



dr. GIUSEPPE CAPPARELLI
G E O L O G O

Via Aretina n° 267 - 50136 Firenze
☎ +39 055.38.40.639 - 📠 335.83.82.541
Email: geo.capparelli@tiscali.it



TAVARNELLE VAL DI PESA

Provincia di Firenze

VARIANTE AL PIANO ATTUATIVO

“Aree di nuovo impianto NI n° 7 - Via Spicciano”
Art. 99 N.T.A.

RELAZIONE
FATTIBILITA' GEOLOGICA

ai sensi

D.P.G.R. 58/R/2011

Richiedente

Cocchini Costruzioni SRL

Novembre 2018

SOMMARIO

1. FINALITA' DEL LAVORO	Pag. 3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
4. CLASSIFICAZIONE AI SENSI S.U. VIGENTE E VINCOLI SOVRAORDINATI.....	7
4.1 - Strumento Urbanistico Comunale	7
4.2 - Vincolo Idrogeologico	11
4.3 - Piano di Bacino del F. Arno	12
4.4 - P.G.R.A.	13
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	14
5.1 - Analisi degli aspetti morfologici e morfodinamici	14
5.2 - Inquadramento geologico	15
5.3 - Litostratigrafia locale	18
6. IDROGRAFIA E ASPETTI IDROGEOLOGICI	20
6.1 - Circolazione idrica superficiale	20
6.2 - Circolazione idrica sotterranea	20
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	21
8. MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	29
9. ASPETTI SISMICI	32
9.1 - Sismicità storica	32
9.2 - Classificazione sismica	33
9.3 - Pericolosità sismica di base	33
9.4 - Pericolosità sismica locale	35
9.5 - Spettri di risposta elastici in accelerazione	36
9.6 - Fenomeni di liquefazione e deformazioni superficiali	38
10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA'	39
10.1 - Pericolosità geologica	39
10.2 - Pericolosità idraulica	41
10.3 - Pericolosità sismica locale	43
11. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA'	45
12. FATTIBILITA' IN RELAZIONE AL VINCOLO IDROGEOLOGICO	51

APPENDICE

- Stratigrafia sondaggio geognostico
- Certificati prove penetrometriche CPT/DPSH

ALLEGATI

- Relazione sulle indagini sismiche (2012-2018)

1. FINALITA' DEL LAVORO

Nel presente rapporto sono riassunti i risultati di un'indagine geologica di fattibilità a supporto della Variante al Piano Attuativo riguardante un comparto edificatorio denominato “Aree di nuovo impianto NI n° 7 - Via Spicciano”, approvato con Delibera del Consiglio Comunale n° 10 del 28/03/2013 (BURT n° 16 del 17/04/2013).

La presente variante prevede esclusivamente la modifica dell'area edificabile e di quella a verde privato, rimanendo invariate le aree da destinare a viabilità, verde e parcheggi pubblici.

Nella fattispecie, la nuova edificazione consiste nella realizzazione di n° 3 unità abitative posizionate presumibilmente come riportato in Fig. 1, con sagome variabili, rispettando comunque i parametri già presenti nella scheda di Piano Attuativo.



Fig. 1

In questa sede lo studio è finalizzato alla valutazione della Fattibilità dei previsti interventi in relazione agli aspetti di pericolosità geologica, idraulica e sismica del sito sulla base dei criteri indicati nel §.4 del D.P.G.R. 53/R/2011 (Direttive per la formazione dei Piani Complessi di Intervento e dei Piani Attuativi) dell'Allegato A (Direttive per le indagini geologiche).

In particolare, tenendo conto degli indirizzi e dei contenuti di cui alle normative nazionali e regionali, sono stati aggiornati alcuni elaborati cartografici redatti nel 2012 a corredo del Piano Attuativo ed approfondite le problematiche evidenziate a livello di Strumento Urbanistico.

A tal fine, il lavoro è stato così articolato:

- *acquisizione degli elementi di classificazione dell'area negli atti di pianificazione territoriale provinciale, regionale e nel vigente strumento urbanistico comunale. Disamina delle salvaguardie sovracomunali e normativa correlata al rischio idrogeologico e idraulico e relative perimetrazioni di pericolosità contenute negli atti promulgati dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno;*
- *studio geomorfologico, geologico, idrogeologico e litotecnico di dettaglio; caratterizzazione geotecnica dei terreni;*
- *analisi e modellazione sismica del sito;*
- *Definizione del livello di pericolosità geologica, idraulica e sismica del comparto ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011;*
- *valutazione dell'interazione opere/terreno e delle interferenze con il regime idraulico-idrogeologico; sintesi finale con attribuzione delle classi di fattibilità per gli interventi previsti in relazione alle condizioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica;*
- *indicazione di eventuali condizioni prescrittive con l'individuazione delle tipologie d'opera a supporto della realizzazione degli interventi previsti;*
- *considerazioni sulla fattibilità delle opere oggetto di variante al piano attuativo in relazione al Vincolo Idrogeologico.*

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Legislazione Nazionale

R.D. 3267/1923: *Legislazione in materia di boschi e territori montani.*

D.P.C.M. 226/1999: *Approvazione del Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico del Bacino del F. Arno.*

D.P.C.M. 6/05/2005: *Approvazione del Piano di Bacino del F. Arno, Assetto Idrogeologico.*

D.L. 152/2006 e s.m.i.: *Norme in materia ambientale.*

O.P.C.M. 3519/2006: *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone.*

D.M. 14/01/2008: *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC_08)*

Del. C.S.LL.PP. 617/2009: *Istruzione per l'applicazione delle NTC_08.*

D.P.R. 120/2017: *Regolamento disciplina gestione terre e rocce di scavo.*

D.M. 17/01/2018: *Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.*

Legislazione Regionale

D.P.G.R. 48/R/2003: *Regolamento Forestale della Toscana.*

D.G.R.T. 431/2006: *Riclassificazione sismica del territorio regionale.*

D.P.G.R. 36/R/2009: *Regolamento di attuazione dell'art. 117, c. 1 e 2 L.R. 1/2005.*

D.P.G.R. 53/R/2011: *Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005.*

D.P.G.R. 58/R/2012: *Regolamento di attuazione dell'art. 117, c.2, lett g) L.R. 1/2005.*

L.R. 21/2012: *Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua.*

D.C.P. 01/2013: *Procedimento di revisione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.*

L.R. 65/2014 e s.m.i.: *Norme per il governo del territorio.*

D.C.R.T. 37/2015: *Approvazione del Piano di Indirizzo Territoriale della Toscana (PIT) con valenza di Piano Paesaggistico.*

D.C.I. 235/2016: *Approvazione Piano Gestione Rischio Alluvioni del Bacino F. Arno.*

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di studio si colloca nel settore SE dell'abitato di Tavarnelle Val di Pesa, in fregio a Via di Spicciano, su un ripiano sommitale che digrada ad W-SW verso il Borro di Migliorini (Fig. 2).



Fig. 2¹

Dal punto di vista fisiografico il sito è parte dell'unità territoriale che si estende lungo il crinale che segna la linea di spartiacque tra i bacini idrografici del *Borro di Migliorini* ad W e del *Borro di Spicciano* ad E.

Al Catasto Terreni del Comune di Tavarnelle Val di Pesa il comparto in esame è identificato nel Foglio di Mappa n° 44 dalle particelle nn° 517-518.

¹ Foto aerea estratta da Bing Map

4. CLASSIFICAZIONE AI SENSI S.U. VIGENTE E VINCOLI SOVRAORDINATI

L'attuale previsione urbanistica codificata nel vigente Regolamento Urbanistico individua il comparto in esame quale "Area di nuovo impianto NI 7 - Via di Spicciano" (art. 99 N.T.A.) con destinazione ed interventi di edilizia residenziale e opere di urbanizzazione (aree a verde pubblico e privato, nuova viabilità e parcheggi pubblici).

4.1. Strumento urbanistico comunale

Il primo approccio conoscitivo dei caratteri idro-geo-morfologici, geotecnici e sismici del sito di interesse si è basato sui dati delle indagini effettuate a supporto del PS/RU e del nuovo Piano Operativo attualmente in adozione.

Nella "Carta della Pericolosità Geologica" (Fig. 3) la quasi totalità del comparto ricade in classe di **pericolosità G.2 (media)**; viene invece attribuita la classe di **pericolosità G.3 (elevata)** ad una stretta fascia di terreno posta lungo il perimetro W del comparto, prossima ad una corona di frana quiescente.

Nella "Carta della Pericolosità Idraulica" (Fig. 4) l'area del comparto in esame non risulta essere interessata da nessuna delle condizioni di pericolosità.

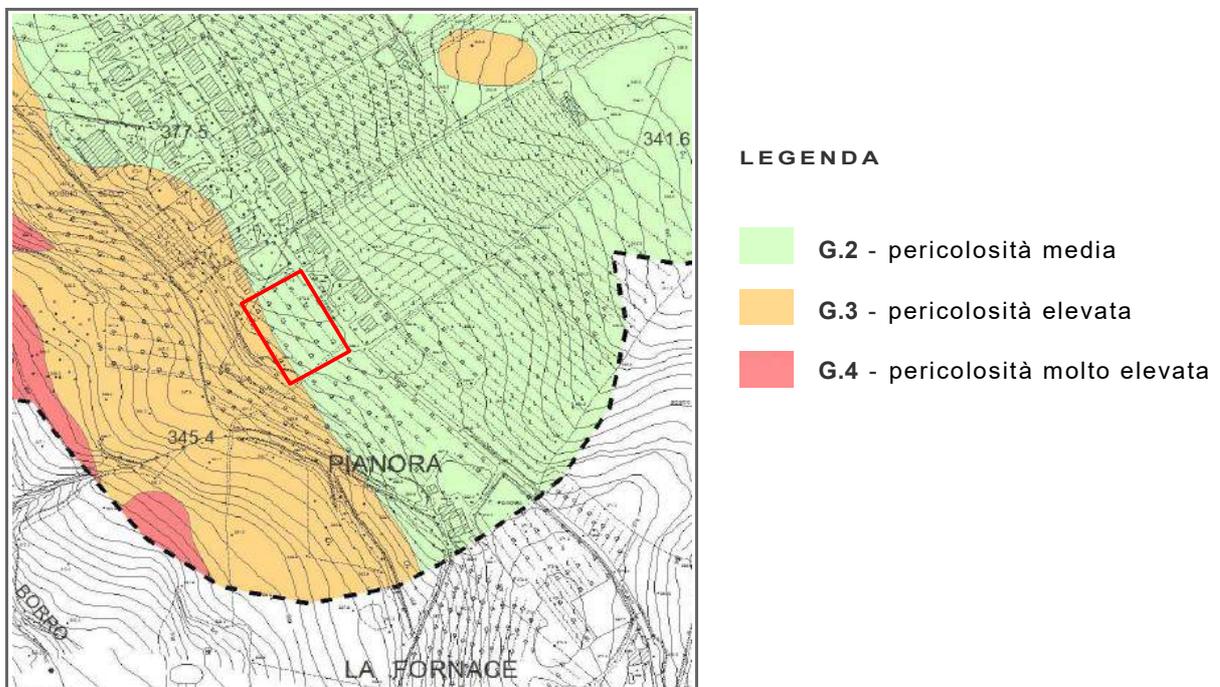


Fig. 3 - Carta della Pericolosità Geologica¹

¹ Estratto da Carta Pericolosità Geologica a supporto del Piano Operativo 2018 (scala 1:5.000)

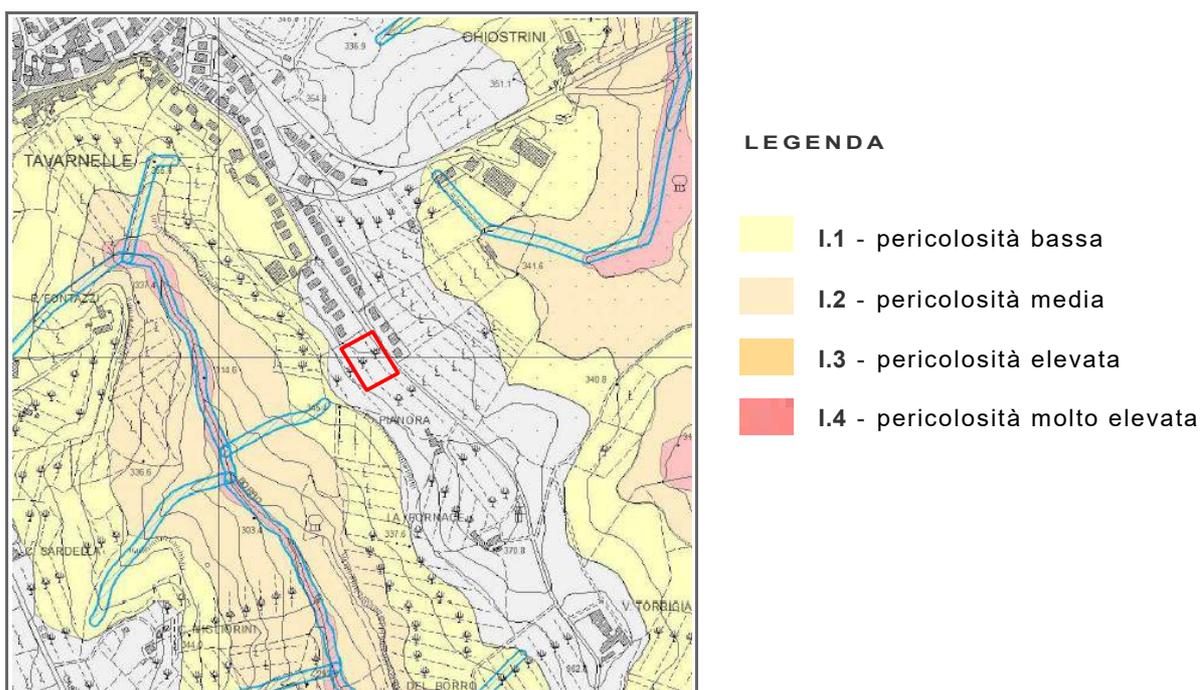


Fig. 4 - Carta della Pericolosità Idraulica¹

Nella “Carta della Pericolosità Sismica Locale” (Fig. 5) l'area del comparto ricade totalmente in classe di **pericolosità S.3 (elevata)**.

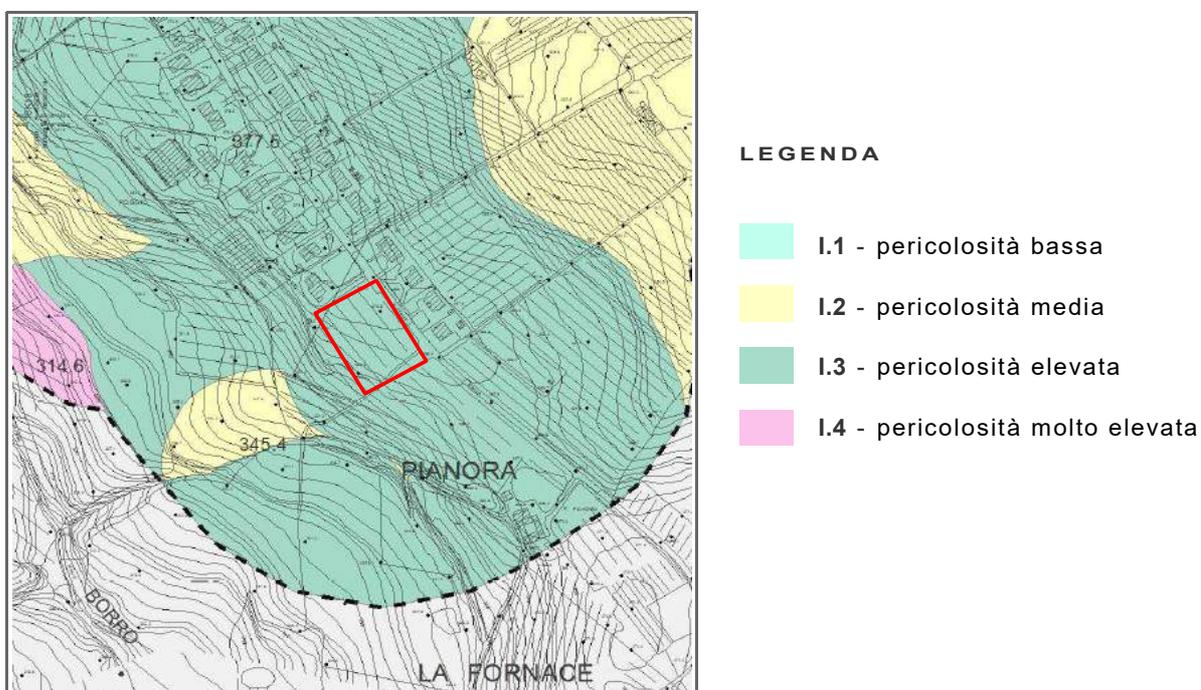


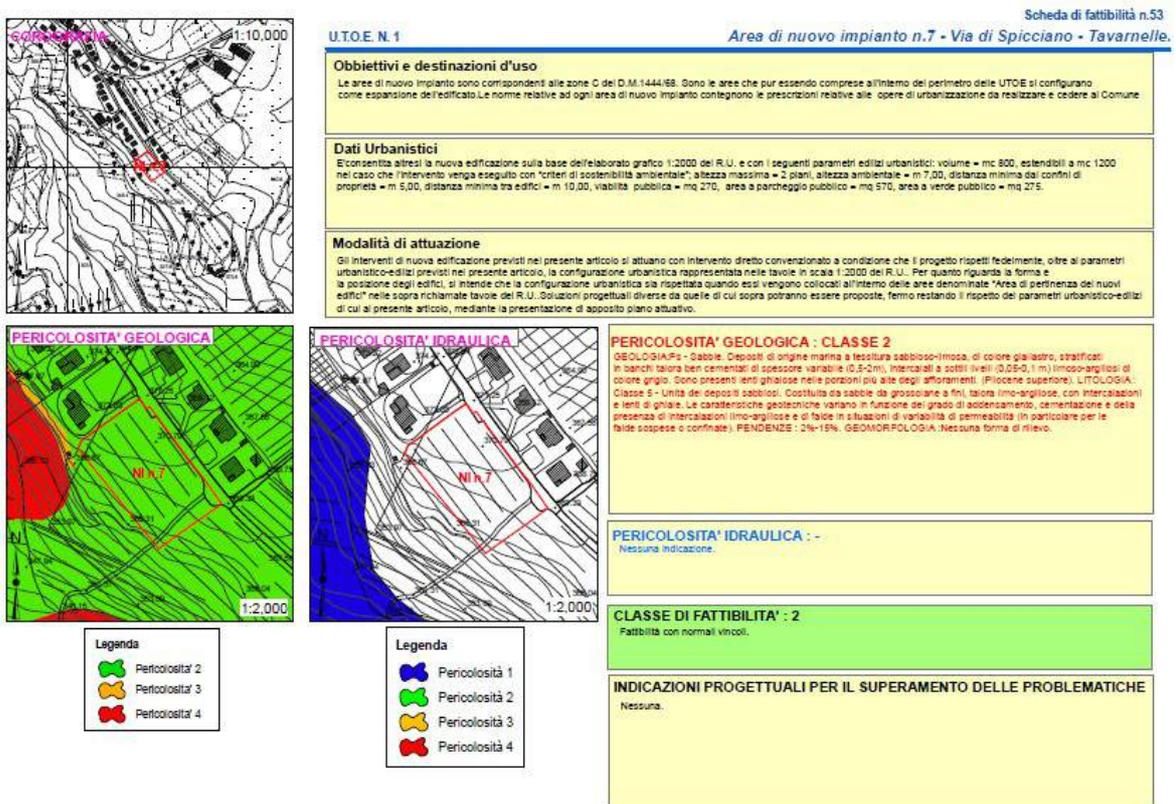
Fig. 5 - Carta della Pericolosità Sismica Locale²

¹ Estratto da Carta Pericolosità Idraulica a supporto del Piano Operativo 2018 (scala 1:10.000)

² Estratto da Carta Pericolosità Sismica Locale a supporto del Piano Operativo 2018 (scala 1:5.000)

Nella scheda seguente sono riassunte le condizioni di pericolosità e la relativa classe di fattibilità attribuita al comparto nella redazione del Regolamento Urbanistico. Confrontando l'elaborato cartografico della pericolosità geologica con quello redatto nell'ambito del Piano Operativo attualmente in adozione, si può notare una differente perimetrazione delle aree a pericolosità geologica; in particolare, nella vecchia cartografia l'intero comparto era inserito nella *classe di pericolosità geologica media G.2*.

L'estensione degli studi di microzonazione sismica all'interno della U.T.O.E. 1 ha consentito inoltre di perimetrare l'area del comparto oggetto di variante anche sotto il profilo della *pericolosità sismica locale*.



Nella cartografia di Fig. 6 vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti tra terreni di copertura e substrato geologico (considerato sempre rigido); lo spessore minimo delle coperture rappresentate è di 3 m; la litologia è descritta in base al sistema di classificazione *Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985).

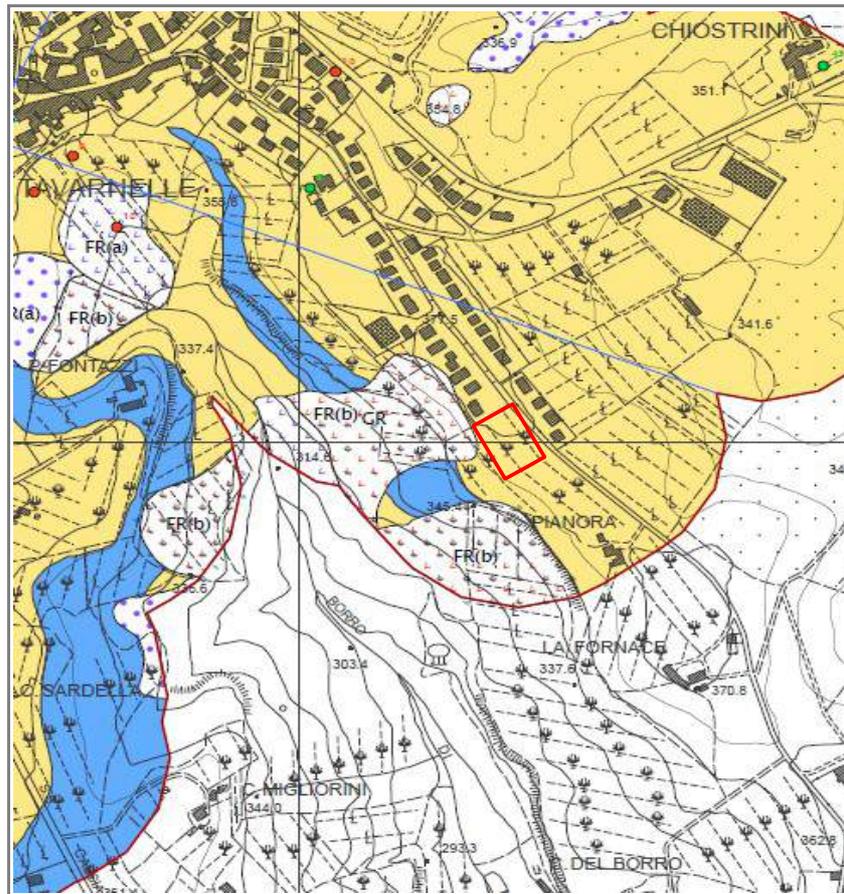


Fig. 6 - Carta Litologico-Tecnica¹

LEGENDA

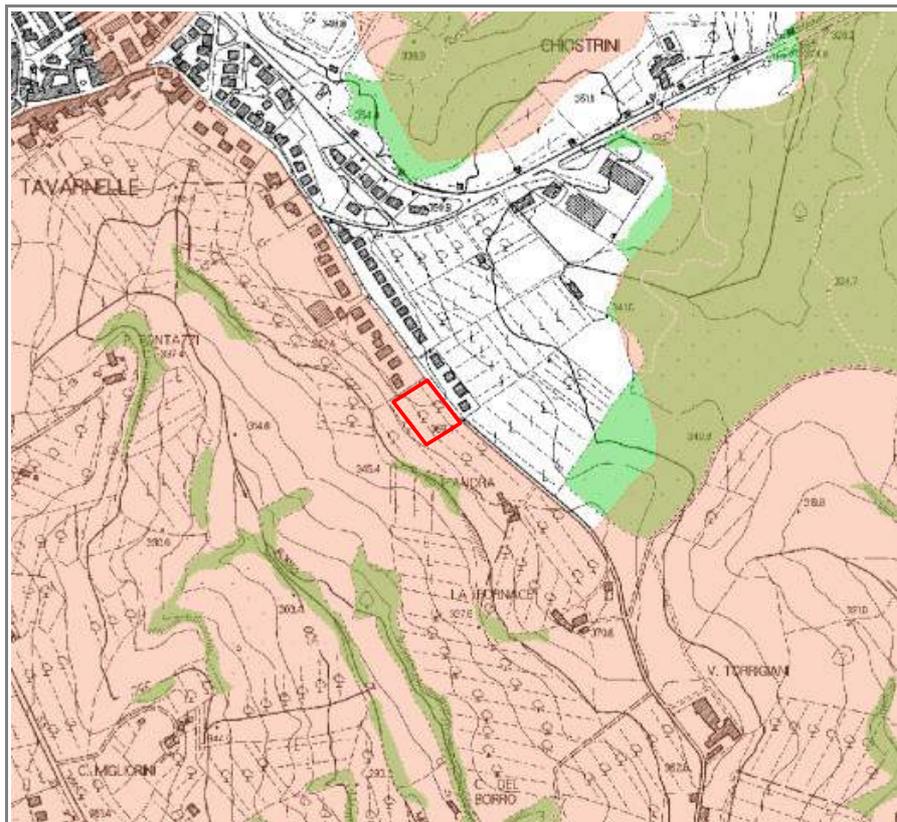
-  Sabbie argillose - miscela di sabbia e argilla (SCsp)
(ambiente costiero: spiaggia, mare poco profondo)
-  Substrato granulare cementato (GR)
-  Frana di scorrimento quiescente (FRb)
-  Frana di scorrimento attiva (FRa)
-  Frana con tipo di movimento non definito, attiva (FRa)

-  Sondaggio che non ha raggiunto il substrato rigido
-  Sondaggio che ha raggiunto il substrato rigido

¹ Estratto da Carta Pericolosità Geologico-Tecnica a supporto Piano Operativo 2018 (scala 1:5.000)

4.2. Vincolo Idrogeologico

Ai sensi del R.D. 3267/1923, l'area di intervento risulta sottoposta a Vincolo Idrogeologico (Fig. 7), pertanto soggetta alle norme e alle prescrizioni tecniche indicate dal *Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 48/R/03)*.



4.3. Piano di Bacino del F. Arno

In merito alle misure di salvaguardia ed ai vincoli sovraordinati alla disciplina urbanistica comunale in materia di *rischio idraulico* e *rischio da frana*, si è fatto riferimento agli studi condotti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (*Piano Assetto Idrogeologico, Stralcio Riduzione Rischio Idraulico, P.G.R.A.*).

Pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana

Nella Fig. 8 si riporta uno stralcio a livello di sintesi (*scala 1:25.000*) in cui vengono perimetrare le “*aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante*” sulla base di criteri geomorfologici, litologici e inventariali.

In tale cartografia la quasi totalità del comparto risulta censita nella classe di *pericolosità media P.F.2* “*aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità dei versanti*”.

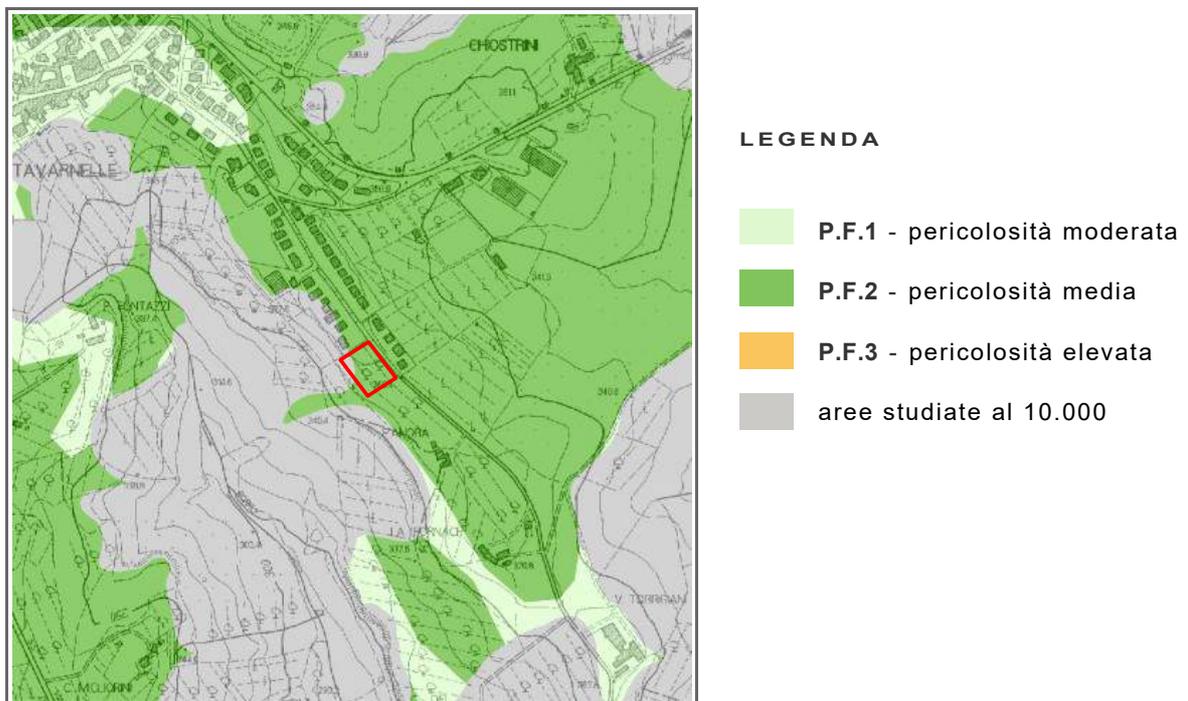


Fig. 8 - Pericolosità geomorfologica¹

¹ Stralcio PAI pf25k_109 – Livello di sintesi (scala 1:25.000)

Nello stralcio di Fig. 9 è invece riportata la perimetrazione delle “aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante” a livello di dettaglio (scala 1:10.000).

In tale elaborato viene perimetrata la fascia di terreno posta al margine del perimetro W del comparto che, data la sua vicinanza ad una corona di frana quiescente, risulta censita in classe di *pericolosità elevata P.F.3* “Pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi o inattivi che presentano segni di potenziale instabilità (frane quiescenti) causa potenziale di rischio elevato”.

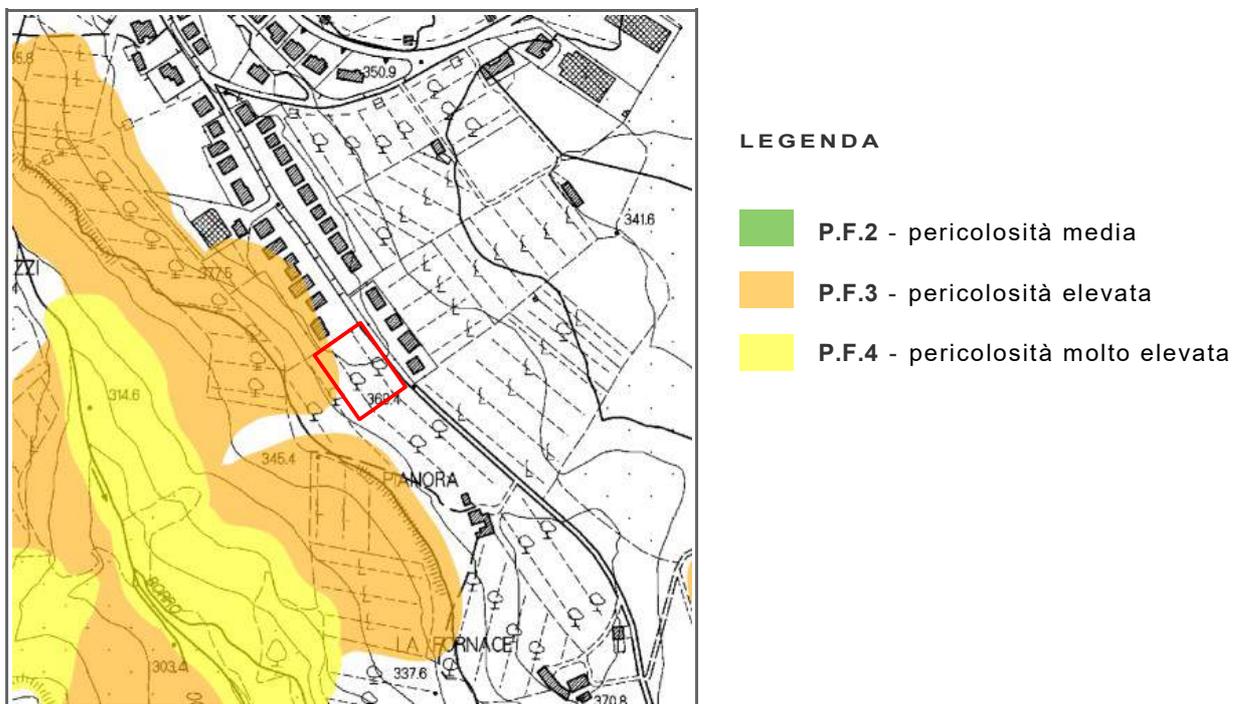


Fig. 9 - Pericolosità geomorfologica¹

4.4. P.G.R.A.

Nella cartografia idraulica del *Piano di Gestione Rischio Alluvioni* l'area in esame non è interessata da nessuna problematica di esondazione; risulta invece perimetrata tra le aree a **pericolosità flash_flood elevata P3**.

¹ Stralcio PAI pf10k_573 – Livello di dettaglio (scala 1:10.000)

5. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO

5.1. Analisi degli aspetti morfologici e morfodinamici

Il comparto in esame è ubicato su un ampio ripiano sommitale che digrada a W-SW verso il Borro di Migliorini con pendenze variabili; in particolare, come si può notare nella *Carta delle Acclività*, nella porzione alta del lotto la superficie risulta pressoché subpianeggiante (Fig. 10).

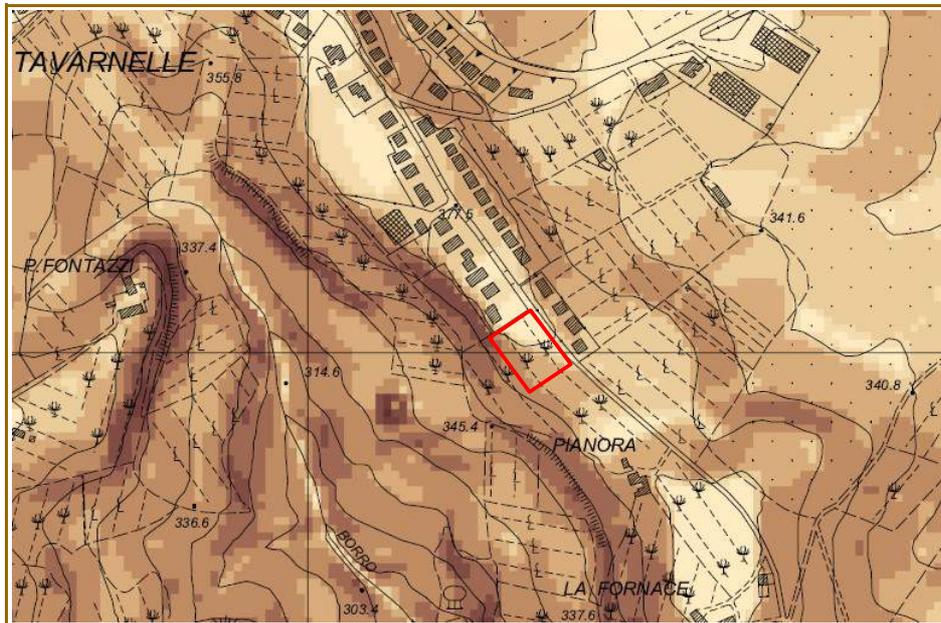


Fig. 10 - Carta delle acclività¹

LEGENDA

CLASSI DI PENDENZA (%)

	0 - 2		25 - 35
	2 - 5		35 - 50
	5 - 10		50 - 70
	10 - 15		> 70
	15 - 25		

¹ Estratto da Carta delle Acclività - Piano Strutturale 2004

L'assetto morfologico attuale è il risultato dell'azione combinata dei processi di versante, per lo più pregressi (*frane di scorrimento e soliflussi generalizzati*) e dei fenomeni di degradazione meteorica che hanno determinato un profilo piuttosto articolato in cui scarpate e terrazzi si alternano in modo irregolare.

Gli effetti della morfoselezione appaiono molto evidenti in corrispondenza del passaggio stratigrafico tra i termini più erodibili (*litofacies limo-argillose*) e quelli più addensati e/o cementati (*litofacies ghiaioso-conglomeratiche*); queste ultime affiorano nella fascia altimetrica più alta, subito a valle del comparto edificatorio, in scarpate con profili talora sub-verticali.

Dal punto di vista morfodinamico, nella zona di intervento caratterizzata da un assetto da sub-pianeggiante a debolmente acclive, non si evidenziano elementi di criticità da correlare a fenomeni attivi o che abbiano subito evoluzioni e/o fasi di attivazione recente; a tal riguardo, si ritiene che i previsti interventi non comporteranno modifiche significative all'attuale morfologia né produrranno alterazioni alle generali condizioni di stabilità della pendice.

Processi erosivi di tipo superficiale e soliflussi localizzati risultano invece attivi nella porzione bassa del versante, in corrispondenza dei settori più esposti all'azione delle acque non incanalate e degli appezzamenti agricoli dove gli effetti di dilavamento vengono periodicamente "obliterati" dalle pratiche colturali.

5.2. Inquadramento geologico

Il contesto geologico-strutturale in cui si colloca l'area in esame è il risultato dell'evoluzione geodinamica che si è esplicata in tempi neogenici nel corso di successive fasi tettoniche, inizialmente di tipo compressivo e successivamente di tipo disgiuntivo, che hanno prodotto la formazione di strutture complesse di *falde* e *thrust* e di depressioni allungate in direzione appenninica (*NW-SE*).

L'evoluzione deposizionale inizia con l'instaurarsi di un dominio lacustre miocenico seguito da una generale ingressione marina durante il Pliocene inferiore.

La sedimentazione termina allorché nel Pliocene medio-superiore si innesca un generalizzato fenomeno di sollevamento tettonico (*adeguamento isostatico*) che porterà al ritiro del mare fino ai suoi attuali confini ed alla modellazione del territorio da parte degli agenti esogeni; la superficie di regressione e di chiusura è in parte ben conservata nei ripiani sommitali dove sorgono i vari agglomerati urbani e rurali.



Regione Toscana

CARTOTECA SITA

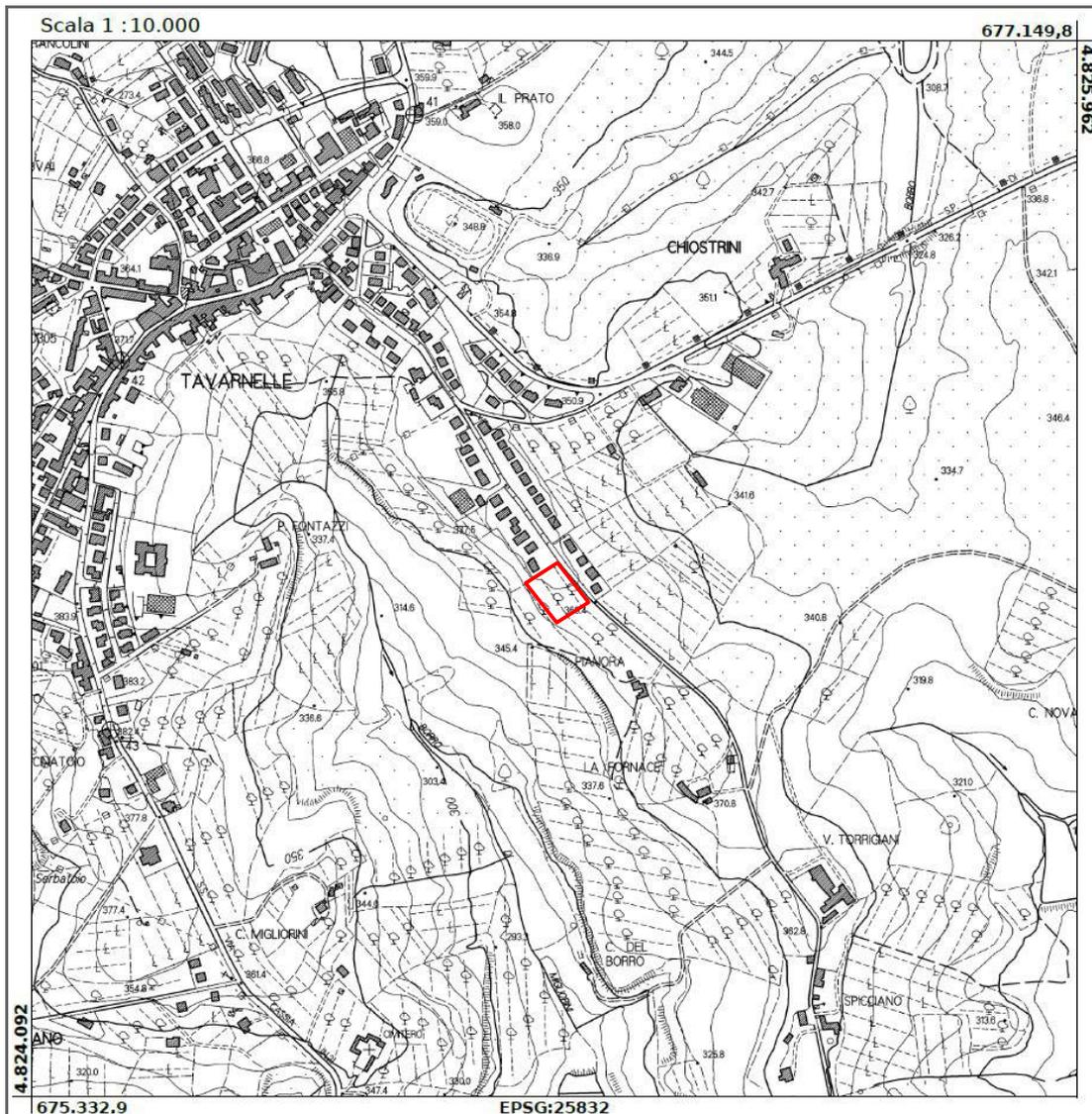


Fig. 11 - Corografia

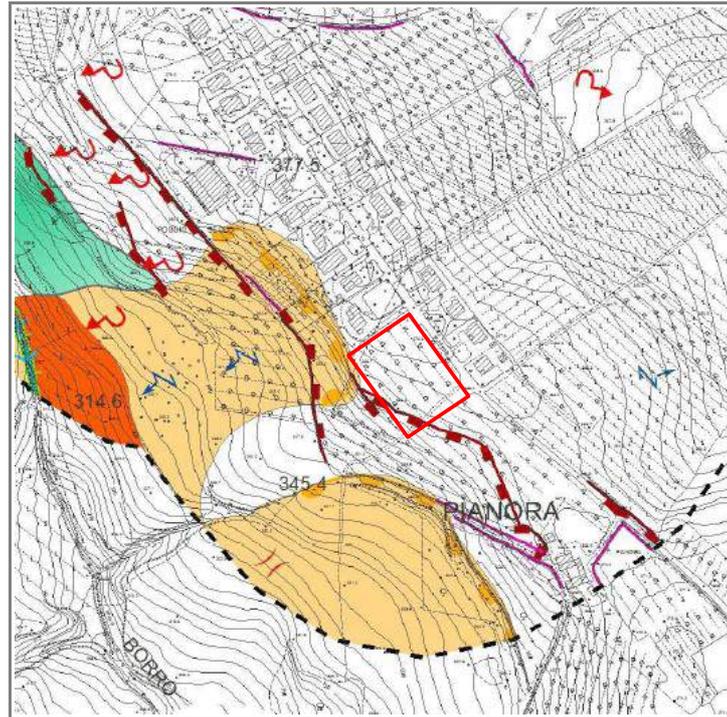


Fig. 12 - Carta Geomorfologica¹

LEGENDA

FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

-  Corpo di frana quiescente
-  Corpo di frana attiva
-  Deformazioni superficiali
-  Corona di frana quiescente
-  Soliflusso localizzato
-  Deformazioni plastiche

FORME STRUTTURALI

-  Orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio

FORME E PROCESSI DI EROSIONE IDRICA

-  Alveo in approfondimento
-  Erosione superficiale di limitata estensione

FORME E DEPOSITI ANTROPICI

-  Orlo di scarpata artificiale

¹ Estratto da Piano Operativo (Febbraio 2018)

5.3. Litostratigrafia locale

Le formazioni geologiche presenti in un congruo intorno dell'area di interesse sono rappresentate da sequenze terrigene continentali villafranchiane e rusciniane, riferibili alle seguenti unità litostratigrafiche (Fig. 13):

- **Unità VILe** - *litofacies sabbiose e conglomeratiche*
- **Unità VILa** - *litofacies conglomeratiche*

L'unità **VILe** è costituita da alternanze metriche di sabbie e conglomerati con subordinati livelli di limi e limi sabbiosi; le sabbie, di colore giallastro e spesso ben addensate, si presentano stratificate in banchi di spessore variabile ed intercalate a sottili livelli limoso-argillosi di colore grigio.

L'unità **VILa** è rappresentata da conglomerati in corpi metrici con intercalazioni lenticolari di sabbie e limi (Foto 1); la suddetta litofacies è costituita da ciottolami polimodali ben arrotondati, di natura prevalentemente calcareo-marnosa ed affiora per lo più nella porzione medio-alta del rilievo.



Foto 1

L'orizzonte superficiale è costituito da depositi eluvio-colluviali di spessore decimetrico e, alle quote più basse, da *coperture detritiche* spesso rappresentate da depositi di versante e, localmente, da accumuli di origine gravitativa.

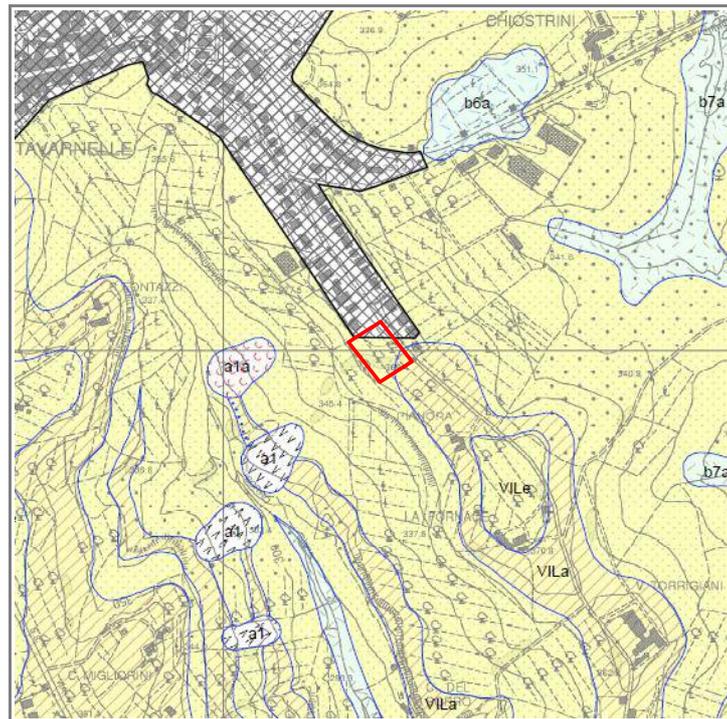


Fig. 13 - Carta Geologica¹

LEGENDA

FRANE



Frana di colamento in evoluzione (a1a)



Frana con movimento e stato di attività indeterminato (a1)

DEPOSITI OLOCENICI



Depositi eluviali (b6a)



Depositi colluviali (b7a)

DEPOSITI CONTINENTALI (Rusciniani-Villafranchiani)



Sabbie e conglomerati (VILe)



Conglomerati (VILa)

— — Contatto stratigrafico

¹ Estratto Sezione CARG n° 286_030

6. IDROGRAFIA E ASPETTI IDROGEOLOGICI

6.1. Circolazione idrica superficiale

La rete idrografica locale è tipica dei reticoli impostati sui rilievi collinari plio-pleistocenici la cui configurazione risulta controllata prevalentemente da fattori di tipo litologico (*predisposizione all'erosione selettiva*) e, in subordine, da fattori di tipo strutturale (*lineazioni tettoniche*).

Nell'area di indagine i deflussi meteorici vengono captati dalle scoline dei coltivi e più a valle da alcuni fossi sub-paralleli di modesta lunghezza che confluiscono nell'asta principale di drenaggio rappresentata dal Borro di Migliorini.

In relazione ai rischi connessi a problematiche di tipo idraulico, il sito **non ricade** nella perimetrazione delle aree interessate da fenomeni di esondazione e/o di ristagno, pertanto non risulta soggetto alle prescrizioni ed ai vincoli contenuti nel P.G.R.A. (*Piano Gestione Rischio Alluvioni - Distretto Appennino Settentrionale*).

6.2. Circolazione idrica sotterranea

I differenti caratteri tessiturali che contraddistinguono le sequenze terrigene rusciniane e villafranchiane determinano situazioni di permeabilità molto variabili; la posizione e la produttività delle falde idriche sono infatti correlate all'evoluzione dell'ambiente di sedimentazione e, di conseguenza, alla differente distribuzione dei depositi a diversa granulometria.

In particolare, la presenza cospicua negli strati superficiali di matrice fine con scarso grado di permeabilità non favorisce la formazione di acquiferi significativi dal punto di vista della produttività; modesti e localizzati adunamenti idrici possono instaurarsi in corrispondenza di livelli e/o lenti con tessitura francamente sabbiosa, alimentati per lo più da flussi ipodermici in concomitanza di importanti e prolungati eventi meteorici.

Situazioni idrogeologiche particolarmente favorevoli si possono riscontrare a maggiori profondità in corrispondenza di strati sabbioso-ghiaiosi e conglomeratici; la trasmissività idraulica di tali depositi risulta tuttavia condizionata dalla continuità orizzontale, spesso limitata per la presenza di facies eteropiche, e dalle frequenti intercalazioni nello stesso strato di sedimenti a differente permeabilità.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Le indagini per la *modellazione geotecnica e sismica* del sito sono state eseguite ai sensi dell'*art. 7, comma 3* del D.P.G.R. 36/R/09 che definisce le *classi di indagine* per opere e costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

In particolare, tenuto conto dell'assetto morfologico locale (*area stabile*), della complessità e rilevanza del progetto e della classe d'indagine in cui ricadono gli interventi (*classe 2 - opere di volume lordo inferiore a 1.500 mc con altezza in gronda < 10 m*), le indagini sono state così articolate:

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo
- n° 2 prove SPT
- n° 2 prove CPT
- n° 1 prova DPSH
- n° 2 prospezioni sismiche MASW
- n° 1 prospezione sismica ReMi
- n° 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P
- n° 1 misura H/V

L'esatta ubicazione delle prove in situ è indicata in Fig. 14.

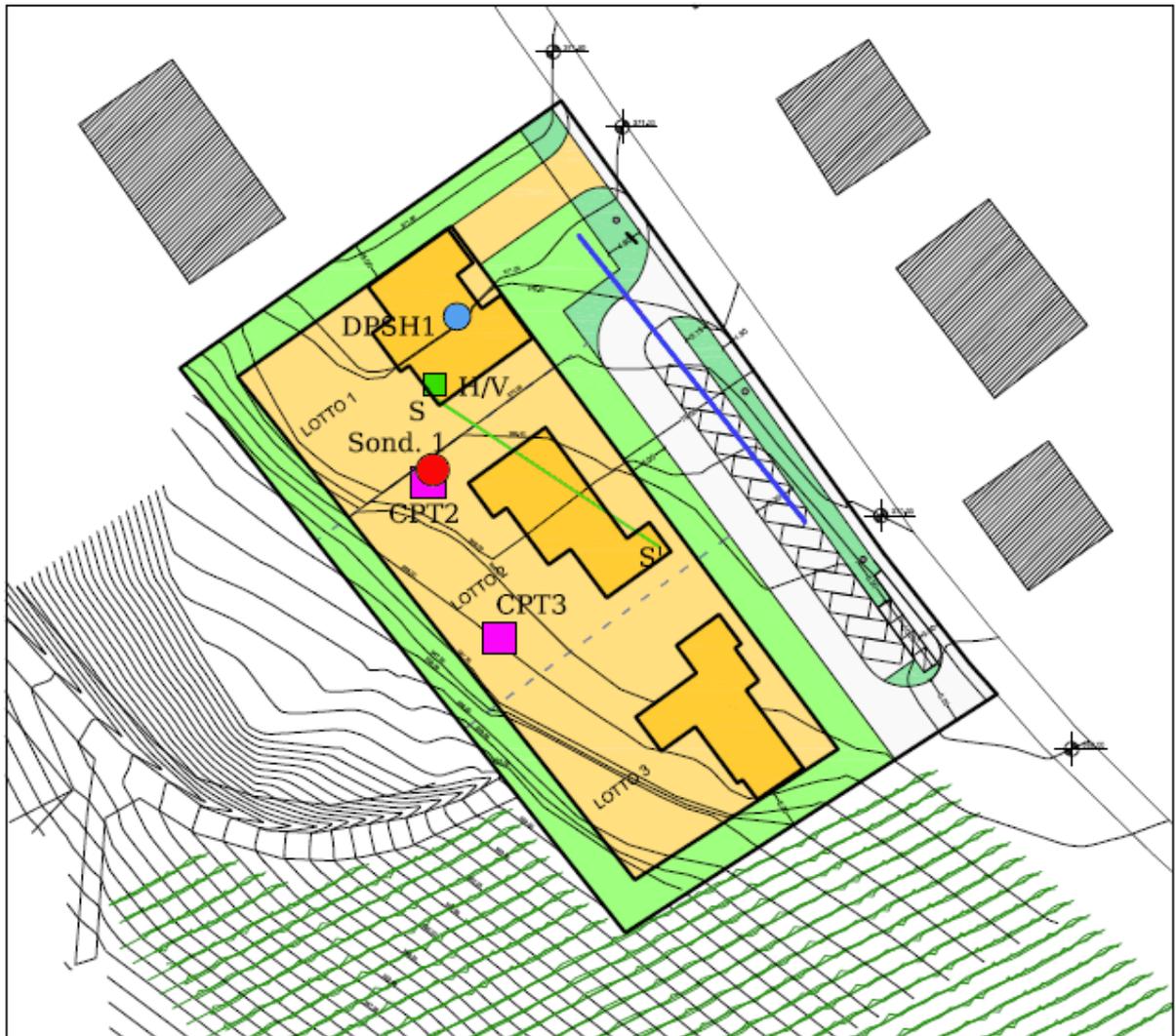


Fig. 14 - Ubicazione prove in situ

LEGENDA

- sondaggio a carotaggio continuo S1
- prova penetrometrica DPSH
- prova penetrometrica CPT
- misura rumore ambientale HVSR
- profilo sismico MASW 2018
- profilo sismico MASW 2012

Sondaggio geognostico

In data 09.05.2013 è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo utilizzando una sonda cingolata con carotiere semplice da 101 mm (Foto 2).



Foto 2

La perforazione, spinta fino alla profondità di 8,00 m dal p.c., è avvenuta prevalentemente a secco con percentuale di recupero delle carote di circa il 100%; al fine di minimizzare “l’effetto pistone” le manovre di estrazione del carotiere sono state effettuate a velocità ridotta.

A partire dalla quota di - 3,20 m dal p.c. è stato prelevato mediante l’infissione di una fustella di acciaio ($\varnothing 88,9 \text{ mm}$) un campione di terreno indisturbato (*classe di qualità Q5*) di spessore pari a 50 cm.

Per una valutazione sommaria dei parametri di *consistenza* e di *resistenza al taglio non drenata* sono state eseguite misure con *Pocket Penetrometer* sui termini *coesivi*.

A fine carotaggio, il foro è stato attrezzato con un tubo piezometrico di tipo aperto per la misurazione di eventuali livelli acquiferi.

Nella Foto 3 sono evidenziate le carote dei terreni attraversati poste nelle apposite cassette catalogatrici.



Foto 3

Prove SPT

In fase di avanzamento del carotaggio sono state effettuate n° 2 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) allo scopo di verificare il grado di addensamento e di consistenza dei litotipi attraversati; tale prova, codificata dalla norma *A.S.T.M. D1586-67*, consiste nella registrazione del numero di colpi necessari per l'affondamento del campionatore per tre tratti consecutivi di 0,15 m ciascuno.

I risultati delle prove S.P.T. sono riassunti nella tabella seguente.

S (prof. m p.c.)	$N_1 - N_2 - N_3$
1,30 ÷ 1,75	3 - 4 - 6
2,50 ÷ 2,95	4 - 7 - 9

Analisi geotecniche di laboratorio

Il campione di terreno indisturbato, prelevato durante il carotaggio ad una quota compresa tra 3,20 e 3,70 m dal p.c., è stato analizzato c/o il Laboratorio **IGETECMA** s.a.s. di Montelupo F.no dove è stato classificato: **“limo argilloso, a tratti sabbioso, consistente”**.

Di seguito il riepilogo dei risultati delle analisi effettuate.



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa

Montelupo Fiorentino li 31/05/2013

COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi

V.A. n. 79/2013 del 10/05/13

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 611-614/2013

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	3.2 - 3.7
Prova E.L.L.	
Cu (kPa)	54.3
E _{ti} (kPa)	6423
Prova di taglio	
C (kPa)	28.5
φ (°)	26.1
Prova edometrica	
RR (rapporto di ricomprensione)	0.01720
CR (rapporto di compressione)	0.10589
SR (rapporto di rigonfiamento)	0.02694
σ' v _{max} (kPa)	130.7
Cv (cm ² /sec)	1.3283E-02
K (cm/sec)	3.440E-08
Cv (cm ² /sec)	1.4809E-02
K (cm/sec)	3.397E-08
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19.0
Peso volume secco (kN/m ³)	15.4
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	22.34
Limite liquido (%)	36.6
Limite plastico (%)	22.4
Indice di plasticità (%)	14.1
Indice di consistenza	1.00
Classificaz. Casagrande	CL

Prove CPT

I tests penetrometrici CPT (*Cone Penetration Test*) sono stati effettuati da *Geognostica Fiorentina s.r.l.* utilizzando un penetrometro *Pagani TG 63/200* statico-dinamico montato su un mezzo cingolato semovente (Foto 4).

La prova consiste nell'infissione ad una velocità costante di 2 cm/s di una punta conica tipo "*Begemann*" per la misura della resistenza all'attrito laterale.



Foto 4

Lo sforzo per la penetrazione, applicato mediante un dispositivo di spinta (*martinetto idraulico*), agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità è collegata la punta, con diametro di 35.7 mm, apertura di 60°, superficie di 10 cm² e manicotto laterale di 150 cm².

In particolare, vengono registrate le misure rilevate ogni 20 cm di infissione della punta penetrometrica, rispettivamente di:

- resistenza alla punta (**Qc**)
- resistenza per attrito laterale (**Fs**)
- rapporto delle resistenze (**Qc/Fs**)

Le informazioni che si ottengono sono di tipo continuo e attraverso il valore del rapporto Qc/Fs (*rapporto Begemann*) consentono di determinare con un certo grado di approssimazione la natura dei sedimenti attraversati (*interpretazione litologica - Searle, 1979*).

I tests (certificati in Appendice), sono stati spinti fino al rifiuto strumentale, ovvero al raggiungimento di un livello ghiaioso-ciottoloso che ha impedito ogni ulteriore avanzamento della punta penetrometrica.

Nella tabella che segue sono riportate le quote raggiunte con l'infissione.

Prova n°	CPT_2	CPT_3
Prof. (m)	4,20	2,00

Prova DPSH

Il test penetrometrico DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*), spinto fino alla profondità di 7,40 m dal p.c., consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica infissa per mezzo di un dispositivo di percussione da 63,5 kg lasciato cadere da un'altezza di 0,75 m, registrando ogni 20 cm di avanzamento il numero di colpi (N) necessari per la sua infissione.

Data la stretta analogia, i risultati acquisiti con le prove DPSH possono essere correlati con quelli ottenuti mediante prove di tipo SPT (*Standard Penetration Test*) utilizzando la seguente relazione:

$$N_{spt} = \beta t \cdot N \quad (\beta t = Q/Q_{spt})$$

dove Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} quella riferita alla prova SPT; nel caso specifico, il coefficiente correttivo di energia (βt) risulta pari a 1.52.

La valutazione della resistenza dinamica alla punta R_{pd} (funzione del numero di colpi N) è invece espressa attraverso la seguente formula olandese:

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A)

e = infissione media per colpo (d/N)

M = peso massa battente (altezza caduta H)

P = peso totale aste e sistema battuta

Le informazioni che si ottengono dalla prova sono di tipo continuo e forniscono una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

Prospezioni geofisiche

La valutazione degli effetti di risposta sismica locale è stata fatta attraverso l'*approccio semplificato* basato sull'individuazione di **categorie di sottosuolo** di riferimento e di **categorie topografiche** (*Tabelle 3.2.II e 3.2.III, NTC_2018*).

A tal fine, ad integrazione delle indagini geofisiche a corredo del Piano Attuativo 2012, in data *02.06.2018* è stato eseguito uno stendimento multicanale per la registrazione di onde sismiche superficiali (*onde Rayleigh*) con tecnica attiva **MASW** (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*).

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è stata la seguente:

- *sismografo multicanale DoReMi*
- *24 geofoni verticali Geo Space* con frequenza propria di 4,5 Hz
- *trigger*
- *dispositivo di energizzazione* (massa battente di 8 kg)

Lo stendimento sismico si è sviluppato per una lunghezza complessiva di *46,00 m* con distanza intergeofonica pari a *2,00 m* (Foto 5).



Foto 5

La descrizione dettagliata della strumentazione utilizzata e delle modalità esecutive è riportata nell'allegata **Relazione sulle Indagini Sismiche** redatta dal *Dr. Geol. Massimo Nebbiai*.

8. MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'analisi e l'elaborazione dei dati bibliografici e dei risultati acquisiti con le prove in situ e di laboratorio hanno permesso di definire le unità litotecniche che caratterizzano il “*volume significativo*” di sottosuolo.

In particolare, al di sotto di un modesto orizzonte pedogenetico, il modello geotecnico rappresentativo del terreno in esame può essere così schematizzato:

Unità A

Unità litotecnica costituita da depositi mediamente addensati, a prevalente comportamento granulare; lo spessore massimo di tale orizzonte è di circa 2.0 m e tende a diminuire progressivamente procedendo da Via di Spicciano verso WSW. Nella relazione sismica corrisponde al *sismostrato “A”*.

Unità B

Unità litotecnica costituita da limi argillosi e argille limose di colore marrone e giallastro con tratti grigio-verdastri, consistenti e a comportamento prettamente coesivo. Nella verticale di sondaggio la base del suddetto orizzonte si colloca ad una profondità di circa 5,00 m dal p.c.. Nella relazione sismica corrisponde al *sismostrato “B”*.

Unità C

Unità litotecnica costituita da conglomerati ad elementi polimodali e ben arrotondati, di natura prevalentemente calcarea; comportamento granulare. Nella relazione sismica corrisponde al *sismostrato “D”*.

Parametri geotecnici

Ai fini della parametrizzazione geotecnica la normativa vigente (§ 6.2.2 *NTC_2018*) prevede di individuare valori caratteristici delle grandezze fisiche da attribuire ai volumi di terreno interessati dai carichi di progetto in modo da rappresentare adeguatamente e con ragionevole cautela il comportamento meccanico del terreno allo stato limite considerato.

A tal fine, si è ricorso ad un approccio di tipo statistico utilizzando la distribuzione di *Student* e calcolando il valore caratteristico pari al 5° percentile della media.

Per la determinazione dei parametri relativi all'*orizzonte A* si è fatto riferimento ai risultati della prova N_{SPT} in foro, ritenuta più cautelativa nei confronti dei dati ricavati dalla prova DPSH. Solo il *modulo elastico* è stato determinato con i dati acquisiti attraverso le prove CPT.

Per quanto riguarda i parametri relativi all'*orizzonte B* si è fatto riferimento ai dati delle prove penetrometriche statiche tarate sui risultati delle analisi di laboratorio.

Il *modulo edometrico* ed il *peso di volume* sono stati invece calcolati utilizzando i dati di laboratorio.

Infine i parametri dell'*orizzonte C* sono stati valutati utilizzando i dati della prova penetrometrica dinamica DPSH2.

Le Tabelle 1, 2 e 3 riportano i *parametri caratteristici* di riferimento per le verifiche geotecniche, ricavati da note correlazioni bibliografiche ed applicando il metodo statistico.

UNITA' A		UNITA'	V. CARATTERISTICO
Nspt	Numero di colpi	-	9,0
qc	Resistenza alla punta	kg/cm ²	36,7
γ	Peso unità di volume (*)	kN/m ³	18,62
Dr	Densità relativa	%	49
C_u	Coesione non drenata	kPa	38,0
φ'	Angolo di resistenza al taglio di picco	°	22,2
E_s'	Modulo elastico	MPa	7,3

Tab. 1

UNITA' B		UNITA'	V. CARATTERISTICO
Nspt	Numero di colpi	-	27,8
qc	Resistenza alla punta	kg/cm ²	22,4
γ	Peso unità di volume (*)	kN/m ³	18,62
C_u	Coazione non drenata	kPa	38,0
C'	Coazione efficace	kPa	23,1
φ'	Angolo di resistenza al taglio di picco	°	24,1
Ed	Modulo edometrico	MPa	4,8

Tab. 2

UNITA' C		UNITA'	V. CARATTERISTICO
Nspt	Numero di colpi	-	27,8
γ	Peso unità di volume (*)	kN/m ³	19,12
Dr	Densità relativa	%	82
C_u	Coazione non drenata	kPa	153,1
φ'	Angolo di resistenza al taglio di picco	°	37,1
E_s'	Modulo elastico	MPa	21,8

Tab. 3

9. ASPETTI SISMICI

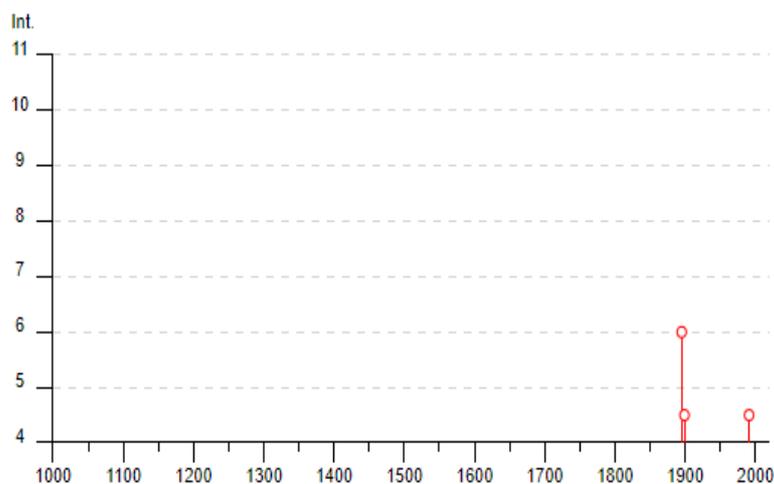
9.1. Sismicità storica

Il maggiore evento sismico di cui si ha notizia per la zona di interesse è il terremoto del 18 maggio 1895 ($M_w 5,50 \pm 0,10$) che colpì gran parte del territorio fiorentino.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1877	03	03	02	09		Chianti	5		
6	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
3	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63

L'area di progetto, distante circa 18,0 Km dalla zona epicentrale, fu interessata da un'intensità macrosismica pari a 6 (*scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg-MCS-1930*)¹.

Nella figura² che segue sono rappresentati gli eventi sismici che nella finestra temporale 1000-2014 hanno prodotto intensità macrosismica al sito IMS ≥ 3 .



¹ <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBM115>

² Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016

9.2. Classificazione sismica

Il Comune di Tavarnelle Val di Pesa è stato per la prima volta classificato sismico con il D.M. 19/03/1982 (*categoria 2, grado di sismicità S = 9*).

Con l'avvento della O.P.C.M. 3274/03 il comune viene inserito in zona sismica 2 ($ag = 0.25$), poi declassata in zona 3s con O.P.C.M. n° 3519/06.

A livello regionale la Toscana ha predisposto una riclassificazione del territorio¹ con periodici aggiornamenti, l'ultimo dei quali contenuto nella *D.G.R.T. 421/2014*; in tale classificazione viene confermata la zona sismica **3** (*bassa sismicità*).

Con il *D.P.G.R. 58/R/12* la zona 3 viene ulteriormente suddivisa in fasce di pericolosità che tengono conto del valore di accelerazione sismica su suolo rigido e pianeggiante di categoria A, allo *stato limite di salvaguardia della vita* (SLV), riferito al periodo di ritorno (TR) di 475 anni, corrispondente in termini progettuali ad una vita nominale (Vn) di *50 anni* e categoria d'uso (Cu) pari ad 1 (classe d'uso II). Nel caso specifico, il Comune di Tavarnelle V.P. ricade nella **fascia C** contraddistinta da valori di $ag \leq 0.125$.

9.3. Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del *D.M. 14/01/2008* la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s,30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "*sito-dipendente*" e non più tramite un criterio "*zona-dipendente*".

I parametri spettrali per la determinazione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati direttamente per il sito in esame utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (*Tab. 1 - Allegato B, NTC_08*) e tenendo conto degli effetti di risposta sismica locale.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla *probabilità* che in un fissato lasso di tempo (V_R) si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "*probabilità di eccedenza o di superamento* (P_{VR})" e la normativa assegna ad ogni stato limite un valore specifico (*Tab. 3.2.1 NTC_2018*).

Si ricava, pertanto, per ciascuno stato limite il periodo di ritorno (T_R) del sisma a cui far riferimento per le verifiche; a tal fine si utilizza la seguente relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

¹ D.G.R.T. N° 431/2006

I caratteri dell'input sismico atteso al sito di riferimento (*sito rigido con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero*), sono individuati quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto l'analisi probabilistica di pericolosità sismica discretizzando il territorio nazionale mediante una griglia regolare con nodi aventi passo di circa $0,05^\circ$ nelle due direzioni orizzontali (*progetto S1 – INGV*). Per ciascun nodo del reticolo di riferimento vengono forniti per 9 periodi di ritorno (da 30 a 2.475 anni), i valori dei parametri a_g (*accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa in g/10*), F_0 (*valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, adimensionale*) e T^* (*periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, espresso in secondi*) necessari per la definizione dell'azione sismica.

I suddetti parametri, calcolati in modo da minimizzare lo scarto tra gli spettri di normativa e le forme spettrali previste dalla pericolosità sismica di base, sono riportati nell'Allegato B – D.M. 14/01/2008 (*Tabelle 1 e 2*).

Poiché la posizione del sito non coincide con nessun nodo del reticolo della pericolosità sismica di base, i parametri si ottengono con la media pesata dei valori ai nodi della maglia all'interno della quale ricade l'area di studio; nel caso specifico, le coordinate geografiche dei nodi di riferimento (espresse in *ED50*) e le relative distanze dal sito in esame ($\lambda = 11,183279^\circ$ $\phi = 43,558122^\circ$) sono riportate in Tabella 4.

	ID	LNG.	LAT.	Distanza	
	[#]	[°]	[°]	[°]	[m]
Id 1	20945	11,14424	43,56133	0,029	3165,8
Id 2	20946	11,21315	43,56269	0,022	2459,9
Id 3	21168	11,21499	43,51271	0,051	5659,7
Id 4	21167	11,14613	43,51135	0,054	6001,4

Tab. 4

Nella Tabella 5 si riportano i valori dei parametri¹ interpolati, utilizzati per la definizione delle forme spettrali, assumendo per le opere in progetto un valore di vita nominale V_N pari a **50 anni** ed una **classe d'uso II**.

				Spettro orizzontale			Spettro verticale
Stati Limite		P_{VR}	T_R (anni)	a_g [g]	F_0	T_C^* [g]	A_{gv} [g]
SLE	SLO	81%	30	0,043	2,571	0,248	0,012
	SLD	63%	50	0,053	2,581	0,257	0,017
SLU	SLV	10%	475	0,121	2,525	0,286	0,057
	SLC	5%	975	0,156	2,484	0,290	0,083

Tab. 5

9.4. Pericolosità sismica locale

Le condizioni geologiche e morfologiche di un sito possono generare durante uno scuotimento sismico effetti di amplificazione tali da alterare la situazione di pericolosità sismica dell'area definita dalla norma.

In relazione agli effetti amplificativi collegati alla stratigrafia è possibile utilizzare un *approccio semplificato* che si basa sull'individuazione di **categorie di sottosuolo di riferimento** (Tab. 3.2. II NTC_2018).

Le *categorie di sottosuolo* sono distinte dalla normativa in base alla profondità del bedrock sismico (*substrato con $V_s > 800$ m/s*) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s) definita con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove

h_i , spessore dell'i-esimo strato;

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

N , numero di strati;

H , profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

¹ File SPETTRI-NTC ver. 1.03 (C.S.LL.PP.)

Per *fondazioni superficiali* la profondità del substrato H è riferita alla quota del piano di imposta, mentre per *fondazioni su pali* è riferita alla testa dei pali.

La *categoria di sottosuolo* è stata determinata mediante l'esecuzione di una prospezione sismica con tecnica attiva **MASW** basata sull'analisi spettrale delle onde sismiche superficiali (*onde Rayleigh*); la prova ha consentito di esplorare il sottosuolo fino ad una profondità di circa **35 m** da p.c. entro la quale non è stato individuato il *bedrock sismico* ($V_s > 800$ m/s).

Facendo riferimento al profilo verticale delle *onde S* elaborato nell'allegata *Relazione sulle indagini sismiche* ed ipotizzando la profondità del piano di fondazione a - 1,00 m da p.c., i terreni di copertura presentano una velocità equivalente $V_{s,eq} = V_{s,30} = 319$ m/s.

Il valore ottenuto identifica il terreno in esame nella categoria di suolo "C" di cui alla *Tabella 3.2.II NTC_2018 (categorie di sottosuolo)*.

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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”.

9.5. Spettri di risposta elastici in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (*spettro normalizzato*) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale; sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s; per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Amplificazione stratigrafica

Per le categorie di sottosuolo B,C,D,E i coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni di cui alla *Tab. 3.2.IV NTC_2018*.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella che segue, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 NTC_2018 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

In relazione all'assetto morfologico locale, caratterizzato da valori di acclività inferiori a 15°, si assegna la *categoria T1* che non prevede amplificazione del moto sismico per effetti topografici.

Nelle Tabelle 6 e 7 si riportano i valori dei coefficienti correttivi ed i periodi fondamentali delle *forme spettrali orizzontali e verticali* riferite ad una struttura intelaiata in c.a. con coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale pari a 5% e fattore di comportamento (q) pari a 1.

		* Valori ricavati da a_g, F_o, T_c, S						
		S_s	S_T	S	* C_C	* T_B	* T_C	* T_D
		[adm]	[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]
SLE	SLO	1,500	1,000	1,500	1,664	0,138	0,413	1,774
	SLD	1,500	1,000	1,500	1,643	0,141	0,423	1,814
SLU	SLV	1,500	1,000	1,500	1,587	0,151	0,454	2,086
	SLC	1,467	1,000	1,467	1,580	0,153	0,458	2,224

Tab. 6 - Coefficienti correttivi e periodi fondamentali per spettro orizzontale

		* valore ricavato da a_g, F_o ** valori indicati da normativa						
		S_s	S_T	S	* F_V	** T_B	** T_C	** T_D
		[adm]	[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]
SLE	SLO	1,00	1,00	1,00	0,723	0,05	0,15	1,00
	SLD	1,00	1,00	1,00	0,805	0,05	0,15	1,00
SLU	SLV	1,00	1,00	1,00	1,188	0,05	0,15	1,00
	SLC	1,00	1,00	1,00	1,325	0,05	0,15	1,00

Tab. 7 - Coefficienti correttivi e periodi fondamentali per spettro verticale

In considerazione della *classe d'uso* dell'opera (II), il rispetto degli stati limite ultimi sarà verificato nei confronti dello stato limite di vita (SLV) e per quelli di esercizio nei confronti dello stato limite di danno (SLD).

9.6. Fenomeni di liquefazione e deformazioni superficiali

La verifica nei confronti della liquefazione viene omessa in quanto sussistono alcune delle condizioni di cui al § 7.11.3.4.2 NTC_2018 per le quali è possibile escludere il verificarsi di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio di litotipi sabbiosi sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Si escludono altresì *effetti o deformazioni superficiali* per l'assenza di *Faglie Capaci*¹ in un intorno significativo del sito in esame.

¹ Banca Dati ITHACA - Servizio Geologico d'Italia (ISPRA)

10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA'

Il quadro conoscitivo emerso dallo studio di dettaglio dell'area oggetto di Variante al Piano Attuativo "Aree di nuovo impianto NI N° 7 - Via di Spicciano" consente di definire le condizioni di Pericolosità geomorfologica, idraulica e sismica del sito, sulla base dei criteri contenuti nell'*Allegato A, §.4 del D.P.G.R. 53/R/2011 (Direttive per la formazione dei piani complessi di intervento e dei piani attuativi)*.

10.1. Pericolosità geologica

La carta della pericolosità geologica rappresenta la sintesi degli elaborati cartografici illustrati nei paragrafi precedenti per descrivere le caratteristiche geomorfologiche, clivometriche e litotecniche dell'area d'indagine; in particolare, la perimetrazione di un sito in termini di pericolosità geologica si basa sull'analisi delle forme e dei processi geomorfologici (*attivi, quiescenti o potenziali*) legati alle dinamiche di versante e alla dinamiche dei corsi d'acqua (*fenomeni di erosione idrica*).

Alla luce delle suddette considerazioni, non essendo intervenute modifiche sostanziali rispetto al quadro conoscitivo di riferimento si confermano le classi di pericolosità attribuite dallo Strumento Urbanistico (Fig. 15):

Pericolosità geologica media (G.2): *aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.*

Pericolosità geologica elevata (G.3): *aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.*

La classe di *pericolosità geologica media (G.2)* interessa la quasi totalità del comparto edificatorio.

La classe di *pericolosità geologica elevata (G.3)* viene invece attribuita ad una piccola fascia di terreno posta al margine del perimetro NW del lotto, prossima ad una corona di frana quiescente.

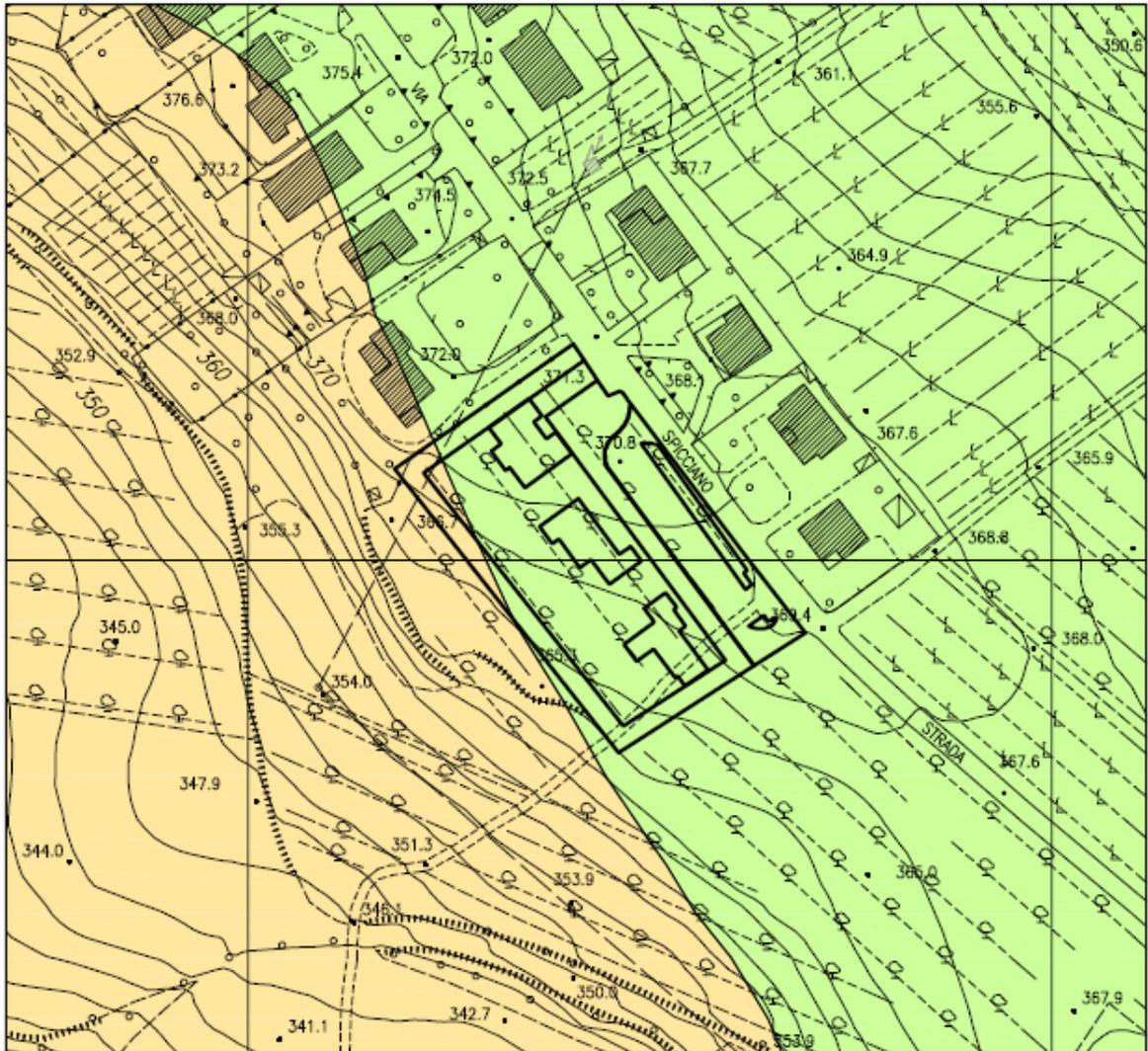


Fig. 15 - Carta della Pericolosità Geologica

scala 1:2000

LEGENDA

-  G.3 Aree a pericolosità geologica elevata
-  G.2 Aree a pericolosità geologica media
-  Area oggetto di Variante

10.2. Pericolosità idraulica

In considerazione della posizione altimetrica e della distanza dai corsi d'acqua, il sito in esame risulta esterno alla perimetrazione delle aree interessate da fenomeni di esondazione o di ristagno per insufficienza di drenaggio.

Facendo pertanto riferimento alle classi di pericolosità idraulica indicate nell'*Allegato A, punto C.2 del D.P.G.R. 53/R/2011* si conferma la classe di pericolosità attribuita dallo Strumento Urbanistico (Fig. 16):

Pericolosità idraulica bassa (I.1): aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.*

Criteri di fattibilità: nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica bassa non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

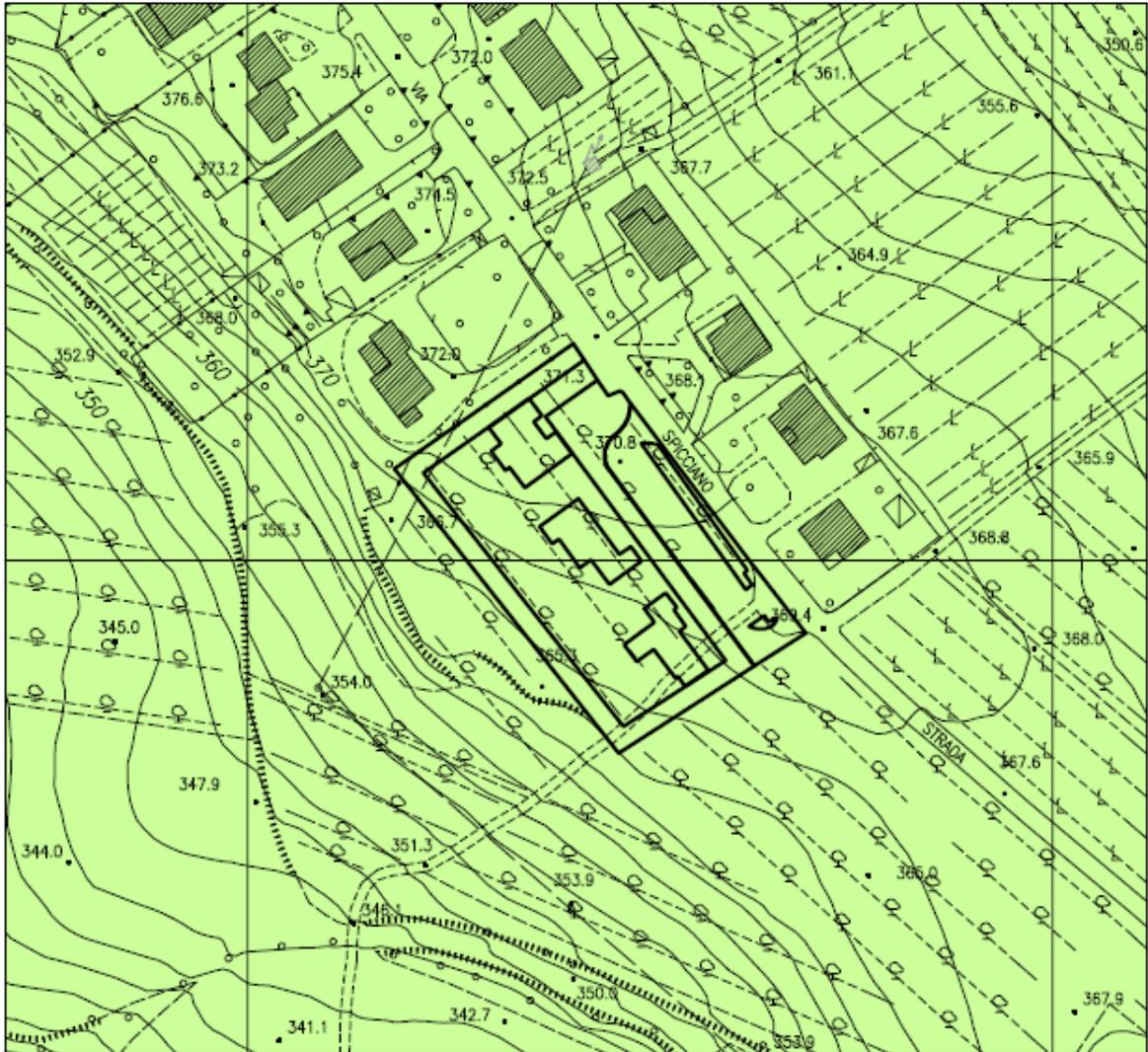


Fig. 16 - Carta della Pericolosità Idraulica

LEGENDA

scala 1:2000

I.1 Aree a pericolosità idraulica bassa



Area oggetto di Variante

10.3. Pericolosità sismica locale

Gli elementi necessari per la valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico si basano sulla conoscenza del territorio sotto il profilo geo-morfologico, sulla ricostruzione del modello geologico-tecnico del volume significativo di sottosuolo e sulla parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso la misura delle V_{sh} (*velocità di propagazione delle onde di taglio*).

In particolare, l'approfondimento delle indagini geofisiche effettuate nell'ambito del presente studio si è basato sull'analisi della *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)* allegata al nuovo Piano Operativo nella quale si evidenziano per il comparto in esame i seguenti tipi di effetti:

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 17		<p>Sabbie intercalate a sottili livelli limoso-argillosi e a lenti ghiaiose (10-20 m)</p> <p>Ciottolami e ghiaie polimodali clasto-sostenuti (0-10 m)</p> <p>Sabbie intercalate a sottili livelli limoso-argillosi e a lenti ghiaiose (spessore > 30 m)</p>
Zona 14		<p>Sabbie intercalate a sottili livelli limoso-argillosi e a lenti ghiaiose (0-10 m)</p> <p>Ciottolami e ghiaie polimodali clasto-sostenuti (10-20 m)</p> <p>Sabbie intercalate a sottili livelli limoso-argillosi e a lenti ghiaiose (spessore > 30 m)</p>

L'asterisco indica una zona caratterizzata da un contrasto di impedenza presumibilmente elevato tra terreni di copertura e substrato rigido.

I risultati delle indagini effettuate (*MASW, ReMi, Rifrazione e Misure Rumore Ambientale*) hanno fornito un modello geofisico del sottosuolo caratterizzato in generale da un miglioramento graduale della rigidità del terreno con la profondità, con una inversione di velocità delle onde di taglio a circa 7,10 m di profondità dal p.c., causato da un sismostrato a bassa velocità (120 m/s) e di spessore abbastanza ridotto (circa 2,60 m).

Le indagini hanno anche messo in evidenza un discreto contrasto di impedenza ad una profondità inferiore a 10,0 m, corrispondente ad una frequenza di risonanza naturale del terreno compreso nelle frequenze di interesse ingegneristico 1,0 Hz-10,0 Hz.

Pertanto, alla luce dei risultati delle indagini simiche svolte sul comparto e delle considerazioni sopra esposte, si conferma la classe di pericolosità attribuita dallo Strumento Urbanistico (Fig. 17).

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

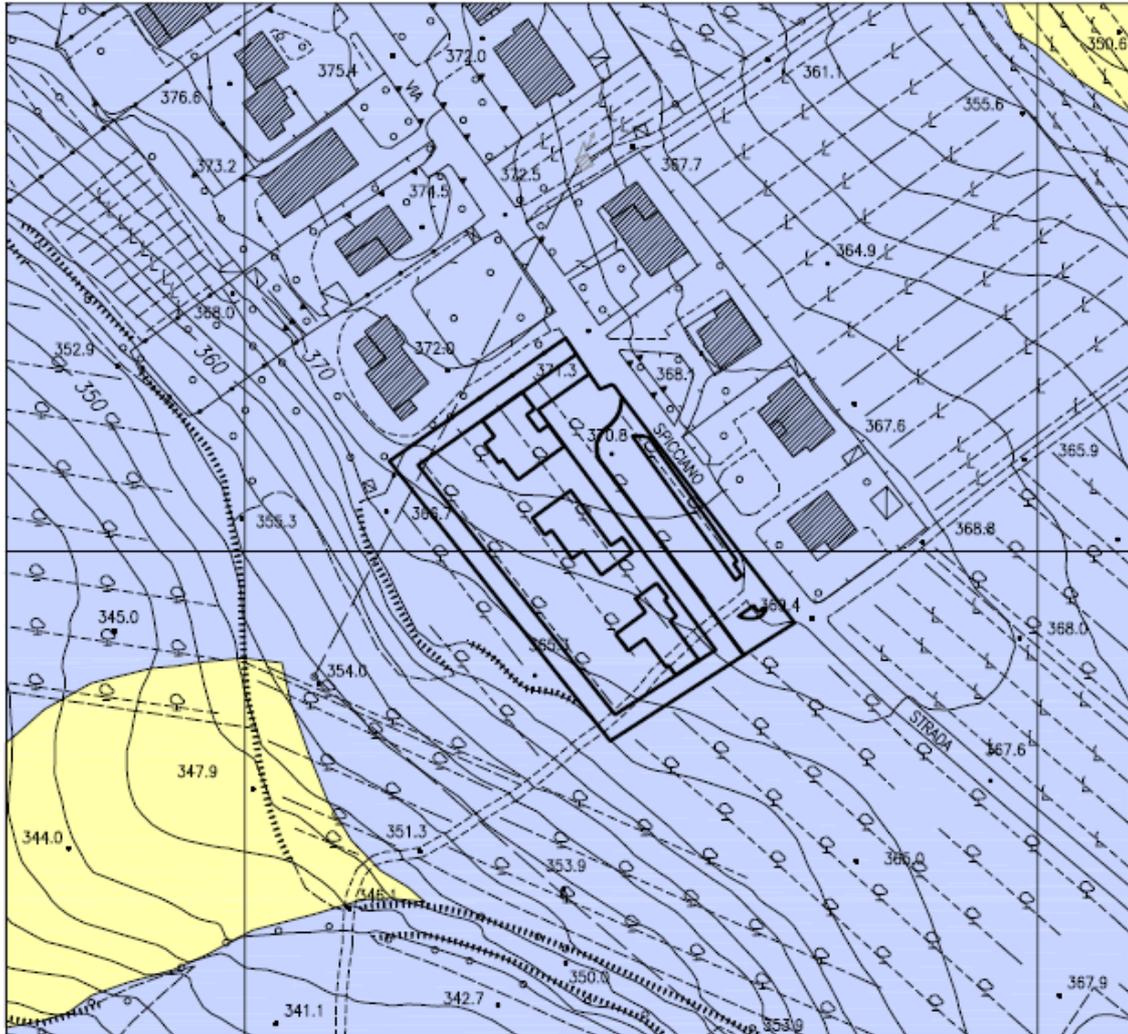


Fig. 17 - Carta della Pericolosità Sismica Locale

scala 1:2000

LEGENDA

- S.2 Aree a pericolosità sismica media
- S.3 Aree a pericolosità sismica elevata
-  Area oggetto di Variante

11. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA'

Le condizioni di attuazione di una previsione sono definite dalla “*fattibilità delle trasformazioni*” che individua nelle limitazioni d'uso del territorio, in funzione del contesto di pericolosità, gli studi e le indagini da effettuare a livello di dettaglio nonché le opere necessarie per la mitigazione o la risoluzione del rischio.

L'elaborato grafico “*Carta della Fattibilità*” si ottiene sovrapponendo la tipologia di previsione urbanistica ed infrastrutturale alle carte delle pericolosità, differenziando le condizioni di attuazione secondo le categorie di fattibilità definite nel § 3.1 del D.P.G.R. 53/R/2011.

Fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici (FG)

- Aree destinate a verde pubblico e privato

Fattibilità senza particolari limitazioni (FG.1): 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.

- Nuovi edifici, viabilità e parcheggi pubblici

Fattibilità con normali vincoli (FG.2): 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.

Criteri generali di fattibilità

Nelle situazioni caratterizzate da *pericolosità geologica media* le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello di progetto esecutivo al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

La progettazione delle unità abitative dovrà essere supportata, ai sensi dell'*art. 7 del D.P.G.R. 36/R/09 (classi di indagine)* e del *D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento Norme Tecniche sulle Costruzioni)*, da adeguati studi geologici e geotecnici indirizzati ad una più precisa e puntuale caratterizzazione dei terreni di fondazione.

Tutti gli interventi previsti terranno in debito conto delle “*norme ambientali sovraordinate*” con particolare riferimento alla salvaguardia delle risorse idriche s.l. ed alla corretta gestione delle terre di scavo.

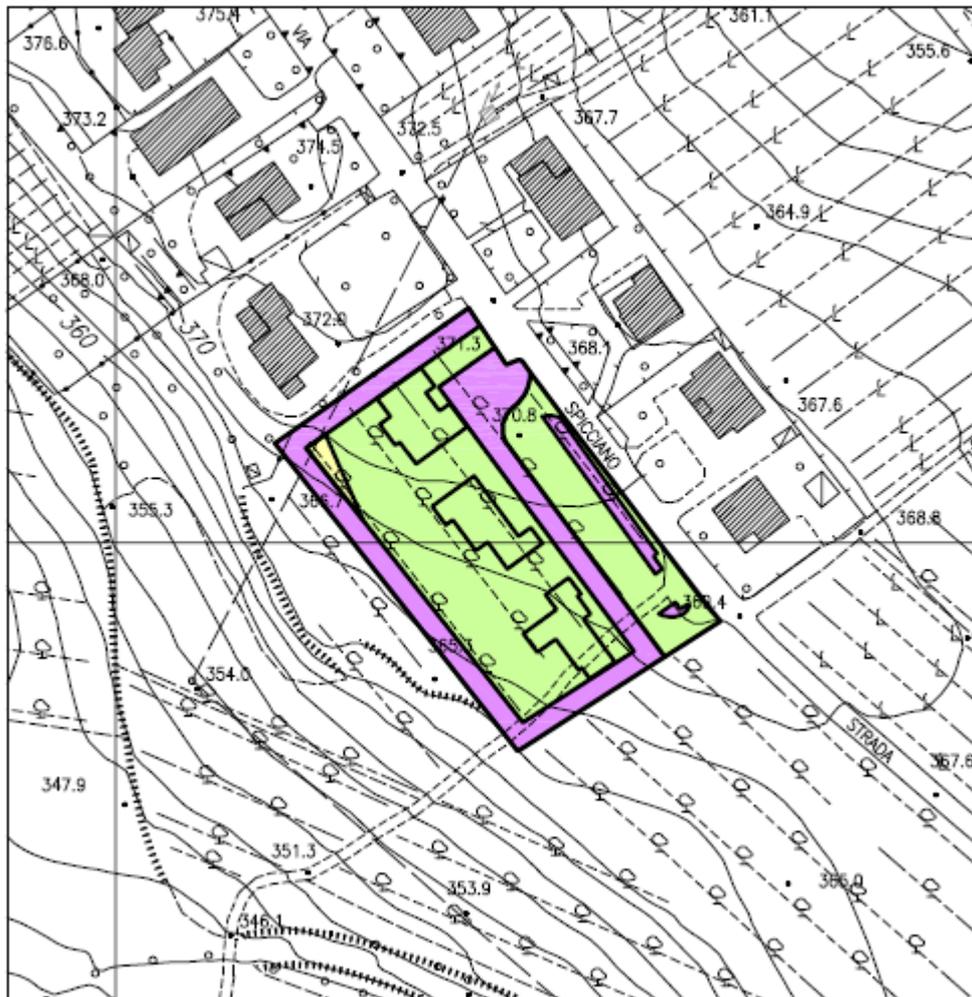


Fig. 18 - Carta della Fattibilità Geologica

LEGENDA

scala 1:2000

-  CLASSE F.G.1 - Fattibilità senza particolari limitazioni
-  CLASSE F.G.2 - Fattibilità con normali vincoli
-  CLASSE F.G.3 - Fattibilità condizionata
-  Area oggetto di Variante

Fattibilità in relazione agli aspetti sismici (FS)

- Aree destinate a verde pubblico e privato

Fattibilità senza particolari limitazioni (FS.1): 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.

- Nuovi edifici, viabilità e parcheggi pubblici

Fattibilità condizionata (FS.3): 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.

Criteri generali di fattibilità

In merito agli adempimenti derivanti dalla classe di fattibilità sismica *FS.3* si ritiene che nelle *zone stabili suscettibili di amplificazione locale*, caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, in sede di progettazione esecutiva sia necessario un approfondimento delle indagini geofisiche (*misure HVSR*) e geotecniche che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra le coperture superficiali e le sottostanti facies conglomeratiche.

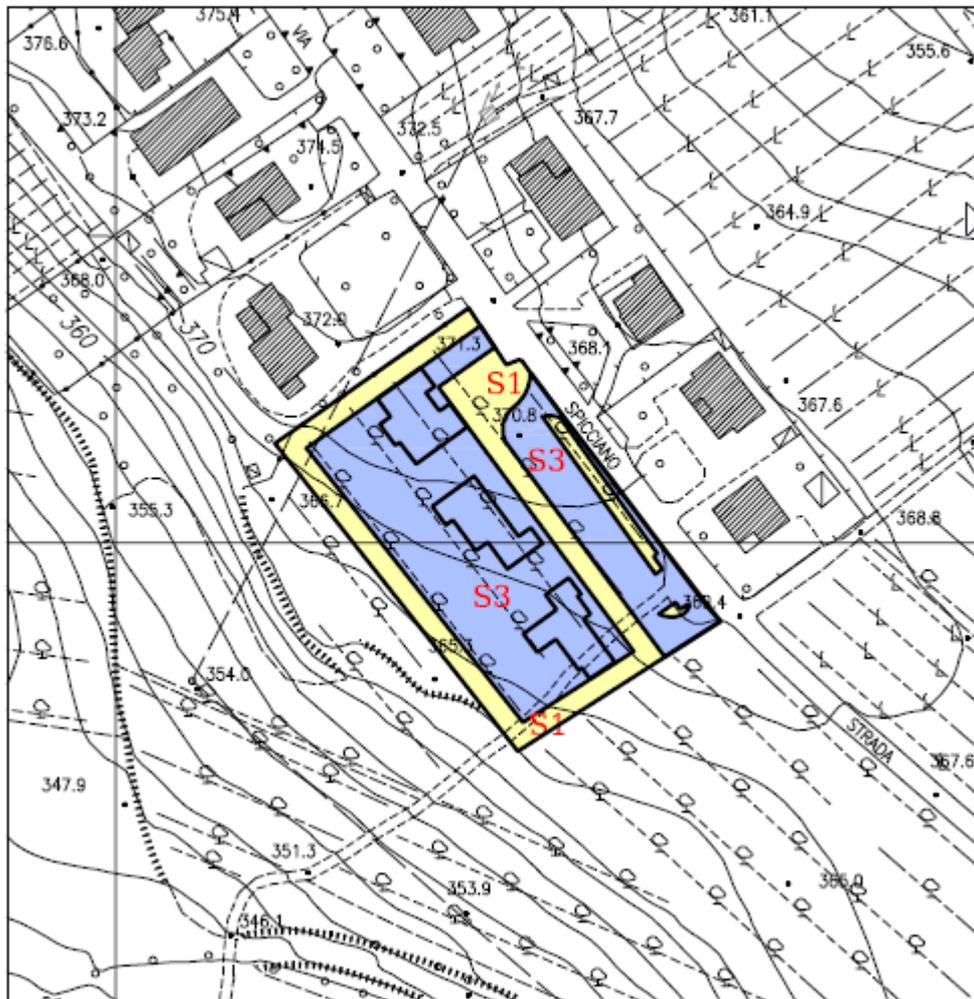


Fig. 20 - Carta della Fattibilità Sismica

LEGENDA

scala 1:2000

 CLASSE F.S.1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

 CLASSE F.S.3 - Fattibilità condizionata

 Area oggetto di Variante

Nella Tabella seguente sono riassunte le **classi di fattibilità** attribuite alle singole tipologie di intervento in funzione delle classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica definite per l'area in esame.

	CLASSE DI PERICOLOSITA'											
	GEOLOGICA				IDRAULICA				SISMICA			
Tipologia Intervento	G.1	G.2	G.3	G.4	I.1	I.2	I.3	I.4	S.1	S.2	S.3	S.4
Nuovi Edifici		FG.2			FI.1						FS.3	
Viabilità e Parcheggi		FG.2			FI.1						FS.3	
Aree a Verde		FG.1			FI.1						FS.1	

12. TUTELA IDROGEOLOGICA E FORESTALE

Poichè il sito in esame ricade in territorio sottoposto a Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/1923) occorre verificare la **compatibilità** e la **congruenza** delle nuove previsioni urbanistiche con le norme e le prescrizioni tecniche indicate dal **Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 48/R/03)**.

A tal fine, i risultati delle indagini effettuate consentono di fare le seguenti considerazioni:

- **Localizzazione:** area non boscata e posta al di fuori di alvei e fossi; per l'accesso al cantiere non è prevista la realizzazione di nuova viabilità né modifiche a quella esistente.
- **Aspetti morfologici:** la porzione di versante su cui si colloca il comparto edificatorio non evidenzia allo stato attuale elementi geomorfologici riconducibili a processi attivi o che abbiano subito fenomeni di attivazione recente; si ritiene altresì di escludere alterazioni e/o aggravii significativi delle attuali condizioni di stabilità del sito a seguito delle modeste variazioni degli stati tensionali indotti nel volume di terreno interessato dagli interventi.
- **Aspetti idrogeologici:** in relazione alla circolazione idrica di sottosuolo non sono previste interferenze e/o deviazioni di falde ipogee in fase di escavazione; eventuali circolazioni ipodermiche dovranno essere intercettate ed allontanate attraverso idonei sistemi di drenaggio.
- **Aspetti idraulici (art. 74 - D.P.G.R. 48/R/03):** gli interventi di progetto non costituiranno ostacolo al normale deflusso meteorico; tuttavia, al fine di impedire che un incontrollato ruscellamento determini fenomeni di erosione superficiale e/o situazioni di dissesto nei terreni limitrofi, i deflussi meteorici saranno opportunamente canalizzati e convogliati verso il reticolo naturale di scolo. In particolare, occorrerà allontanare le acque dalle zone di versante interessate da corpi di frana quiescente.

- **Operazioni di scavo (art. 76 - D.P.G.R. 48/R/03):** gli scavi necessari per la realizzazione delle opere non dovranno creare condizioni di rischio per il verificarsi di smottamenti, franamenti od altri movimenti gravitativi.

Le operazioni devono essere eseguite in stagioni a minimo rischio di piogge, procedendo per strati di avanzamento e adottando, ove necessario, idonei sistemi di presidio e di stabilizzazione dei fronti.

Il materiale derivante dalle escavazioni dovrà essere gestito nel rispetto della legislazione vigente in materia di “*terre e rocce di scavo*”; nel caso di riutilizzo in situ si dovrà procedere all'accertamento dei requisiti di cui all'*art. 185, comma 1, lettera c) del D.L. 152/06* e alla verifica della *non contaminazione* ai sensi dell'*Allegato 4 del D.P.R. 120/2017*.

La sistemazione dovrà avvenire senza determinare apprezzabili modifiche di assetto o pendenza dei terreni, previa separazione delle frazioni di maggiori dimensioni al fine di garantire un omogeneo compattamento ed inerbimento del restante materiale terroso.

- **Effetti sulle componenti ambientali:** l'intervento in progetto è da ritenersi di scarso impatto dal punto di vista delle componenti biologiche e pedologiche; non sono infatti previsti tagli di essenze arboree né asportazioni significative di suolo.

Firenze, Novembre 2018

Dr. Geol. Giuseppe Capparelli
(O.G.T. N° 701)

APPENDICE

**Stratigrafia Sondaggio Geognostico
Certificati Prove Penetrometriche CPT-DPSH
Certificati Prove Geotecniche di Laboratorio**

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

CANTIERE: Tavarnelle Val di Pesa Via Spicciano	SONDAGGIO S1 DATA: 09/05/13	Metodo di perforazione CAROTAGGIO CONTINUO	Geologo responsabile della campagna geognostica: Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
Quota assoluta p.c.: 370.0 m	Cassette catalogatrici n. 2	PROFONDITA' RAGGIUNTA ml 8.0 da p.c.	DITTA ESECUTRICE: GEA S.N.C. Montelupo Fiorentino (FI)
Committente: Sig. Massimo Fusi			

SCALA DI RIFERIMENTO	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	QUOTA dal p.c. (m)	CAMPIONE INDISTURBATO	Prova in foro SPT	Poche penetrometrico (Kg/cmq)	Livello piezometrico dal p.c. (m) Data: 14-05-2013
1		Orizzonte pedologico	0.30				
		Limo argilloso nocciola con qualche incluso	0.50			2.0	
2		Limo sabbioso-argilloso nocciola	1.90	1.30		1.3 - 1.75	
				1.75	SPT 1 3-4-6		
3		Argilla limosa grigio-verdastrea	2.50	2.50		2.7 - 3.0	
				2.95	SPT 2 4-7-9	2.0 / 2.5	
4		CAMPIONE INDISTURBATO	3.70	C 1			
5		Argilla limosa nocciola con striature grigio-verdastre	4.70			2.5 - 3.5	
6		Limo argilloso-sabbioso nocciola, molto compatto	5.00			4.0 - 4.5	
7		Conglomerati e ciottoli in matrice sabbioso-limosa					- 6.15
8			8.00				



Foto 1 - Ubicazione sondaggio



Foto 2 - Cassetta n. 1 (da 0.00 a - 5.0 m)



Foto 3 - Cassetta n. 2 (da -5.00 a - 8.00 m)

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 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 (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = 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 C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N \approx 100 t

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

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

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- 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.

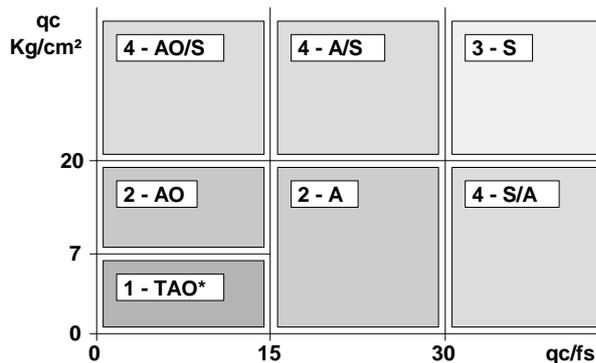
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 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 et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 \emptyset'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme \emptyset'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 \emptyset'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata \emptyset'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 \emptyset'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. \emptyset'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	0,67	----	2,40	19,0	42,0	19,0	1,80	11,0
0,40	23,0	33,0	23,0	1,33	17,0	2,60	27,0	54,0	27,0	2,07	13,0
0,60	42,0	62,0	42,0	1,60	26,0	2,80	17,0	48,0	17,0	1,73	10,0
0,80	56,0	80,0	56,0	2,73	20,0	3,00	18,0	44,0	18,0	0,87	21,0
1,00	68,0	109,0	68,0	2,60	26,0	3,20	20,0	33,0	20,0	1,07	19,0
1,20	58,0	97,0	58,0	3,27	18,0	3,40	26,0	42,0	26,0	1,47	18,0
1,40	56,0	105,0	56,0	2,73	20,0	3,60	27,0	49,0	27,0	2,47	11,0
1,60	59,0	100,0	59,0	3,33	18,0	3,80	44,0	81,0	44,0	5,27	8,0
1,80	47,0	97,0	47,0	3,40	14,0	4,00	74,0	153,0	74,0	6,67	11,0
2,00	20,0	71,0	20,0	2,07	10,0	4,20	350,0	450,0	350,0	-----	----
2,20	15,0	46,0	15,0	1,53	10,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	1,00	----	1,20	31,0	59,0	31,0	1,33	23,0
0,40	11,0	26,0	11,0	1,07	10,0	1,40	29,0	49,0	29,0	1,87	16,0
0,60	37,0	53,0	37,0	1,80	21,0	1,60	20,0	48,0	20,0	2,00	10,0
0,80	36,0	63,0	36,0	1,60	22,0	1,80	36,0	66,0	36,0	4,67	8,0
1,00	39,0	63,0	39,0	1,87	21,0	2,00	280,0	350,0	280,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

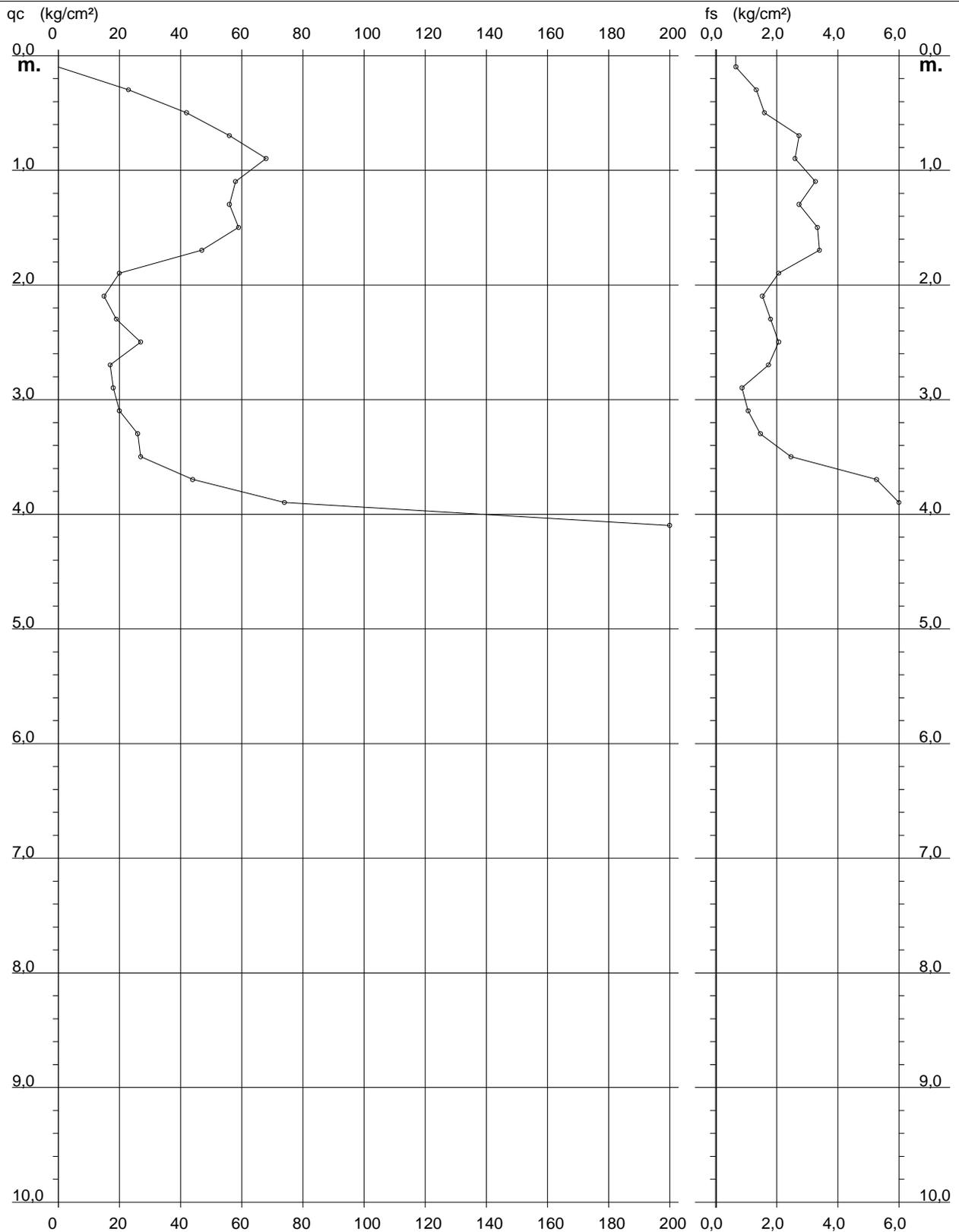
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



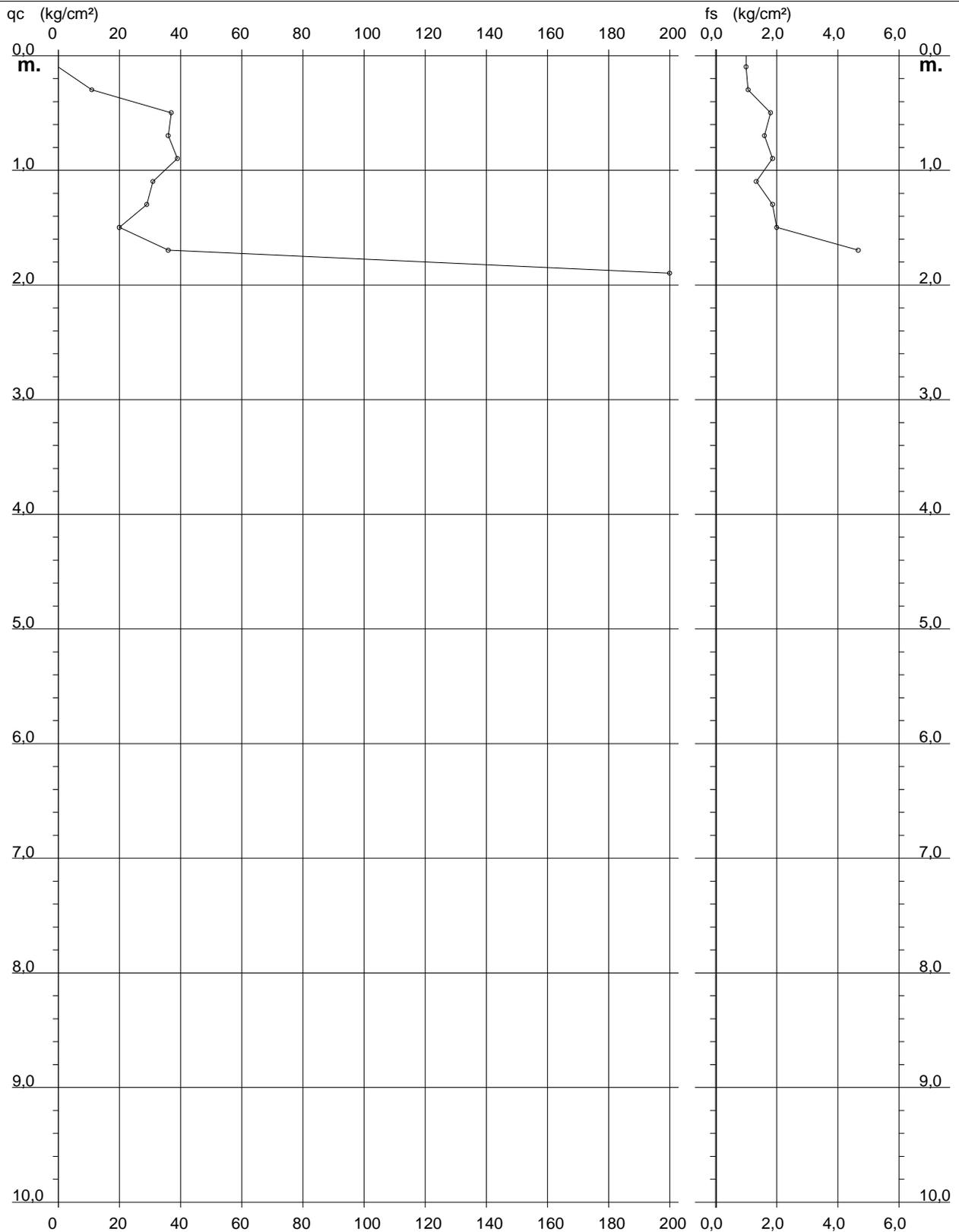
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 3

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



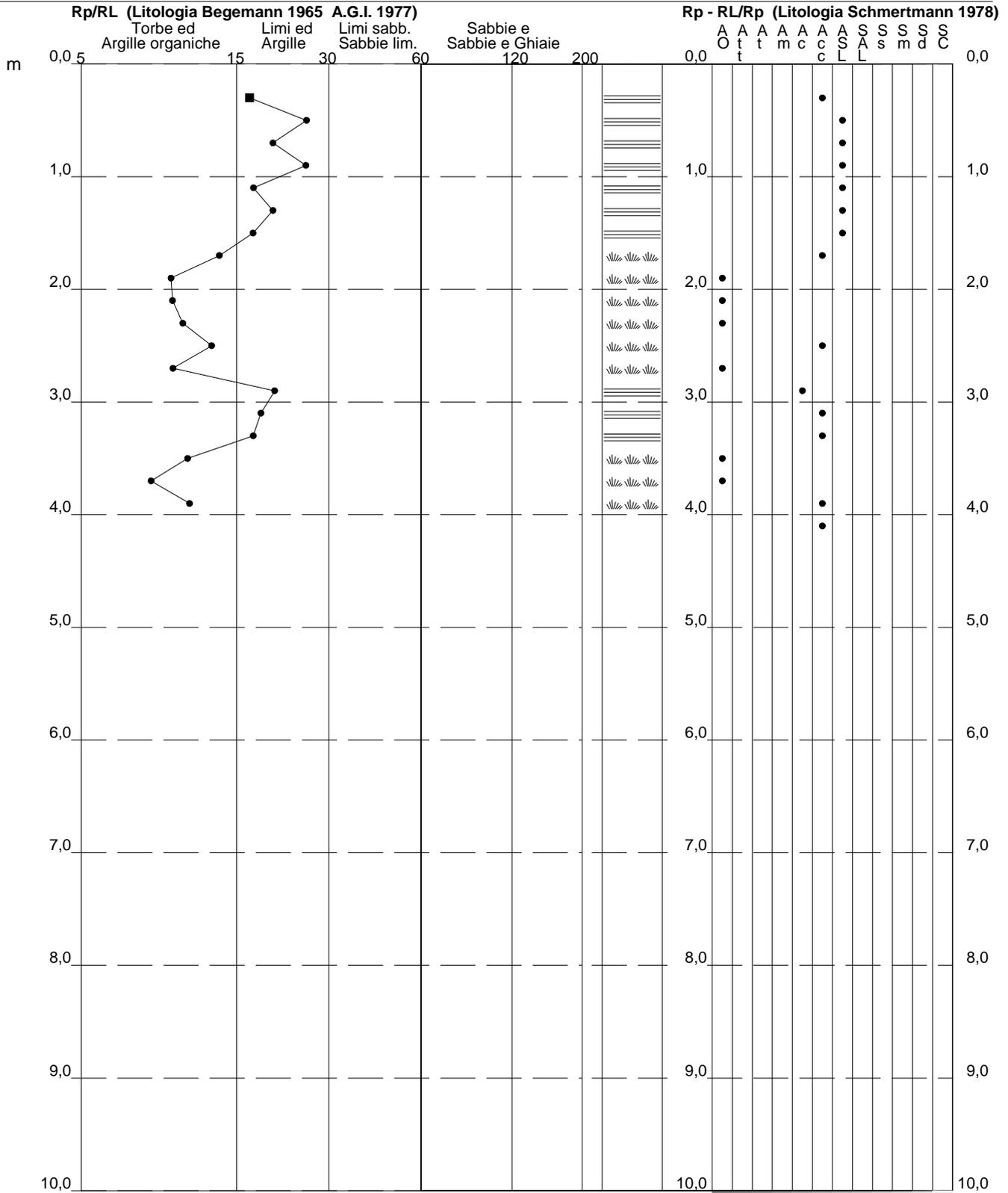
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



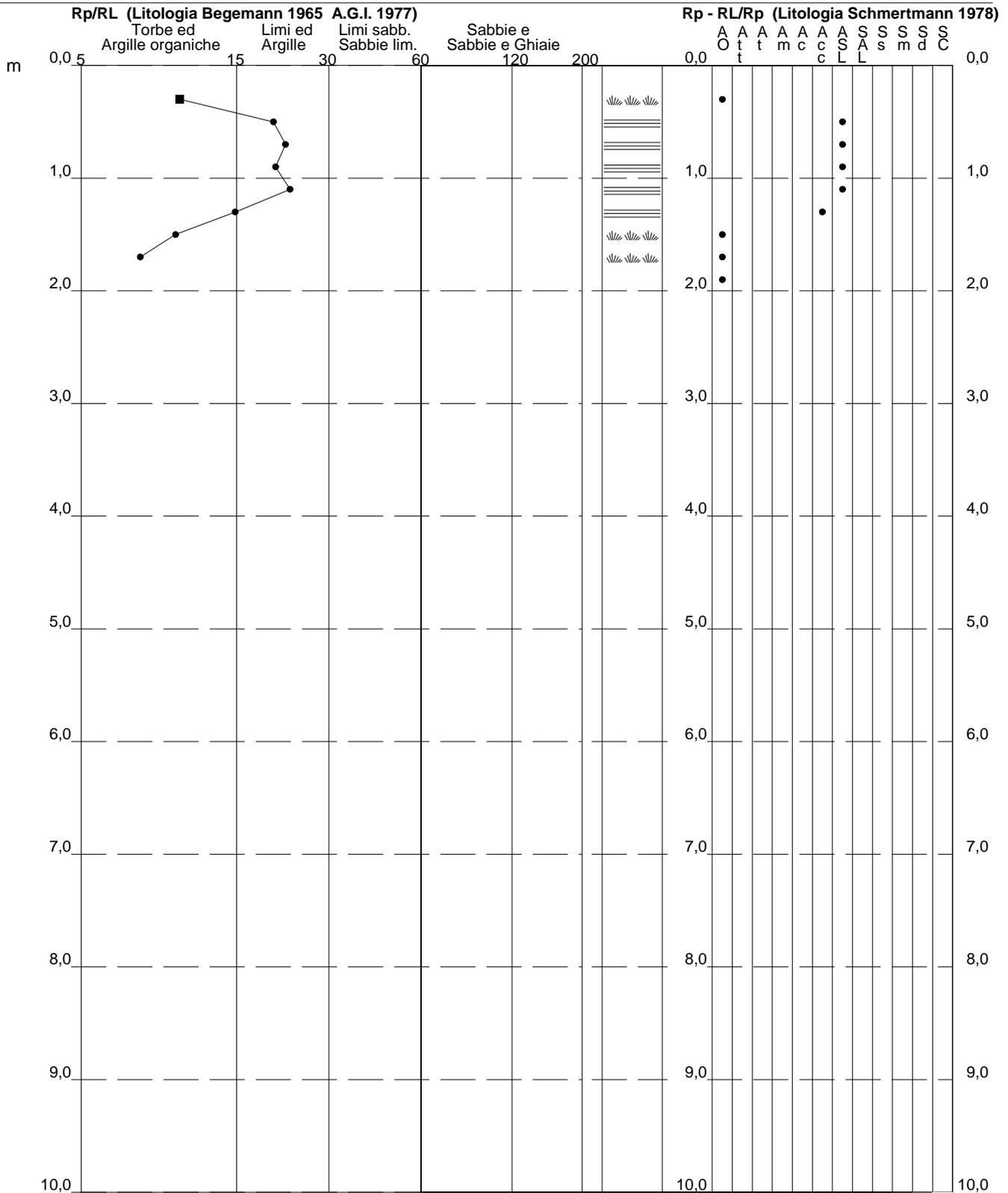
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

NATURA COESIVA													NATURA GRANULARE									
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	23	17	4/./	1,85	0,07	0,87	99,9	148	221	69	85	40	41	43	45	42	28	0,206	38	58	69	
0,60	42	26	4/./	1,85	0,11	1,40	99,9	238	357	126	96	41	43	44	46	43	30	0,243	70	105	126	
0,80	56	20	4/./	1,85	0,15	1,87	99,9	317	476	168	99	42	43	44	46	43	31	0,254	93	140	168	
1,00	68	26	4/./	1,85	0,19	2,27	99,9	385	578	204	100	42	43	45	46	43	32	0,258	113	170	204	
1,20	58	18	4/./	1,85	0,22	1,93	93,9	329	493	174	90	41	42	44	45	41	31	0,223	97	145	174	
1,40	56	20	4/./	1,85	0,26	1,87	74,1	317	476	168	85	40	41	43	45	40	31	0,206	93	140	168	
1,60	59	18	4/./	1,85	0,30	1,97	67,0	334	502	177	84	40	41	43	45	40	32	0,202	98	148	177	
1,80	47	14	4/./	1,85	0,33	1,57	43,5	266	400	141	73	38	40	42	44	39	31	0,168	78	118	141	
2,00	20	10	4/./	1,85	0,37	0,80	16,5	136	204	60	41	34	36	39	41	34	27	0,082	33	50	60	
2,20	15	10	2////	1,85	0,41	0,67	11,6	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	19	11	2////	1,85	0,44	0,78	12,6	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	27	13	4/./	1,85	0,48	0,95	14,6	161	242	81	45	34	37	39	42	34	28	0,091	45	68	81	
2,80	17	10	2////	1,85	0,52	0,72	9,5	125	187	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	18	21	2////	1,85	0,55	0,75	9,1	132	198	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	20	19	4/./	1,85	0,59	0,80	9,1	141	211	60	29	32	35	37	40	31	27	0,057	33	50	60	
3,40	26	18	4/./	1,85	0,63	0,93	10,2	158	237	78	37	33	36	38	41	32	28	0,073	43	65	78	
3,60	27	11	4/./	1,85	0,67	0,95	9,8	162	243	81	37	33	36	38	41	32	28	0,073	45	68	81	
3,80	44	8	4/./	1,85	0,70	1,47	15,7	249	374	132	52	35	38	40	42	34	31	0,110	73	110	132	
4,00	74	11	4/./	1,85	0,74	2,47	28,3	419	629	222	69	38	40	41	44	37	32	0,156	123	185	222	
4,20	350	--	3::::	1,85	0,78	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	40	0,258	583	875	1050	

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.01PG05-179

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	11	10	2////	1,85	0,07	0,54	74,7	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	37	21	4://:	1,85	0,11	1,23	99,9	210	315	111	91	41	42	44	45	41	30	0,228	62	93	111	
0,80	36	22	4://:	1,85	0,15	1,20	85,9	204	306	108	83	40	41	43	45	41	30	0,201	60	90	108	
1,00	39	21	4://:	1,85	0,19	1,30	71,8	221	332	117	81	39	41	43	44	40	30	0,193	65	98	117	
1,20	31	23	4://:	1,85	0,22	1,03	42,9	176	264	93	68	38	39	41	43	39	29	0,155	52	78	93	
1,40	29	16	4://:	1,85	0,26	0,98	33,3	167	251	87	62	37	39	41	43	38	29	0,137	48	73	87	
1,60	20	10	4://:	1,85	0,30	0,80	21,8	136	204	60	46	34	37	39	42	35	27	0,095	33	50	60	
1,80	36	8	4://:	1,85	0,33	1,20	31,2	204	306	108	64	37	39	41	43	37	30	0,141	60	90	108	
2,00	280	--	3:::	1,85	0,37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	467	700	840	

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	2	14,9	----	1	3,80 - 4,00	5	28,3	----	5
0,20 - 0,40	11	81,9	----	1	4,00 - 4,20	5	28,3	----	5
0,40 - 0,60	23	171,3	----	1	4,20 - 4,40	6	34,0	----	5
0,60 - 0,80	21	156,4	----	1	4,40 - 4,60	7	39,6	----	5
0,80 - 1,00	22	151,9	----	2	4,60 - 4,80	6	34,0	----	5
1,00 - 1,20	18	124,3	----	2	4,80 - 5,00	6	32,1	----	6
1,20 - 1,40	19	131,2	----	2	5,00 - 5,20	6	32,1	----	6
1,40 - 1,60	20	138,1	----	2	5,20 - 5,40	7	37,4	----	6
1,60 - 1,80	29	200,2	----	2	5,40 - 5,60	7	37,4	----	6
1,80 - 2,00	37	238,1	----	3	5,60 - 5,80	6	32,1	----	6
2,00 - 2,20	10	64,3	----	3	5,80 - 6,00	8	40,5	----	7
2,20 - 2,40	8	51,5	----	3	6,00 - 6,20	7	35,4	----	7
2,40 - 2,60	7	45,0	----	3	6,20 - 6,40	8	40,5	----	7
2,60 - 2,80	7	45,0	----	3	6,40 - 6,60	11	55,6	----	7
2,80 - 3,00	7	42,2	----	4	6,60 - 6,80	11	55,6	----	7
3,00 - 3,20	9	54,2	----	4	6,80 - 7,00	17	81,6	----	8
3,20 - 3,40	7	42,2	----	4	7,00 - 7,20	27	129,6	----	8
3,40 - 3,60	5	30,1	----	4	7,20 - 7,40	50	240,0	----	8
3,60 - 3,80	6	36,1	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

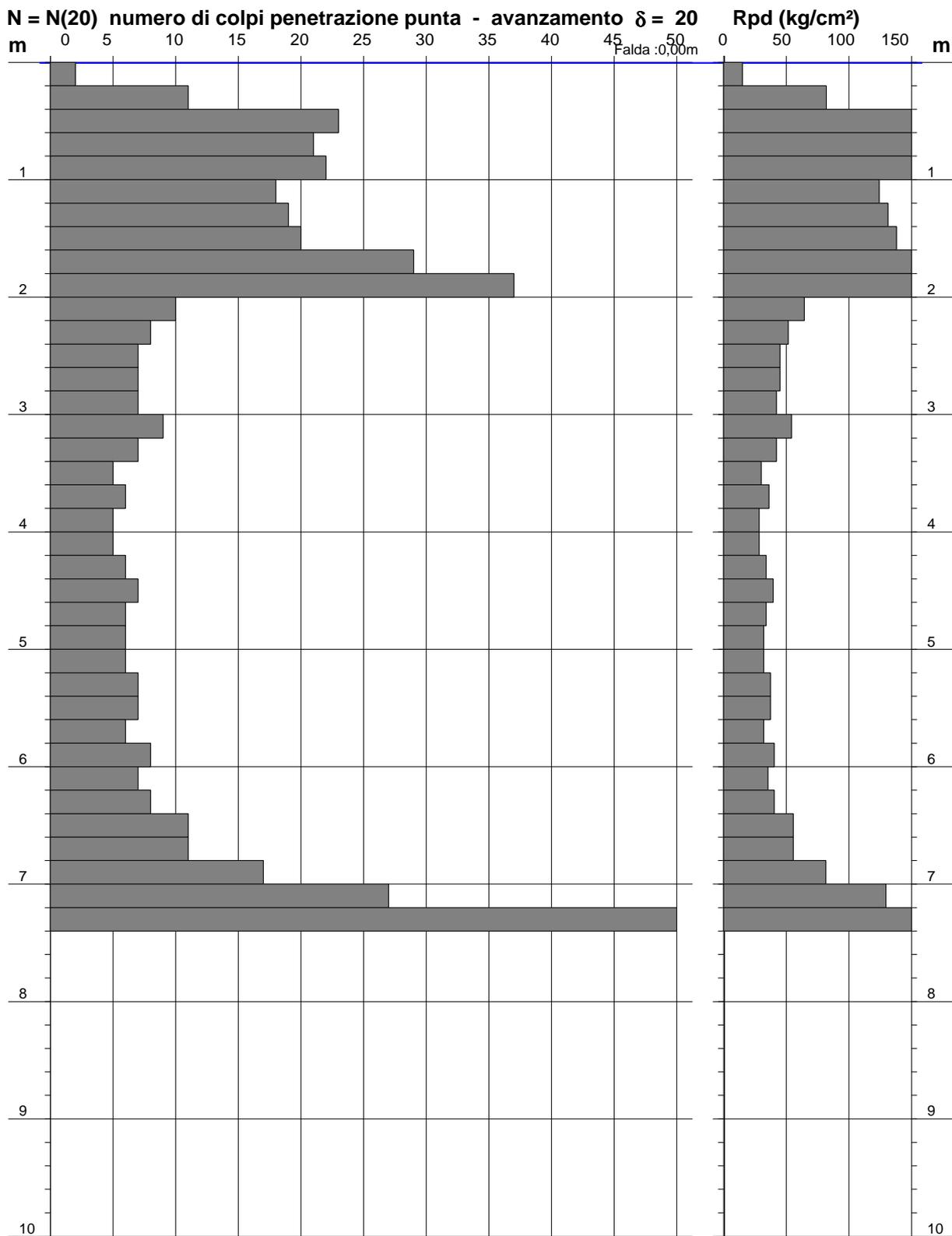
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio
 - pagina : 1



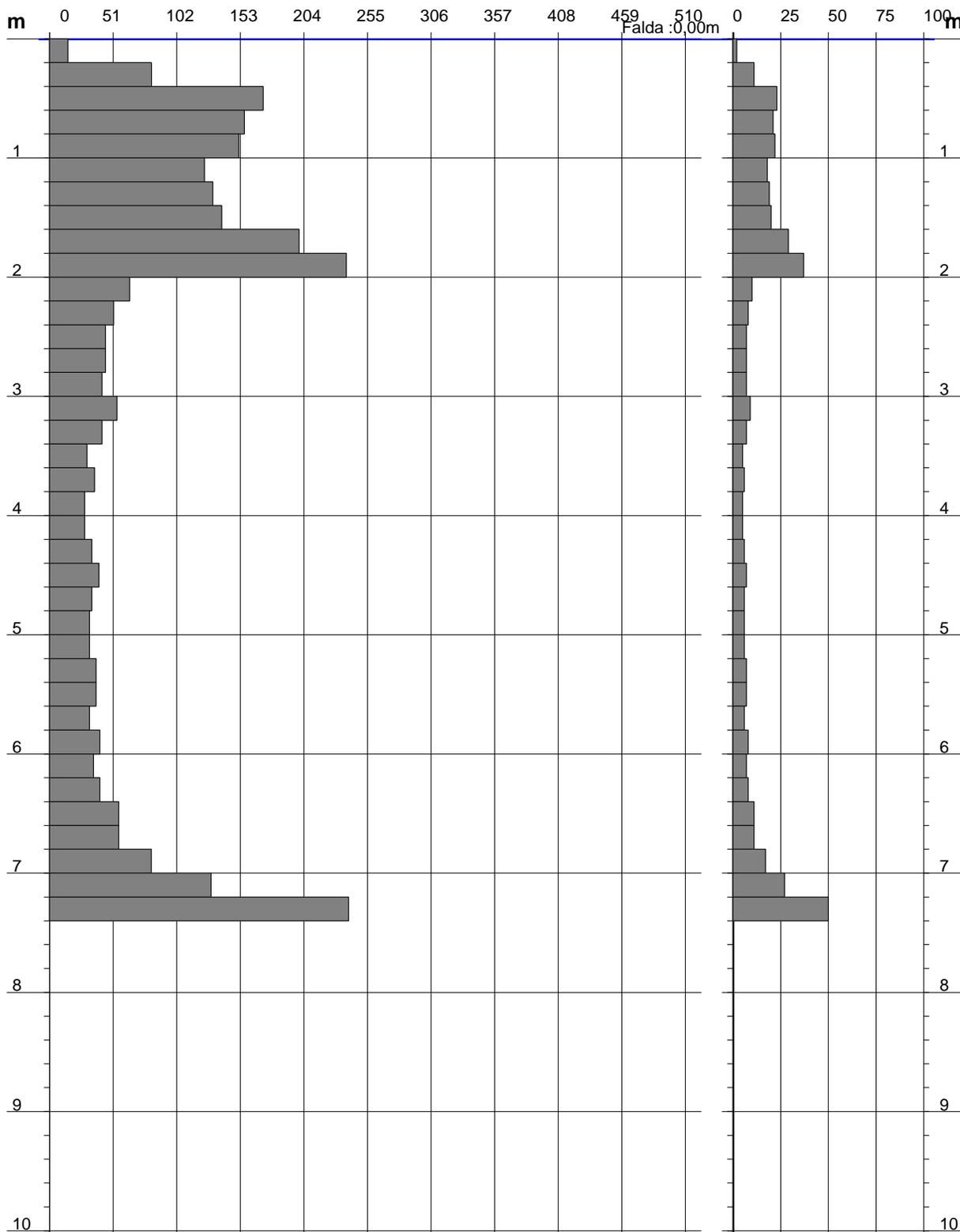
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

DIN 1
Scala 1: 50

- committente : Sig. Fusi Massimo
- lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
- località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)

- data : 11/09/2012
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n°colpi $\delta = 20$



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Sig. Fusi Massimo
 - lavoro : Dott. Geol. Giuseppe Capparelli
 - località : Tavarnelle Val di Pesa (FI)
 - note :

- data : 11/09/2012
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	6,5	2	11	4,3	----	----	----	6	1,52	9
		Rpd	48,4	15	82	31,7	----	----	----			
2	0,40 2,00	N	23,6	18	37	20,8	6,4	17,3	30,0	24	1,52	37
		Rpd	163,9	124	238	144,1	38,5	125,4	202,5			
3	2,00 3,40	N	7,9	7	10	7,4	1,2	6,6	9,1	8	1,52	12
		Rpd	49,2	42	64	45,7	8,1	41,1	57,3			
4	3,40 6,40	N	6,3	5	8	5,7	1,0	5,4	7,3	6	1,52	9
		Rpd	34,5	28	41	31,4	4,1	30,5	38,6			
5	6,40 7,00	N	13,0	11	17	12,0	----	----	----	13	1,52	20
		Rpd	64,3	56	82	60,0	----	----	----			
6	7,00 7,40	N	38,5	27	50	32,8	----	----	----	38	1,52	58
		Rpd	184,8	130	240	157,2	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESI VA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
2	0.40 2.00		37	72.0	37.8	477	2.09	1.74	2.31	2.23	14	0.387
3	2.00 3.40		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	3.40 6.40		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
5	6.40 7.00		20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
6	7.00 7.40		58	88.0	42.2	638	2.17	1.88	3.63	2.48	06	0.148

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Certificati di prova n. 611-614/2013

Montelupo Fiorentino li 31/05/2013

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 79/2013 del 10/05/13

COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi

LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa

DATA ESECUZIONE PROVE: 13/05/13 - 31/05/13

CAMPIONI:

S1C1 profondità 3.2 - 3.7 m

Prove eseguite

- 1 - Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)
- 2 - Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)
- 3 - Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)
- 4 - Prova di espansione laterale libera (ASTM D 2166/85)
- 5 - Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)
- 6 - Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Lo sperimentatore

Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio

Dott. Michele Caloni





IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 2

CERTIFICATO DI PROVA N. 611/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino li 31/05/2013
COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi	V.A. n. 79/2013 del 10/05/13
LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa	Data apertura campione: 13/05/13

Descrizione del campione

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 38 cm: limo argilloso, a tratti sabbioso, consistente colore marrone giallastro - marrone giallastro chiaro, a tratti grigio verdastro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, E.L.L., edometria e taglio



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni



Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni



CERTIFICATO DI PROVA N. 611/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m

Montelupo Fiorentino li 31/05/2013

COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi

V.A. n. 79/2013 del 10/05/13

LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa

Data prova: 27/05/13 - 31/05/13

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)

Limiti di Atterberg (CNR-UNI 10014)

Contenuto d'acqua (Wn) = 22.34%

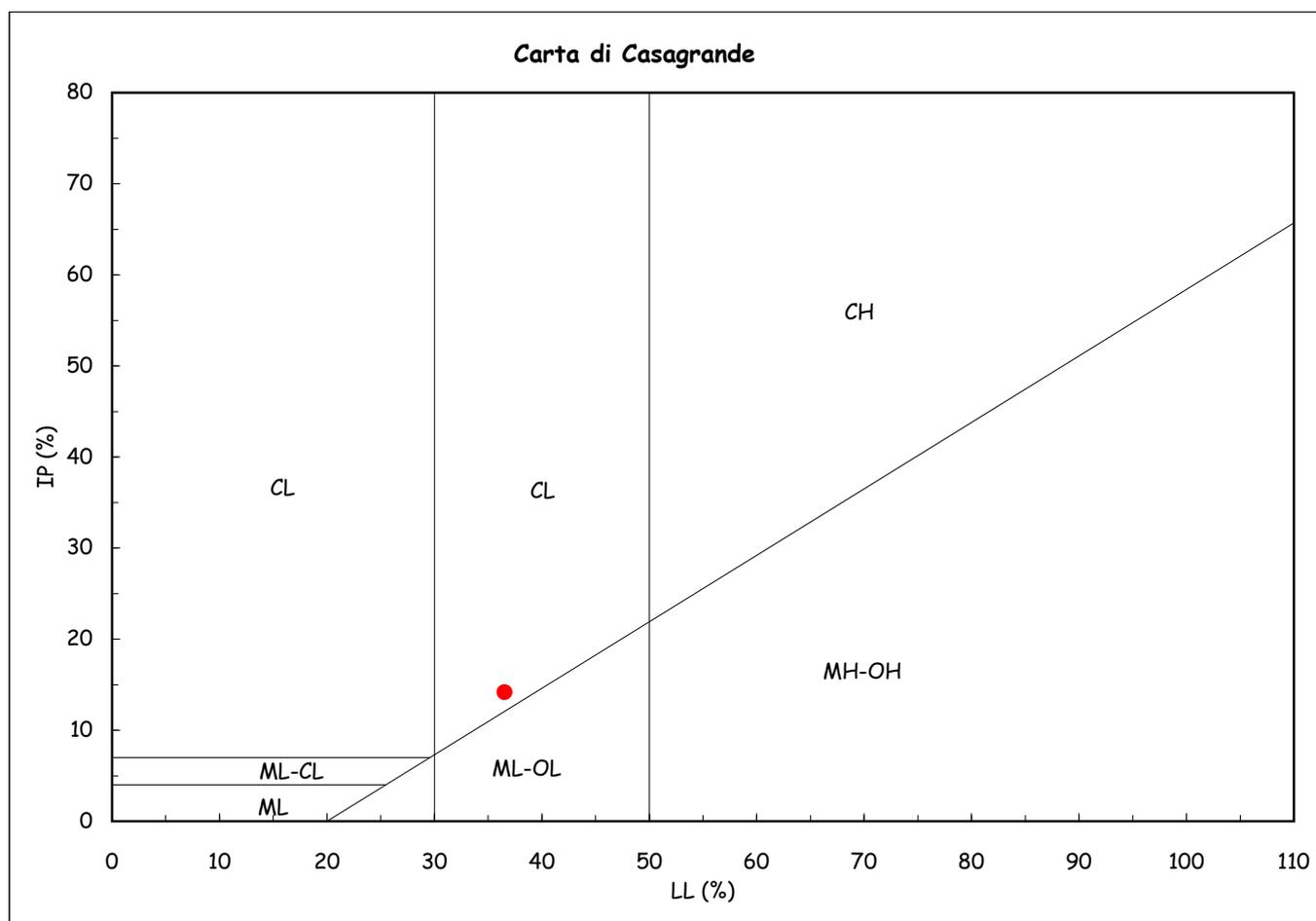
Limite di liquidità (LL) = 36.6%

Limite di plasticità (LP) = 22.4%

Indice di plasticità (IP) = 14.1%

Indice di consistenza (Ic) = 1.00

CL = argille inorganiche di
media plasticità



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni





CERTIFICATO DI PROVA N. 612/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino li 31/05/2013
COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi	V.A. n. 79/2013 del 10/05/13
LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa	Data prova: 27/05/13 - 29/05/13

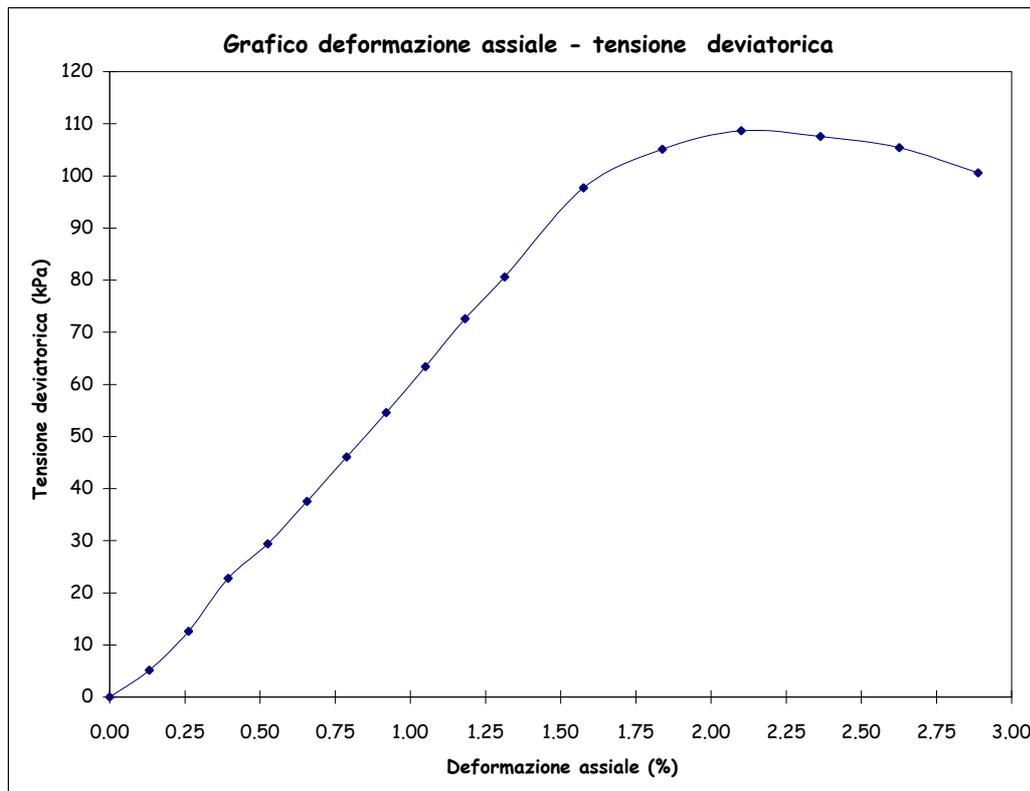
Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)

Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)

Prova di espansione laterale libera (ASTM D 2166)

Peso di volume naturale (kN/m ³)	19.2	Sigma a rottura (kPa)	108.6
Peso di volume secco (kN/m ³)	15.6	Coesione non drenata (kPa)	54.3
Contenuto d'acqua (%)	22.78	Modulo elastico	
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	6423

ϵ (%)	σ (kPa)	ϵ (%)	σ (kPa)
0.13	5.1	1.31	80.6
0.26	12.6	1.58	97.7
0.39	22.8	1.84	105.1
0.53	29.4	2.10	108.6
0.66	37.6	2.36	107.6
0.79	46.1	2.63	105.4
0.92	54.6	2.89	100.6
1.05	63.4		
1.18	72.6		



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

Michele Caloni





IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N. 613/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino li 31/05/2013
COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi	V.A. n. 79/2013 del 10/05/13
LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa	Data prova: 13/05/13 - 27/05/13

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)

Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM 2435)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.945	18.395
Volume (cmc)	39.957	36.851
Peso di volume naturale (kN/m ³)	18.5	20.1
Peso di volume secco (kN/m ³)	14.9	16.14
Contenuto d'acqua (%)	24.20	24.74

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Mv (m²/kN)
12.2	0.000	--
24.5	0.000	0.0000000
49.0	0.115	0.0000471
97.9	1.035	0.0001879
195.8	2.760	0.0001762
391.6	5.475	0.0001387
783.2	8.383	0.0000743
1566.5	11.850	0.0000443
391.6	11.018	0.0000071
97.9	9.441	0.0000537
24.5	7.774	0.0002270

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

Michele Caloni





IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

CERTIFICATO DI PROVA N. 613/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m

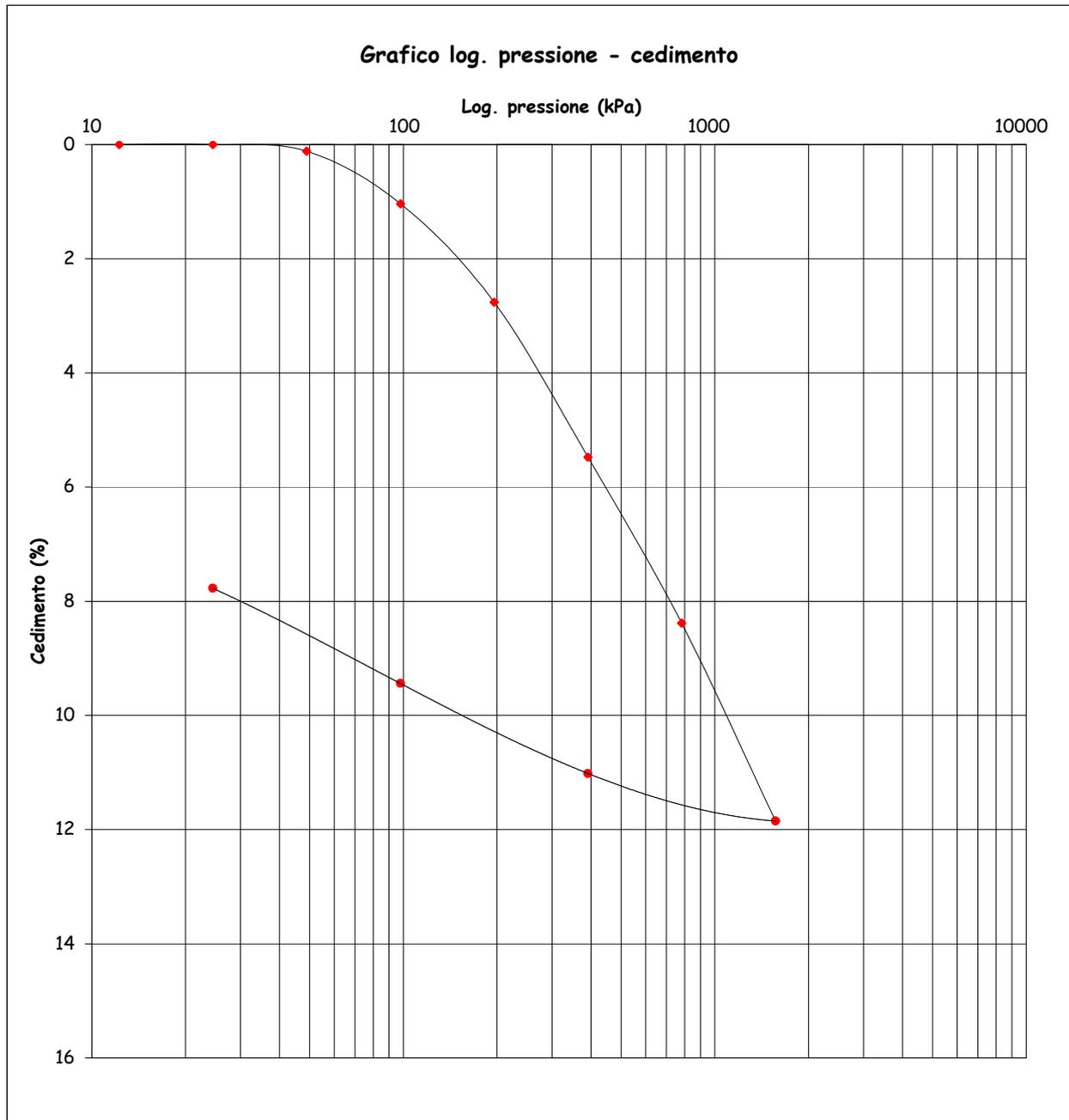
Montelupo Fiorentino li 31/05/2013

COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi

V.A. n. 79/2013 del 10/05/13

LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa

Data prova: 13/05/13 - 27/05/13



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni





IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 3 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N. 613/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino li 31/05/2013
COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi	V.A. n. 79/2013 del 10/05/13
LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa	Data prova: 13/05/13 - 27/05/13

Cedimento in funzione del tempo

carico da 97.9 a 195.8 kPa		carico da 195.8 a 391.6 kPa	
tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)	tempo (minuti)	Cedimento (10 ⁻³ mm)
0.10	193.00	0.10	506.00
0.17	202.00	0.17	523.00
0.25	208.00	0.25	534.00
0.50	218.00	0.50	553.00
1.00	227.00	1.00	567.00
2.00	234.00	2.00	579.00
4.00	240.00	4.00	590.00
8.00	246.00	8.00	600.00
15.00	251.00	15.00	609.00
30.00	257.00	30.00	619.00
60.00	264.00	60.00	628.00
120.00	271.00	120.00	638.00
240.00	277.00	240.00	649.00
480.00	283.00	480.00	660.00
960.00	290.00	960.00	673.00
1440.00	296.00	1440.00	682.00

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni





IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 4 di 4

CERTIFICATO DI PROVA N. 613/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m

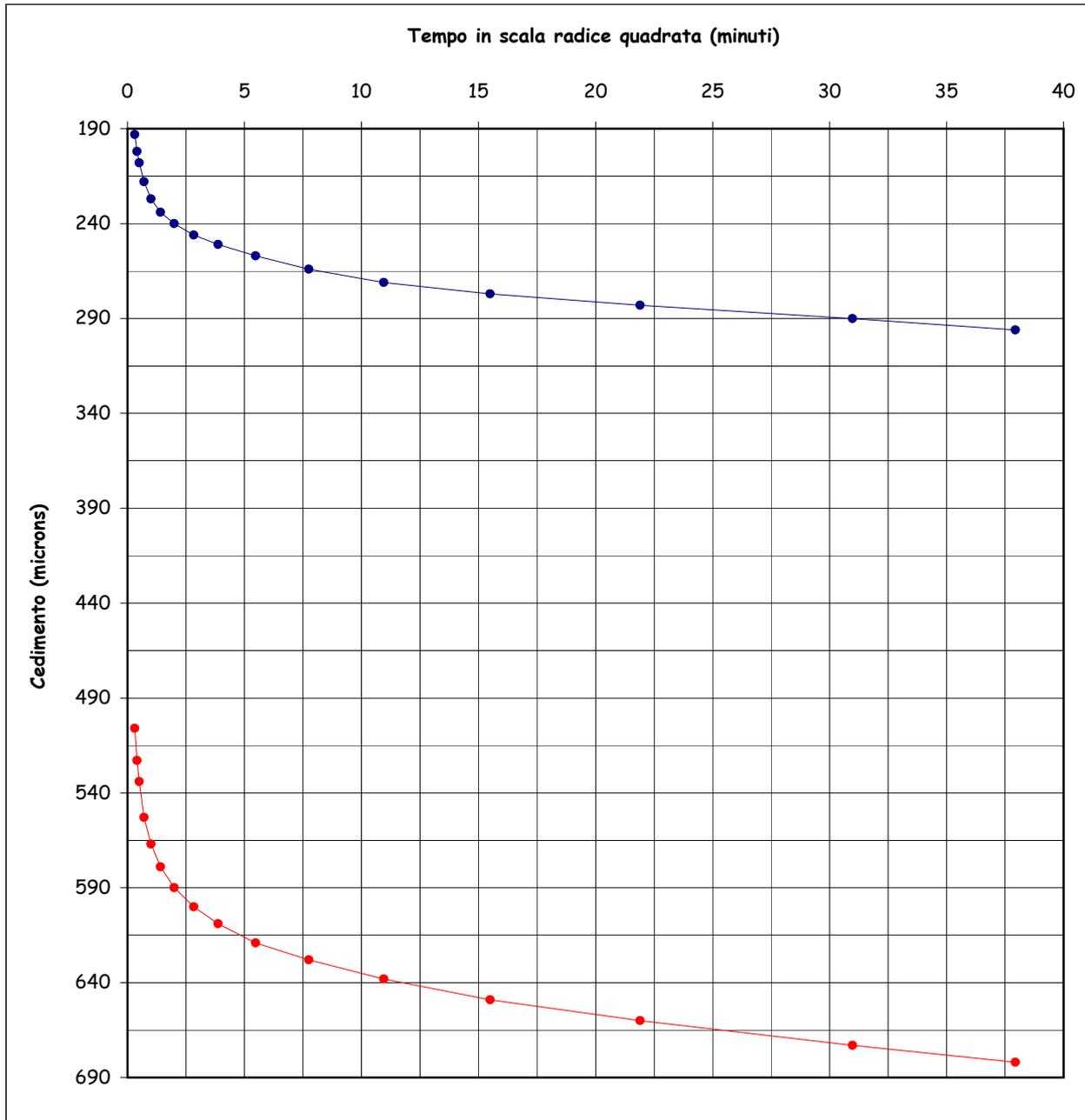
Montelupo Fiorentino li 31/05/2013

COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi

V.A. n. 79/2013 del 10/05/13

LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa

Data prova: 13/05/13 - 27/05/13



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N. 614/2013**

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino li 31/05/2013
COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi	V.A. n. 79/2013 del 10/05/13
LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa	Data prova: 16/05/13 - 27/05/13

Contenuto d'acqua (CNR - UNI 10008)**Peso di volume (Boll. Uff. CNR n. 40)****Prova di taglio (ASTM D 3080/72)**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m ³)	19.6	18.4	19.1
Peso di volume umido finale (kN/m ³)	20.1	19.3	20.2
Peso di volume secco iniziale (kN/m ³)	15.9	15.0	15.6
Peso di volume secco finale (kN/m ³)	16.2	15.4	16.2
Contenuto d'acqua iniziale (%)	23.08	22.74	22.75
Contenuto d'acqua finale (%)	23.97	25.00	24.63
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0017	0.0017	0.0017
Sigma (kPa)	98.1	147.1	196.1
Tau a rottura (kPa)	78.8	96.4	126.8

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.03	6.9	0.06	12.1	0.08	11.1
0.05	9.7	0.20	21.3	0.23	30.7
0.07	12.0	0.35	28.2	0.36	43.2
0.09	13.8	0.48	34.1	0.49	53.4
0.11	15.9	0.62	40.7	0.63	62.2
0.12	17.6	0.76	47.3	0.77	70.8
0.19	23.0	0.90	53.5	0.92	78.8
0.27	28.9	1.05	58.0	1.07	85.0
0.34	35.5	1.22	62.1	1.20	90.5
0.42	43.1	1.36	66.0	1.32	95.6
0.50	50.4	1.51	69.0	1.59	104.0
0.58	57.6	1.65	71.9	1.89	113.0
0.67	63.5	1.95	76.0	2.18	117.5
0.76	69.1	2.27	81.9	2.46	120.9
0.85	73.7	2.57	88.1	2.73	124.2
0.93	76.3	2.83	91.5	2.99	125.1
1.01	77.8	3.10	94.7	3.29	126.2
1.09	78.8	3.41	96.4	3.58	126.8
1.20	75.3	3.70	95.7	3.89	123.1
1.29	67.7	4.00	94.3	4.20	117.2
1.38	65.3	4.30	92.3	4.48	115.4

Lo sperimentatore
Sig. Alessandro CaloniIl direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni

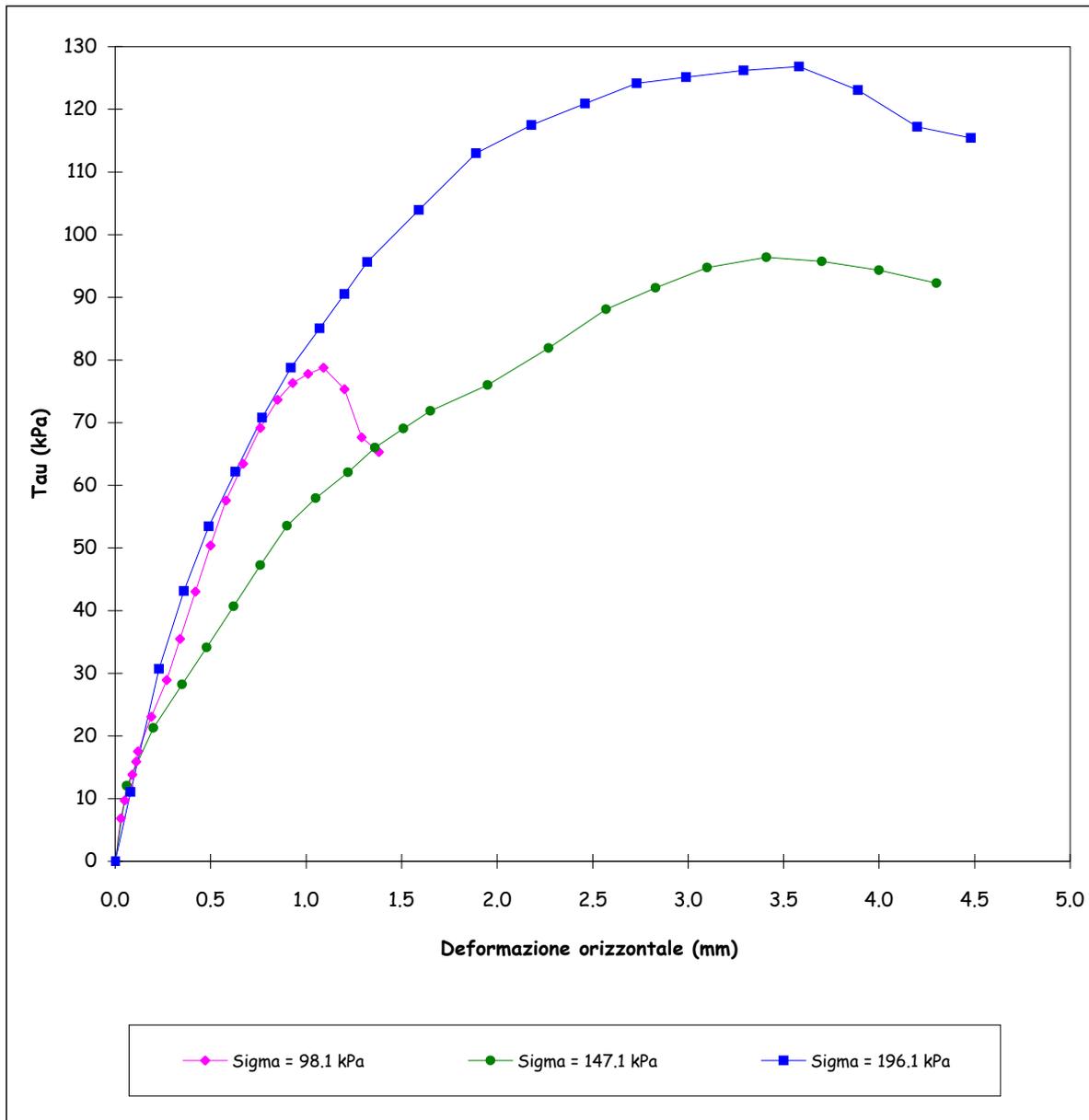


CERTIFICATO DI PROVA N. 614/2013

CAMPIONE: S1C1 profondità 3.0 - 3.7 m	Montelupo Fiorentino li 31/05/2013
COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi	V.A. n. 79/2013 del 10/05/13
LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa	Data prova: 16/05/13 - 27/05/13

Prova di taglio (ASTM D 3080/72)

Grafico Deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore
Sig. Alessandro Caloni

Il direttore del Laboratorio
Dott. Michele Caloni





IGETECMA s.a.s.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

LOCALITA': via di Spicciano, Tavarnelle Val di Pesa

Montelupo Fiorentino li 31/05/2013

COMMITTENTE: Sig. Massimo Fusi

V.A. n. 79/2013 del 10/05/13

Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 611-614/2013

CAMPIONE	SIC1
Profondità metri	3.2 - 3.7
Prova E.L.L.	
Cu (kPa)	54.3
E _{ri} (kPa)	6423
Prova di taglio	
C (kPa)	28.5
φ (°)	26.1
Prova edometrica	
RR (rapporto di ricomprensione)	0.01720
CR (rapporto di compressione)	0.10589
SR (rapporto di rigonfiamento)	0.02694
σ' v _{max} (kPa)	130.7
Cv (cm ² /sec)	1.3283E-02
K (cm/sec)	3.440E-08
Cv (cm ² /sec)	1.4809E-02
K (cm/sec)	3.397E-08
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19.0
Peso volume secco (kN/m ³)	15.4
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	22.34
Limite liquido (%)	36.6
Limite plastico (%)	22.4
Indice di plasticità (%)	14.1
Indice di consistenza	1.00
Classificaz. Casagrande	CL

Michele Calvo

