessi contesti geologici. Due sondaggi ed una indagine sismica Down Hole sono in corso di realizzazione ai fini dell'ottemperanza al DPGR 21 gennaio 2022, n. 1/R.

Si rimanda al paragrafo 5 “Considerazioni ai fini del Rischio Idraulico” per le indicazioni e prescrizioni ai sensi della Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41.

Alla luce di quanto esposto si ritiene l'intervento fattibile secondo le indicazioni riportate nella presente relazione.

In fase esecutiva, al raggiungimento del piano di intervento, la direzione lavori verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche del terreno in posto, con quelle attese in seguito alla schematizzazione effettuata nel presente documento.

### **13. ALLEGATI**



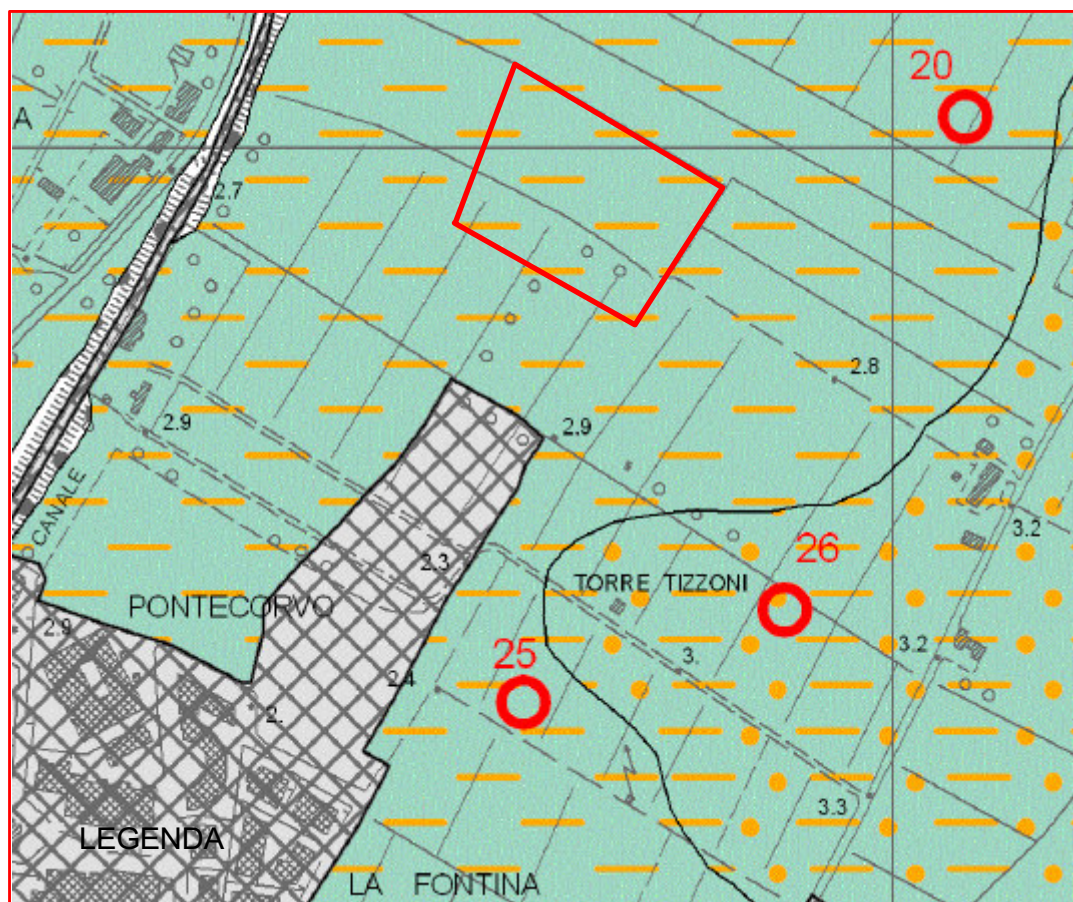
Fig. 1 Ubicazione area d'intervento ed indagini analizzate







Fig. 2 Interventi in progetto ed ubicazione indagini



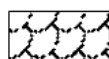


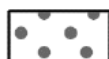
 Ubicazione area d'intervento

 Struttura antropica che impedisce l'osservazione degli elementi geologici o che ha profondamente modificato le caratteristiche del terreno.  
(Vasta area urbanizzata)

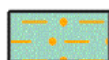
## DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

### DEPOSITI OLOCENICI

 Frane con stato di attività indeterminato - **a1**

 Terreni di riporto, bonifica per colmata - **h5**

 Depositi di versante - **aa**

 Depositi alluvionali attuali - Sabbie e limi - **b**

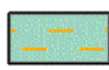
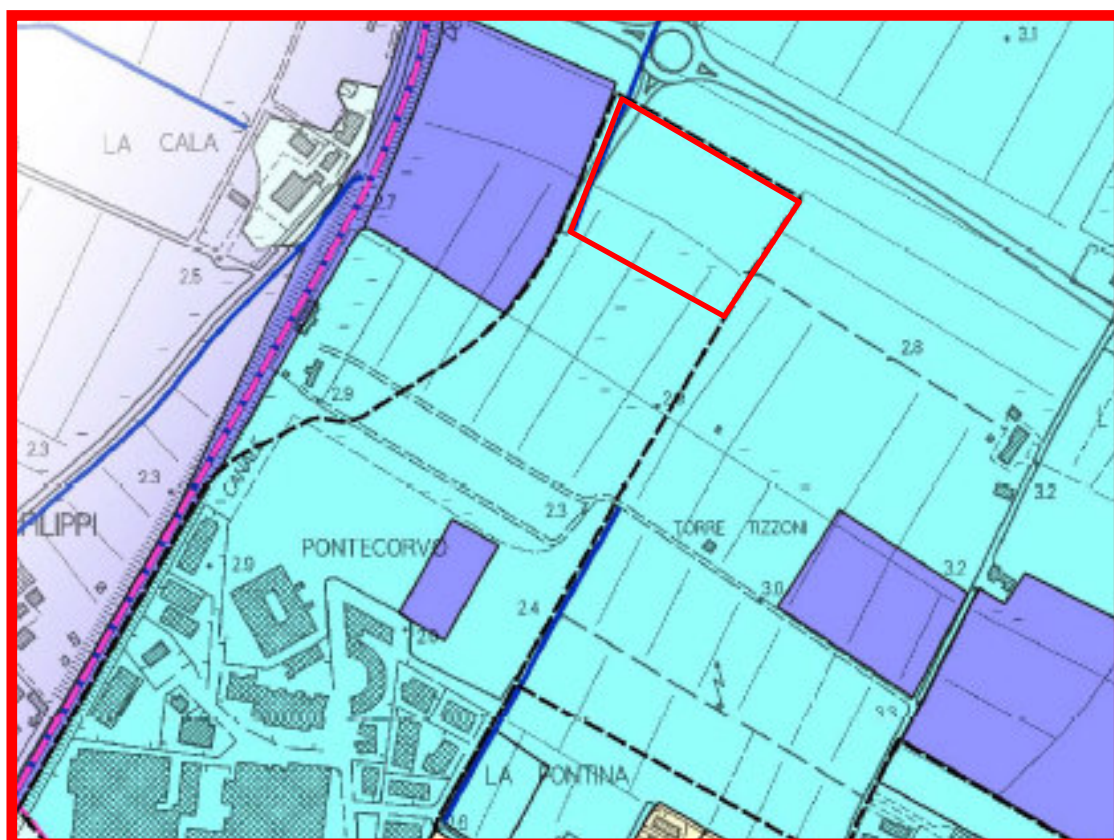
 Depositi alluvionali attuali - Limi e argille prevalenti - **b**




Fig. 3 Carta geologica ed ubicazione area d'intervento  
(tratta da Progetto CARG Regione Toscana)








 Area oggetto di indagine


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

##### I.1 - Pericolosità idraulica bassa

 Aree 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


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

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

 Da studio idraulico eseguito nella presente indagine

 Da strumenti sovraordinati (PGRA - PAI Serchio)

 Zona di salvaguardia idraulica

 Corpi d'acqua


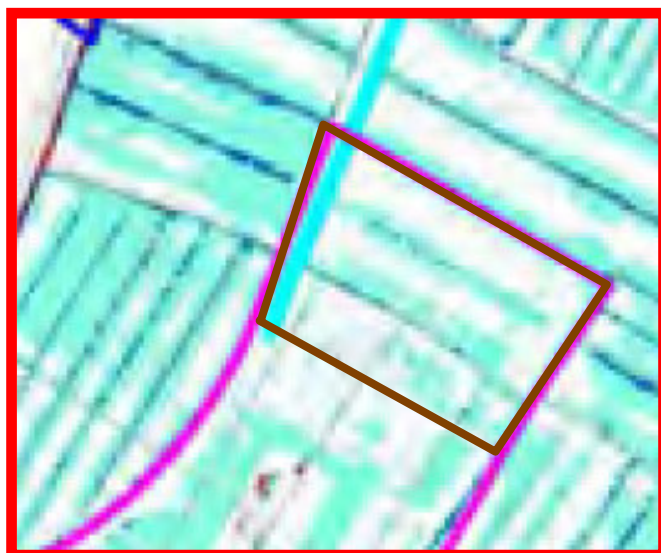
 Reticolo idraulico di gestione Regione Toscana



Figura 5: Carta della pericolosità idraulica  
(estratta da Piano Operativo Comunale San Giuliano Terme)





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

Area oggetto di indagine

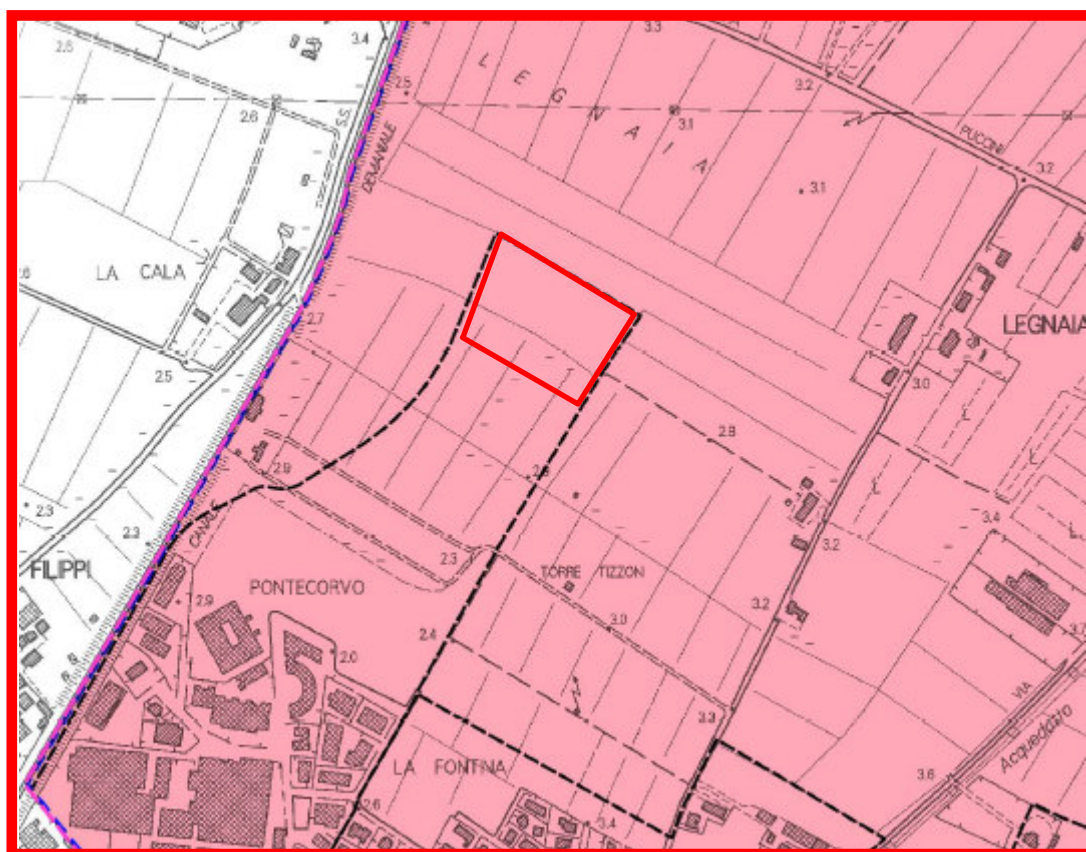


- moderata
- severa
- molto severa
- Perimetri UTOE

OGGETTO:	Studio Idraulico a supporto del POC di San Giuliano
UBICAZIONE:	SAN GIULIANO TERME
COMMITTENTE:	Comune di SAN GIULIANO TERME
ELABORATO:	Battenti idraulici di modello TR200
DATA:	Luglio 2017
Pr. n°:	17-016
TAVOLA numero	Q2
	STUDIO IDRAULICO
SCALA 1:	20000

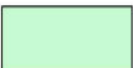



OGGETTO:	Studio idraulico a supporto del POC di San Giuliano In aggiornamento all'entrata in vigore della L.R. 41/2018
UBICAZIONE:	SAN GIULIANO TERME
COMMITTENTE:	Comune di SAN GIULIANO TERME
ELABORATO:	Magnitudo globale
DATA:	Luglio 2017
Pr. n°:	17-016
TAVOLA numero	Q4
	STUDIO IDRAULICO
SCALA 1:	20000

Figura 6: Carta dei battenti e della magnitudo idraulica (estratta da Piano Operativo Comunale San Giuliano Terme)



 Area oggetto di indagine

## 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

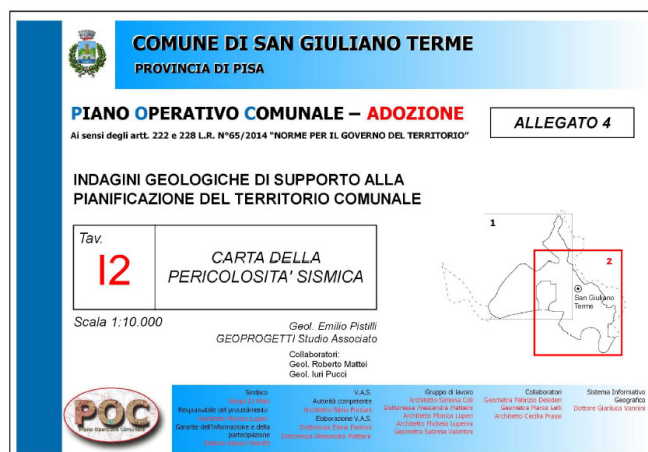
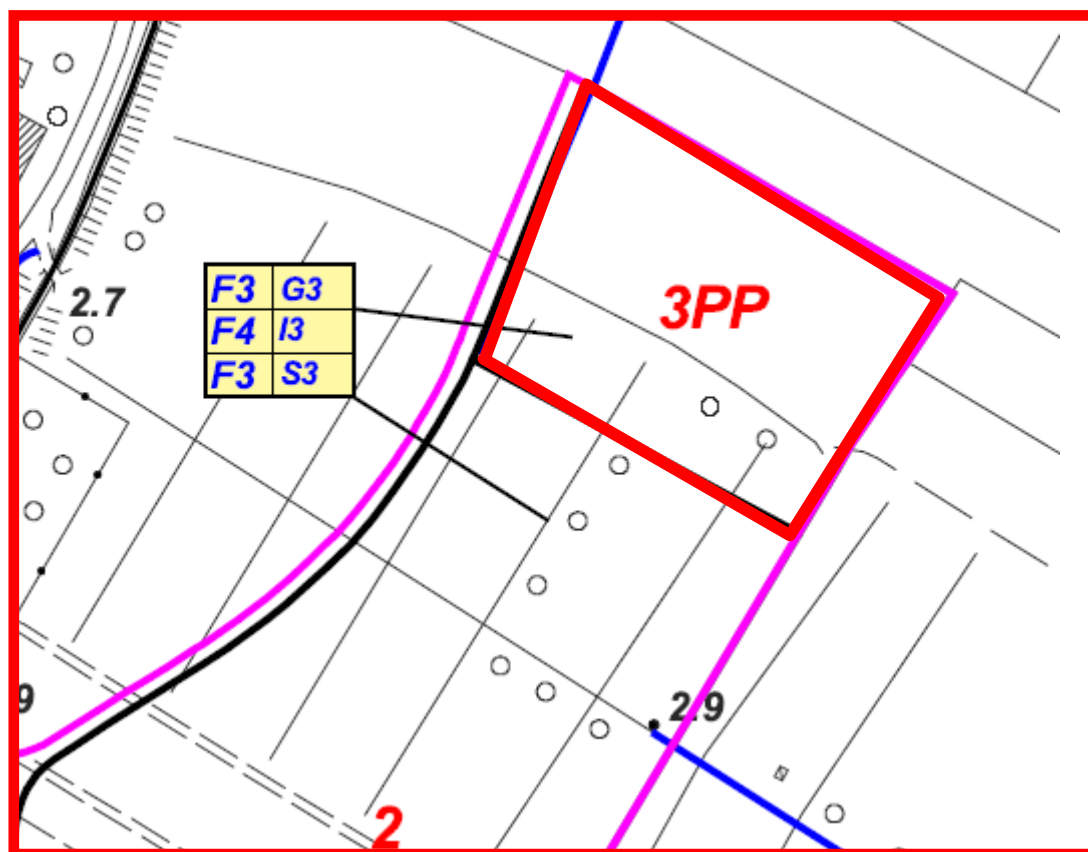


Figura 7: Carta della pericolosità sismica  
(estratta da Piano Operativo Comunale San Giuliano Terme)



 Area oggetto di indagine

Per le porzioni dei comparti ricomprese nella classe di pericolosità idraulica I3 elevata o I4 molto elevata, deve essere preliminarmente verificata la fattibilità degli interventi ai sensi della L.R. 41/2018

#### Classi di Fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 53/r

- (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 atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

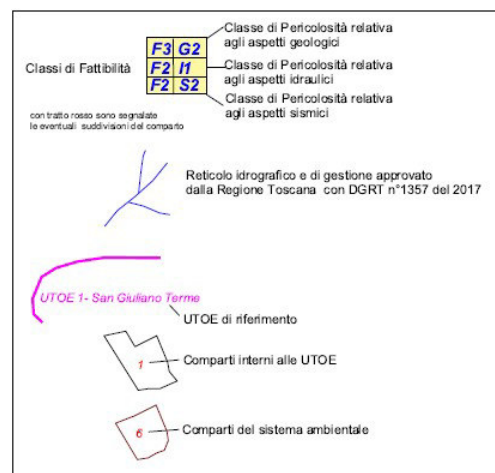
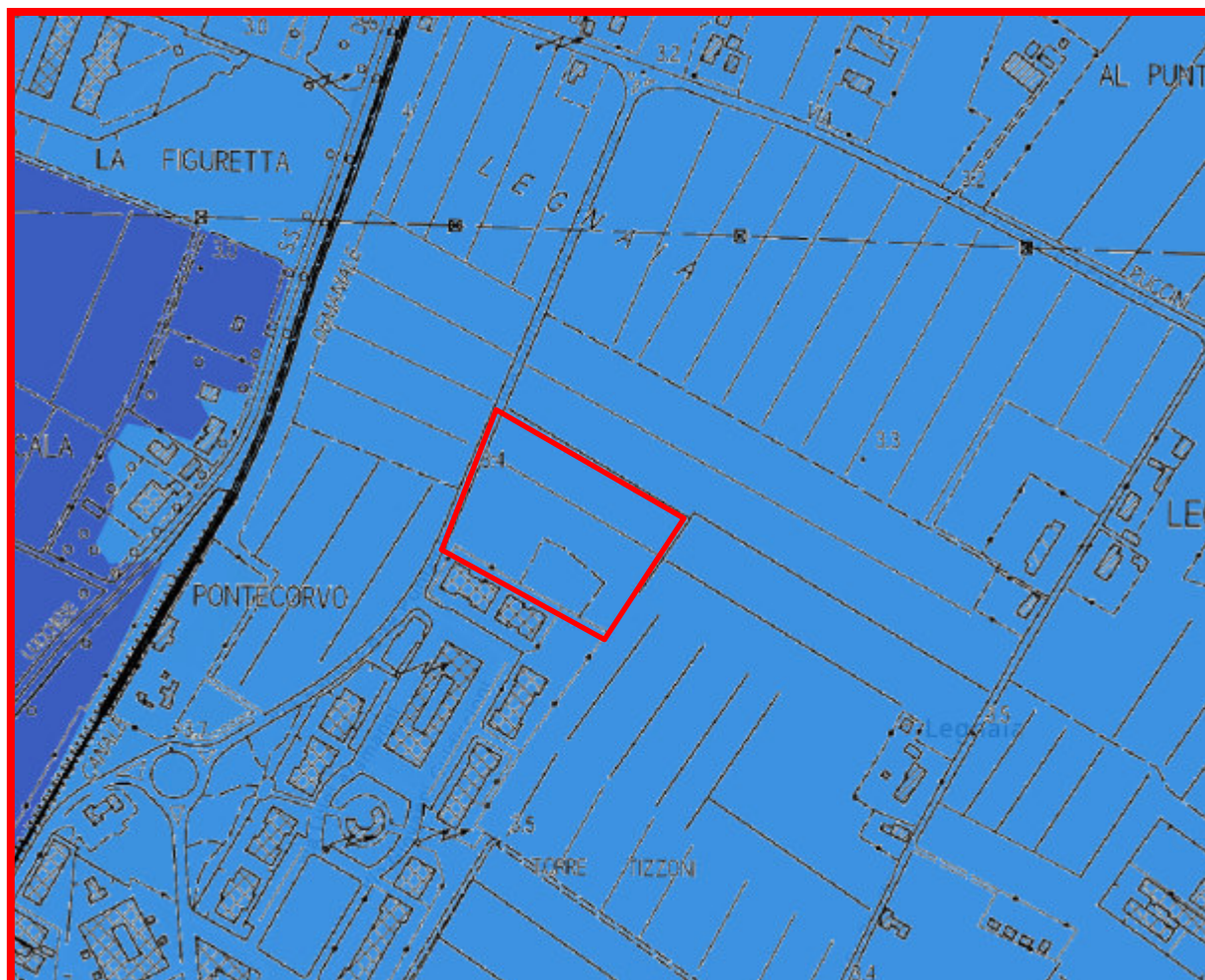



Figura 8: Carta della Fattibilità  
(estratta da Piano Operativo Comunale San Giuliano Terme)





 Area di intervento

PGRA\_ITC\_Fluvia

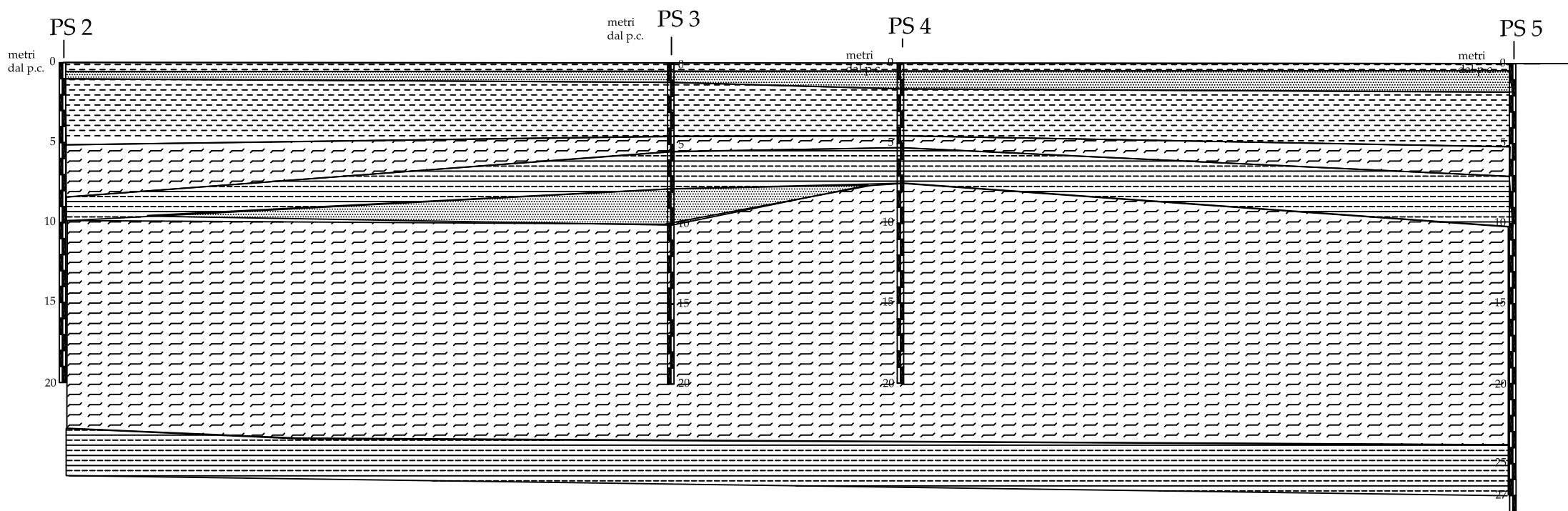


#### **Dominio\_Fluviale: P2**

pericolosità	2
Atto modifica	DD_09_2017
Data atto	14/3/2017
UoM	Arno
codice UoM	ITN002






**DISTRETTO**  
APPENNINO  
SETTENTRIONALE

Figura 9: Carta della Pericolosità PAI Dissesti Geomorfologici e Rischio Alluvioni  
Distretto Appennino Settentrionale



## SEZIONE A - A'

### LEGENDA

-  Terreno Vegetale
-  Sabbie limose
-  Argille e argille limose mediamente consistente
-  Argille e argille limose poco consistenti
-  Litologie miste

## Potenziale Liquefazione

prof m	qc Kg/cm <sup>2</sup>	sigma <sub>vo</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	qc <sub>1n</sub> Kpa
0,2	0	0,037	
0,4	42	0,0751	15275,74
0,6	45	0,1132	13330,98
0,8	39	0,1512	9996,81
1	35	0,1908	7986,41
1,2	23	0,2295	4785,30
1,4	15	0,2685	2885,31
1,6	14	0,3073	2517,21
1,8	9	0,3449	1527,46
2	8	0,3821	1289,95
2,2	10	0,4201	1537,79
2,4	12	0,4585	1766,38
2,6	13	0,4971	1837,78
2,8	14	0,5159	1942,76
3	12	0,5343	1636,29
3,2	12	0,5527	1608,83
3,4	12	0,5711	1582,70
3,6	11	0,5893	1428,23
3,8	11	0,6075	1406,67
4	9	0,6251	1134,59
4,2	10	0,6431	1242,89
4,4	7	0,6523	863,87
4,6	6	0,6615	735,29
4,8	4	0,6707	486,82
5	3	0,6799	362,64
5,2	3	0,6891	360,21
5,4	3	0,6983	357,83
5,6	10	0,7163	1177,67
5,8	8	0,7331	931,28
6	9	0,7507	1035,34
6,2	14	0,7695	1590,73
6,4	16	0,7875	1797,08
6,6	19	0,8059	2109,53
6,8	19	0,8243	2085,85
7	18	0,8425	1954,61
7,2	22	0,8596	2365,09
7,4	18	0,8779	1914,80
7,6	17	0,896	1790,06
7,8	20	0,9145	2084,54
8	36	0,9323	3716,19
8,2	32	0,9499	3272,53
8,4	41	0,9679	4153,76
8,6	42	0,986	4215,84
8,8	46	1,0042	4575,31
9	47	1,0224	4632,98
9,2	40	1,0404	3908,70
9,4	46	1,0586	4456,20
9,6	37	1,0765	3554,41
9,8	27	1,0938	2573,16
10	24	1,111	2269,48
10,2	4	1,1202	376,69

## liquef

10,4	3	1,1294	281,37
10,6	2	1,1386	186,82
10,8	2	1,1478	186,07
11	2	1,157	185,33
11,2	2	1,1662	184,59
11,4	2	1,1754	183,87
11,6	2	1,1846	183,15
11,8	3	1,1938	273,67
12	3	1,203	272,62
12,2	3	1,2122	271,59
12,4	5	1,2282	449,68
12,6	4	1,2374	358,41
12,8	4	1,2466	357,08
13	4	1,2558	355,77
13,2	5	1,2718	441,91
13,4	4	1,281	352,26
13,6	4	1,2902	351,00
13,8	4	1,2994	349,75
14	4	1,3086	348,52
14,2	4	1,3178	347,30
14,4	4	1,327	346,10
14,6	4	1,3362	344,90
14,8	4	1,3454	343,72
15	4	1,3546	342,55
15,2	3	1,3638	256,05
15,4	3	1,373	255,19
15,6	3	1,3822	254,34
15,8	3	1,3914	253,49
16	3	1,4006	252,66
16,2	3	1,4098	251,83
16,4	3	1,419	251,02
16,6	4	1,4282	333,61
16,8	4	1,4374	332,54
17	3	1,4466	248,61
17,2	3	1,4558	247,82
17,4	3	1,465	247,04
17,6	4	1,4742	328,36
17,8	4	1,4834	327,34
18	4	1,4926	326,33
18,2	4	1,5018	325,33
18,4	4	1,511	324,34
18,6	4	1,5202	323,36
18,8	5	1,5362	402,09
19	5	1,5522	400,01
19,2	5	1,5682	397,96
19,4	5	1,5842	395,95
19,6	5	1,6002	393,96
19,8	5	1,6162	392,01
20	5	1,6322	390,08

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200 - 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  $CT = SPINTA \text{ (Kg)} / LETTURA \text{ DI CAMPAGNA}$   
(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/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 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  $FR = (f_s / q_c) \%$  :**

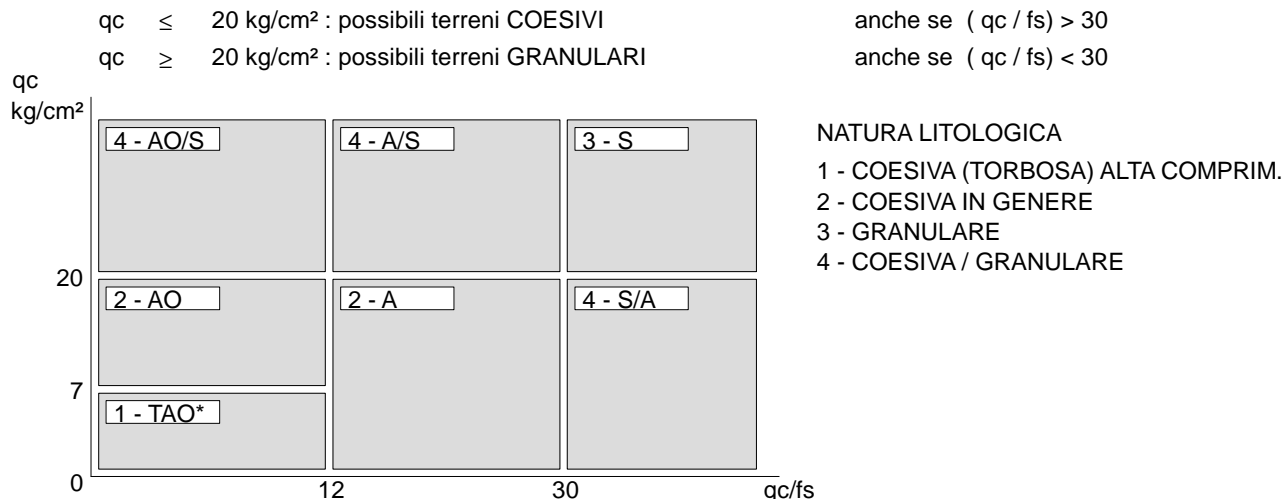
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia 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

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $q_c$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  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 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $q_c$  - natura]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 )]
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $D_r$  -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$  )  
 $\emptyset'_{Ca}$  - 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. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : ( $A_{max}/g$ ) -  $D_r$  ]
- $V_s$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.1****220927A**

CPT098/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 27/09/2022

Pagina: 1

Data certificato: 30/09/2022

Elaborato:

Falda: -2.96 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00										
0.40	39.0	51.0	0	39.0	0.80	49	2.1								
0.60	43.0	56.0	0	43.0	0.87	49	2.0								
0.80	42.0	58.0	0	42.0	1.07	39	2.5								
1.00	35.0	64.0	0	35.0	1.93	18	5.5								
1.20	22.0	36.0	0	22.0	0.93	24	4.2								
1.40	18.0	30.0	0	18.0	0.80	23	4.4								
1.60	15.0	39.0	0	15.0	1.60	9	10.7								
1.80	19.0	47.0	0	19.0	1.87	10	9.8								
2.00	18.0	41.0	0	18.0	1.53	12	8.5								
2.20	14.0	30.0	0	14.0	1.07	13	7.6								
2.40	12.0	33.0	0	12.0	1.40	9	11.7								
2.60	10.0	27.0	0	10.0	1.13	9	11.3								
2.80	10.0	25.0	0	10.0	1.00	10	10.0								
3.00	10.0	25.0	0	10.0	1.00	10	10.0								
3.20	11.0	23.0	0	11.0	0.80	14	7.3								
3.40	12.0	24.0	0	12.0	0.80	15	6.7								
3.60	12.0	23.0	0	12.0	0.73	16	6.1								
3.80	12.0	21.0	0	12.0	0.60	20	5.0								
4.00	10.0	18.0	0	10.0	0.53	19	5.3								
4.20	7.0	13.0	0	7.0	0.40	18	5.7								
4.40	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7								
4.60	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
4.80	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5								
5.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
5.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
5.40	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7								
5.60	4.0	6.0	0	4.0	0.13	31	3.3								
5.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
6.00	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7								
6.20	3.0	5.0	0	3.0	0.13	23	4.3								
6.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
6.60	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
6.80	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
7.00	7.0	11.0	0	7.0	0.27	26	3.9								
7.20	9.0	12.0	0	9.0	0.20	45	2.2								
7.40	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7								
7.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6								
7.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6								
8.00	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
8.20	10.0	20.0	0	10.0	0.67	15	6.7								
8.40	17.0	30.0	0	17.0	0.87	20	5.1								
8.60	18.0	24.0	0	18.0	0.40	45	2.2								
8.80	16.0	25.0	0	16.0	0.60	27	3.8								
9.00	12.0	25.0	0	12.0	0.87	14	7.3								
9.20	27.0	33.0	0	27.0	0.40	68	1.5								
9.40	22.0	30.0	0	22.0	0.53	42	2.4								
9.60	19.0	28.0	0	19.0	0.60	32	3.2								
9.80	26.0	34.0	0	26.0	0.53	49	2.0								
10.00	14.0	27.0	0	14.0	0.87	16	6.2								
10.20	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5								
10.40	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6								
10.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
10.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
11.00	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
11.20	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
11.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
11.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
11.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.00	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
12.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
13.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
13.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.00	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
14.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
15.00	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata  
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.1**

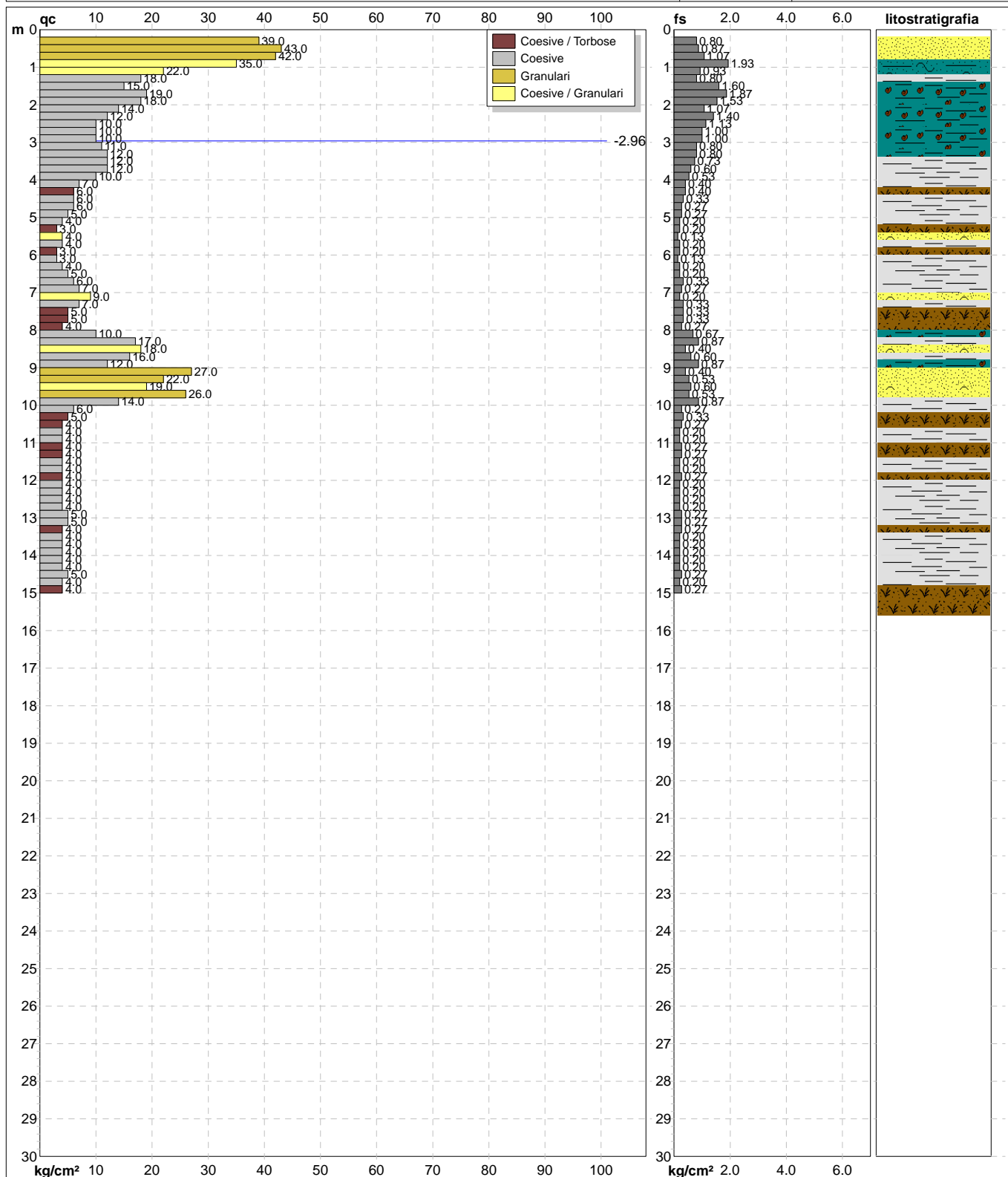
**220927A**

CPT098/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:150**  
Pagina: **1**  
Elaborato:

Data esec.: **27/09/2022**  
Data certificato: **30/09/2022**  
Quota inizio: **piano campagna**  
Falda: **-2.96 m** da quota inizio



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**  
Penetrometro: **TG63-200**  
Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kg/ml**  
Cod.ISTAT: **050031**  
Cod. punta:

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

certificato n°

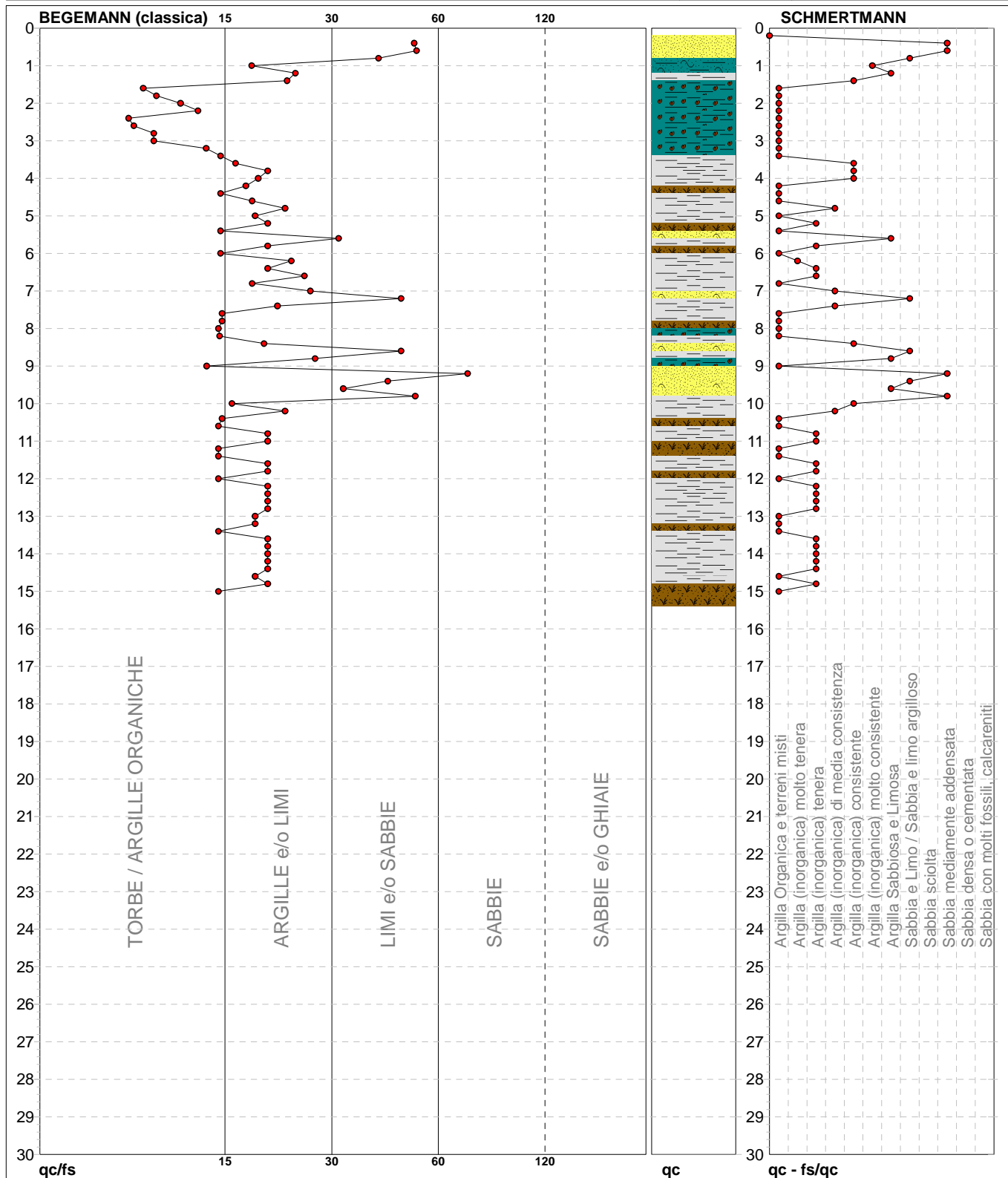
**PS.1****220927A**

CPT098/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:150**  
Pagina: **1**  
Elaborato:

Data eseg.: **27/09/2022**  
Data certificato: **30/09/2022**  
Falda: **-2.96 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	98 punti, 65.77%	Argilla Organica e terreni misti:	32 punti, 21.48%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 2.68%
Argille e/o Limi :	42 punti, 28.19%	Argilla (inorganica) molto tenera:	1 punti, 0.67%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 2.68%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 6.04%	Argilla (inorganica) tenera:	18 punti, 12.08%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 2.68%
Sabbie:	1 punti, 0.67%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 2.68%		
		Argilla (inorganica) consistente:	6 punti, 4.03%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 0.67%		

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI****CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.1****220927A**

CPT098/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 27/09/2022

Data certificato: 30/09/2022

Pagina: 1

Elaborato: Falda: -2.96 m da quota inizio

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	--	--	?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	39.0	48.8	3	1.90	0.07	220	--	--	--	--	--	100	43	41	38	36	44	30	--	65.0	97.5	117.0	
0.60	43.0	49.4	3	1.91	0.11	228	--	--	--	--	--	96	43	39	37	34	43	30	--	71.7	107.5	129.0	
0.80	42.0	39.3	3	1.90	0.15	226	--	--	--	--	--	88	42	38	35	33	41	30	--	70.0	105.0	126.0	
1.00	35.0	18.1	4	1.98	0.19	211	1.17	60.4	198.3	297.5	105.0	76	40	36	33	31	40	29	--	58.3	87.5	105.0	
1.20	22.0	23.7	4	1.93	0.23	177	0.85	32.1	143.8	215.8	66.0	56	38	32	30	28	37	28	--	36.7	55.0	66.0	
1.40	18.0	22.5	2	1.98	0.27	164	0.75	22.6	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	15.0	9.4	2	1.95	0.31	154	0.67	16.5	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	19.0	10.2	2	1.99	0.35	168	0.78	17.1	131.8	197.8	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	18.0	11.8	2	1.98	0.39	164	0.75	14.3	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	14.0	13.1	2	1.94	0.43	150	0.64	10.4	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	12.0	8.6	2	1.92	0.46	141	0.57	8.1	111.1	166.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	10.0	8.8	2	1.90	0.50	132	0.50	6.2	131.4	197.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	10.0	10.0	2	1.90	0.54	132	0.50	5.7	145.2	217.8	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	10.0	10.0	2	0.90	0.56	132	0.50	5.5	151.6	227.4	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	11.0	13.8	2	0.91	0.58	137	0.54	5.7	154.7	232.0	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	12.0	15.0	2	0.92	0.60	141	0.57	6.0	157.8	236.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	12.0	16.4	2	0.92	0.61	141	0.57	5.7	164.5	246.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	12.0	20.0	2	0.92	0.63	141	0.57	5.5	171.0	256.5	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	10.0	18.9	2	0.90	0.65	132	0.50	4.5	181.2	271.8	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	7.0	17.5	2	0.84	0.67	115	0.35	2.8	177.9	266.9	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	6.0	15.0	1	0.46	0.68	109	0.30	2.3	34.7	52.0	9.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	6.0	18.2	2	0.82	0.69	109	0.30	2.2	164.5	246.8	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	6.0	22.2	2	0.82	0.71	109	0.30	2.1	165.6	248.4	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	5.0	18.5	2	0.80	0.72	101	0.25	1.7	144.2	216.2	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	4.0	20.0	2	0.78	0.74	93	0.20	1.2	118.7	178.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	3.0	15.0	1	0.46	0.75	84	0.15	0.8	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	4.0	30.8	4	0.80	0.77	93	0.20	1.2	119.0	178.5	20.0	--	31	18	14	14	25	25	--	6.7	10.0	12.0	
5.80	4.0	20.0	2	0.78	0.78	93	0.20	1.1	119.2	178.8	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	3.0	15.0	1	0.46	0.79	84	0.15	0.8	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	3.0	23.1	2	0.76	0.81	84	0.15	0.8	90.0	135.0	15.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.40	4.0	20.0	2	0.78	0.82	93	0.20	1.1	119.6	179.4	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.60	5.0	25.0	2	0.80	0.84	101	0.25	1.4	146.9	220.4	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	6.0	18.2	2	0.82	0.85	109	0.30	1.7	172.5	258.7	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	7.0	25.9	2	0.84	0.87	115	0.35	2.0	195.8	293.7	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	9.0	45.0	4	0.85	0.89	127	0.45	2.7	232.7	349.0	37.8	--	31	21	18	17	25	26	--	15.0	22.5	27.0	
7.40	7.0	21.2	2	0.84	0.90	115	0.35	1.9	197.5	296.3	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	5.0	15.2	2	0.80	0.92	101	0.25	1.2	148.3	222.4	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	5.0	15.2	2	0.80	0.94	101	0.25	1.2	148.5	222.7	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	4.0	14.8	1	0.46	0.95	93	0.20	0.9	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	10.0	14.9	2	0.90	0.96	132	0.50	2.8	255.7	383.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	17.0	19.5	2	0.97	0.98	161	0.72	4.3	274.5	411.7	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	18.0	45.0	4	0.91	1.00	164	0.75	4.4	279.5	419.2	56.2	13	33	24	21	20	27	27	--	30.0	45.0	54.0	
8.80	16.0	26.7	2	0.96	1.02	157	0.70	3.9	286.3	429.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	12.0	13.8	2	0.92	1.04	141	0.57	3.0	283.0	424.6	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	27.0	67.5	3	0.87	1.06	192	--	--	--	--	--	26	34	26	23	21	29	28	--	45.0	67.5	81.0	
9.40	22.0	41.5	3	0.86	1.07	177	--	--	--	--	--	18	33	25	22	20	28	28	--	36.7	55.0	66.0	
9.60	19.0	31.7	4	0.92	1.09	168	0.78	4.1	304.7	457.0	58.1	13	33	24	21	19	27	27	--	31.7	47.5	57.0	
9.80	26.0	49.1	3	0.87	1.11	189	--	--	--	--	--	23	34	25	22	21	29	28	--	43.3	65.0	78.0	
10.00	14.0	16.1	2	0.94	1.13	150	0.64	3.1	310.3	465.4	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.20	6.0	22.2	2	0.82	1.14	109	0.30	1.2	178.4	267.7	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	5.0	15.2	2	0.80	1.16	101	0.25	0.9	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	4.0	14.8	1	0.46	1.17	93	0.20	0.7	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.80	4.0	20.0	2	0.78	1.18	93	0.20	0.7	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.00	4.0	20.0	2	0.78	1.20	93	0.20	0.7	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.20	4.0	14.8	1	0.46	1.21	93	0.20	0.7	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.40	4.0	14.8	1	0.46	1.22	93	0.20	0.7	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.60	4.0	20.0	2	0.78	1.23	93	0.20	0.6	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.80	4.0	20.0	2	0.78	1.25	93	0.20	0.6	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.00	4.0	14.8	1	0.46	1.26	93	0.20	0.6	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.20	4.0	20.0	2	0.78	1.27	93	0.20	0.6	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.40	4.0	20.0	2	0.78	1.29	93	0.20	0.6	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.60	4.0	20.0	2	0.78	1.31	93	0.20	0.6	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.80	4.0	20.0	2	0.78	1.32	93	0.20	0.6	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.00	5.0	18.5	2	0.80	1.34	101	0.25	0.8	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.20	5.0	18.5	2	0.80	1.35	101	0.25	0.8	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.40	4.0	14.8	1	0.46	1.36	93	0.20	0.6	26.0	39.0	6.												

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.2****220926A**

CPT095/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **26/09/2022**Pagina: **1**Data certificato: **30/09/2022**

Elaborato:

Falda: **-2.61 m** da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00			15.20	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
0.40	38.0	56.0	0	38.0	1.20	32	3.2	15.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
0.60	28.0	56.0	0	28.0	1.87	15	6.7	15.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
0.80	30.0	57.0	0	30.0	1.80	17	6.0	15.80	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
<b>1.00</b>	25.0	61.0	0	25.0	2.40	10	9.6	<b>16.00</b>	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
1.20	17.0	39.0	0	17.0	1.47	12	8.6	16.20	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
1.40	13.0	37.0	0	13.0	1.60	8	12.3	16.40	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
1.60	15.0	41.0	0	15.0	1.73	9	11.5	16.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
1.80	16.0	31.0	0	16.0	1.00	16	6.3	16.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
<b>2.00</b>	18.0	29.0	0	18.0	0.73	25	4.1	<b>17.00</b>	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
2.20	15.0	35.0	0	15.0	1.33	11	8.9	17.20	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
2.40	10.0	28.0	0	10.0	1.20	8	12.0	17.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
2.60	11.0	28.0	0	11.0	1.13	10	10.3	17.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
2.80	10.0	24.0	0	10.0	0.93	11	9.3	17.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
<b>3.00</b>	10.0	22.0	0	10.0	0.80	13	8.0	<b>18.00</b>	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.20	11.0	22.0	0	11.0	0.73	15	6.6	18.20	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
3.40	11.0	22.0	0	11.0	0.73	15	6.6	18.40	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.60	11.0	23.0	0	11.0	0.80	14	7.3	18.60	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.80	11.0	21.0	0	11.0	0.67	16	6.1	18.80	4.0	10.0	0	4.0	0.40	10	10.0
<b>4.00</b>	11.0	20.0	0	11.0	0.60	18	5.5	<b>19.00</b>	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
4.20	13.0	21.0	0	13.0	0.53	25	4.1	19.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
4.40	16.0	25.0	0	16.0	0.60	27	3.8	19.40	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.60	13.0	26.0	0	13.0	0.87	15	6.7	19.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.80	12.0	21.0	0	12.0	0.60	20	5.0	19.80	5.0	11.0	0	5.0	0.40	13	8.0
<b>5.00</b>	8.0	16.0	0	8.0	0.53	15	6.6	<b>20.00</b>	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
5.20	8.0	14.0	0	8.0	0.40	20	5.0								
5.40	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
5.60	7.0	11.0	0	7.0	0.27	26	3.9								
5.80	8.0	18.0	0	8.0	0.67	12	8.4								
<b>6.00</b>	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7								
6.20	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
6.40	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
6.60	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
6.80	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5								
<b>7.00</b>	7.0	11.0	0	7.0	0.27	26	3.9								
7.20	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7								
7.40	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7								
7.60	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7								
7.80	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7								
<b>8.00</b>	4.0	10.0	0	4.0	0.40	10	10.0								
8.20	11.0	18.0	0	11.0	0.47	23	4.3								
8.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
8.60	9.0	12.0	0	9.0	0.20	45	2.2								
8.80	16.0	26.0	0	16.0	0.67	24	4.2								
<b>9.00</b>	25.0	34.0	0	25.0	0.60	42	2.4								
9.20	20.0	34.0	0	20.0	0.93	22	4.7								
9.40	29.0	36.0	0	29.0	0.47	62	1.6								
9.60	25.0	38.0	0	25.0	0.87	29	3.5								
9.80	15.0	21.0	0	15.0	0.40	38	2.7								
<b>10.00</b>	7.0	21.0	0	7.0	0.93	8	13.3								
10.20	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3								
10.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
10.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
10.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
<b>11.00</b>	5.0	7.0	0	5.0	0.13	38	2.6								
11.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
11.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
11.60	4.0	6.0	0	4.0	0.13	31	3.3								
11.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
<b>12.00</b>	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
12.40	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
12.60	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
12.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
<b>13.00</b>	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
13.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
13.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
13.60	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
13.80	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
<b>14.00</b>	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7								
14.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
14.40	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
14.60	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0								
14.80	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0								
<b>15.00</b>	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata  
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

referimento

certificato n°

**PS.2**

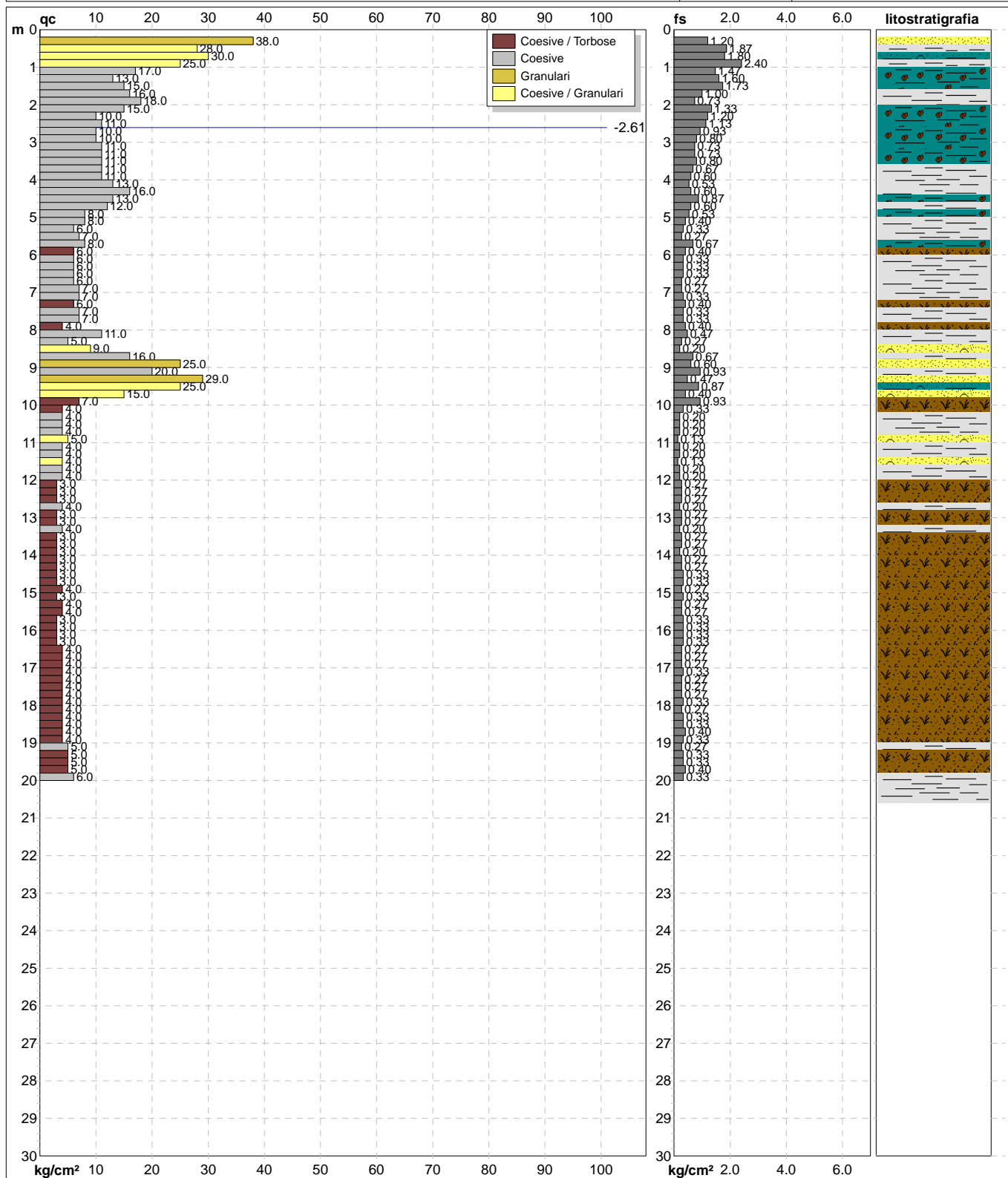
**220926A**

CPT095/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:150**  
Pagina: **1**  
Elaborato:

Data esec.: **26/09/2022**  
Data certificato: **30/09/2022**  
Quota inizio: **piano campagna**  
Falda: **-2.61 m da quota inizio**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**  
Penetrometro: **TG63-200**  
Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kg/ml**  
Cod.ISTAT: **050031**  
Cod. punta:

nota: Falda rilevata in foro

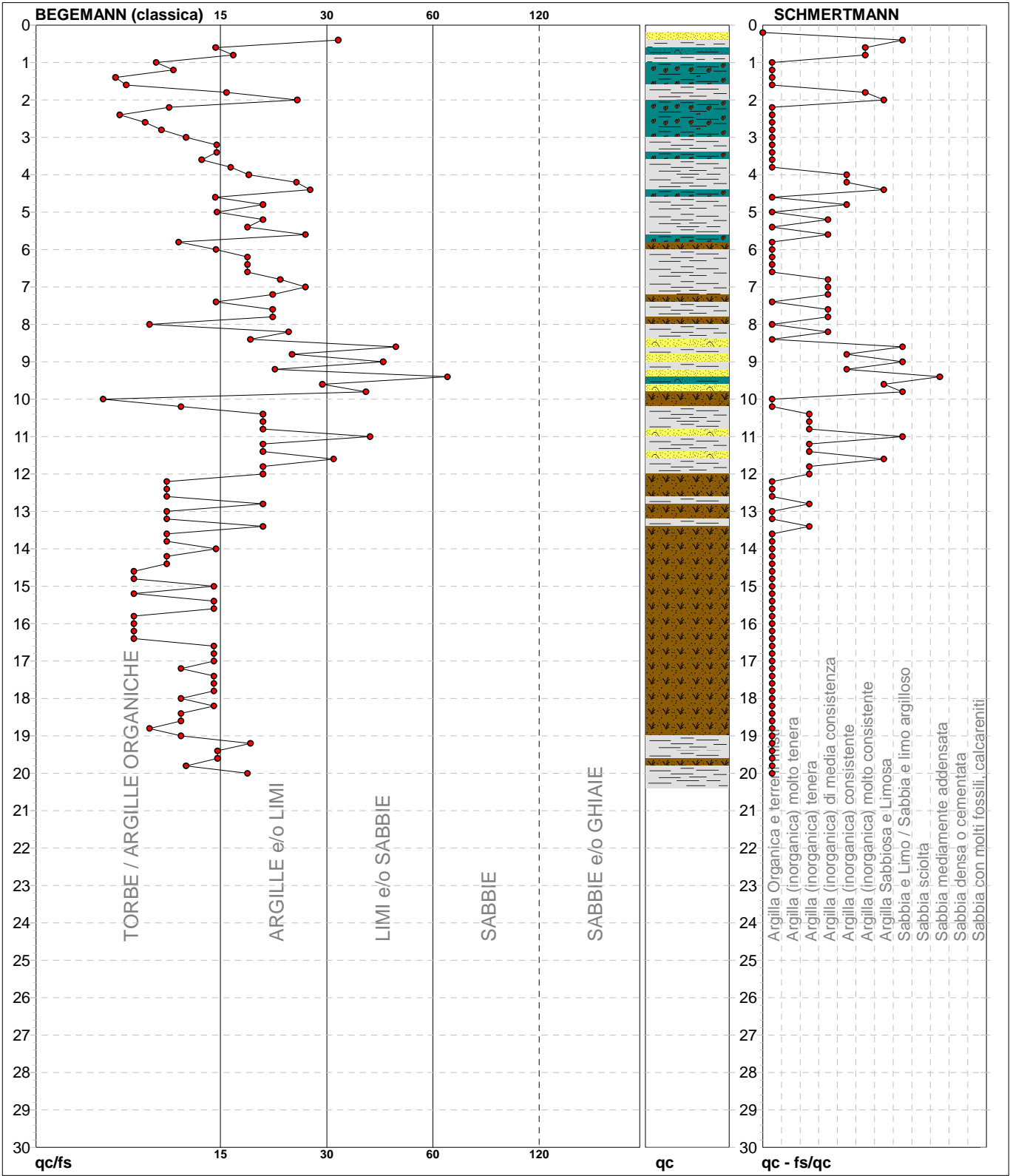
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>DIAGRAMMI LITOLOGIA</b>	<b>CPT</b>	<b>PS.2</b>
	riferimento	<b>220926A</b>
	certificato n°	CPT095/22

Committente: <b>SADIEMA srl</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data eseg.: <b>26/09/2022</b>
Cantiere: <b>Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella</b>	Scala: <b>1:150</b>	Data certificato: <b>30/09/2022</b>
Località: <b>Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)</b>	Pagina: <b>1</b>	
	Elaborato:	Falda: <b>-2.61 m</b> da quota inizio



Torbe / Argille org. :	103 punti, 69.13%	Argilla Organica e terreni misti:	64 punti, 42.95%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 2.68%
Argille e/o Limi :	40 punti, 26.85%	Argilla (inorganica) tenera:	9 punti, 6.04%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 3.36%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 4.03%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 5.37%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 0.67%
Sabbie:	1 punti, 0.67%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 3.36%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 2.01%		

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI****CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.2****220926A**

CPT095/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data eseg.: **26/09/2022**Data certificato: **30/09/2022**Pagina: **1**Elaborato: **Falda: -2.61 m da quota inizio**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	φSc (°)	φCa (°)	φKo (°)	φDB (°)	φDM (°)	φMe (°)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0.20	--	--	?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.3****220926A**

CPT096/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **26/09/2022**Pagina: **1**Data certificato: **30/09/2022**

Elaborato:

Falda: **-2.80 m** da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00			15.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0
0.40	42.0	52.0	0	42.0	0.67	63	1.6	15.40	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
0.60	45.0	63.0	0	45.0	1.20	38	2.7	15.60	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0
0.80	39.0	55.0	0	39.0	1.07	36	2.7	15.80	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0
1.00	35.0	64.0	0	35.0	1.93	18	5.5	16.00	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0
1.20	23.0	57.0	0	23.0	2.27	10	9.9	16.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0
1.40	15.0	49.0	0	15.0	2.27	7	15.1	16.40	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0
1.60	14.0	40.0	0	14.0	1.73	8	12.4	16.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
1.80	9.0	35.0	0	9.0	1.73	5	19.2	16.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
2.00	8.0	27.0	0	8.0	1.27	6	15.9	17.00	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
2.20	10.0	24.0	0	10.0	0.93	11	9.3	17.20	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
2.40	12.0	27.0	0	12.0	1.00	12	8.3	17.40	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0
2.60	13.0	31.0	0	13.0	1.20	11	9.2	17.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
2.80	14.0	31.0	0	14.0	1.13	12	8.1	17.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
3.00	12.0	29.0	0	12.0	1.13	11	9.4	18.00	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.20	12.0	27.0	0	12.0	1.00	12	8.3	18.20	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.40	12.0	26.0	0	12.0	0.93	13	7.8	18.40	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.60	11.0	24.0	0	11.0	0.87	13	7.9	18.60	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
3.80	11.0	23.0	0	11.0	0.80	14	7.3	18.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.00	9.0	19.0	0	9.0	0.67	13	7.4	19.00	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.20	10.0	18.0	0	10.0	0.53	19	5.3	19.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.40	7.0	15.0	0	7.0	0.53	13	7.6	19.40	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.60	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7	19.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.80	4.0	11.0	0	4.0	0.47	9	11.8	19.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
5.00	3.0	9.0	0	3.0	0.40	8	13.3	20.00	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
5.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
5.40	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
5.60	10.0	25.0	0	10.0	1.00	10	10.0								
5.80	8.0	11.0	0	8.0	0.20	40	2.5								
6.00	9.0	18.0	0	9.0	0.60	15	6.7								
6.20	14.0	21.0	0	14.0	0.47	30	3.4								
6.40	16.0	22.0	0	16.0	0.40	40	2.5								
6.60	19.0	27.0	0	19.0	0.53	36	2.8								
6.80	19.0	25.0	0	19.0	0.40	48	2.1								
7.00	18.0	24.0	0	18.0	0.40	45	2.2								
7.20	22.0	28.0	0	22.0	0.40	55	1.8								
7.40	18.0	24.0	0	18.0	0.40	45	2.2								
7.60	17.0	24.0	0	17.0	0.47	36	2.8								
7.80	20.0	29.0	0	20.0	0.60	33	3.0								
8.00	36.0	48.0	0	36.0	0.80	45	2.2								
8.20	32.0	46.0	0	32.0	0.93	34	2.9								
8.40	41.0	52.0	0	41.0	0.73	56	1.8								
8.60	42.0	59.0	0	42.0	1.13	37	2.7								
8.80	46.0	64.0	0	46.0	1.20	38	2.6								
9.00	47.0	62.0	0	47.0	1.00	47	2.1								
9.20	40.0	50.0	0	40.0	0.67	60	1.7								
9.40	46.0	65.0	0	46.0	1.27	36	2.8								
9.60	37.0	53.0	0	37.0	1.07	35	2.9								
9.80	27.0	35.0	0	27.0	0.53	51	2.0								
10.00	24.0	31.0	0	24.0	0.47	51	2.0								
10.20	4.0	17.0	0	4.0	0.87	5	21.8								
10.40	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0								
10.60	2.0	6.0	0	2.0	0.27	7	13.5								
10.80	2.0	6.0	0	2.0	0.27	7	13.5								
11.00	2.0	6.0	0	2.0	0.27	7	13.5								
11.20	2.0	6.0	0	2.0	0.27	7	13.5								
11.40	2.0	7.0	0	2.0	0.33	6	16.5								
11.60	2.0	7.0	0	2.0	0.33	6	16.5								
11.80	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
12.00	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
12.20	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
12.40	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
12.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
12.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.00	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.00	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.20	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
15.00	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata  
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.3**

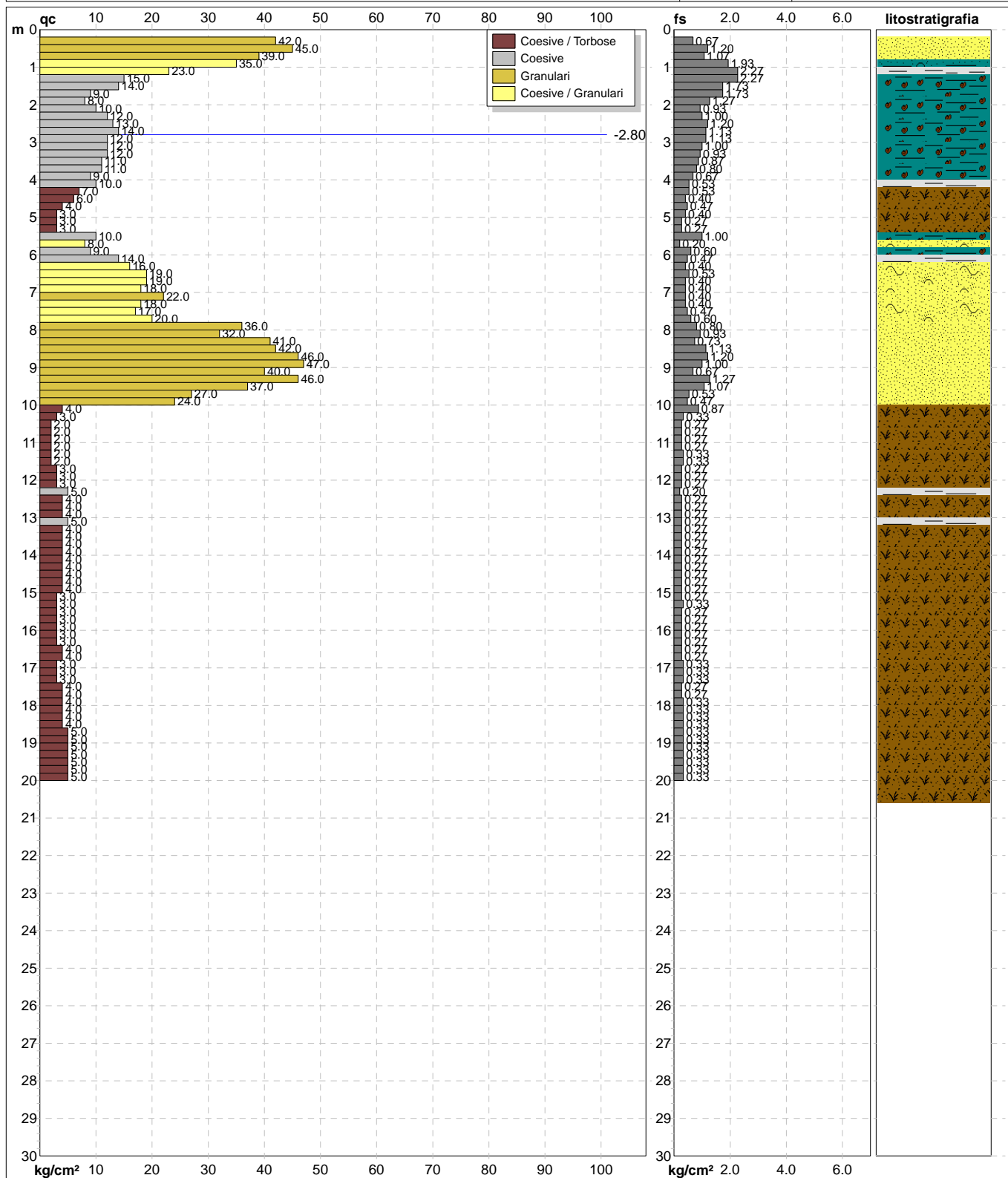
**220926A**

CPT096/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:150**  
Pagina: **1**  
Elaborato:

Data esec.: **26/09/2022**  
Data certificato: **30/09/2022**  
Quota inizio: **piano campagna**  
Falda: **-2.80 m da quota inizio**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**  
Penetrometro: **TG63-200**  
Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kg/ml**  
Cod.ISTAT: **050031**  
Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

riferimento

certificato n°

PS.3

220926A

CPT096/22

Committente: SADIEMA srl

Cantiere: Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella

Località: Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)

U.M.: kg/cm<sup>2</sup>

Scala: 1:150

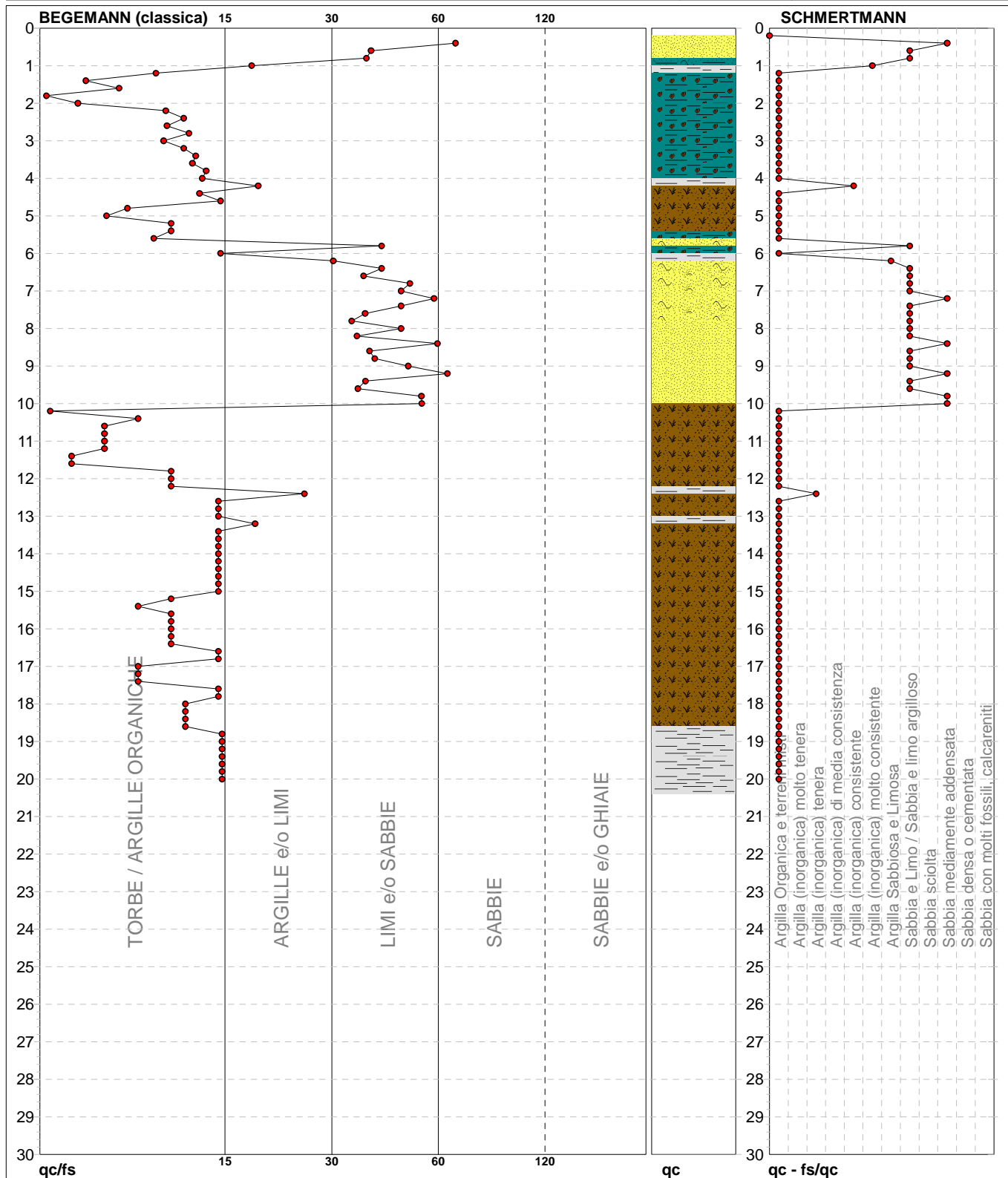
Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 26/09/2022

Data certificato: 30/09/2022

Falda: -2.80 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	115 punti, 77.18%	Argilla Organica e terreni misti:	72 punti, 48.32%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	1 punto, 0.67%
Argille e/o Limi :	12 punti, 8.05%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 0.67%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	17 punti, 11.41%
Limi e/o Sabbie :	22 punti, 14.77%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punto, 0.67%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 4.03%
Sabbie:	1 punto, 0.67%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 0.67%		

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI****CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.3****220926A**

CPT096/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 26/09/2022

Data certificato: 30/09/2022

Pagina: 1

Elaborato: Falda: -2.80 m da quota inizio

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.		
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)									
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	42.0	62.7	3	1.90	0.08	226	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	30	--	--	--	70.0	105.0	126.0	--	--	
0.60	45.0	37.5	3	1.91	0.11	232	--	--	--	--	--	98	43	39	37	34	43	31	--	--	--	75.0	112.5	135.0	--	--	
0.80	39.0	36.4	3	1.90	0.15	220	--	--	--	--	--	86	42	37	35	32	41	30	--	--	--	65.0	97.5	117.0	--	--	
1.00	35.0	18.1	4	1.98	0.19	211	1.17	60.4	198.3	297.5	105.0	76	40	36	33	31	40	29	--	--	--	58.3	87.5	105.0	--	--	
1.20	23.0	10.1	4	1.94	0.23	180	0.87	33.1	147.5	221.3	69.0	57	38	33	30	28	37	28	--	--	--	38.3	57.5	69.0	--	--	
1.40	15.0	6.6	2	1.95	0.27	154	0.67	19.6	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	14.0	8.1	2	1.94	0.31	150	0.64	15.6	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	9.0	5.2	2	1.88	0.34	127	0.45	8.8	81.7	122.5	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	8.0	6.3	2	1.86	0.38	121	0.40	6.6	97.7	146.5	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	10.0	10.8	2	1.90	0.42	132	0.50	7.8	101.6	152.3	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	12.0	12.0	2	1.92	0.46	141	0.57	8.3	109.3	163.9	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	13.0	10.8	2	1.93	0.50	145	0.60	8.0	119.3	178.9	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	14.0	12.4	2	0.94	0.52	150	0.64	8.2	123.3	184.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	12.0	10.6	2	0.92	0.53	141	0.57	6.8	135.3	202.9	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	12.0	12.0	2	0.92	0.55	141	0.57	6.5	142.1	213.2	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	12.0	12.9	2	0.92	0.57	141	0.57	6.3	148.9	223.4	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	11.0	12.6	2	0.91	0.59	137	0.54	5.6	159.1	238.7	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	11.0	13.8	2	0.91	0.61	137	0.54	5.4	165.5	248.2	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	9.0	13.4	2	0.88	0.63	127	0.45	4.2	174.6	261.9	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	10.0	18.9	2	0.90	0.64	132	0.50	4.6	179.2	268.7	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	7.0	13.2	1	0.46	0.65	115	0.35	2.9	36.0	54.0	10.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	6.0	15.0	1	0.46	0.66	109	0.30	2.3	34.3	51.5	9.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	4.0	8.5	1	0.46	0.67	93	0.20	1.4	25.5	38.2	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	3.0	7.5	1	0.46	0.68	84	0.15	0.9	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	3.0	11.1	1	0.46	0.69	84	0.15	0.9	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	3.0	11.1	1	0.46	0.70	84	0.15	0.9	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	10.0	10.0	2	0.90	0.72	132	0.50	4.0	199.8	299.7	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	8.0	40.0	4	0.84	0.73	121	0.40	2.9	199.1	298.7	35.2	--	31	22	18	17	25	26	--	--	--	13.3	20.0	24.0	--	--	
6.00	9.0	15.0	2	0.88	0.75	127	0.45	3.3	210.2	315.3	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	14.0	29.8	2	0.94	0.77	150	0.64	5.0	212.7	319.0	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.40	16.0	40.0	4	0.90	0.79	157	0.70	5.4	214.5	321.7	51.8	15	33	25	21	20	28	27	--	--	--	26.7	40.0	48.0	--	--	
6.60	19.0	35.8	4	0.92	0.81	168	0.78	6.0	213.5	320.2	58.1	20	34	25	22	21	29	27	--	--	--	31.7	47.5	57.0	--	--	
6.80	19.0	47.5	4	0.92	0.82	168	0.78	5.8	220.2	330.2	58.1	20	34	25	22	21	29	27	--	--	--	31.7	47.5	57.0	--	--	
7.00	18.0	45.0	4	0.91	0.84	164	0.75	5.4	229.0	343.5	56.2	17	33	25	22	20	28	27	--	--	--	30.0	45.0	54.0	--	--	
7.20	22.0	55.0	3	0.86	0.86	177	--	--	--	--	--	24	34	26	23	21	29	28	--	--	--	36.7	55.0	66.0	--	--	
7.40	18.0	45.0	4	0.91	0.88	164	0.75	5.2	241.1	361.7	56.2	16	33	25	22	20	28	27	--	--	--	30.0	45.0	54.0	--	--	
7.60	17.0	36.2	4	0.91	0.90	161	0.72	4.8	248.6	372.9	54.1	14	33	24	21	20	28	27	--	--	--	28.3	42.5	51.0	--	--	
7.80	20.0	33.3	4	0.93	0.91	171	0.80	5.3	249.7	374.6	60.0	19	34	25	22	21	28	27	--	--	--	33.3	50.0	60.0	--	--	
8.00	36.0	45.0	3	0.89	0.93	214	--	--	--	--	--	39	36	28	25	23	32	30	--	--	--	60.0	90.0	108.0	--	--	
8.20	32.0	34.4	3	0.88	0.95	204	--	--	--	--	--	34	35	27	24	23	31	29	--	--	--	53.3	80.0	96.0	--	--	
8.40	41.0	56.2	3	0.90	0.97	224	--	--	--	--	--	42	36	28	25	24	32	30	--	--	--	68.3	102.5	123.0	--	--	
8.60	42.0	37.2	3	0.90	0.99	226	--	--	--	--	--	43	36	28	25	24	32	30	--	--	--	70.0	105.0	126.0	--	--	
8.80	46.0	38.3	3	0.91	1.00	234	--	--	--	--	--	45	37	29	26	24	33	31	--	--	--	76.7	115.0	138.0	--	--	
9.00	47.0	47.0	3	0.91	1.02	236	--	--	--	--	--	45	37	29	26	24	33	31	--	--	--	78.3	117.5	141.0	--	--	
9.20	40.0	59.7	3	0.90	1.04	222	--	--	--	--	--	40	36	28	25	23	32	30	--	--	--	66.7	100.0	120.0	--	--	
9.40	46.0	36.2	3	0.91	1.06	234	--	--	--	--	--	44	37	29	25	24	32	31	--	--	--	76.7	115.0	138.0	--	--	
9.60	37.0	34.6	3	0.89	1.08	216	--	--	--	--	--	36	36	27	24	23	31	30	--	--	--	61.7	92.5	111.0	--	--	
9.80	27.0	50.9	3	0.87	1.09	192	--	--	--	--	--	25	34	26	22	21	29	28	--	--	--	45.0	67.5	81.0	--	--	
10.00	24.0	51.1	3	0.86	1.11	183	--	--	--	--	--	20	34	25	22	21	28	28	--	--	--	40.0	60.0	72.0	--	--	
10.20	4.0	4.6	1	0.46	1.12	93	0.20	0.7	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	3.0	9.1	1	0.46	1.13	84	0.15	0.5	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	2.0	7.4	1	0.46	1.14	72	0.10	0.3	13.0	19.5	3.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.80	2.0	7.4	1	0.46	1.15	72	0.10	0.3	13.0	19.5	3.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.00	2.0	7.4	1	0.46	1.16	72	0.10	0.3	13.0	19.5	3.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.20	2.0	7.4	1	0.46	1.17	72	0.10	0.3	13.0																		

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.4****220926A**

CPT097/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data eseg.: **26/09/2022**Pagina: **1**Data certificato: **30/09/2022**

Elaborato:

Falda: **-3.54 m** da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00			15.20	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
0.40	43.0	52.0	0	43.0	0.60	72	1.4	15.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
0.60	31.0	54.0	0	31.0	1.53	20	4.9	15.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
0.80	40.0	59.0	0	40.0	1.27	31	3.2	15.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
<b>1.00</b>	35.0	58.0	0	35.0	1.53	23	4.4	<b>16.00</b>	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
1.20	34.0	63.0	0	34.0	1.93	18	5.7	16.20	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
1.40	29.0	64.0	0	29.0	2.33	12	8.0	16.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
1.60	27.0	62.0	0	27.0	2.33	12	8.6	16.60	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3
1.80	19.0	54.0	0	19.0	2.33	8	12.3	16.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
<b>2.00</b>	13.0	39.0	0	13.0	1.73	8	13.3	<b>17.00</b>	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
2.20	10.0	33.0	0	10.0	1.53	7	15.3	17.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
2.40	11.0	25.0	0	11.0	0.93	12	8.5	17.40	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
2.60	13.0	29.0	0	13.0	1.07	12	8.2	17.60	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5
2.80	12.0	27.0	0	12.0	1.00	12	8.3	17.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
<b>3.00</b>	13.0	27.0	0	13.0	0.93	14	7.2	<b>18.00</b>	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
3.20	12.0	26.0	0	12.0	0.93	13	7.8	18.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
3.40	10.0	21.0	0	10.0	0.73	14	7.3	18.40	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
3.60	10.0	19.0	0	10.0	0.60	17	6.0	18.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
3.80	9.0	16.0	0	9.0	0.47	19	5.2	18.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
<b>4.00</b>	14.0	17.0	0	14.0	0.20	70	1.4	<b>19.00</b>	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.20	11.0	17.0	0	11.0	0.40	28	3.6	19.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.40	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0	19.40	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5
4.60	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7	19.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6	19.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
<b>5.00</b>	6.0	9.0	0	6.0	0.20	30	3.3	<b>20.00</b>	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
5.20	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7								
5.40	12.0	16.0	0	12.0	0.27	44	2.3								
5.60	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7								
5.80	13.0	19.0	0	13.0	0.40	33	3.1								
<b>6.00</b>	16.0	25.0	0	16.0	0.60	27	3.8								
6.20	13.0	22.0	0	13.0	0.60	22	4.6								
6.40	8.0	17.0	0	8.0	0.60	13	7.5								
6.60	14.0	21.0	0	14.0	0.47	30	3.4								
6.80	18.0	28.0	0	18.0	0.67	27	3.7								
<b>7.00</b>	21.0	32.0	0	21.0	0.73	29	3.5								
7.20	20.0	25.0	0	20.0	0.33	61	1.7								
7.40	21.0	26.0	0	21.0	0.33	64	1.6								
7.60	6.0	16.0	0	6.0	0.67	9	11.2								
7.80	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7								
<b>8.00</b>	8.0	12.0	0	8.0	0.27	30	3.4								
8.20	11.0	14.0	0	11.0	0.20	55	1.8								
8.40	9.0	21.0	0	9.0	0.80	11	8.9								
8.60	7.0	13.0	0	7.0	0.40	18	5.7								
8.80	8.0	12.0	0	8.0	0.27	30	3.4								
<b>9.00</b>	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1								
9.20	13.0	21.0	0	13.0	0.53	25	4.1								
9.40	6.0	15.0	0	6.0	0.60	10	10.0								
9.60	7.0	13.0	0	7.0	0.40	18	5.7								
9.80	6.0	13.0	0	6.0	0.47	13	7.8								
<b>10.00</b>	8.0	17.0	0	8.0	0.60	13	7.5								
10.20	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5								
10.40	8.0	12.0	0	8.0	0.27	30	3.4								
10.60	8.0	18.0	0	8.0	0.67	12	8.4								
10.80	23.0	25.0	0	23.0	0.13	177	0.6								
<b>11.00</b>	5.0	17.0	0	5.0	0.80	6	16.0								
11.20	3.0	8.0	0	3.0	0.33	9	11.0								
11.40	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
11.60	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0								
11.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
<b>12.00</b>	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
12.20	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
12.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
12.60	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
12.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
<b>13.00</b>	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
<b>14.00</b>	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
14.20	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
14.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
<b>15.00</b>	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata  
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA****CPT**

riferimento

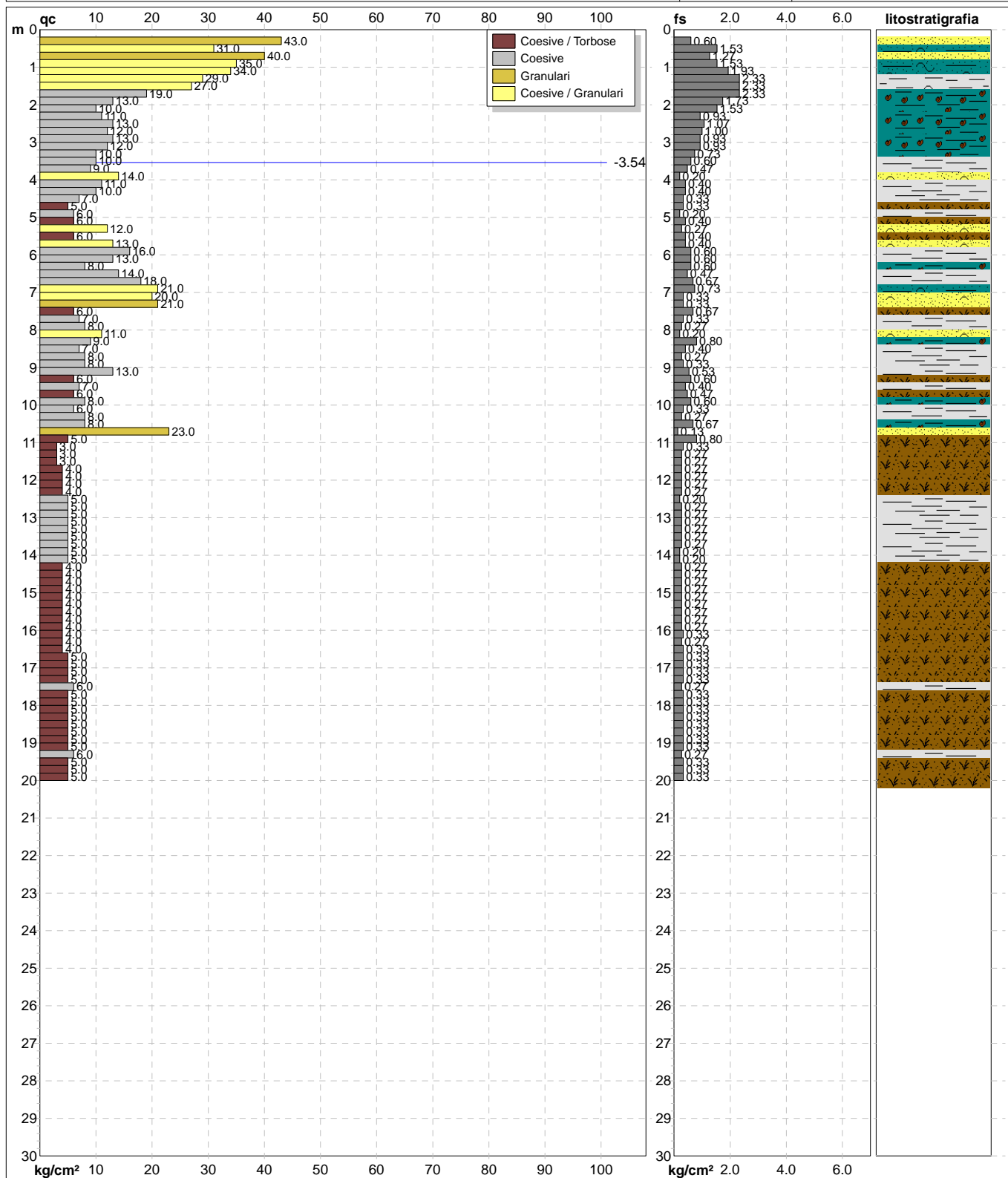
certificato n°

**PS.4****220926A**

CPT097/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **26/09/2022**Data certificato: **30/09/2022**Quota inizio: **piano campagna**Falda: **-3.54 m** da quota inizioLitologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**Penetrometro: **TG63-200**Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kg/ml**Cod.ISTAT: **050031**

Cod. punta:



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

riferimento

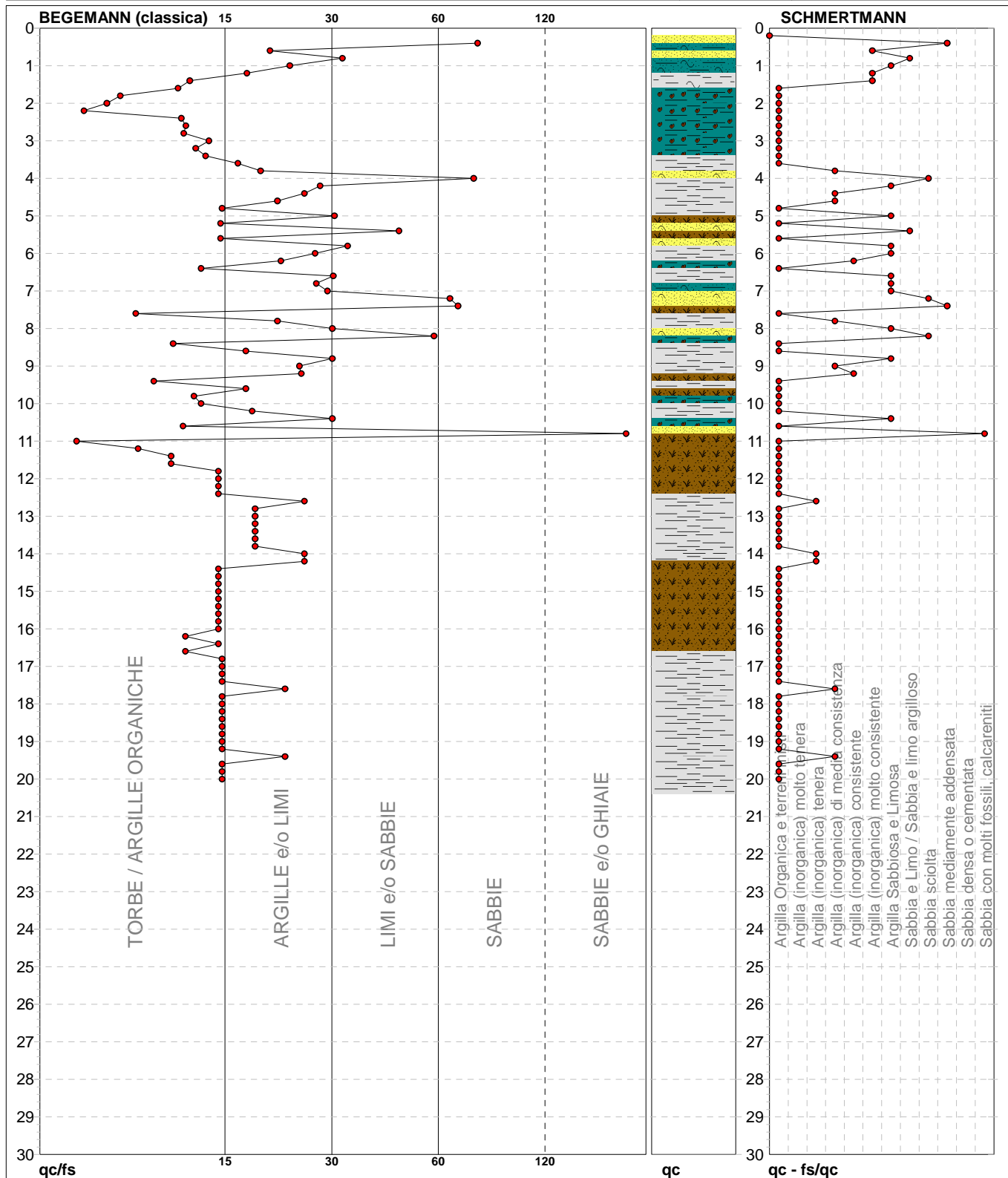
certificato n°

**PS.4****220926A**

CPT097/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **26/09/2022**Data certificato: **30/09/2022**Falda: **-3.54 m** da quota inizio

Torbe / Argille org. :	91 punti, 61.07%	Argilla Organica e terreni misti:	65 punti, 43.62%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	11 punti, 7.38%
Argille e/o Limi :	50 punti, 33.56%	Argilla (inorganica) tenera:	3 punti, 2.01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 1.34%
Limi e/o Sabbie :	4 punti, 2.68%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 4.70%	Sabbia sciolta:	3 punti, 2.01%
Sabbie:	4 punti, 2.68%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 1.34%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1.34%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0.67%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 2.01%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 0.67%

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

<b>CPT</b>	<b>PS.4</b>
riferimento	<b>220926A</b>
<b>certificato n°</b>	CPT097/22

U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 26/09/2022
	Data certificato: 30/09/2022
Pagina: 1	
Elaborato:	Falda: -3.54 m da quota inizio

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.5****220927A**

CPT099/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **27/09/2022**Pagina: **1**Data certificato: **30/09/2022**

Elaborato:

Falda: **-2.10 m** da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00			15.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
0.40	53.0	68.0	0	53.0	1.00	53	1.9	15.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8
0.60	50.0	71.0	0	50.0	1.40	36	2.8	15.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
0.80	43.0	60.0	0	43.0	1.13	38	2.6	15.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
1.00	38.0	66.0	0	38.0	1.87	20	4.9	16.00	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
1.20	25.0	52.0	0	25.0	1.80	14	7.2	16.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
1.40	25.0	53.0	0	25.0	1.87	13	7.5	16.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
1.60	24.0	56.0	0	24.0	2.13	11	8.9	16.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
1.80	22.0	42.0	0	22.0	1.33	17	6.0	16.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.00	18.0	34.0	0	18.0	1.07	17	5.9	17.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.20	12.0	40.0	0	12.0	1.87	6	15.6	17.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.40	15.0	34.0	0	15.0	1.27	12	8.5	17.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.60	12.0	25.0	0	12.0	0.87	14	7.3	17.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.80	11.0	25.0	0	11.0	0.93	12	8.5	17.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
3.00	10.0	24.0	0	10.0	0.93	11	9.3	18.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
3.20	12.0	25.0	0	12.0	0.87	14	7.3	18.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
3.40	12.0	25.0	0	12.0	0.87	14	7.3	18.40	5.0	11.0	0	5.0	0.40	13	8.0
3.60	10.0	20.0	0	10.0	0.67	15	6.7	18.60	5.0	11.0	0	5.0	0.40	13	8.0
3.80	10.0	18.0	0	10.0	0.53	19	5.3	18.80	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
4.00	10.0	18.0	0	10.0	0.53	19	5.3	19.00	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
4.20	11.0	18.0	0	11.0	0.47	23	4.3	19.20	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
4.40	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0	19.40	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7
4.60	10.0	14.0	0	10.0	0.27	37	2.7	19.60	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7
4.80	13.0	17.0	0	13.0	0.27	48	2.1	19.80	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7
5.00	11.0	18.0	0	11.0	0.47	23	4.3	20.00	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1
5.20	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1								
5.40	5.0	11.0	0	5.0	0.40	13	8.0								
5.60	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
5.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
6.00	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
6.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
6.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
6.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
6.80	6.0	10.0	0	6.0	0.27	22	4.5								
7.00	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7								
7.20	7.0	16.0	0	7.0	0.60	12	8.6								
7.40	22.0	34.0	0	22.0	0.80	28	3.6								
7.60	24.0	42.0	0	24.0	1.20	20	5.0								
7.80	8.0	20.0	0	8.0	0.80	10	10.0								
8.00	19.0	30.0	0	19.0	0.73	26	3.8								
8.20	28.0	35.0	0	28.0	0.47	60	1.7								
8.40	24.0	33.0	0	24.0	0.60	40	2.5								
8.60	20.0	36.0	0	20.0	1.07	19	5.4								
8.80	26.0	34.0	0	26.0	0.53	49	2.0								
9.00	20.0	29.0	0	20.0	0.60	33	3.0								
9.20	18.0	25.0	0	18.0	0.47	38	2.6								
9.40	31.0	40.0	0	31.0	0.60	52	1.9								
9.60	33.0	47.0	0	33.0	0.93	35	2.8								
9.80	21.0	30.0	0	21.0	0.60	35	2.9								
10.00	11.0	20.0	0	11.0	0.60	18	5.5								
10.20	10.0	17.0	0	10.0	0.47	21	4.7								
10.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
10.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
10.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
11.00	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
11.20	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0								
11.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
11.60	6.0	9.0	0	6.0	0.20	30	3.3								
11.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
12.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
12.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
12.40	4.0	9.0	0	4.0	0.33	12	8.3								
12.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
12.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
13.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6								
13.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
14.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
14.20	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
14.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
14.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
14.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								
15.00	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata  
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

referimento

certificato n°

**PS.5**

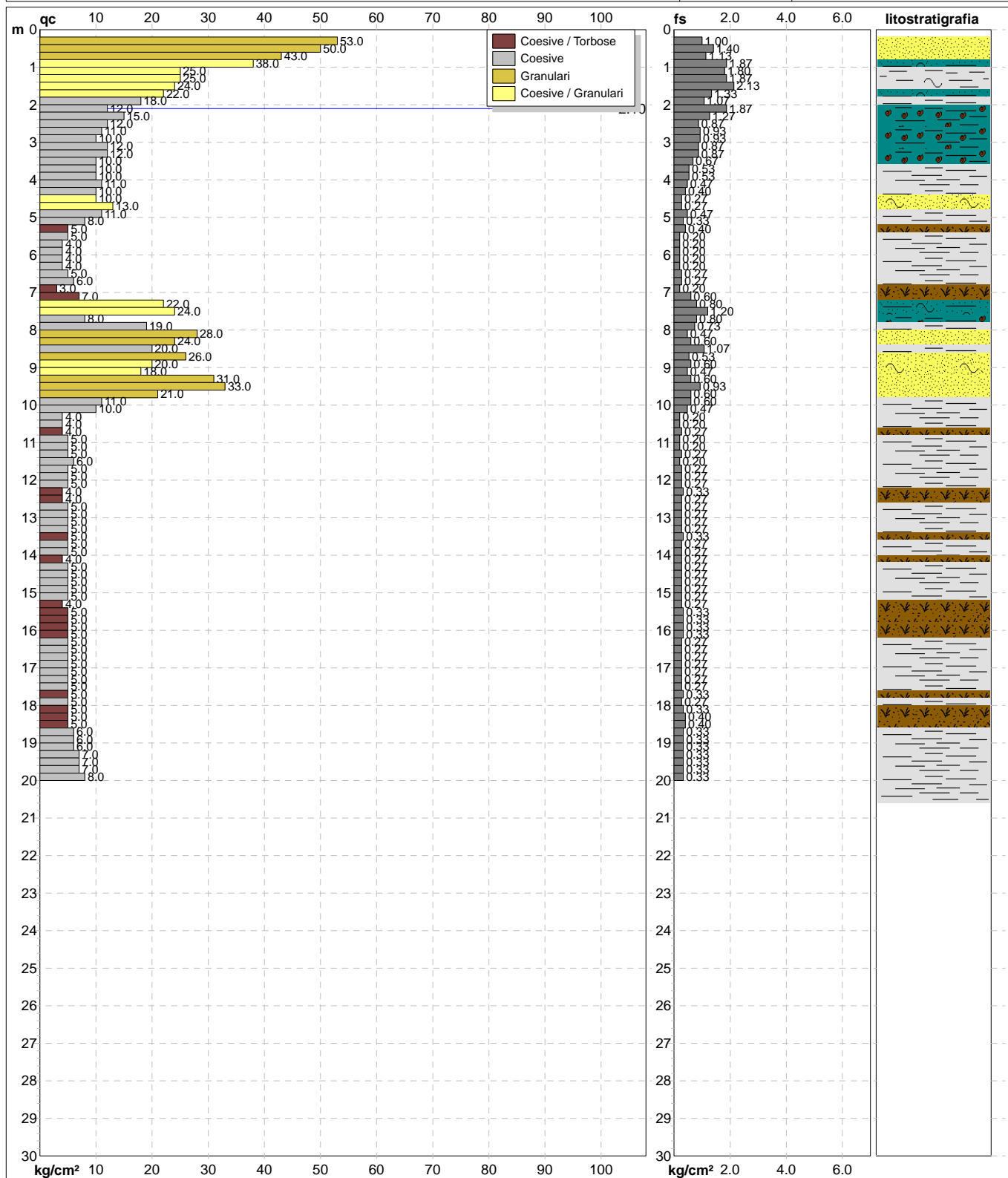
**220927A**

CPT099/22

Committente: **SADIEMA srl**  
Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**  
Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:150**  
Pagina: **1**  
Elaborato:

Data esec.: **27/09/2022**  
Data certificato: **30/09/2022**  
Quota inizio: **piano campagna**  
Falda: **-2.10 m da quota inizio**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**  
Penetrometro: **TG63-200**  
Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kg/ml**  
Cod.ISTAT: **050031**  
Cod. punta:

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

referimento

certificato n°

**PS.5**

**220927A**

CPT099/22

Committente: **SADIEMA srl**

Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**

Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:150**

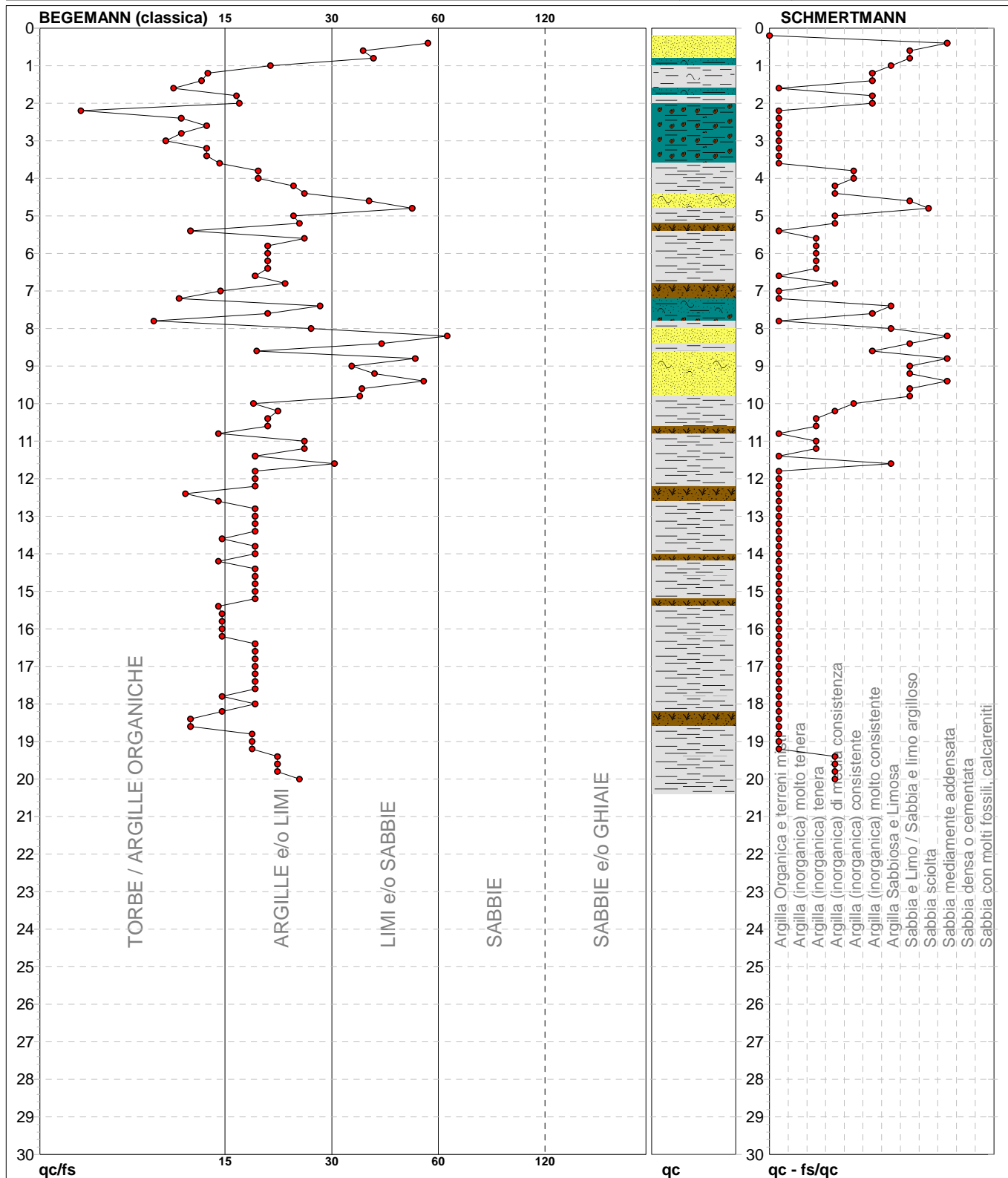
Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **27/09/2022**

Data certificato: **30/09/2022**

Falda: **-2.10 m** da quota inizio



Torbe / Argille org. :	73 punti, 48.99%	Argilla Organica e terreni misti:	54 punti, 36.24%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 2.68%
Argille e/o Limi :	64 punti, 42.95%	Argilla (inorganica) tenera:	9 punti, 6.04%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 5.37%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 8.72%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 6.71%	Sabbia sciolta:	1 punti, 0.67%
		Argilla (inorganica) consistente:	3 punti, 2.01%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 2.68%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	6 punti, 4.03%		

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI****CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.5****220927A**

CPT099/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **27/09/2022**Data certificato: **30/09/2022**Pagina: **1**Elaborato: **Falda: -2.10 m da quota inizio**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)								
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	53.0	53.0	3	1.92	0.08	247	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	31	--	--	--	88.3	132.5	159.0	--	
0.60	50.0	35.7	3	1.92	0.11	242	--	--	--	--	--	100	43	40	37	35	43	31	--	--	--	83.3	125.0	150.0	--	
0.80	43.0	38.1	3	1.91	0.15	228	--	--	--	--	--	89	42	38	35	33	42	30	--	--	--	71.7	107.5	129.0	--	
1.00	38.0	20.3	4	1.99	0.19	218	1.27	66.6	215.3	323.0	114.0	79	41	36	33	31	40	30	--	--	--	63.3	95.0	114.0	--	
1.20	25.0	13.9	4	1.94	0.23	186	0.91	34.9	154.5	231.8	75.0	60	38	33	30	28	37	28	--	--	--	41.7	62.5	75.0	--	
1.40	25.0	13.4	4	1.94	0.27	186	0.91	28.7	154.5	231.8	75.0	56	38	32	29	27	37	28	--	--	--	41.7	62.5	75.0	--	
1.60	24.0	11.3	4	1.94	0.31	183	0.89	23.6	151.1	226.7	72.0	52	37	31	28	27	36	28	--	--	--	40.0	60.0	72.0	--	
1.80	22.0	16.5	4	1.93	0.35	177	0.85	19.1	143.8	215.8	66.0	46	37	30	27	26	34	28	--	--	--	36.7	55.0	66.0	--	
2.00	18.0	16.8	2	1.98	0.39	164	0.75	14.4	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	12.0	6.4	2	0.92	0.40	141	0.57	9.7	97.9	146.8	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	15.0	11.8	2	0.95	0.42	154	0.67	11.1	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	12.0	13.8	2	0.92	0.44	141	0.57	8.6	104.8	157.2	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	11.0	11.8	2	0.91	0.46	137	0.54	7.6	112.2	168.4	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	10.0	10.8	2	0.90	0.48	132	0.50	6.6	122.4	183.7	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	12.0	13.8	2	0.92	0.50	141	0.57	7.5	121.8	182.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	12.0	13.8	2	0.92	0.52	141	0.57	7.1	128.3	192.5	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	10.0	14.9	2	0.90	0.53	132	0.50	5.8	142.6	213.9	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	10.0	18.9	2	0.90	0.55	132	0.50	5.6	149.0	223.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	10.0	18.9	2	0.90	0.57	132	0.50	5.3	155.3	232.9	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	11.0	23.4	2	0.91	0.59	137	0.54	5.6	158.5	237.7	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	10.0	25.0	2	0.90	0.61	132	0.50	4.9	167.4	251.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	10.0	37.0	4	0.86	0.62	132	0.50	4.8	172.9	259.4	40.0	4	32	24	20	19	27	26	--	--	--	16.7	25.0	30.0	--	
4.80	13.0	48.1	4	0.88	0.64	145	0.60	5.8	170.8	256.2	46.5	13	33	25	21	20	28	26	--	--	--	21.7	32.5	39.0	--	
5.00	11.0	23.4	2	0.91	0.66	137	0.54	4.9	182.5	273.7	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	8.0	24.2	2	0.86	0.68	121	0.40	3.3	188.7	283.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	5.0	12.5	1	0.46	0.69	101	0.25	1.8	30.8	46.1	7.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	5.0	25.0	2	0.80	0.70	101	0.25	1.7	143.4	215.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	4.0	20.0	2	0.78	0.72	93	0.20	1.3	118.3	177.5	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	4.0	20.0	2	0.78	0.73	93	0.20	1.2	118.6	177.9	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	4.0	20.0	2	0.78	0.75	93	0.20	1.2	118.8	178.2	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.40	4.0	20.0	2	0.78	0.76	93	0.20	1.2	119.0	178.5	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.60	5.0	18.5	2	0.80	0.78	101	0.25	1.5	145.7	218.5	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	6.0	22.2	2	0.82	0.80	109	0.30	1.9	170.2	255.4	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	3.0	15.0	1	0.46	0.81	84	0.15	0.8	19.5	29.3	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	7.0	11.7	1	0.46	0.81	115	0.35	2.2	41.0	61.5	10.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	22.0	27.5	4	0.93	0.83	177	0.85	6.4	215.8	323.7	66.0	24	34	26	23	21	30	28	--	--	--	36.7	55.0	66.0	--	
7.60	24.0	20.0	4	0.94	0.85	183	0.89	6.6	218.1	327.1	72.0	27	34	26	23	22	30	28	--	--	--	40.0	60.0	72.0	--	
7.80	8.0	10.0	2	0.86	0.87	121	0.40	2.4	215.1	322.7	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	19.0	26.0	2	0.99	0.89	168	0.78	5.3	242.8	364.2	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	28.0	59.6	3	0.87	0.91	194	--	--	--	--	--	31	35	27	24	22	30	28	--	--	--	46.7	70.0	84.0	--	
8.40	24.0	40.0	3	0.86	0.92	183	--	--	--	--	--	25	34	26	23	21	29	28	--	--	--	40.0	60.0	72.0	--	
8.60	20.0	18.7	4	0.93	0.94	171	0.80	5.1	258.9	388.4	60.0	18	33	25	22	20	28	27	--	--	--	33.3	50.0	60.0	--	
8.80	26.0	49.1	3	0.87	0.96	189	--	--	--	--	--	27	34	26	23	22	30	28	--	--	--	43.3	65.0	78.0	--	
9.00	20.0	33.3	4	0.93	0.98	171	0.80	4.9	270.7	406.0	60.0	17	33	25	21	20	28	27	--	--	--	33.3	50.0	60.0	--	
9.20	18.0	38.3	4	0.91	1.00	164	0.75	4.4	278.0	417.0	56.2	13	33	24	21	20	27	27	--	--	--	30.0	45.0	54.0	--	
9.40	31.0	51.7	3	0.88	1.01	202	--	--	--	--	--	31	35	27	24	22	30	29	--	--	--	51.7	77.5	93.0	--	
9.60	33.0	35.5	3	0.88	1.03	207	--	--	--	--	--	33	35	27	24	22	31	29	--	--	--	55.0	82.5	99.0	--	
9.80	21.0	35.0	3	0.85	1.05	174	--	--	--	--	--	17	33	25	21	20	28	27	--	--	--	35.0	52.5	63.0	--	
10.00	11.0	18.3	2	0.91	1.07	137	0.54	2.7	278.4	417.7	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.20	10.0	21.3	2	0.90	1.08	132	0.50	2.4	268.7	403.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	4.0	20.0	2	0.78	1.10	93	0.20	0.7	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	4.0	20.0	2	0.78	1.12	93	0.20	0.7	120.0	180.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.80	4.0	14.8	1	0.46	1.12	93	0.20	0.7	26.0	39.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.00	5.0	25.0	2	0.80	1.14	101	0.25	0.9	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.20	5.0	25.0	2	0.80	1.16	101	0.25	0.9	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.40	5.0	18.5	2	0.80	1.17	101	0.25	0.9	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**

riferimento

certificato n°

**PS.6****220927A**

CPT100/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **27/09/2022**Pagina: **1**Data certificato: **30/09/2022**

Elaborato:

Falda: **-2.12 m** da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00			15.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
0.40	49.0	63.0	0	49.0	0.93	53	1.9	15.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
0.60	53.0	79.0	0	53.0	1.73	31	3.3	15.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
0.80	51.0	77.0	0	51.0	1.73	29	3.4	15.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
<b>1.00</b>	40.0	66.0	0	40.0	1.73	23	4.3	<b>16.00</b>	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
1.20	32.0	54.0	0	32.0	1.47	22	4.6	16.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
1.40	28.0	62.0	0	28.0	2.27	12	8.1	16.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0
1.60	22.0	56.0	0	22.0	2.27	10	10.3	16.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
1.80	20.0	55.0	0	20.0	2.33	9	11.7	16.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
<b>2.00</b>	16.0	48.0	0	16.0	2.13	8	13.3	<b>17.00</b>	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.20	15.0	39.0	0	15.0	1.60	9	10.7	17.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.40	13.0	35.0	0	13.0	1.47	9	11.3	17.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.60	13.0	33.0	0	13.0	1.33	10	10.2	17.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
2.80	12.0	31.0	0	12.0	1.27	9	10.6	17.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
<b>3.00</b>	11.0	21.0	0	11.0	0.67	16	6.1	<b>18.00</b>	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
3.20	12.0	22.0	0	12.0	0.67	18	5.6	18.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
3.40	15.0	26.0	0	15.0	0.73	21	4.9	18.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
3.60	17.0	28.0	0	17.0	0.73	23	4.3	18.60	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
3.80	19.0	32.0	0	19.0	0.87	22	4.6	18.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
<b>4.00</b>	18.0	32.0	0	18.0	0.93	19	5.2	<b>19.00</b>	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
4.20	15.0	27.0	0	15.0	0.80	19	5.3	19.20	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
4.40	10.0	19.0	0	10.0	0.60	17	6.0	19.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4
4.60	9.0	17.0	0	9.0	0.53	17	5.9	19.60	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
4.80	9.0	15.0	0	9.0	0.40	23	4.4	19.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
<b>5.00</b>	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0	<b>20.00</b>	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
5.20	9.0	15.0	0	9.0	0.40	23	4.4	20.20	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7
5.40	9.0	14.0	0	9.0	0.33	27	3.7	20.40	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6
5.60	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7	20.60	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
5.80	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5	20.80	6.0	12.0	0	6.0	0.40	15	6.7
<b>6.00</b>	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5	<b>21.00</b>	7.0	13.0	0	7.0	0.40	18	5.7
6.20	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6	21.20	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1
6.40	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5	21.40	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5
6.60	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6	21.60	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1
6.80	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4	21.80	9.0	16.0	0	9.0	0.47	19	5.2
<b>7.00</b>	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4	<b>22.00</b>	9.0	16.0	0	9.0	0.47	19	5.2
7.20	6.0	11.0	0	6.0	0.33	18	5.5	22.20	8.0	15.0	0	8.0	0.47	17	5.9
7.40	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4	22.40	8.0	15.0	0	8.0	0.47	17	5.9
7.60	8.0	12.0	0	8.0	0.27	30	3.4	22.60	9.0	15.0	0	9.0	0.40	23	4.4
7.80	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1	22.80	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0
<b>8.00</b>	7.0	13.0	0	7.0	0.40	18	5.7	<b>23.00</b>	8.0	14.0	0	8.0	0.40	20	5.0
8.20	7.0	12.0	0	7.0	0.33	21	4.7	23.20	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0
8.40	7.0	13.0	0	7.0	0.40	18	5.7	23.40	11.0	19.0	0	11.0	0.53	21	4.8
8.60	8.0	13.0	0	8.0	0.33	24	4.1	23.60	17.0	26.0	0	17.0	0.60	28	3.5
8.80	5.0	10.0	0	5.0	0.33	15	6.6	23.80	19.0	36.0	0	19.0	1.13	17	5.9
<b>9.00</b>	5.0	9.0	0	5.0	0.27	19	5.4	<b>24.00</b>	41.0	83.0	0	41.0	2.80	15	6.8
9.20	6.0	9.0	0	6.0	0.20	30	3.3	24.20	26.0	55.0	0	26.0	1.93	13	7.4
9.40	12.0	20.0	0	12.0	0.53	23	4.4	24.40	31.0	69.0	0	31.0	2.53	12	8.2
9.60	16.0	28.0	0	16.0	0.80	20	5.0	24.60	36.0	60.0	0	36.0	1.60	23	4.4
9.80	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0	24.80	26.0	55.0	0	26.0	1.93	13	7.4
<b>10.00</b>	5.0	8.0	0	5.0	0.20	25	4.0	<b>25.00</b>	34.0	59.0	0	34.0	1.67	20	4.9
10.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0	25.20	38.0	62.0	0	38.0	1.60	24	4.2
10.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0	25.40	30.0	54.0	0	30.0	1.60	19	5.3
10.60	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7	25.60	18.0	39.0	0	18.0	1.40	13	7.8
10.80	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7	25.80	32.0	47.0	0	32.0	1.00	32	3.1
<b>11.00</b>	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7	<b>26.00</b>	26.0	50.0	0	26.0	1.60	16	6.2
11.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0	26.20	83.0	101.0	0	83.0	1.20	69	1.4
11.40	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0	26.40	50.0	89.0	0	50.0	2.60	19	5.2
11.60	3.0	6.0	0	3.0	0.20	15	6.7	26.60	13.0	32.0	0	13.0	1.27	10	9.8
11.80	3.0	7.0	0	3.0	0.27	11	9.0	26.80	12.0	21.0	0	12.0	0.60	20	5.0
<b>12.00</b>	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0	<b>27.00</b>	40.0	62.0	0	40.0	1.47	27	3.7
12.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
12.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
<b>13.00</b>	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
13.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
13.40	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.60	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
13.80	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
<b>14.00</b>	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.20	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.40	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.60	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								
14.80	4.0	8.0	0	4.0	0.27	15	6.8								
<b>15.00</b>	4.0	7.0	0	4.0	0.20	20	5.0								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA****CPT**

riferimento

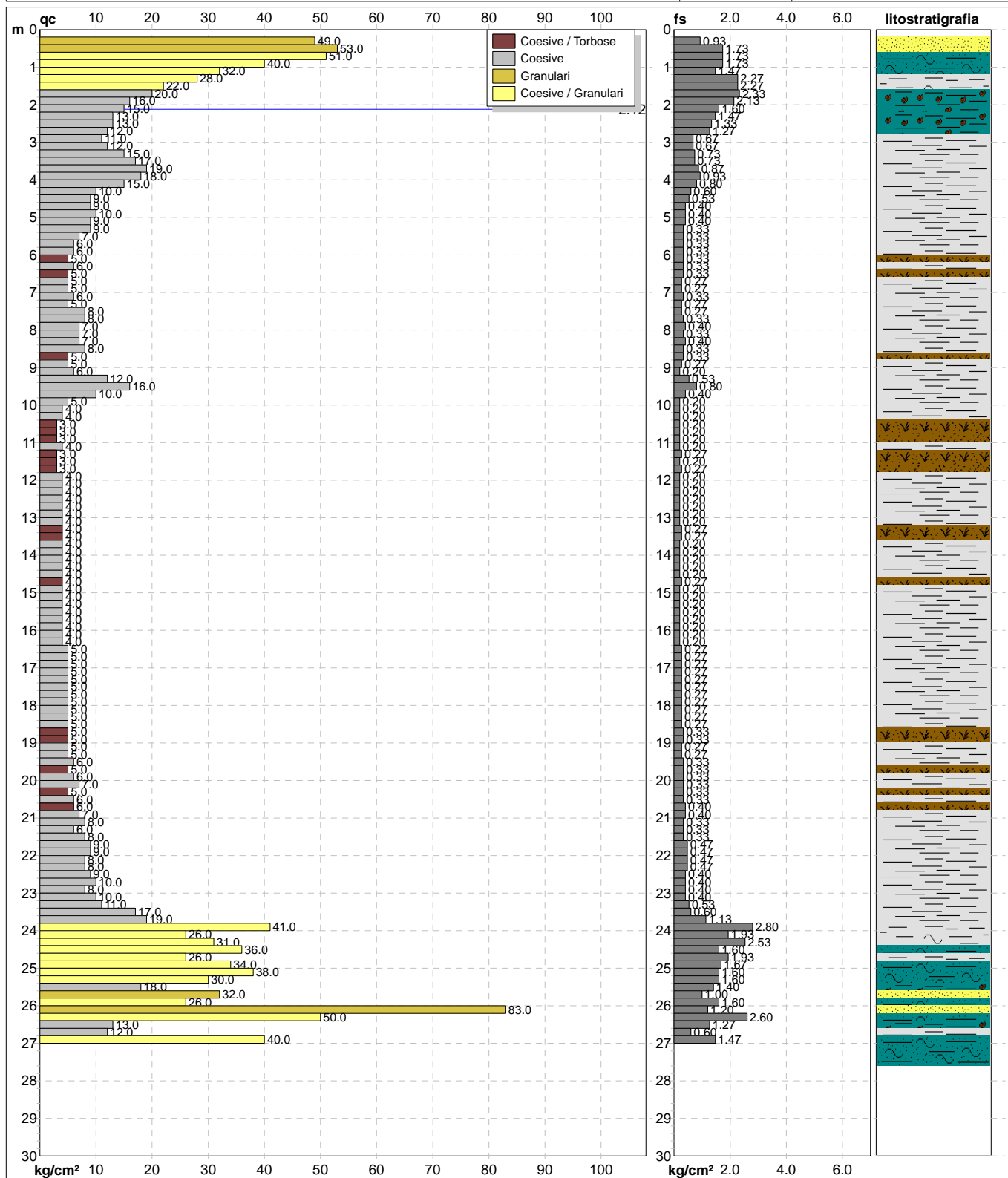
certificato n°

**PS.6****220927A**

CPT100/22

Committente: **SADIEMA srl**Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **27/09/2022**Data certificato: **30/09/2022**Quota inizio: **piano campagna**Falda: **-2.12 m** da quota inizioLitologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**Penetrometro: **TG63-200**Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kg/ml**Cod.ISTAT: **050031**

Cod. punta:

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

referimento

certificato n°

**PS.6**

**220927A**

CPT100/22

Committente: **SADIEMA srl**

Cantiere: **Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella**

Località: **Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:150**

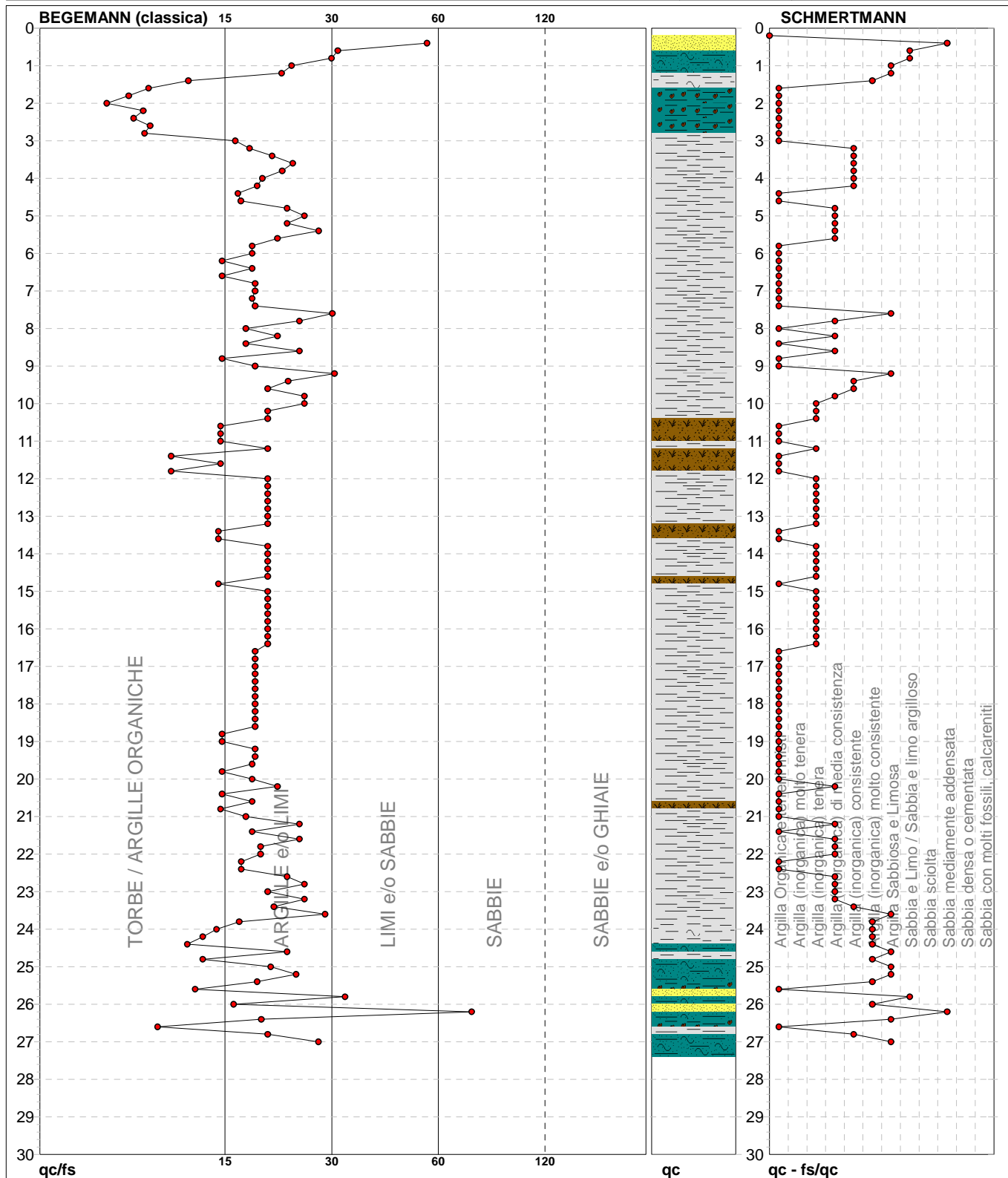
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **27/09/2022**

Data certificato: **30/09/2022**

Falda: **-2.12 m** da quota inizio



Torbe / Argille org. :	40 punti, 26.85%	Argilla Organica e terreni misti:	59 punti, 39.60%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 6.71%
Argille e/o Limi :	106 punti, 71.14%	Argilla (inorganica) tenera:	24 punti, 16.11%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 2.01%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 2.01%	Argilla (inorganica) media consist.:	18 punti, 12.08%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1.34%
Sabbie:	1 punti, 0.67%	Argilla (inorganica) consistente:	10 punti, 6.71%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	8 punti, 5.37%		

nota: Falda rilevata in foro

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON032

<b>CPT</b>	<b>PS.6</b>
riferimento	<b>220927A</b>
<b>certificato n°</b>	CPT100/22

U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 27/09/2022
	Data certificato: 30/09/2022
Pagina: 1	
Elaborato:	Falda: -2.12 m da quota inizio

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 F0N032

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	PS.6
	riferimento	220927A
	certificato n°	CPT100/22

Committente: SADIEMA srl	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 27/09/2022
Cantiere: Indagini geognostiche x Geol. L. Mannella	Pagina: 2	Data certificato: 30/09/2022
Località: Ghezzano - San Giuliano Terme (PI)	Elaborato:	Falda: -2.12 m da quota inizio

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	øSc (°)	øCa (°)	øKo (°)	øDB (°)	øDM (°)	øMe (°)							
20.00	6.0	18.2	2	0.82	1.83	109	0.30	0.7	180.0	270.0	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.20	7.0	21.2	2	0.84	1.85	115	0.35	0.8	210.0	315.0	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.40	5.0	15.2	2	0.80	1.87	101	0.25	0.5	150.0	225.0	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.60	6.0	18.2	2	0.82	1.88	109	0.30	0.6	180.0	270.0	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.80	6.0	15.0	1	0.46	1.89	109	0.30	0.6	39.0	58.5	9.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.00	7.0	17.5	2	0.84	1.91	115	0.35	0.8	210.0	315.0	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.20	8.0	24.2	2	0.86	1.93	121	0.40	0.9	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.40	6.0	18.2	2	0.82	1.94	109	0.30	0.6	180.0	270.0	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.60	8.0	24.2	2	0.86	1.96	121	0.40	0.9	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.80	9.0	19.1	2	0.88	1.98	127	0.45	1.0	270.0	405.0	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.00	9.0	19.1	2	0.88	2.00	127	0.45	1.0	270.0	405.0	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.20	8.0	17.0	2	0.86	2.01	121	0.40	0.8	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.40	8.0	17.0	2	0.86	2.03	121	0.40	0.8	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.60	9.0	22.5	2	0.88	2.05	127	0.45	0.9	270.0	405.0	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.80	10.0	25.0	2	0.90	2.07	132	0.50	1.1	299.1	448.6	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.00	8.0	20.0	2	0.86	2.08	121	0.40	0.8	240.0	360.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.20	10.0	25.0	2	0.90	2.10	132	0.50	1.0	299.4	449.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.40	11.0	20.8	2	0.91	2.12	137	0.54	1.1	320.0	480.0	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.60	17.0	28.3	2	0.97	2.14	161	0.72	1.6	418.4	627.6	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.80	19.0	16.8	2	0.99	2.16	168	0.78	1.7	444.1	666.1	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.00	41.0	14.6	4	1.00	2.18	224	1.37	3.5	614.2	921.3	123.0	22	34	24	21	20	28	30	--	--	68.3	102.5	123.0	--	
24.20	26.0	13.5	4	0.95	2.20	189	0.93	2.1	512.9	769.3	78.0	6	32	22	19	18	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0	--	
24.40	31.0	12.3	4	0.97	2.22	202	1.03	2.4	553.2	829.8	93.0	12	33	23	20	18	26	29	--	--	51.7	77.5	93.0	--	
24.60	36.0	22.5	4	0.99	2.24	214	1.20	2.9	602.9	904.4	108.0	17	33	24	20	19	27	30	--	--	60.0	90.0	108.0	--	
24.80	26.0	13.5	4	0.95	2.26	189	0.93	2.1	516.4	774.6	78.0	6	32	22	19	18	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0	--	
25.00	34.0	20.4	4	0.98	2.27	209	1.13	2.6	590.7	886.1	102.0	15	33	23	20	19	26	29	--	--	56.7	85.0	102.0	--	
25.20	38.0	23.8	4	0.99	2.29	218	1.27	3.0	626.2	939.2	114.0	18	33	24	20	19	27	30	--	--	63.3	95.0	114.0	--	
25.40	30.0	18.8	4	0.96	2.31	199	1.00	2.2	548.8	823.2	90.0	10	32	23	19	18	26	29	--	--	50.0	75.0	90.0	--	
25.60	18.0	12.9	2	0.98	2.33	164	0.75	1.5	436.9	655.4	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.80	32.0	32.0	3	0.88	2.35	204	--	--	--	--	--	12	33	23	19	18	26	29	--	--	53.3	80.0	96.0	--	
26.00	26.0	16.3	4	0.95	2.37	189	0.93	1.9	522.6	783.9	78.0	5	32	22	18	17	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0	--	
26.20	83.0	69.2	3	0.97	2.39	293	--	--	--	--	--	44	37	27	24	23	31	33	--	--	138.3	207.5	249.0	--	
26.40	50.0	19.2	4	1.01	2.41	242	1.67	4.0	673.7	1010.5	150.0	27	34	25	22	20	28	31	--	--	83.3	125.0	150.0	--	
26.60	13.0	10.2	2	0.93	2.43	145	0.60	1.1	361.0	541.5	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.80	12.0	20.0	2	0.92	2.45	141	0.57	1.0	342.6	513.8	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.00	40.0	27.2	4	1.00	2.47	222	1.33	2.9	667.2	1000.8	120.0	18	33	24	20	19	27	30	--	--	66.7	100.0	120.0	--	



## INDAGINE SISMICA M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Via Puccini, loc. Ghezzano - Comune di San Giuliano Terme (PI)



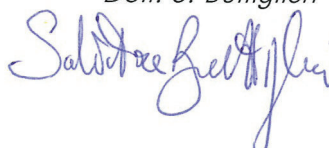
Committente: GEOPIU' Studio di Geologia - Dott. Geol. Lorenzo Mannella

### RELAZIONE TECNICA

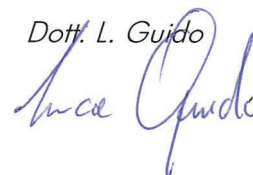
Ottobre 2013

**S.I.S.M.A. geo**  
**PROSPEZIONI SISMICHE**  
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa  
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri



Dott. L. Guido



## Indice

1 – PREMESSA .....	2
2 - INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	2
2.1 – Indagine sismica M.A.S.W. ....	2
2.2 - Caratteristiche della strumentazione .....	5
3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI .....	7
4 - VELOCITÀ $V_{s30}$ (D.M. 14/01/2008) .....	9



## 1 – PREMESSA

Su incarico del Dott. Geol. Lorenzo Mannella, in data 27/09/2013, in via Puccini loc. Ghezzano nel Comune di San Giuliano Terme (PI), è stata eseguita un'indagine geofisica mediante l'esecuzione di un profilo sismico con metodologia M.A.S.W..

Lo scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ( $V_s$ - $z$ ).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitospecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

Nelle Figg. 1a e 1b seguenti si riporta l'ubicazione della prospezione M.A.S.W. eseguita.

## 2 - INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

### 2.1 – Indagine sismica M.A.S.W.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



Fig. 1a

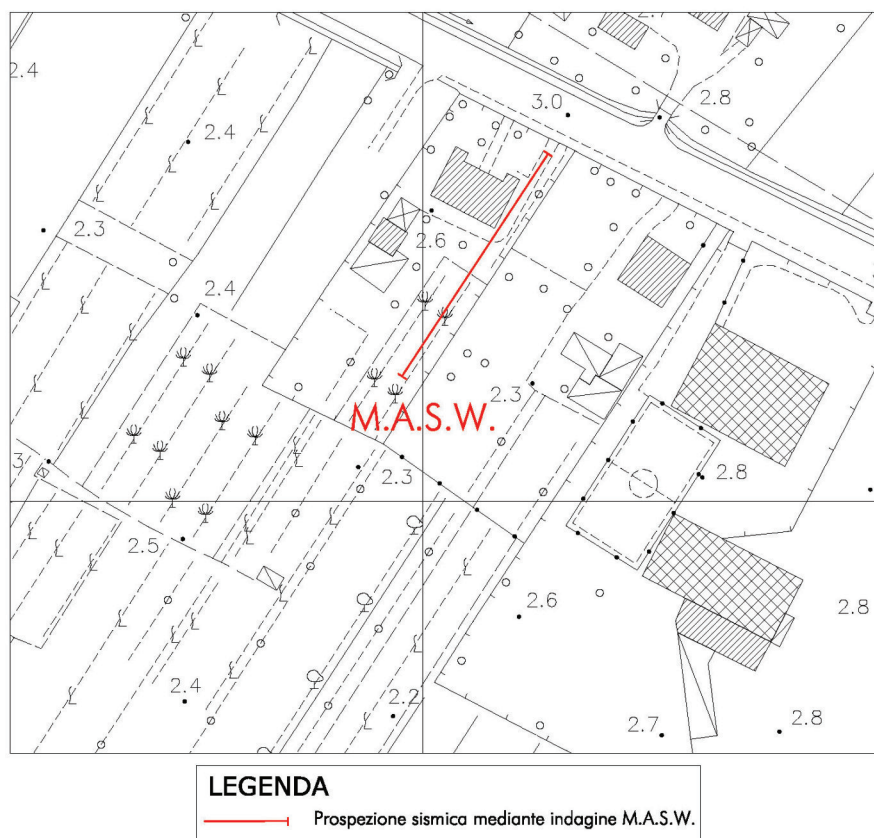


Fig. 1b

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine M.A.S.W. si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10 Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidezza del suolo.

In questa indagine faremo riferimento al metodo M.A.S.W. attivo, che consente la classificazione sismica dei suoli in quanto fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità.

Il metodo M.A.S.W. consiste in tre fasi (Roma, 2002): nella prima fase si calcola la velocità di fase o curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) apparente sperimentale; nella seconda fase si calcola la velocità di fase apparente numerica; nella terza ed ultima fase si individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  degli strati che costituiscono il modello del suolo.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Nella procedura manuale si modificano opportunamente gli spessori  $h$  e le velocità delle onde di taglio  $V_s$  assegnando anche il coefficiente di Poisson  $\nu$  fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale (o curva di dispersione sperimentale) e la velocità di fase numerica (o curva di dispersione numerica) corrispondente al modello di suolo assegnato.

Nella procedura automatica (Roma, 2002, Roma, 2001, Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuare la categoria sismica di sottosuolo. A tale proposito si ricorda quanto sia necessario avere a disposizione anche altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo, prima di poter procedere alla classificazione sismica dello stesso.

## 2.2 - Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca M.A.E. srl, modello SYSMATRACK (vedi foto seguente), sistema multicanale (12/24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit.

Sul pannello frontale trovano posto i due connettori 24 poli per i cavi sismici da 12 canali ciascuno, il connettore per lo starter, l'alimentazione esterna 12V e l'interfaccia USB per collegare il notebook necessario alla gestione della strumentazione.

Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 14Hz, posto in prossimità della piastra posizionata alla distanza di 5 m dal primo geofono.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita secondo un array lineare da 24 geofoni di lunghezza di 57,5 m con spaziatura intergeofonica pari a 2,5 m (vedi foto seguenti).





Stendimento geofoni

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit. Nell'esecuzione della prova M.A.S.W. attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posto, come prima accennato, ad una distanza di 4 m circa dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an M.A.S.W. Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).



Sismografo

Sistema di battitura - Trigger

#### **Caratteristiche tecniche:**

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Risoluzione: 24 bit</li> <li>- Numero canali: 24</li> <li>- Campioni per canale : 20.000</li> <li>- Campionamento : da 80 a 13.500 c/s</li> <li>- Analisi del rumore ambientale pre-acquisizione</li> <li>- Test geofoni automatico</li> <li>- Funzioni Trigger e Pre-Trigger</li> <li>- Filtri settabili da software</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentazione: power box esterno 12V</li> <li>- Valigia in copolimeri di polypropylene</li> <li>- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C</li> <li>- Interfaccia USB su pannello interno</li> <li>- Connettore per cavo sismico 1-12</li> <li>- Connettore per cavo sismico 13-24</li> <li>- Dimensioni: 30 x 22,5 x 13,2 cm.</li> </ul> |
|---|--|

Di seguito si riportano alcuni stralci dell'elaborazione.

### 3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (winM.A.S.W. PRO).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

#### Elaborazione M.A.S.W.

L'analisi M.A.S.W., come accennato in precedenza, può essere ricondotta in tre fasi:

- Prima fase: trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  - numero d'onda  $K$ ;
- Seconda fase: individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  (m/sec) - frequenza (Hz) - (Fig. 2).

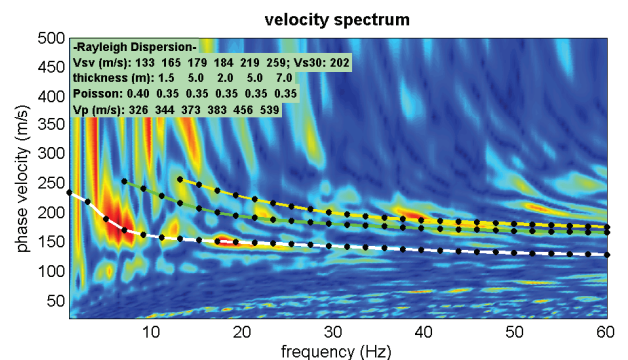
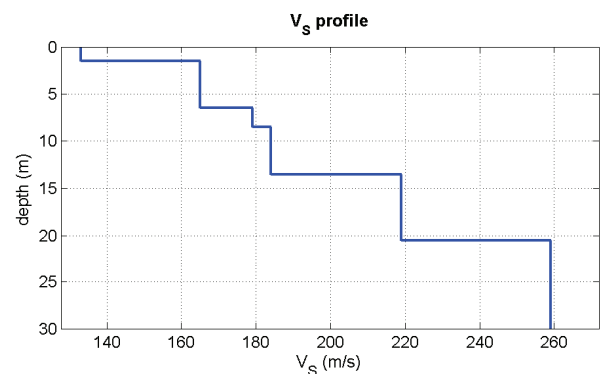
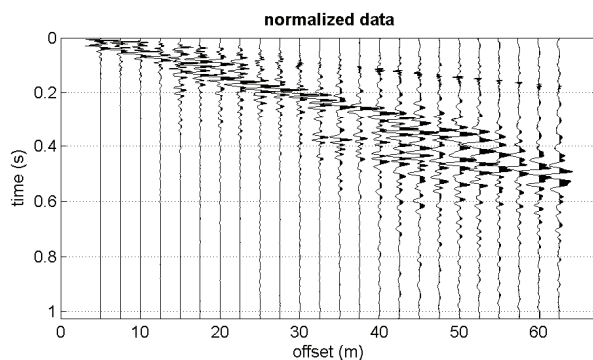


Fig. 2

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  (Fig. 3).

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i principali parametri desunti dall'indagine effettuata.

SISMOSTRATO N.	PROFONDITA' DELLA BASE (m)	SPESSORE DELLO STRATO (m)				Vs (m/sec)
1	1.5	1.5				133
2	6.5	5.0				165
3	8.5	2.0				179
4	13.5	5.0				184
5	20.5	7.0				219
6						259
MEAN MODEL						
Approximate values for Vp, density, Shear modulus						
Sismostrato n.	1	2	3	4	5	6
Vp (m/s)	326	344	373	383	456	539
Density (gr/cmc)	1.78	1.80	1.82	1.82	1.86	1.90
Shear modulus (MPa)	32	49	58	62	89	128

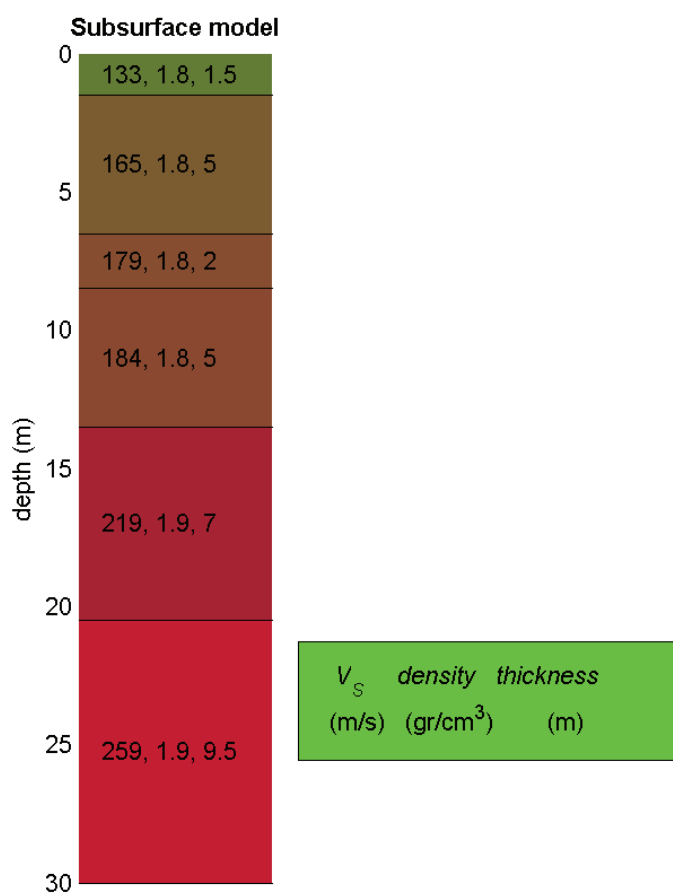


Fig. 3



#### 4 - VELOCITÀ $V_{s30}$ (D.M. 14/01/2008)

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente è possibile calcolare il valore delle  $V_{s30}$ , che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E più altri due speciali: S1 e S2), da individuare attraverso la stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio, ovvero sul numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, ovvero sulla coesione non drenata media  $C_u$ .

Dal punto di vista strettamente normativo si fa riferimento al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche).

In base alle grandezze sopra definite, la normativa identifica le seguenti Categorie di Sottosuolo:

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt, 30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u, 30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt, 30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < C_{u, 30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt, 30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u, 30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fine)
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 \text{ kPa} < C_{u, 30} < 20 \text{ kPa}$ ), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.II (NTC) – Categorie di sottosuolo

In base ai risultati dell'indagine sismica eseguita è stato calcolato il parametro Vs30 attraverso la seguente formula (D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"):

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

Il valore medio di Vs30 calcolato è di **202 m/sec.**

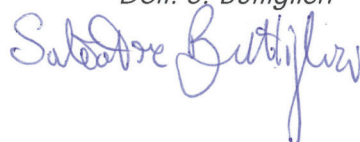
Tale parametro dovrà essere accuratamente definito oltre che sulla base dei dati contenuti nel presente rapporto, sulla scorta di ulteriori informazioni, ed in particolare delle caratteristiche geometriche delle opere di fondazione in progetto, così da potere determinare l'effettiva categoria di sottosuolo. Si ricordi inoltre quanto già è stato sottolineato in precedenza riguardo alla necessità di avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo prima di poter procedere alla classificazione sismica nel caso si sospetti la presenza di suoli di tipo S1 o S2.

Concludendo si ribadisce che i modelli ottenuti dai risultati geofisici non invasivi, in generale, sono utilizzabili ai fini di valutazioni semiquantitative della risposta sismica locale e devono essere accertati mediante indagini dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico; infatti, le indagini geofisiche non invasive devono considerarsi conoscitive e non esaustive per la definizione della reale situazione litostratigrafica del sottosuolo. In ragione di ciò, la S.I.S.M.A. geo declina ogni responsabilità relativamente alle attività che si basano esclusivamente sui risultati geofisici e poste in essere dal committente o da terzi incaricati sui luoghi oggetto dell'indagine.

Pisa, ottobre 2013

S.I.S.M.A. geo  
**PROSPEZIONI SISMICHE**  
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa  
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri



Dott. L. Guido

