



synthesis

Dr. Geol. **Emanuele Stevanin**

geologia  
idrogeologia  
geotecnica  
caratterizzazione siti inquinati

Piazza del Popolo, 13 int. 5  
44034 Copparo (Ferrara)  
tel. 0532 860546 - fax 0532 385035

e.stevanin@synthesisrl.com

**REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI FERRARA  
COMUNE DI POGGIO RENATICO**

**Sig. Carlo Alberto MAZZA  
Via Cavour civ. 38  
Poggio Renatico (Fe)**

***Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata  
In Poggio Renatico - Via Salvo D'Acquisto***

Progettista

**Geom. Daniele Patracchini**

**Geom. Luca Patracchini**

Via Chiesa civ. 192 – San Martino (Fe)

**- MODELLAZIONE GEOLOGICA -**

**- MODELLAZIONE GEOTECNICA -**

Relatore

**Dr. Geol. Emanuele Stevanin**

Collaboratore

**Dr. Geol. Marina Bertarelli**

Località

**Poggio renatico – Ferrara**

Data

**15 gennaio 2008**

Rif. int. 264/07



## INDICE

1. PREMESSE.....	3
1.1. Normative di riferimento.....	3
1.2. Ubicazione del sito.....	4
1.3. Intervento previsto .....	4
1.4. Campagna d'indagini e analisi eseguite .....	5
1.4.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE .....	5
1.4.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	5
1.4.3. SISMICA A RIFRAZIONE.....	6
1.4.4. PROVE DI LABORATORIO .....	6
1.4.5. TOPOGRAFIA .....	6
1.4.6. DITTA INCARICATA PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE E DEI SONDAGGI .....	7
1.4.7. DITTA INCARICATA PER L'INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE .....	7
1.4.8. DITTA INCARICATA PER LE PROVE DI LABORATORIO .....	7
1.4.9. DITTA INCARICATA PER I RILIEVI TOPOGRAFICI.....	7
2. MODELLO GEOLOGICO .....	11
2.1. Caratteri strutturali .....	11
2.2. Caratteri geomorfologici.....	14
2.3. Caratteri stratigrafici.....	16
2.3.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE .....	16
2.3.1.1. CARATTERI LITOLOGICI – MODALITÀ DI VALUTAZIONE .....	16
2.3.1.2. CARATTERI LITOLOGICI - DESCRIZIONE.....	17
2.3.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	19
2.4. Caratteri idrogeologici e idrologici.....	20
2.5. Pericolosità geologica del territorio e del sito – Considerazioni conclusive .....	30
3. MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	33
3.1. Prove penetrometriche statiche .....	33
3.1.1. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA – MODALITÀ DI VALUTAZIONE .....	33
3.2. Determinazione della categoria di suolo mediante sismica a rifrazione.....	38
3.3. Verifica delle sollecitazioni sismiche sui terreni di fondazione .....	43
3.4. Terreni suscettibili di liquefazione.....	43
3.4.1. DEFINIZIONE DEL FATTORE SCATENANTE: DETERMINAZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO .....	44



3.4.2. DEFINIZIONE DEL FATTORE PREDISPONENTE: CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....	46
3.4.3. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER MEZZO DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE .....	46
3.5. Modellazione geotecnica - Considerazioni conclusive .....	48
4. CONSIDERAZIONI GENERALI .....	49
4.1. Individuazione delle aree soggette ad effetti locali .....	49
4.2. Valutazione di compatibilità delle previsioni con la riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile sulla base di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana .....	50
5. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI TEORICI RELATIVI AL TRATTO STRADALE .....	51
5.1. Modalità di analisi.....	51
5.2. Valori ricavati.....	54
5.3. Valutazioni relative al dimensionamento del pacchetto stradale.....	57
5.4. Determinazione degli spessori minimi - Metodo dell'Indice di Gruppo.....	59
5.5. Valutazioni relative al caso specifico .....	63
5.6. Verifica degli spessori proposti .....	64
5.6.1. TRAFFICO PRESUNTO .....	64
5.6.2. DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI - METODO C.B.R. ....	65
5.6.3. INDICAZIONI DI MASSIMA RELATIVE ALLE MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE STRADE .....	69
5.6.3.1. COSTRUZIONE DEL RILEVATO - REQUISITI DEI MATERIALI .....	70
5.6.3.2. CALCOLO DELLA PENDENZA STABILE DI UNA SCARPATA – ALTEZZA CRITICA .....	70
5.6.3.3. MODALITÀ COSTRUTTIVE .....	73
5.6.3.4. COSTIPAMENTO.....	73
5.7. Progettazione del rilevato stradale – Considerazioni conclusive .....	75

## 1. PREMESSE

Su incarico del **Sig. Carlo Alberto MAZZA**, residente in Poggio Renatico (Fe), Via Cavour civ. 38, è stata eseguita una campagna di indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche, in corrispondenza di un sito sul quale è prevista la realizzazione di opere di urbanizzazione relative ad un piano particolareggiato di iniziativa privata ubicato in località Poggio Renatico (Ferrara) - Via Salvo d'Acquisto.

Le indagini sono state realizzate allo scopo di verificare le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche generali dell'area e, in particolare, per fornire le indicazioni necessarie al dimensionamento e alle modalità di realizzazione delle strade di lottizzazione.

Le modalità d'indagine e i risultati ottenuti sono descritti e analizzati nel presente rapporto finalizzato, come si è detto, a fornire un inquadramento generale dell'area ai sensi della normativa attualmente vigente, oltre al dimensionamento e alle modalità di realizzazione delle strade di lottizzazione. Si rimandano quindi a successivi approfondimenti d'indagine, le valutazioni necessarie alla progettazione delle singole opere edilizie previste.

La progettazione dell'intervento è stata affidata allo **Studio Tecnico Associato Geom. Daniele PATRACCHINI e Geom. Luca PATRACCHINI** con sede in San Martino (Fe), Via Chiesa civ. 192.

I dati identificativi delle ditte coinvolte per la realizzazione del presente lavoro, sono in seguito riepilogati.

### 1.1. Normative di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274*") e successive modifiche.

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "*Norme Tecniche per le Costruzioni*" – anno 2005.



- C.N.R. – U.N.I. 10006 – 1963

Costruzione e manutenzione delle strade – Tecniche di impiego delle terre

- U.N.I. 10006 – Giugno 2002

Costruzione e manutenzione delle strade – Tecniche di impiego delle terre

- UNI EN 13242 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade"

- UNI EN 13285 "Miscele non legate – Specifiche"

- Delibera n. 112 del 02.05.2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna riguardante l'Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

## 1.2. Ubicazione del sito

La zona in oggetto è localizzata nel centro abitato di Poggio Renatico, in Provincia di Ferrara. In particolare l'area è situata a nord-ovest di Via Uccellino.

Il sito, a sviluppo pseudo-triangolare, è attualmente destinato ad uso agricolo (seminativo) ed è delimitato a sud, a sud ovest e a nord est da civili abitazioni, a nord da campi coltivati.

## 1.3. Intervento previsto

Come accennato, nel sito in esame è prevista la realizzazione di una nuova area per insediamenti abitativi: con il nuovo intervento saranno realizzati n. 13 lotti edificabili ad uso civile abitazione, oltre ai parcheggi pubblici, n. 4 aree verdi, n.1 pista ciclabile oltre alle strade di penetrazione, una delle quali collegherà la nuova area di lottizzazione con Via Salvo D'Acquisto.

Le dimensioni massime dell'area da lottizzare sono pari a circa mt. 269.00 x mt. 208.00 x mt 190.00.

## 1.4. Campagna d'indagini e analisi eseguite

### 1.4.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Numero di indagini eseguite: 5

Profondità d'indagine: mt 14.40 – mt 15.00

In base alla conoscenza della zona da parte dello scrivente e in relazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, la profondità delle prove è stata programmata al fine di verificare l'eventuale presenza di strati spessi e continui di sabbia potenzialmente liquefacibile.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio definisce che la verifica alla suscettibilità a liquefazione, può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità maggiori di mt. 15 dal piano campagna.

Strumentazione utilizzata: penetrometro statico meccanico tipo Gouda da 10 tonnellate a lettura digitale, munito di punta tipo Begemann Ø 35.7 mm, con manicotto di frizione per il rilievo delle seguenti grandezze:

Rp: resistenza alla punta (Kg/cm<sup>2</sup>)

Rl: resistenza laterale locale (Kg/cm<sup>2</sup>).

L'attrezzatura è installata su carro cingolato e, per l'esecuzione dell'indagine, necessita di apposito ancoraggio.

### 1.4.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Numero di indagini eseguite: 4

Profondità d'indagine: al fine di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico il terreno direttamente interessato dalla realizzazione della strada di penetrazione, sono stati eseguiti n. 5 sondaggi geognostici a mt. 3.80 dal piano campagna.

Va inoltre segnalato come, all'interno dei fori residui di tutte le indagini effettuate, siano stati inseriti n. 9 piezometri a tubo aperto tipo Norton, utilizzati per la determinazione della quota della superficie freatica.

### 1.4.3. SISMICA A RIFRAZIONE

Per l'esecuzione dell'indagine sismica a rifrazione, ci si è basati sulla tecnica dei microtremori e del metodo Masw (Multi Channel Analysis Surface Waves) combinati, atta alla classificazione del sito in esame ai sensi dell'OPCM 3274 e successive variazioni.

I metodi utilizzati sfruttano le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo  $V_s/\text{profondità}$ . Il metodo dei microtremori sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo Masw sfrutta sorgenti "attive" (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

### 1.4.4. PROVE DI LABORATORIO

In corrispondenza del futuro tracciato stradale, sono stati prelevati n. 4 campioni di terreno superficiale (da mt 0.20 a mt 0.40), poi recapitati in laboratorio, per le successive analisi necessarie alla determinazione dei parametri utili al dimensionamento del pacchetto stradale.

In particolare sono state definite per tutti i campioni le caratteristiche fisiche, volumetriche e di consistenza oltre l'Indice di Gruppo e, sul campione medio ottenuto dalla miscelazione dei 6 campioni prelevati, è stata eseguita una prova di compattazione Proctor standard e determinato l'indice di portanza C.B.R.

### 1.4.5. TOPOGRAFIA

Per la determinazione dell'esatta ubicazione delle prove, delle quote del piano campagna e della superficie freatica, è stata eseguita una campagna topografica mediante una stazione totale PENTAX V-227N, associata ad un prisma retodirettivo avente costante paria -30 mm.

Le quote sono state determinate utilizzando un caposaldo posto in Via Testi, in corrispondenza del marciapiede ubicato di fronte all'area in esame. Al piano di

riferimento identificato dal caposaldo, è stata arbitrariamente associata la quota + 10.000 mt. Per mezzo dei piezometri è stata determinata la profondità della superficie freatica utilizzando un freatimetro elettrico Tecno Penta.

#### **1.4.6. DITTA INCARICATA PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE E DEI SONDAGGI**

Pergeo s.r.l.

Sede legale: 44034 Copparo (Fe) – V.le P. Togliatti civ. 6

Unità locale: 44030 Corlo (Fe) – via Canalazzi civ. 13

#### **1.4.7. DITTA INCARICATA PER L'INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE**

IND.A.G.O. s.n.c.

45100 Rovigo - Via Miani civ. 4

#### **1.4.8. DITTA INCARICATA PER LE PROVE DI LABORATORIO**

Geotea s.r.l.

Sede legale e laboratorio: 40128 Bologna - Via Calzolari civ. 30/A

#### **1.4.9. DITTA INCARICATA PER I RILIEVI TOPOGRAFICI**

Synthesis s.r.l.

Sede legale e operativa: 44034 Copparo (Fe) - Piazza del Popolo civ. 13/5

Supporti grafici:

- Figura 1. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:15.000
- Figura 2. Stralcio Planimetria Catastale – scala 1:2.000
- Figura 3. Stralcio Planimetria di Progetto – scala 1:2.000



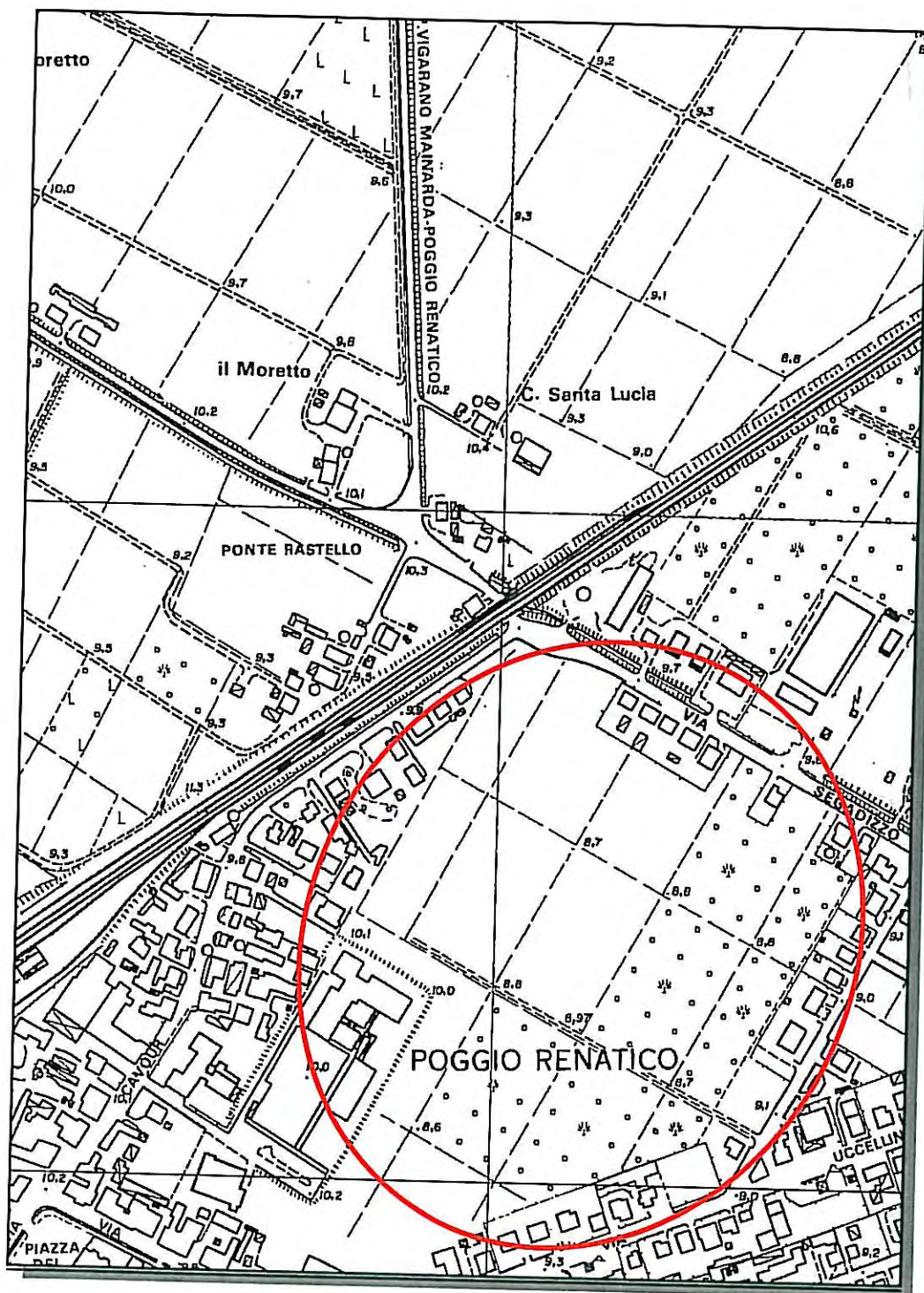


Figura 1

**Stralcio Carta Tecnica Regionale - scala 1:5.000**

Ubicazione del sito



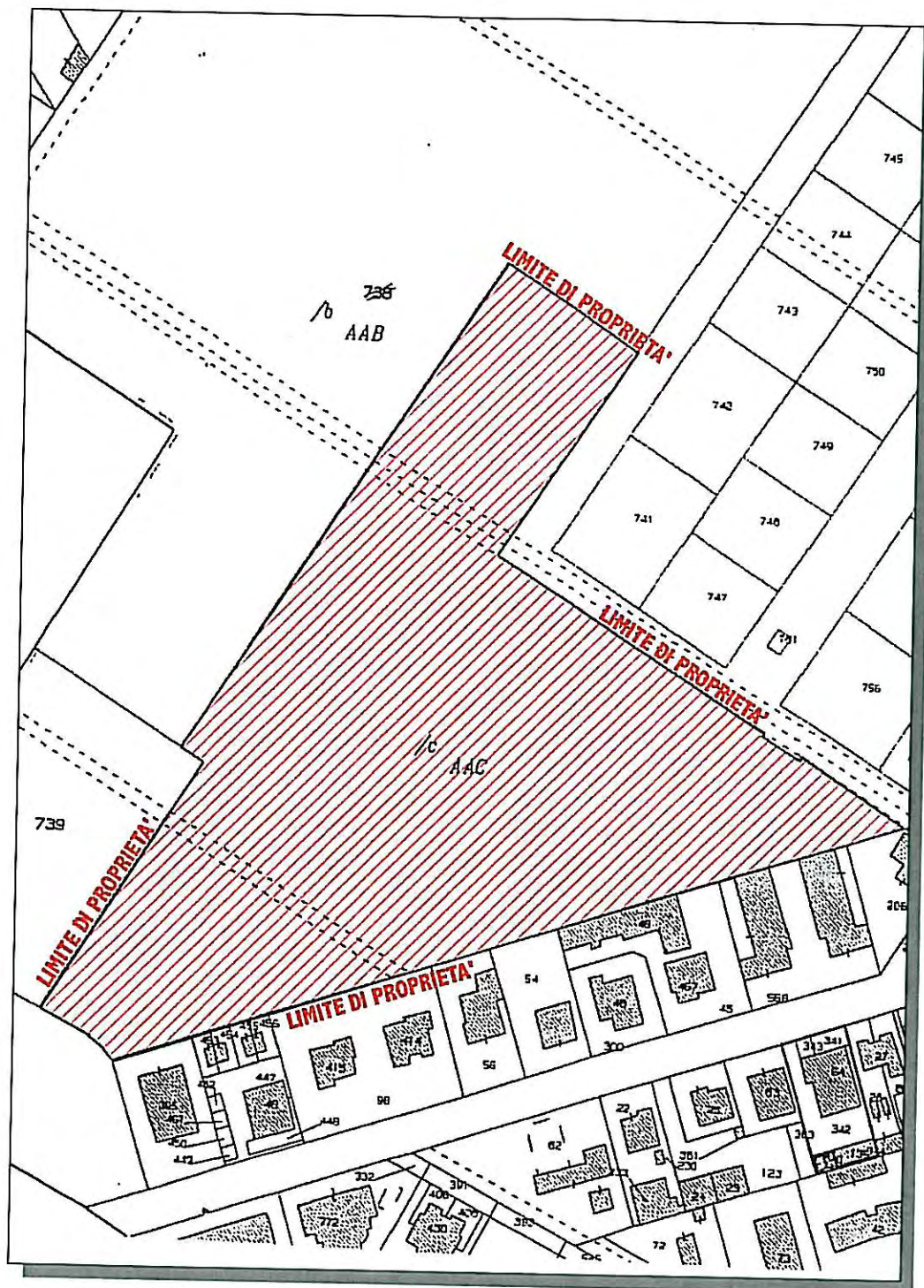


Figura 2

**Stralcio Planimetria di Progetto - scala 1:2.000**

Ubicazione del lotto in esame



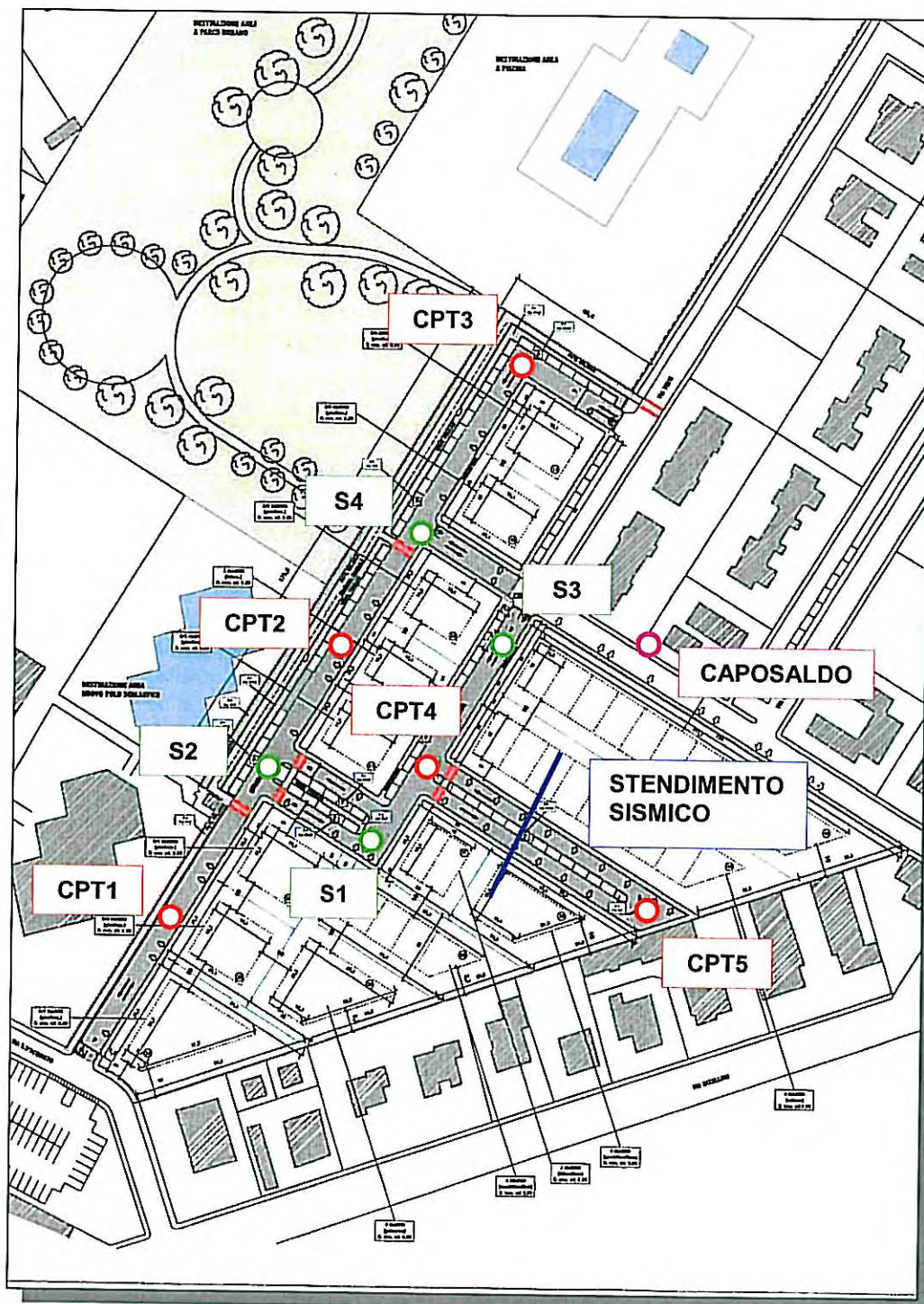


Figura 3  
**Stralcio Planimetria di Progetto – scala 1:2.000**  
 Ubicazione indagini eseguite

## 2. MODELLO GEOLOGICO

### 2.1. Caratteri strutturali

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante Padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Fiume Po. Pur essendo due ambienti geomorfologici distinguibili, essi risultano strettamente correlati fra loro: il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico catena montuosa-pianura, ma è individuabile fra gli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981), sepolte dai sedimenti quaternari della Pianura Padana. Il fronte appenninico sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta, di conseguenza l'evoluzione del territorio dell'Emilia Romagna risulta strettamente legata ai cambiamenti del settore esterno della catena nord-appenninica. Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la regione.

*Per quanto riguarda la situazione geologica locale, i dati bibliografici evidenziano come il sito sia ubicato all'interno di un'area caratterizzata da depositi di argine distale.*

#### Supporti grafici:

- Figura 4. Profilo geologico-strutturale tra il versante dell'Appennino settentrionale e la Pianura Padana
- Figura 5. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna



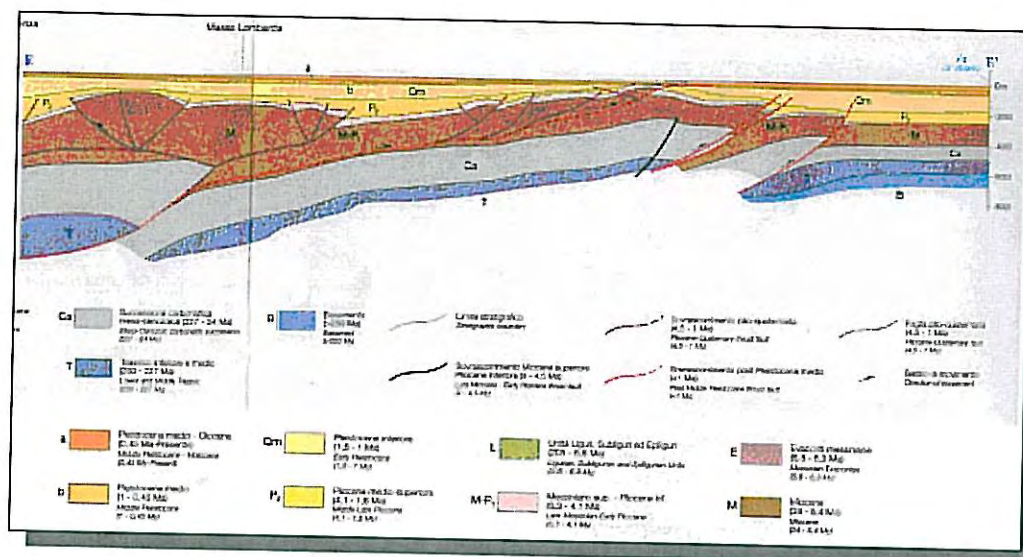
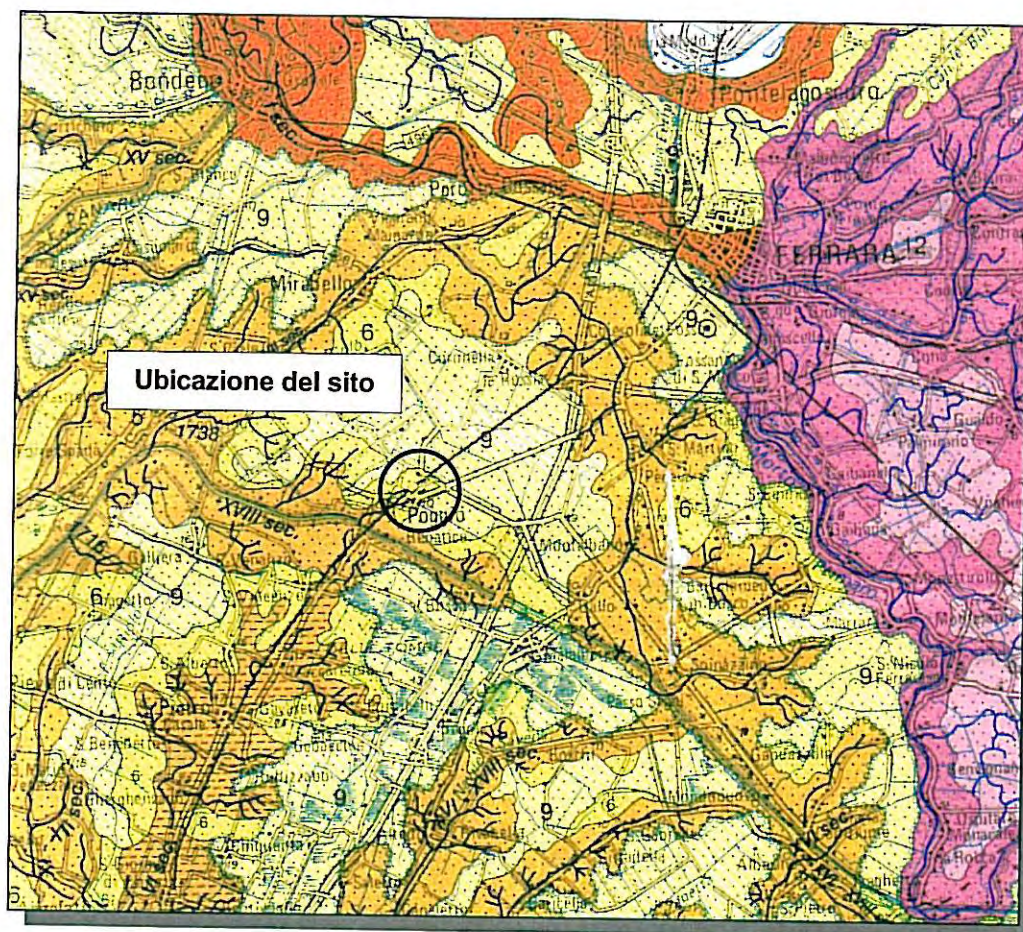


Figura 4

Profilo geologico-strutturale tra il versante dell'Appennino settentrionale e la Pianura Padana.



**Figura 5**

**Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala 1:250.000**

**6.** Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrici. Depositi di argine distale.

## 2.2. Caratteri geomorfologici

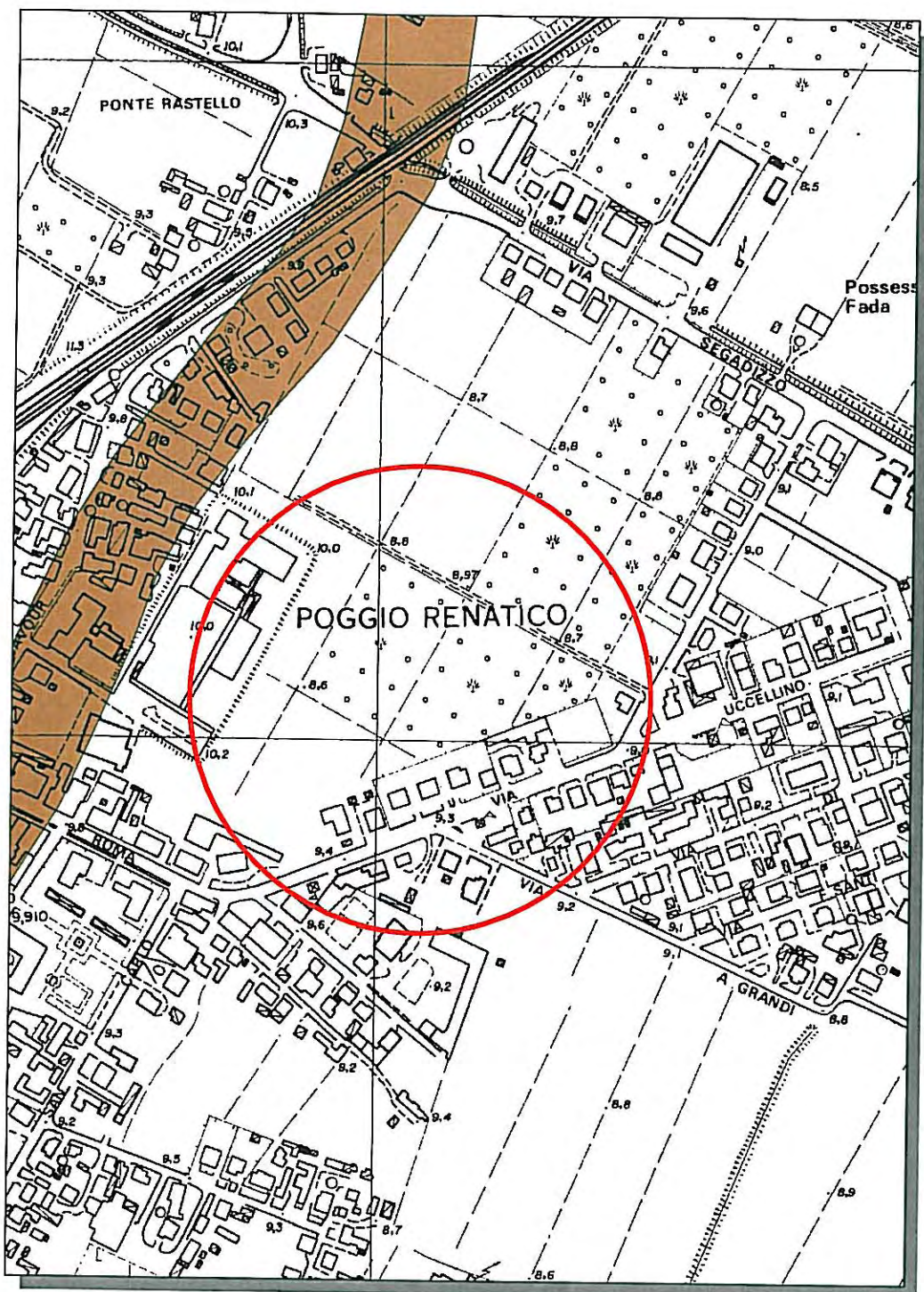
Il sito in oggetto è localizzato all'interno di una zona suborizzontale, con quote prossime a mt + 8.60 rispetto al livello medio del mare.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame si trova immediatamente ad est di un paleoalveo di collocazione certa che attraversa l'abitato di Poggio Renatico da nord a sud.

### Supporti cartografici:

-Figura 6. Stralcio Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara – scala 1:5.000









## 2.3. Caratteri stratigrafici

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi dalla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana.

In particolare, la zona oggetto di studio è caratterizzata da depositi alluvionali a granulometria fine, con livelli a granulometria medio-fine da p.c. a mt. 15.00 di profondità (massima profondità indagata).

### 2.3.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

#### 2.3.1.1. CARATTERI LITOLOGICI – MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Per il riconoscimento di massima dei profili litostratigrafici, sono state utilizzate le metodologie di seguito descritte.

#### Rapporto di Begemann 1965 – A.G.I. 1977

F = resistenza alla punta/resistenza di attrito laterale.

A fini orientativi si possono indicare i seguenti valori di F caratterizzanti terreni con diversa granulometria (valido per terreni saturi):

Terreno	F
Torbe ed argille organiche	$F \leq 15$
Limi ed argille	$15 < F \leq 30$
Limi sabbiosi e sabbie limose	$30 < F \leq 60$
Sabbie e sabbie con ghiaia	$F > 60$

#### Schmertmann 1978

Rp – RL/Rp

Legenda simbologie utilizzate nella colonna stratigrafica ricavata in base alla teoria di Schmertmann:

- 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 e cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

#### Casi dubbi nell'applicazione del rapporto $R_p/R_I$

Ai fini della valutazione dei parametri geotecnici, si è proceduto a scelte litologiche con validità orientativa che prevedono la possibilità di casi dubbi nell'applicazione delle teorie di Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977; tali scelte litologiche possono essere così sintetizzate:

- $7 < R_p < 20 \text{ kg/cm}^2$ : possibili terreni coesivi in genere anche se  $R_p/R_I < 15$
- $R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$ : possibili terreni coesivi anche se  $R_p/R_I > 30$
- $R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$ : possibili terreni granulari anche se  $R_p/R_I < 30$

#### **2.3.1.2. CARATTERI LITOLOGICI - DESCRIZIONE**

Le caratteristiche litostratigrafiche esaminate per mezzo del **rapporto di Begemann (1965) – norme A.G.I. (1977)**, escluso un primo strato di terreno agrario di spessore pari a mt 0.20, evidenziano caratteristiche litologiche simili in corrispondenza di tutte le prove penetrometriche eseguite.

In corrispondenza di CPT1, è possibile individuare uno strato di limi ed argille con intercalazioni di torbe ed argille organiche fino a mt 8.20, da segnalare la presenza di uno strato decimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose a mt 3.80. Da mt



8.20 a mt 9.20 si individua un livello di limi sabbiosi e sabbie limose, a cui segue uno spesso strato di limi ed argille fino a mt 15.00 (massima profondità indagata). con un livello decimetrico di torbe ed argille organiche a mt 11.00.

In corrispondenza di CPT2 si individua un'alternanza tra limi ed argille (prevalenti) con torbe ed argille organiche fino a mt 8.40; da segnalare la presenza di uno strato costituito principalmente da limi sabbiosi e sabbie limose a mt 7.00. Da mt 8.40 a mt 9.60 si individua uno strato di limi sabbiosi e sabbie limose; da tale profondità fino a mt 14.80 (massima profondità indagata) si individua uno spesso strato di limi ed argille.

In CPT3 è stato possibile individuare uno spesso strato di limi ed argille con livelli di torbe ed argille organiche fino a mt 9.60, da segnalare la presenza a mt 7.20 di uno strato decimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose. Da mt 9.60 a mt 10.40 si individua uno strato di limi sabbiosi e sabbie limose, a cui segue fino a mt 15.00 (massima profondità indagata) uno strato di limi ed argille con alcune intercalazioni di torbe ed argille organiche.

In corrispondenza di CPT4 è possibile individuare da mt 0.20 a mt 5.00, uno strato costituito da torbe ed argille organiche interrotto da alcuni livelli decimetrici costituiti da limi ed argille; da mt 5.00 a mt 14.40, le resistenze alla punta aumentano ed il rapporto di Begemann segnala la presenza di limi ed argille con alcuni livelli decimetrici costituiti da torbe ed argille organiche o limi sabbiosi-sabbie limose.

Infine, in corrispondenza di CPT5, è presente uno strato di limi ed argille con alternanze di torbe ed argille organiche da mt 0.20 a mt 4.00. Da mt 4.00 a mt 9.80 il rapporto evidenzia la presenza di torbe ed argille organiche, con alcuni livelli decimetrici costituiti da limi ed argille. Infine, da mt 9.80 a mt 15.00 (massima profondità indagata) è di nuovo presente un livello di limi ed argille, interrotto da un solo strato decimetrico costituito da torbe ed argille organiche.

Le caratteristiche litologiche desunte per mezzo dell'**interpretazione di Schmertmann**, permettono di confermare in linea di massima quanto precedentemente evidenziato, ad eccezione di un leggero aumento delle frazioni organiche e granulari.

Introducendo infine la possibilità di **casi dubbi** nella ricostruzione litostratigrafica effettuata per mezzo del rapporto di Begemann – norme A.G.I., pur ribadendo le caratteristiche generali delle successioni litostratigrafiche, si registra la

riduzione di gran parte dei litotipi coesivo-organici con litotipi coesivi e di strati coesivi con litotipi coesivo-granulari, questi ultimi sia nella parte superficiale che in quella più profonda delle singole prove.

#### Supporti Grafici:

- Allegati 11-15. Valutazioni litologiche
- Allegati 6-10. Diagrammi di resistenza ad istogrammi

#### **2.3.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI**

Dalla lettura delle colonne stratigrafiche riportate in allegato, si evince come sia stata rilevata, in corrispondenza del sondaggio S1, la presenza di argilla debolmente limosa fino a mt 0.70 dal p.c., da tale profondità a mt 1.30, si individua un'alternanza tra laminazioni limose ed argillose. Da mt 1.30 a mt 1.60 è presente uno strato di argilla molto compatta, seguita fino a mt 1.80 da uno strato di argilla plastica. Da mt 1.80 a mt 2.50 si individua argilla debolmente organica con frammenti di laterizi; da mt 2.50 a mt 2.60 si individua uno strato decimetrico di limo sabbioso, a cui segue uno strato di sabbia fine debolmente limosa fino a mt 2.80. Da tale profondità fino a mt 3.80 (massima profondità indagata), è presente un'alternanza tra sabbia fine limosa e limo sabbioso.

In corrispondenza del sondaggio S2 è possibile individuare uno strato di argilla debolmente limosa fino a mt 0.60, a cui segue uno strato di argilla molto compatta con laminazioni limose fino a mt 1.30. Da mt 1.30 a mt 2.10 si individua uno strato di argilla molto compatta, seguito fino a mt 2.50 da uno strato di argilla plastica. Da mt 2.50 a mt 2.70 si trova uno strato di limo argilloso con laminazioni sabbiose, seguito fino a mt 3.80 (massima profondità indagata) da uno strato di sabbia fine limosa con intercalazioni centimetriche di limo argilloso.

Nel sondaggio S3 si osserva il solito strato di argilla debolmente limosa superficiale, cui segue uno strato di argilla molto compatta con laminazioni limose fino a mt 1.00. Da tale profondità fino a mt 1.50, si individua uno strato di argilla molto compatta, seguita fino a mt 2.00 da uno strato di argilla limosa debolmente organica con frammenti di laterizi; da mt 2.00 a mt 2.80 si trova uno strato di limo argilloso con un livello sabbioso di circa mt 0.10. Da mt 2.80 a mt 3.80 (massima profondità indagata) si individua un'alternanza tra limo argilloso, limo sabbioso e sabbia fine limosa.

Infine, in corrispondenza di S4, si individua fino a mt 0.70 uno strato di terreno agrario argilloso limoso, a cui segue uno strato di limo debolmente argilloso fino a mt 1.00. Da mt 1.00 a mt 1.50 è possibile individuare uno strato di argilla molto compatta con laminazioni limose, seguito da argilla plastica fino a mt 1.70. Da tale profondità e fino a mt 2.00, si trova uno strato di argilla debolmente organica con frammenti di laterizi al letto. Da mt 2.00 a mt 2.60 si individua uno strato di limo debolmente sabbioso, seguito fino a mt 2.70 da uno strato di limo sabbioso. Da mt 2.70 a mt 3.50 si riconosce un'alternanza tra limo sabbioso, sabbia fine limosa e limo debolmente argilloso; da mt 3.50 a mt 3.80 (massima profondità indagata) si trova uno strato di argilla plastica.

I sondaggi sono stati eseguiti ad una limitata profondità, con lo scopo principale di verificare le caratteristiche del terreno alla base del futuro pacchetto stradale.

Da un confronto con le litologie descritte precedentemente e facenti riferimento alle prove penetrometriche statiche, si osserva che gli strati coesivi granulari o parzialmente granulari più superficiali individuati con i diagrammi di resistenza ad istogrammi, risultano essere a profondità minori e con una minore frazione granulare, rispetto a quelli individuati tramite i sondaggi geognostici. Tale valutazione è probabilmente gravata da imprecisioni in quanto, nei terreni non saturi e quindi in questo caso quelli più superficiali, l'interpretazione litologica effettuata mediante le risultanze della penetrometria statica può essere errata a causa soprattutto delle diverse resistenze laterali fra gli stessi terreni saturi e non. In ogni caso, vista la problematica, tale possibile errore assume un ruolo non sostanziale in quanto, tali livelli, oltre ad essere comunque di spessore limitato e ricchi in materiale fini, sono senz'altro discontinui.

#### Supporti Grafici:

- Allegati 26 - 29. Schede stratigrafiche sondaggi geognostici
- Allegati 6 – 10. Diagrammi di resistenza ad istogrammi

## **2.4. Caratteri idrogeologici e idrologici**

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale, va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero "una





*formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua con mezzi economici".*

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce "falda superficiale" un acquifero che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.

Nei fori residuali delle indagini, alla data di esecuzione delle stesse, è stato misurato il livello della superficie freatica, che è risultato alle profondità, riferite al piano campagna, elencate nella tabella seguente:

Identificativo indagine	Data esecuzione	Profondità della sup. freatica dal p.c. (mt)
CPT 1	17/12/2007	1.75
CPT 2	17/12/2007	1.70
CPT3	17/12/2007	2.35
CPT4	17/12/2007	2.35
CPT5	17/12/2007	2.00
S1	18/12/2007	1.75
S2	18/12/2007	1.75
S3	18/12/2007	1.90
S4	18/12/2007	1.70

Dall'osservazione della Carta Tecnica Regionale, si evince come nell'area in esame e nei pressi della stessa, non siano presenti corsi d'acqua superficiali che possano influenzare la regimazione della falda sotterranea nel breve e medio periodo.

Come già accennato, all'interno dei fori residuali di tutte le indagini eseguite, sono stati infissi n. 9 piezometri a tubo aperto tipo Norton e, in data 18 gennaio 2008, è stata eseguita una campagna di misure, al fine di determinare, tra l'altro, la quota di bocca pozzo dei piezometri e la quota del piano campagna, rispetto ad un caposaldo di riferimento individuato in corrispondenza di Via Testi, nel marciapiede posto di



fronte all'area in esame. A tale caposaldo, è stata arbitrariamente associata la quota + 10.000 mt.

Le quote dei punti d'indagine, dei piezometri e della superficie freatica individuata nella campagna di misura del 18 gennaio 2008, sono riepilogate nella tabella riassuntiva riportata nella pagina seguente:

Riferimento	Quota bocca pozzo (mt)	Quota piano campagna (mt)	Prof. sup. freatica da b.p. (mt)	Quota sup. freatica (mt)
CPT 1	9.594	9.337	1.595	7.999
CPT 2	9.615	9.343	2.050	7.565
CPT 3	9.913	9.627	2.515	7.398
CPT4	9.709	9.459	2.175	7.534
CPT5	9.456	9.183	1.835	7.621
S1	9.541	9.304	1.781	7.760
S2	9.572	9.319	1.865	7.707
S3	9.661	9.309	2.150	7.511
S4	9.542	9.281	2.110	7.432
Via Testi	-	10.000	-	-

Utilizzando le misure del piano campagna determinate nel corso del presente studio, con apposito pacchetto software è stato ricostruito l'andamento morfologico sia bidimensionale che tridimensionale e, per mezzo di tali elaborati, riportati in figure 10 e 11, si evince chiaramente come CPT3 e CPT4 siano in corrispondenza di due alti morfologici rispetto al lotto in esame, mentre una zona più depressa è individuabile in corrispondenza di CPT5 e in minor misura in corrispondenza di S4.

Per mezzo dello stesso programma di elaborazione, è stato ricostruito l'andamento della superficie freatica riferita al 18 gennaio 2008, utilizzando i valori individuati in corrispondenza dei piezometri.

I relativi elaborati, riportati in figure 12 e 13, evidenziano come la superficie freatica tenda a deprimersi in corrispondenza di CPT3, con gradienti molto limitati e quindi con velocità di flusso estremamente basse; di conseguenza, i principali movimenti della falda freatica saranno soprattutto verticali, regimati dai cicli di alimentazione diretta (infiltrazione) ed evapotraspirazione.



In base alle caratteristiche litostratigrafiche, risulta che la falda acquifera nell'area di studio è in parte localizzata all'interno di terreni limosi debolmente argillosi, in terreni argillosi e in terreni limoso-sabbiosi rilevati in corrispondenza dei sondaggi geognostici. Probabilmente si tratta di livelli coesivo-granulari discontinui che divengono in parte sedi di piccole falde sotterranee confinate o semiconfinite discontinue, a loro volta comprese all'interno di terreni coesivi saturi; in generale, anche se comunemente denominata "falda", si tratta in realtà di acqua di infiltrazione superficiale o acqua di saturazione a movimento prevalentemente verticale, regimata principalmente dall'infiltrazione efficace conseguente alle precipitazioni meteorologiche e dall'evapotraspirazione.

In relazione all'andamento stagionale antecedente alla data di esecuzione delle indagini e alle variazioni cromatiche rilevate durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, si ritiene che la superficie freatica media si attesti tra mt 1.80 e mt 2.00 dal piano campagna attuale; tale valore potrà subire limitate modifiche in seguito alla realizzazione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria.

Supporti Grafici:

- Figura 7. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 8. Schema movimento dell'acqua nel sottosuolo
- Figura 9. Stralcio Carta Idrografica del Bacino Burana-Volano-Canal Bianco
- Figura 10. Assetto morfologico dell'area di studio - elaborazione bidimensionale - scala libera
- Figura 11. Assetto morfologico dell'area di studio - elaborazione tridimensionale - scala libera
- Figura 12. Assetto morfologico della superficie freatica - elaborazione bidimensionale - scala libera
- Figura 13. Assetto morfologico della superficie freatica - elaborazione - tridimensionale - scala libera

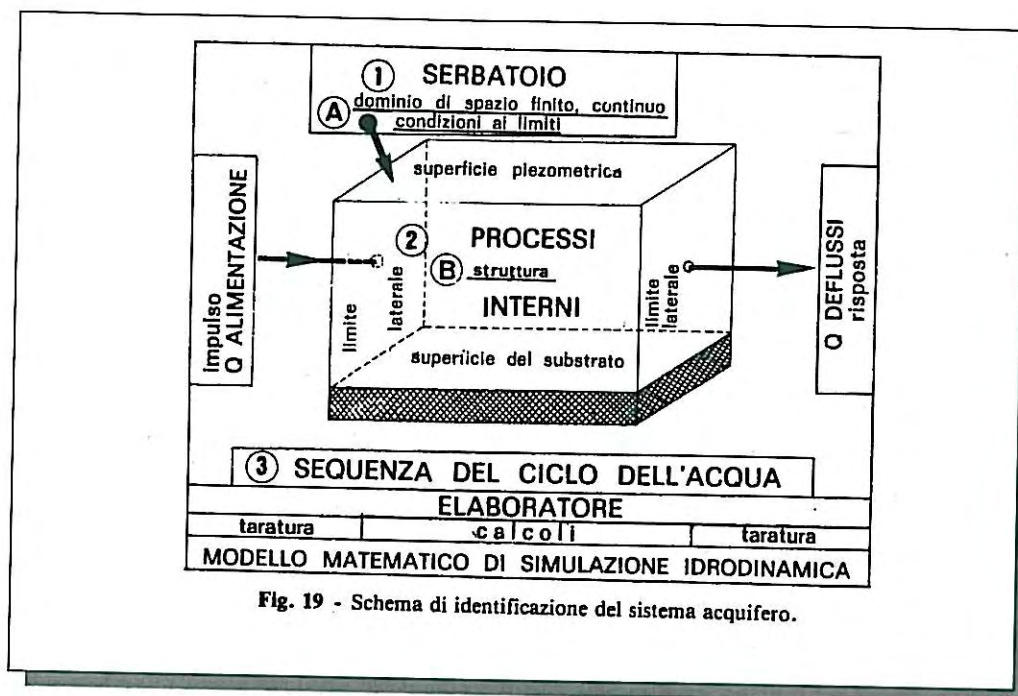


Figura 7

Schema di identificazione del sistema acquifero

direzione	verso	fenomenologia	zone di umidità interessate
prevalentemente verticale	discendente	percolazione verso la falda	zona di aerazione
	ascendente	ascensione capillare	
	alternato	oscillazioni del livello piezometrico	fascia di oscillazione
prevalentemente orizzontale	—	deflusso della falda	zona di saturazione

Figura 8

Movimento dell'acqua nel sottosuolo







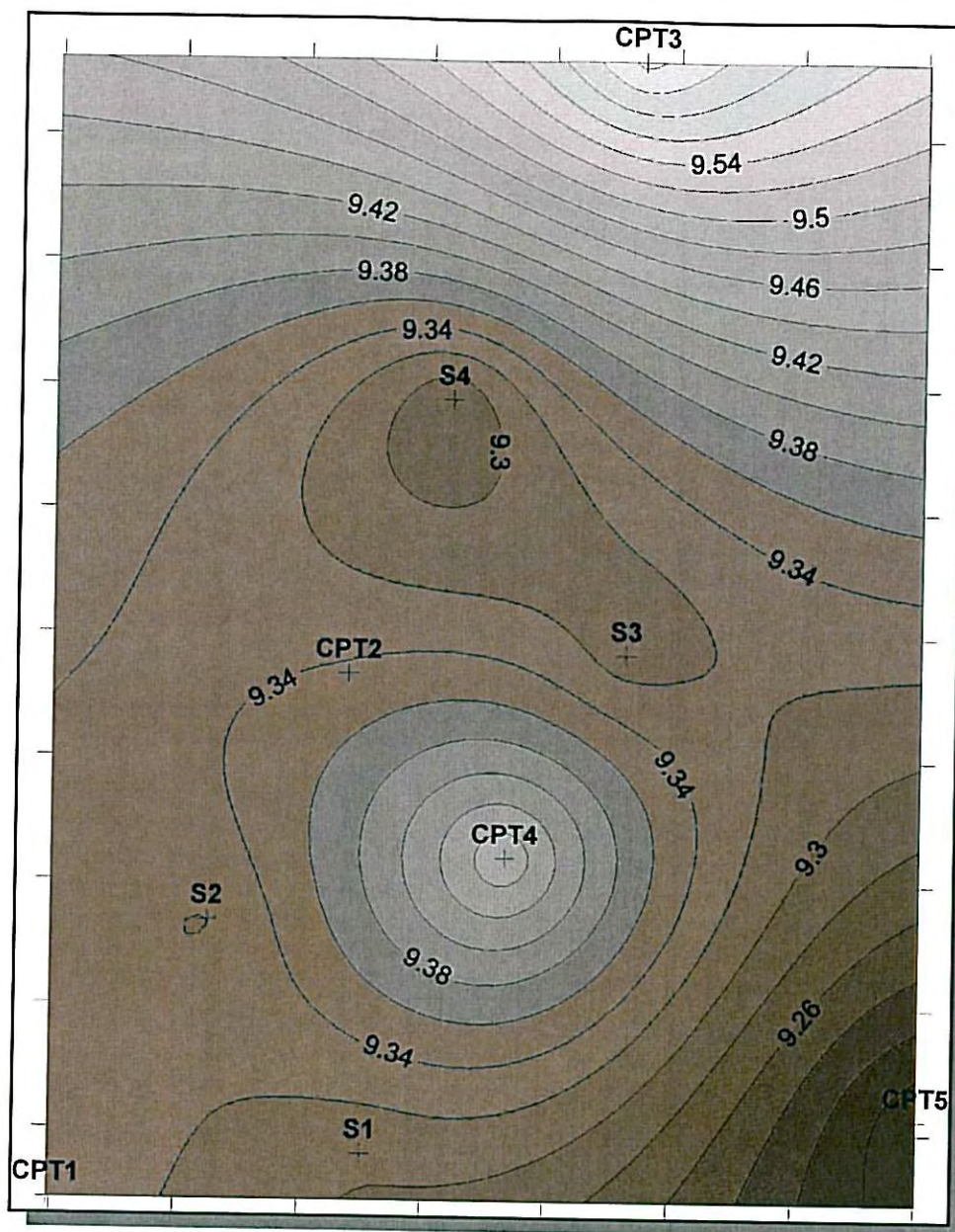


Figura 10

**Assetto morfologico dell'area di studio - scala libera**

Elaborazione bidimensionale

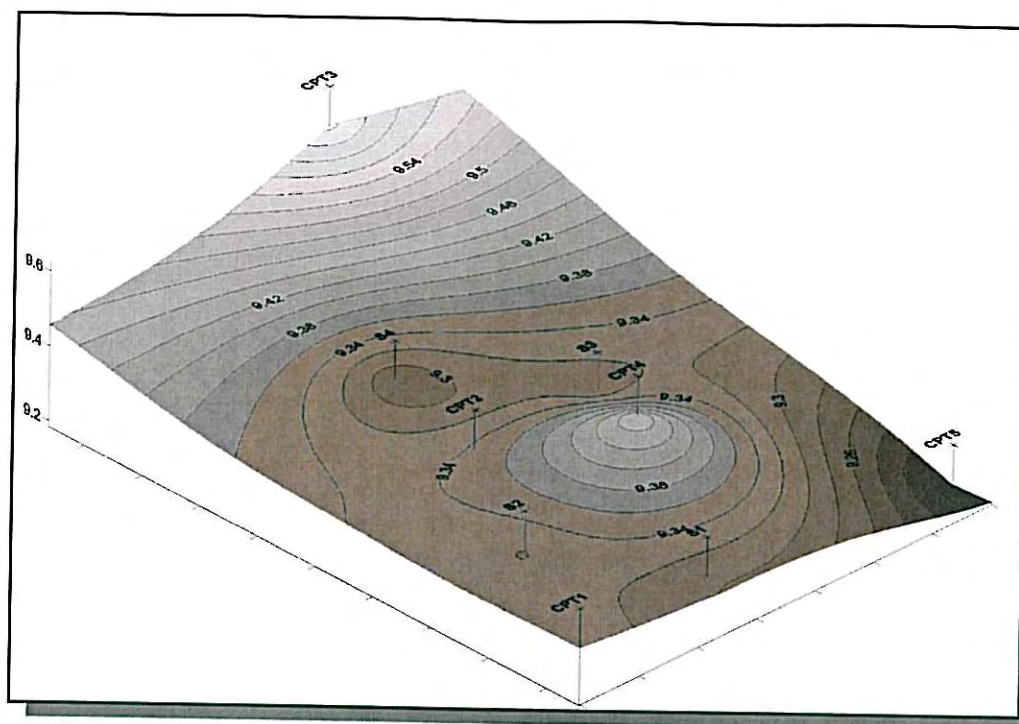


Figura 11

**Assetto morfologico dell'area di studio – scala libera**

Elaborazione tridimensionale



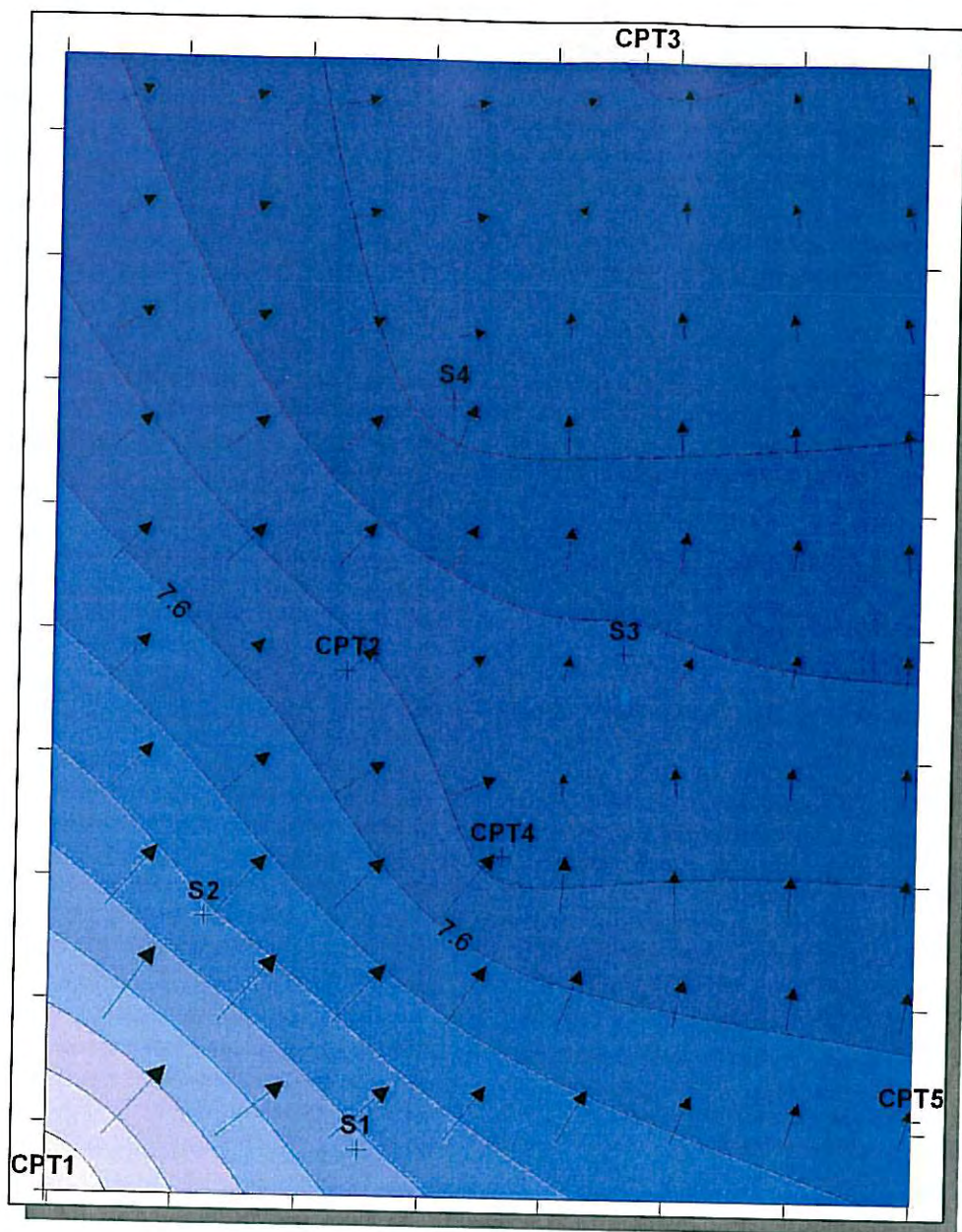


Figura 12

**Assetto morfologico della superficie freatica – scala libera**

Elaborazione bidimensionale - data di rilievo 18 gennaio 2008



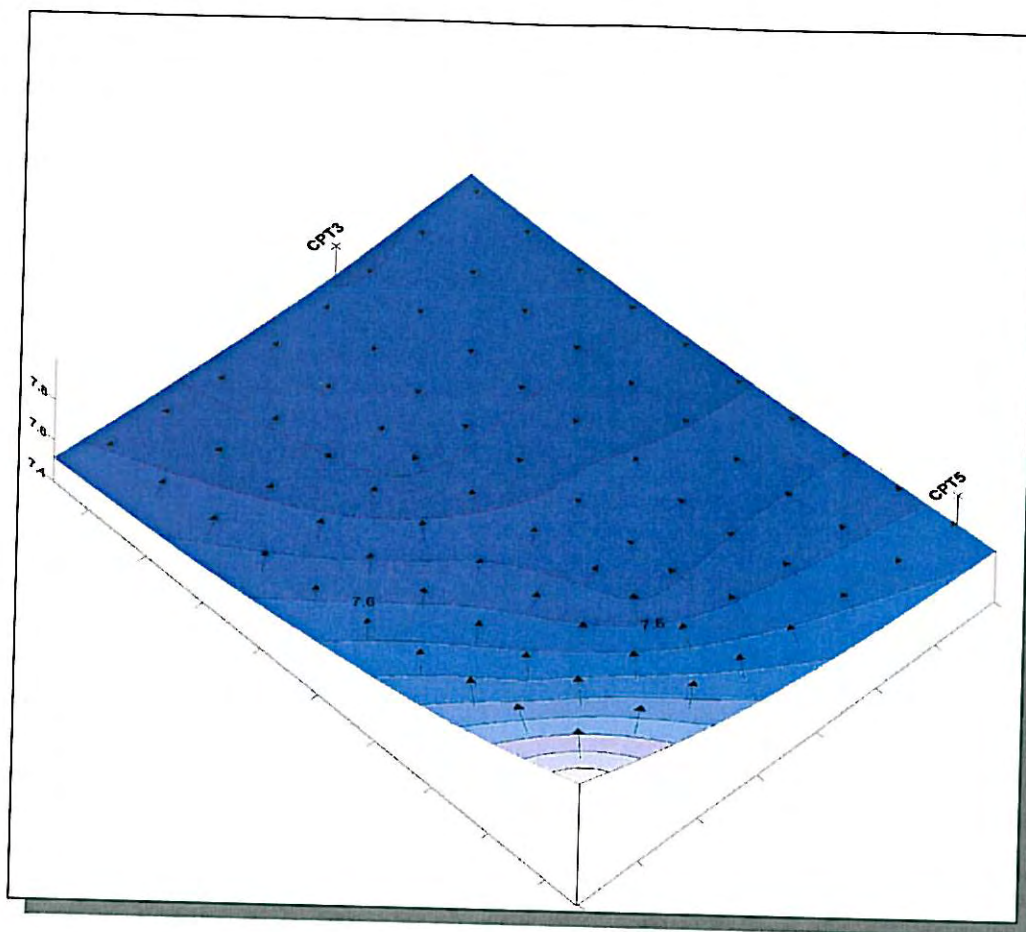


Figura 13

**Assetto morfologico della superficie freatica – scala libera**

Elaborazione tridimensionale - data di rilievo 18 gennaio 2008

## 2.5. Pericolosità geologica del territorio e del sito – Considerazioni conclusive

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03, il Comune di Poggio Renatico è stato inserito, in base alla nuova classificazione sismica, nella zona 3. La classificazione è stata eseguita in base all'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

L'analisi della pericolosità dell'area è stata effettuata sulla base dell'individuazione di:

- spessori granulari;
- presenza di terreni con caratteristiche portanti scarse;
- condizioni idrogeologiche particolari;
- presenza di rilevati.

Nel caso in esame sono stati individuati, in corrispondenza delle singole prove penetrometriche statiche, esclusivamente strati coesivo-granulari; l'esecuzione della prova sismica ha inoltre confermato la presenza di argille sovraconsolidate al di sotto dei 10 mt di profondità. Per tale ragioni non sarà eseguita nella presente la verifica alla potenziale liquefazione ed alla dilatanza in caso di evento sismico, in quanto non risultano presenti strati granulari spessi, continui e saturi al di sotto del futuro piano di fondazione. L'insorgere di tali fenomeni in caso di evento sismico, per quanto concerne la presente fase di studio e in base alle indagini fino ad ora eseguite, è quindi da ritenersi escluso, anche considerando le successioni litostratigrafiche verificate per mezzo dei sondaggi geognostici.

Per quanto riguarda la presenza di terreni con caratteristiche portanti basse o scarse, questi sono stati verificati in tutte le prove penetrometriche statiche a profondità variabili fra mt 3.00 e mt 7.40 di profondità dal piano campagna.

Relativamente alle condizioni idrogeologiche non si segnalano particolari criticità per la realizzazione di opere fuori terra, ad eccezione delle eventuali conseguenze di cicli di essiccazione e di imbibizione dei terreni superficiali nel caso in cui fossero sensibili a tale fenomeno o per compressione dei livelli organici più profondi in seguito a particolari depressioni della falda, con conseguente aumento dei carichi litostatici.

Da segnalare comunque come il piano di lottizzazione sia previsto ad una quota più elevata rispetto al p.c. attuale e come saranno realizzate tutte le opere necessarie all'allontanamento ed alla regimazione delle acque meteoriche, migliorando di fatto l'attuale situazione idraulica.

Non sono presenti rilevati in corrispondenza dell'area oggetto di studio.

Supporti Grafici:

- Figura 14. Nuova zonizzazione sismica





Figura 14

**Nuova zonizzazione sismica**

Ubicazione del sito



### 3. MODELLAZIONE GEOTECNICA

#### 3.1. Prove penetrometriche statiche

##### 3.1.1. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA – MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

##### Parametri geotecnici (validità orientativa) – simboli, correlazioni, bibliografia:

- **Dr** - densità relativa (terreni granulari N.C. - norm.cons.) [correlazioni: Dr - Rp -  $\sigma'_{vo}$ ] (Schmertmann 1976);
- **$\Phi$**  - angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) correlazioni:  $\Phi'$  - Dr - Rp -  $\sigma'_{vo}$  (Meyerhof - sabbie limose);
- **Mo** - modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [corr.: Mo - Rp natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973);
- **Cu** - coesione non drenata (terreni coesivi) correlazioni Cu - Rp. Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et al. 1974 - Marsland et al. 1974/1979;
- **OCR** - grado di sovraconsolidazione (terreni coesivi) [correlaz.: OCR - Cu -  $\sigma'_{vo}$ ] (Ladd et al. 1972/1974/1977 - Lancellotta 1983).

##### Supporti Grafici:

- Allegati 16 - 20. Tabelle parametri geotecnici

### 3.1.1.1. Parametrizzazione litologica e geotecnica di massima

In base alle ultime valutazioni riportate nel paragrafo 2.3.2.1, ritenute più attendibili in seguito alle esperienze acquisite nel tempo, i terreni indagati risultano come di seguito riepilogato (le descrizioni si riferiscono ai litotipi prevalenti):

#### **CPT1**

da mt 0.20 a mt 0.80	terreni coesivi da moderatamente consistenti a consistenti: <i>Rp: 12.0 kg/cm<sup>2</sup>;</i> <i>Cu: 0.54 kg/cm<sup>2</sup>;</i>
da mt 0.80 a mt 1.40	terreni coesivo-granulari molto consistenti: <i>Rp: 27.3 kg/cm<sup>2</sup>;</i> <i>Cu: 0.96 kg/cm<sup>2</sup> ;</i> <i>Dr: 64.0 %;</i>
da mt 1.40 a mt 4.20	terreni coesivi consistenti, raramente coesivo-granulari: <i>Rp: 12.4 kg/cm<sup>2</sup>;</i> <i>Cu: 0.58 kg/cm<sup>2</sup>;</i>
da mt 4.20 a mt 8.00	terreni coesivi, localmente coesivo-organici, da moderatamente consistenti a consistenti: <i>Rp: 9.2 kg/cm<sup>2</sup>;</i> <i>Cu: 0.45 kg/cm<sup>2</sup>;</i>
da mt 8.00 a mt 14.40	terreni coesivo-granulari, localmente coesivi o granulari, molto consistenti: <i>Rp: 24.3 kg/cm<sup>2</sup>;</i> <i>Cu: 0.88 kg/cm<sup>2</sup> ;</i> <i>Dr: 20.7 %.</i>





### CPT2

da mt 0.20 a mt 0.60	terreni coesivi consistenti: $R_p: 11.0 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.54 \text{ kg/cm}^2$ ;
da mt 0.60 a mt 1.60	terreni coesivo-granulari molto consistenti: $R_p: 26.8 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.94 \text{ kg/cm}^2$ ; $D_r: 63.8 \%$ ;
da mt 1.60 a mt 4.20	terreni coesivi consistenti, localmente moderatamente consistenti: $R_p: 14.1 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.63 \text{ kg/cm}^2$ ;
da mt 4.20 a mt 6.60	terreni coesivi e coesivo-organici moderatamente consistenti, raramente poco consistenti: $R_p: 8.6 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.42 \text{ kg/cm}^2$ ;
da mt 6.60 a mt 8.00	terreni coesivi consistenti, localmente granulari: $R_p: 14.3 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.61 \text{ kg/cm}^2$ ;
da mt 8.00 a mt 14.80	terreni coesivo-granulari, localmente granulari, raramente coesivi, molto consistenti: $R_p: 29.8 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.97 \text{ kg/cm}^2$ ; $D_r: 26.4 \%$ .

### CPT3

da mt 0.20 a mt 0.80	terreni coesivi consistenti: $R_p: 14.7 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.66 \text{ kg/cm}^2$ ;
da mt 0.80 a mt 1.40	terreni coesivo-granulari molto consistenti: $R_p: 25.0 \text{ kg/cm}^2$ ; $C_u: 0.91 \text{ kg/cm}^2$ ; $D_r: 61.0 \%$ ;



- da mt 1.40 a mt 2.80 terreni coesivi consistenti, localmente coesivo-granulari molto consistenti:  
 $R_p: 18.8 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.77 \text{ kg/cm}^2$ ;
- da mt 2.80 a mt 8.60 terreni coesivi da moderatamente consistenti, a consistenti, raramente coesivo-organici e coesivo-granulari:  
 $R_p: 19.0 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.77 \text{ kg/cm}^2$ ;
- da mt 8.60 a mt 9.60 terreni coesivi e coesivo-granulari consistenti:  
 $R_p: 19.0 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.77 \text{ kg/cm}^2$ ;
- da mt 9.60 a mt 15.00 terreni coesivo-granulari, localmente granulari, raramente coesivi, molto consistenti:  
 $R_p: 28.9 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.93 \text{ kg/cm}^2$  ;  
 $D_r: 21.9 \%$ .

#### **CPT4**

- da mt 0.20 a mt 0.60 terreni coesivi consistenti:  
 $R_p: 11.0 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.54 \text{ kg/cm}^2$ ;
- da mt 0.60 a mt 1.60 terreni coesivo-granulari molto consistenti:  
 $R_p: 25.6 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.92 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $D_r: 62.4 \%$ ;
- da mt 1.60 a mt 3.40 terreni coesivi consistenti:  
 $R_p: 14.3 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.64 \text{ kg/cm}^2$ ;
- da mt 3.40 a mt 6.20 terreni coesivi, localmente coesivo-organici o coesivo-granulari, da moderatamente consistenti a consistenti:  
 $R_p: 10.5 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $C_u: 0.50 \text{ kg/cm}^2$ ;



da mt 6.20 a mt 10.00 terreni coesivi consistenti, localmente terreni granulari e coesivo-granulari molto consistenti:

*Rp: 19.6 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.71 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Dr: 26.0 %;*

da mt 10.00 a mt 14.40 terreni coesivo-granulari molto consistenti:

*Rp: 26.5 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.92 kg/cm<sup>2</sup> ;*

*Dr: 19.2 %.*

### **CPT5**

da mt 0.20 a mt 0.80 terreni coesivi consistenti:

*Rp: 13.3 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.60 kg/cm<sup>2</sup>;*

da mt 0.80 a mt 1.60 terreni coesivo-granulari molto consistenti:

*Rp: 35.0 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 1.17 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Dr: 71.0 %;*

da mt 1.60 a mt 2.40 terreni coesivi consistenti:

*Rp: 14.3 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.63 kg/cm<sup>2</sup>;*

da mt 2.40 a mt 7.40 terreni coesivi da moderatamente consistenti a consistenti , localmente terreni coesivo-organici moderatamente consistenti:

*Rp: 9.0 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.44 kg/cm<sup>2</sup>;*

da mt 7.40 a mt 9.80 terreni coesivi da moderatamente consistentia a consistenti:

*Rp: 12.6 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.58 kg/cm<sup>2</sup>;*

da mt 9.80 a mt 15.00 terreni coesivo-granulari molto consistenti:

*Rp: 27.6 kg/cm<sup>2</sup>;*

*Cu: 0.95 kg/cm<sup>2</sup> ;*

*Dr: 22.0 %.*



#### Supporti Grafici:

- Allegati 6 - 10. Diagrammi di resistenza ad istogrammi

### **3.2. Determinazione della categoria di suolo mediante sismica a rifrazione**

Per ottenere l'informazione desiderata si è effettuata l'analisi delle onde di superficie, visto che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva.

Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c.. Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna per il metodo Re.Mi e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna per il metodo masw. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e, grazie alla dinamica dello strumento (117 dB di range dinamico), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità attendibile.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 36 mt di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh, sia per quanto riguarda il metodo ReMi che per il metodo MASW e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è del 2.8%.

#### Supporti Grafici:

- Figura 15. Curva di dispersione delle onde di Rayleigh – metodo Re.Mi
- Figura 16. Curva di dispersione delle onde di Rayleigh - metodo MASW
- Figura 17. Modello risultante dall'inversione dei dati

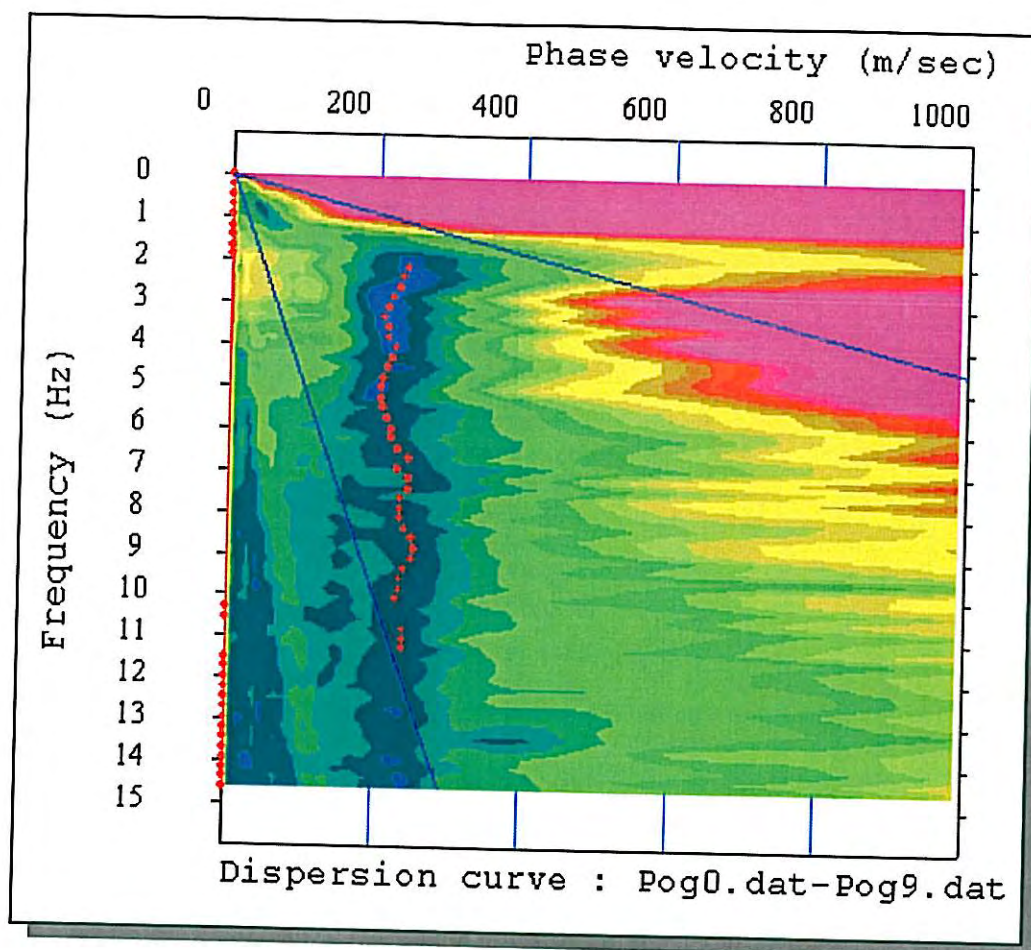


Figura 15

Curva di dispersione delle onde di Rayleigh – metodo Re.Mi

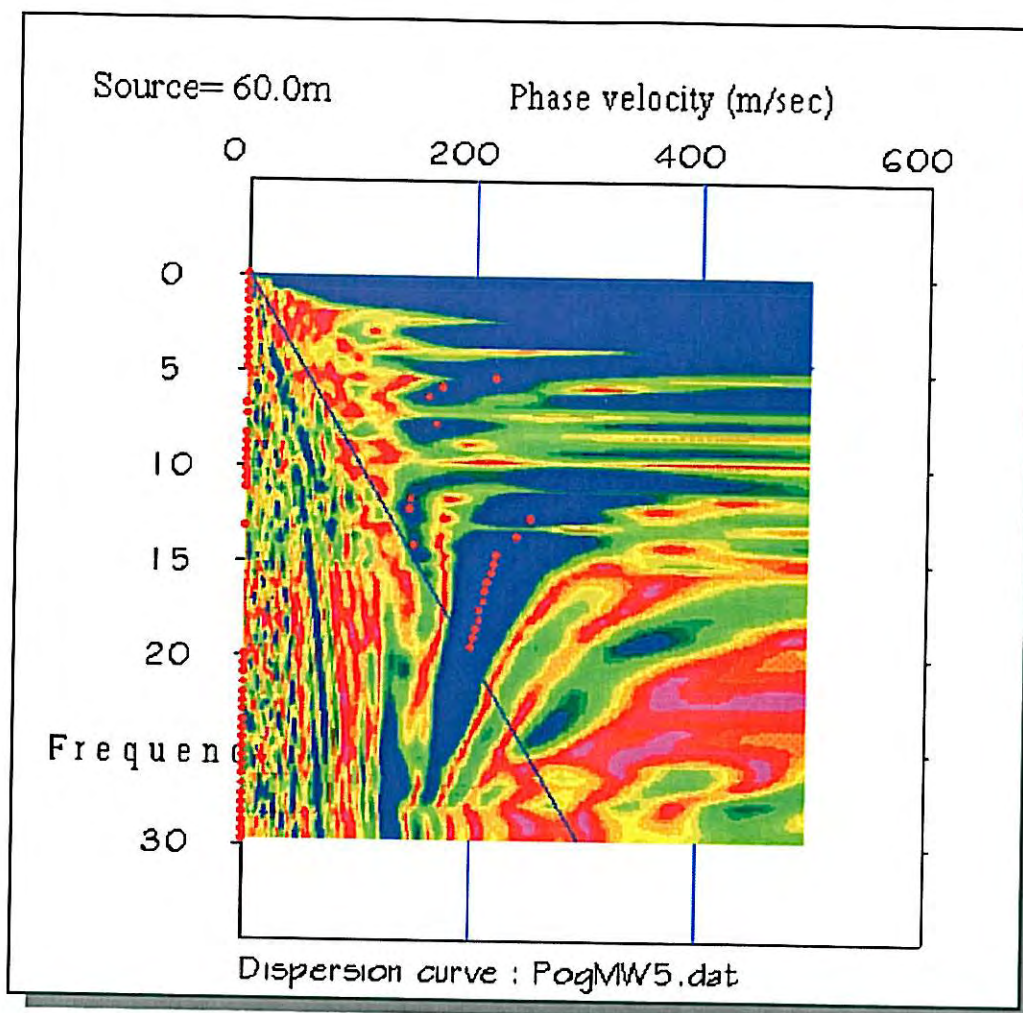


Figura 16

Curva di dispersione delle onde di Rayleigh - metodo MASW



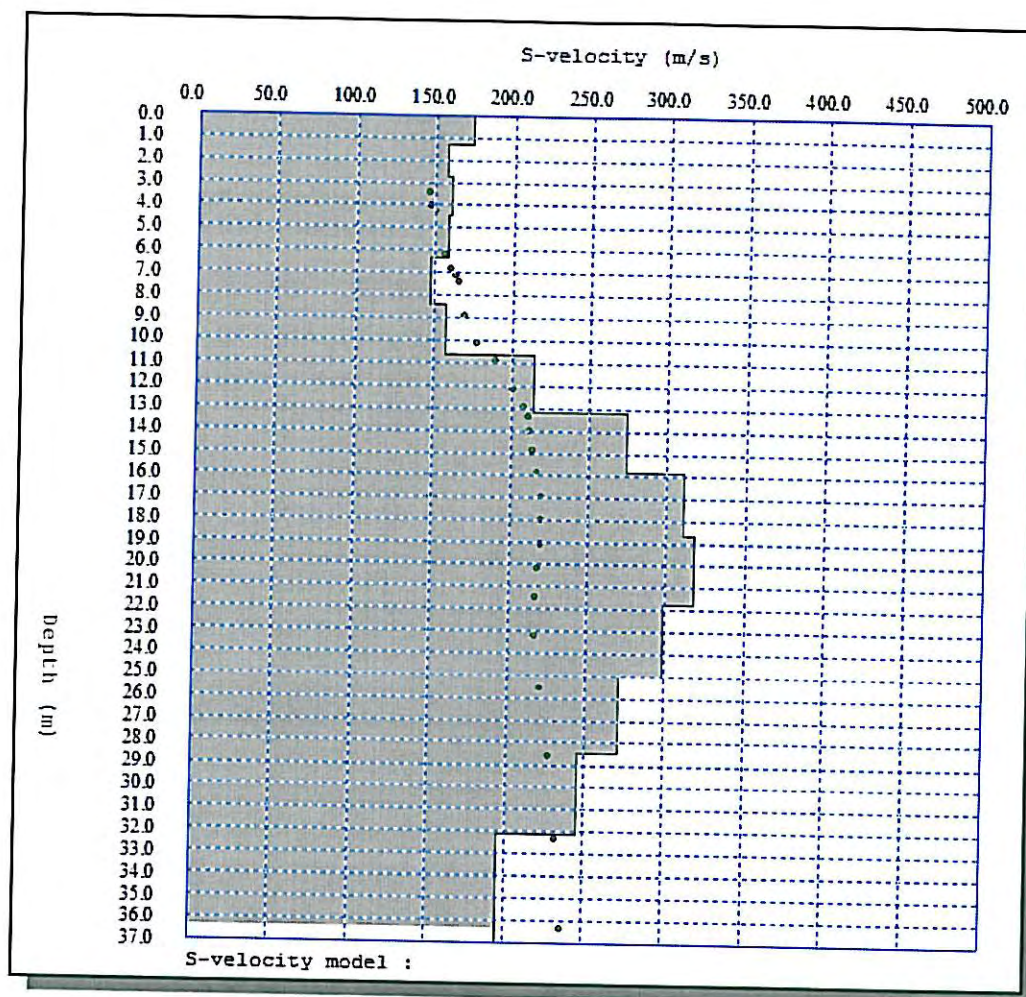


Figura 17

#### Modello risultante dall'inversione dei dati

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 12 geofoni in linea con interdistanza di 5 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i / v_i}$$

Nel caso specifico è risultato  $V_{s30} = 208$  m/s: il sito esaminato presenta quindi un suolo tipo C.



Supporti Grafici:

- Allegato 37. Rapporto tecnico dell'indagine sismica

CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE		S
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m	1,00
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (coesione non drenata $C_u > 250$ KPa)	1,25
C	<b>Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (coesione non drenata <math>C_u</math> compresa tra 250 KPa e 70 KPa)</b>	1,25
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (coesione non drenata $C_u$ compresa tra 70 KPa e 20 KPa)	1,35
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s	1,25
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (coesione non drenata $C_u$ compresa tra 20 KPa e 10 KPa)	Servono studi speciali
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

*S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, direzione orizzontale*

### 3.3. Verifica delle sollecitazioni sismiche sui terreni di fondazione

E' importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa ( $D_r$ ); un terreno molto addensato ( $D_r \geq 70\%$ ) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (*FENOMENO DI DILATANZA*) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa ( $D_r$ ) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ) legato direttamente ad essa.

Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carrol, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

Si sottolinea infine come il fenomeno della dilatanza sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato minore sarà la possibilità dell'innescarsi del fenomeno.

*Nel caso in esame non sono stati individuati livelli granulari spessi e continui al di sotto del piano di fondazione sui quali effettuare la verifica alla dilatanza.*

*Se infatti le successioni litostratigrafiche individuate dovessero essere estese a tutto il comparto di intervento, le condizioni resterebbero le medesime in quanto, oltre ad avere individuato spessori granulari tendenzialmente limitati, questi sono comunque molto ricchi di frazioni fini e finissime, in quantità tale da non fare loro assumere le caratteristiche dei terreni incoerenti.*

### 3.4. Terreni suscettibili di liquefazione

Si definisce **liquefazione**, la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidità, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare, durante una sollecitazione sismica.

Un terreno caratterizzato da materiale sciolto, è definito potenzialmente liquefacibile quando:





- granulometricamente è costituito da sabbie da fini a medie con contenuto in limo variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trova sotto falda;
- è da poco a mediamente addensato;
- si trova a profondità inferiori a 15 mt da piano campagna.

*In base all'O.P.C.M. 3274/03 e all'allegato "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", non è necessario nel caso specifico, effettuare la verifica alla liquefazione in quanto non sono stati individuati livelli granulari spessi e continui al di sotto del piano di fondazione; anche in questo caso infatti, se le successioni litostratigrafiche individuate dovessero essere estese a tutto il comparto di intervento, le condizioni resterebbero le medesime in quanto, oltre ad avere individuato spessori granulari tendenzialmente limitati, questi sono comunque molto ricchi di frazioni fini e finissime, in quantità tale da non fare loro assumere le caratteristiche dei terreni incoerenti.*

In ogni caso si segnala come l'analisi della suscettibilità alla liquefazione richieda:

- La valutazione delle caratteristiche dell'evento sismico atteso (fattore scatenante);
- La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo (fattore predisponente).

#### **3.4.1. DEFINIZIONE DEL FATTORE SCATENANTE: DETERMINAZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO**

La valutazione del terremoto di progetto è stata eseguita tramite apposito software che utilizza l'approccio probabilistico e statistico di Gumbel, per ottenere la massima accelerazione di picco prevedibile nel sito, per un determinato tempo di ritorno. Tale terremoto è stato calcolato sulla base della sequenza operativa sotto riportata.

- Estrazione dal catalogo sismico degli eventi sismici con epicentro ricadente all'interno di un'area di 200/300 Km di lato centrata sul sito indagato.



➤ Trasformazione dei valori di intensità sismica degli eventi selezionati nei corrispondenti valori di magnitudo tramite la relazione consigliata dal G.N.D.T.

$$M = (I+1.93)/1.78$$

➤ Calcolo della distanza di ogni singolo epicentro dal sito indagato e quindi applicando una delle leggi di attenuazione sismica disponibili in letteratura (Pugliese e Sabetta o Kawashima), stima del moto sismico nel sito per ognuno degli eventi.

➤ Riordino dei valori di accelerazione (A) ricavati, in ordine crescente con attribuzione del numero 1 al valore massimo, e del valore N a quello minimo.

➤ Calcolo degli N rapporti  $P_i = i / (N + 1)$ , con i compreso tra 1 ed N. Questi rapporti indicano la probabilità che il corrispondente valore di A non venga raggiunto o superato. I valori di  $P_i$  ricavati permettono di definire la scala dei tempi di ritorno  $T_i = 1 / (1 - P_i)$ .

➤ Proiezione delle N coppie di valori ( $T_i, A_i$ ) in un diagramma semilogaritmico, interpolando fra i punti una retta: il diagramma consente di ricavare il valore di A per qualsiasi tempo di ritorno.

E' stato così definito un terremoto di progetto caratterizzato da un'azione sismica avente un tempo di ritorno di 95 anni, a cui viene associato lo stato limite di danno (condizione limite di danno agli elementi non strutturali le cui conseguenze sono essenzialmente di natura economica e funzionale – terremoto probabile) e un terremoto di progetto avente un tempo di ritorno di 475 anni, a cui viene associato lo stato limite ultimo (condizione limite del danno strutturale accentuato che prelude al collasso – terremoto eccezionale).

Le caratteristiche dei due terremoti di progetto ricavati per mezzo di apposito software sono riportate nelle tabelle seguenti:

#### TERREMOTO 1

Accelerazione sismica di picco	0.1239
Magnitudo di riferimento	5.9739
Tempo di ritorno	95 anni
Legge di attenuazione sismica	Pugliese e Sabetta
Accelerazione sismica di progetto*	0,15g



## TERREMOTO 2

Accelerazione sismica di picco	0.1585
Magnitudo di riferimento	6.1381
Tempo di ritorno	475 anni
Legge di attenuazione sismica	Pugliese e Sabetta
Accelerazione sismica di progetto*	0,15g

L'ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO CORRISPONDE A QUELLA RIPORTATA NELLE NORME TECNICHE PER IL PROGETTO, LA VALUTAZIONE E L'ADEGUAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI (OPCM 3274/03, PAR. 3.2.1.)

### 3.4.2. DEFINIZIONE DEL FATTORE PREDISPONENTE: CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

*In base all'O.P.C.M. 3274/03 e all'allegato "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", non è necessario nel caso specifico, effettuare la verifica alla liquefazione in quanto non sono stati individuati livelli granulari spessi e continui al di sotto del piano di fondazione; anche in questo caso infatti, se le successioni litostratigrafiche individuate dovessero essere estese a tutto il comparto di intervento, le condizioni resterebbero le medesime in quanto oltre ad avere individuato spessori granulari tendenzialmente limitati, questi sono comunque molto ricchi di frazioni fini e finissime, in quantità tale da non fare loro assumere le caratteristiche dei terreni incoerenti.*

Per completezza si riporta comunque di seguito la descrizione del metodo normalmente utilizzato per la verifica alla liquefazione.

### 3.4.3. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER MEZZO DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Il metodo più frequentemente utilizzato dallo scrivente per calcolare la suscettibilità alla liquefazione, nel caso specifico è il metodo semplificato di Robertson e Wride, che utilizza una correlazione tra la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica.

Tale metodo, come tutti i metodi semplificati, permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza  $F_s$ , dato dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T).



$$F_s = R/T$$

La grandezza  $T$  dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto),  $R$  è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato.

Un deposito **non è per definizione suscettibile a liquefazione** quando  $F_s \geq 1.25$ .

### 3.5. Modellazione geotecnica - Considerazioni conclusive

- Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono tali da risultare compatibili sia con la realizzazione delle opere primarie di lottizzazione che con le opere edili in seguito previste e comunque, tali caratteristiche, unitamente ai valori di capacità portante e cedimenti indotti, dovranno essere valutate con indagini mirate, in funzione dei singoli interventi previsti.

- La **categoria di suolo di fondazione** caratteristica del sito in esame, individuata mediante l'elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione, risulta essere la "C". Il **valore del fattore S** che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, relativo allo spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali, **corrisponde a 1.25.**

- Nel caso in esame non sono stati individuati spessori sabbiosi saturi e continui al di sotto del futuro piano di fondazione sui quali effettuare la verifica alla liquefazione ed alla dilatanza per cui, con le informazioni acquisite in questa fase di studio, si esclude l'insorgere di tali fenomeni. Verifiche mirate dovranno essere fatte in corrispondenza dei singoli lotti, in base alle diverse tipologie edificatorie previste



## 4. CONSIDERAZIONI GENERALI

### 4.1. Individuazione delle aree soggette ad effetti locali

In base alla Delibera n. 112 del 02.05.2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna riguardante l'Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", è stata eseguita un'analisi del territorio secondo le indicazioni della stessa.

L'Allegato A della Delibera fornisce i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio, in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

La prima fase (primo livello di approfondimento) è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale; la seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato, nella quale si attuano due diversi livelli di approfondimento: il primo, definito secondo livello di approfondimento, è costituito da un'analisi semplificata in cui la verifica della pericolosità locale può essere basata oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, anche su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche standard.

Il secondo, definito terzo livello di approfondimento, richiede un'analisi più approfondita nei seguenti casi: aree soggette a liquefazione e densificazione; aree instabili e potenzialmente instabili; aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile ed aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Nel caso specifico il primo livello di approfondimento dovrebbe essere fornito dal Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (PTCP) attraverso la "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" che però è attualmente in fase di predisposizione.



Per ovviare a tale mancanza, è stata utilizzata la Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara e l'ortofoto le quali, nell'area in esame, non hanno evidenziato nessun elemento caratterizzante uno scenario di pericolosità locale: in base a tale prima valutazione non sarebbe stato necessario passare al livello successivo.

Nonostante dalle risultanze delle prove penetrometriche statiche e dai sondaggi eseguiti in loco, non siano stati individuati livelli granulari, questi sono segnalati nella Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara; per tale ragione si è comunque passati al secondo livello di approfondimento.

E' stato quindi eseguito uno stendimento sismico utile, oltre che a classificare la tipologia di suolo, ad evidenziare la non presenza di potenziali strati granulari fino a circa mt. 36.00 (massima profondità di analisi). Come si può osservare da una lettura dell'allegato 37, non sono presenti strati granulari al di sotto del futuro piano di fondazione.

#### **4.2. Valutazione di compatibilità delle previsioni con la riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile sulla base di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana**

In riferimento alle problematiche di Protezione Civile è opportuno evidenziare che l'area si trova nei pressi di insediamenti civili ed il comodo accesso alle strade principali permette un vantaggio in termini di eventuale evacuazione dell'area.

La valutazione di compatibilità rispetto ai principali rischi evidenzia che il rischio industriale è inesistente, in quanto non sono presenti nelle vicinanze insediamenti industriali classificabili come industrie ad incidente rilevante; il rischio da incendio boschivo è assente in quanto non esiste nei pressi dell'area in esame un bosco segnalato come di interesse ed oggetto di tutela; in riferimento al rischio sismico, abbondantemente trattato nei paragrafi precedenti, si sottolinea come con le indagini eseguite non sia stata rilevata la presenza di strati granulari al di sotto del futuro piano di fondazione che possano far temere l'innescare dei fenomeni della dilatanza e della liquefazione in seguito ad un sisma.

In riferimento al rischio idraulico, si evidenzia che attualmente il p.c. si trova ad una quota inferiore rispetto a quella di progetto, corrispondente alle strade perimetrali ma, in ogni caso, la zona in esame non è stata in passato soggetta ad allagamenti, per cui è possibile escludere anche il rischio idraulico.





## 5. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI TEORICI RELATIVI AL TRATTO STRADALE

### 5.1. Modalità di analisi

Con idoneo pacchetto software per elaborazioni geotecniche, si sono stimate le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni indagati e, sulla base di tali dati, è stata eseguita una valutazione delle portate ammissibili in relazione alle tipologie ed alle dimensioni delle fondazioni previste in questa sede.

La **resistenza allo schiacciamento  $R_{amm}$** , è stata valutata su ogni singolo strato di 20 cm mediante correlazioni  $R_{amm} = R_p/k$  dove  $k$  è funzione di  $R_p$ . Per un quadro dei valori di  $k$  consultare gli specchietti ai piedi degli allegati "capacità portante/cedimenti fondazioni".

Il **modulo edometrico  $M_o$**  utilizzato per la valutazione dei cedimenti, non è stato calcolato mediante analisi di laboratorio su campioni indisturbati, come del resto già visto nella presente, ma tramite il prodotto " $\alpha * R_p$ ", dove la valutazione del coefficiente  $\alpha$  è stata eseguita per vie statistiche - sperimentali in base a numerose esperienze di campagna eseguite, analizzate e descritte da vari autori e assume valori diversi a seconda del tipo litologico e della  $R_p$  stessa (per un quadro dei valori di  $\alpha$  consultare gli specchietti riportati ai piedi degli allegati "capacità portante/cedimenti fondazioni").

Il **calcolo dei cedimenti**, esteso all'intera profondità  $H_c$  del banco comprimibile, è stato eseguito per strati successivi di spessore  $h = 20$  cm, valutando per ciascuno strato la tensione verticale  $\sigma_v$  al centro della superficie di carico, nonché il relativo valore del modulo edometrico  $M_o$  in base all'espressione:

$$S = n \sum (h \sigma_v / M_o)$$

dove  $n$  = coefficiente di riduzione che tiene conto della rigidità strutturale delle opere di fondazione (nel caso specifico il valore adottato è 1.00).

Il valore di  $H_c$  nei calcoli, è stato valutato in base al bulbo d'influenza (secondo la teoria di Bousinnesq) e alle caratteristiche litostratigrafiche, in tal caso considerando un volume di terreno sufficiente ad ottenere una riduzione superiore a circa il 60% del carico applicato in corrispondenza del piano di fondazione ipotizzato (pressione verticale indotta al centro della superficie di carico in corrispondenza

dell'ultimo livello considerato). Nello specifico, il valore di  $H_c$  corrisponde alla differenza tra la massima profondità d'indagine e la quota di sbancamento.

Supporti Grafici:

- Figura 18. Grafico delle linee isostatiche della pressione verticale, ottenute sulla base dell'equazione di Bousinnesq per fondazioni quadrate e nastriformi (illimitate).
- Allegati 21 - 25. Schede di calcolo capacità portante/cedimenti fondazioni.

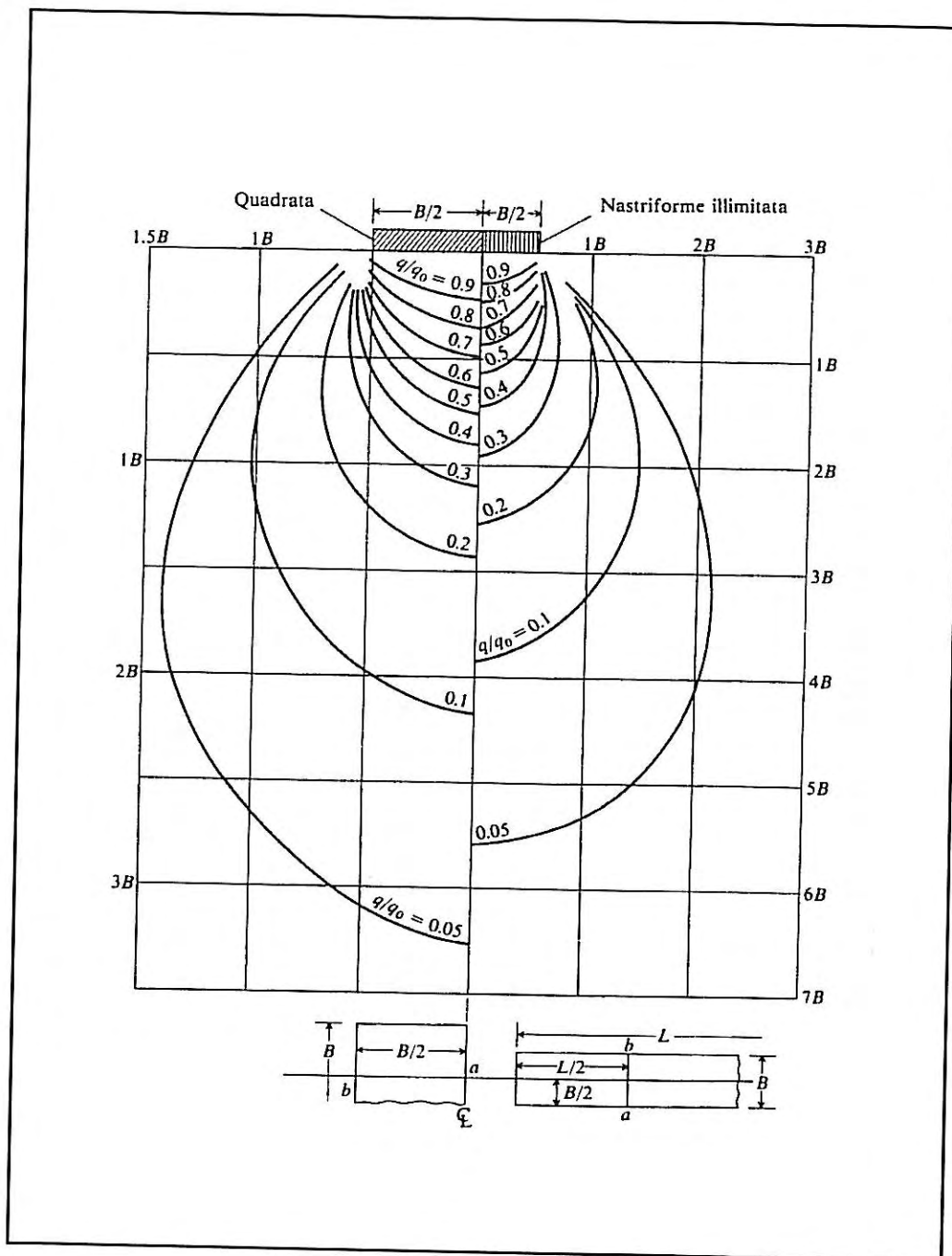


Figura 18

**Linee isostatiche della pressione verticale - equazione di Boussinesq**

Fonte: "Fondazioni progetto e analisi" Joseph E. Bowles - McGraw-Hill

## 5.2. Valori ricavati

I valori ricavati e di seguito elencati, sono da considerarsi con la debita approssimazione legata al metodo sperimentale utilizzato per ricavare i dati geotecnici ed inoltre sono relativi alle singole prove, quindi, prettamente puntuali.

### Tipo e dimensioni dell'opera di fondazione in base alle quali sono stati eseguiti i calcoli

Visti gli scopi di parte del presente studio (valutazioni relative alla realizzazione delle opere primarie di urbanizzazione), è stata ipotizzata una fondazione diretta tipo trave continua di lunghezza  $L = \text{infinita}$ , lato  $B = \text{mt } 7.00$  corrispondente alla larghezza massima di progetto delle strade oggetto di studio, elastica, con carico uniformemente distribuito e piano di fondazione orizzontale impostato a mt 0.40 dal p.c. attuale. L'ipotesi è valida per tutte le prove effettuate ubicate proprio in corrispondenza del sedime stradale.

### Carichi permanenti previsti.

In base alle quote ricavate per mezzo del rilievo topografico effettuato, si ipotizza la realizzazione di una strada in parte in rilevato di altezza media pari a 0.70 mt., rispetto al piano campagna attuale. Considerando un valore del  $\gamma_{\text{medio}}$  del materiale che sarà utilizzato per la costruzione del rilevato stradale, pari a 1.850 ton/m<sup>3</sup>, il carico permanente della porzione in rilevato corrisponde a **0.129 kg/cm<sup>2</sup>**. Dalla valutazione viene esclusa la porzione in cassonetto, in quanto di fatto dovrà essere sostituito il terreno presente con altro più idoneo il quale, in seguito alle necessarie lavorazioni, avrà una differenza in peso trascurabile rispetto a quello in posto.

### Carichi accidentali previsti.

Il carico medio conseguente al traffico, generalmente considerato nella progettazione stradale, corrisponde a **0.20 kg/cm<sup>2</sup>**. Si tenga comunque presente come, nel caso specifico, vista la destinazione delle strade, tale valore sia probabilmente eccessivamente sovrastimato.





### Risultati di calcolo

I risultati di calcolo sono riportati nelle tabelle successive, nella quali sono state utilizzate le seguenti abbreviazioni:

B = larghezza della fondazione prevista;

L = lunghezza della fondazione prevista;

H = profondità del piano di posa della fondazione rispetto al piano campagna esistente alla data di esecuzione delle indagini;

q.ult = incremento netto di carico, in corrispondenza del quale è prevedibile lo schiacciamento del singolo strato - dato relativo alla singola CPT;

q.es = incremento netto di pressione massimo previsto in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

S = cedimento valutato in corrispondenza del piano di fondazione, relativo alla dimensione planimetrica della fondazione stessa ed alla q. adottata.

#### CPT1

B (mt)	L (mt)	H (mt)	q.ult (kg/cm <sup>2</sup> )
7.00	Infinita	0.40	1.65

B (mt)	L (mt)	H (mt)	q.es (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm)
7.00	Infinita	0.40	0.33	4.83

#### CPT2

B (mt)	L (mt)	H (mt)	q.ult (kg/cm <sup>2</sup> )
7.00	Infinita	0.40	1.56

B (mt)	L (mt)	H (mt)	q.es (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm)
7.00	Infinita	0.40	0.33	4.50



**CPT3**

<b>B</b> <b>(mt)</b>	<b>L</b> <b>(mt)</b>	<b>H</b> <b>(mt)</b>	<b>q.ult</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
7.00	Infinita	0.40	1.99

<b>B</b> <b>(mt)</b>	<b>L</b> <b>(mt)</b>	<b>H</b> <b>(mt)</b>	<b>q.es</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>S</b> <b>(cm)</b>
7.00	Infinita	0.40	0.33	4.38

**CPT4**

<b>B</b> <b>(mt)</b>	<b>L</b> <b>(mt)</b>	<b>H</b> <b>(mt)</b>	<b>q.ult</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
7.00	Infinita	0.40	2.37

<b>B</b> <b>(mt)</b>	<b>L</b> <b>(mt)</b>	<b>H</b> <b>(mt)</b>	<b>q.es</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>S</b> <b>(cm)</b>
7.00	Infinita	0.40	0.33	4.27

**CPT5**

<b>B</b> <b>(mt)</b>	<b>L</b> <b>(mt)</b>	<b>H</b> <b>(mt)</b>	<b>q.ult</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
7.00	Infinita	0.40	2.50

<b>B</b> <b>(mt)</b>	<b>L</b> <b>(mt)</b>	<b>H</b> <b>(mt)</b>	<b>q.es</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>S</b> <b>(cm)</b>
7.00	Infinita	0.40	0.33	5.15

**Commenti**

Come precedentemente in parte accennato, è stata condotta la verifica allo schiacciamento dei diversi strati del sottosuolo (spessore 20 cm) nei confronti delle tensioni verticali indotte dal carico agente in superficie e valutate secondo la teoria dell'elasticità (Bousinnesq). La pressione ultima del terreno di fondazione, è quel valore che determina nel sottosuolo tensioni verticali (al centro della superficie di carico) coincidenti con la resistenza allo schiacciamento dei vari strati del banco

comprimibile. I valori di  $q_{ult}$  indicati in tabelle, sono relativi ai minimi verificati, corrispondenti a singoli strati di 20 cm che saranno i primi a giungere a schiacciamento per incremento di carico (Herminier 1953 - Meyerhof 1956/65 - Sanglerat 1972).

Le tabelle sopra riportate evidenziano come l'incremento di carico massimo previsto sia nettamente inferiore all'incremento di carico massimo ultimo (carico di rottura o, in questo caso, incremento di carico in corrispondenza del quale avviene lo schiacciamento del singolo strato di 20 cm.).

### 5.3. Valutazioni relative al dimensionamento del pacchetto stradale

Nel corso del presente studio, sono stati prelevati in tutto n. 4 campioni di terreno rappresentativi dello spessore compreso tra mt. 0.20 e mt. 0.40 da p.c., nei pressi dei sondaggi, in corrispondenza quindi della futura strada di penetrazione. Sui 4 campioni prelevati, sono state eseguite alcune analisi di laboratorio al fine di determinare i valori dell'Indice di Gruppo.

Sul campione risultante dalla miscelazione ed omogeneizzazione dei 4 campioni di terreno superficiale, è stata eseguita una prova di compattazione Proctor standard ed è stato determinato l'indice di portanza C.B.R. su due provini.

Di seguito, sono riepilogate le caratteristiche principali dei campioni di terreno prelevati:

<b>S1</b>	<b>1</b>
Profondità mt	0.20 – 0.40
Limite Liquido	49%
Limite Plastico	26%
Indice Plastico	23
Passante al setaccio 2.00 mm	99.72%
Passante al setaccio 0.42 mm	99.43%
Passante al setaccio 0.075 mm	98.87%
<b>Indice di gruppo</b>	<b>15.00</b>
Classificazione U.S.C.S.	CL-OL
Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006	A 7-6



<b>S2</b>	<b>1</b>
Profondità mt	0.20 – 0.40
Limite Liquido	51%
Limite Plastico	24%
Indice Plastico	27
Passante al setaccio 2.00 mm	99.06%
Passante al setaccio 0.42 mm	98.48%
Passante al setaccio 0.075 mm	97.77%
<b>Indice di gruppo</b>	<b>17.00</b>
Classificazione U.S.C.S.	CH-OH
Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006	A 7-6

<b>S3</b>	<b>1</b>
Profondità mt	0.20 – 0.40
Limite Liquido	49%
Limite Plastico	26%
Indice Plastico	23
Passante al setaccio 2.00 mm	99.68%
Passante al setaccio 0.42 mm	99.33%
Passante al setaccio 0.075 mm	98.76%
<b>Indice di gruppo</b>	<b>15.00</b>
Classificazione U.S.C.S.	CL-OL
Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006	A 7-6





<b>S4</b>	<b>1</b>
Profondità mt	0.20 – 0.40
Limite Liquido	49%
Limite Plastico	26%
Indice Plastico	23
Passante al setaccio 2.00 mm	99.68%
Passante al setaccio 0.42 mm	99.33%
Passante al setaccio 0.075 mm	98.76%
<b>Indice di gruppo</b>	<b>15.00</b>
Classificazione U.S.C.S.	CL-OL
Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006	A 7-6

CL = Argilla inorganica a bassa-media plasticità, argilla ghiaiosa, argilla sabbiosa, argilla limosa, argilla "magra".

OL = Limo organico e argilla limosa organica a bassa plasticità.

CH = Argille inorganiche di elevata plasticità, argilla "grassa".

OH = Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici.

A 7-6 = Argille ad elevato limite liquido, fortemente compressibili. Caratterizzate da indice di plasticità più elevato rispetto al limite liquido. Soggette a notevoli rigonfiamenti a contatto con l'acqua.

#### Supporti Grafici:

- Allegati 30 - 36. Caratteristiche fisiche, volumetriche e di consistenza

Di seguito viene ora proposto il dimensionamento del pacchetto stradale minimo, effettuato in base al Metodo dell'Indice di Gruppo.

#### **5.4. Determinazione degli spessori minimi - Metodo dell'Indice di Gruppo**

Utilizzando il diagramma di Steele, genericamente più conservativo rispetto al metodo C.B.R., è possibile determinare lo spessore della sola fondazione o sottobase e lo spessore complessivo della sovrastruttura (costituita dalla fondazione, dallo strato di base e dallo strato superficiale), sulla scorta del valore dell'Indice di Gruppo riferito al terreno in posto.



Le caratteristiche dei terreni analizzati appaiono poco variabili e, tuttavia, al fine di effettuare valutazioni conservative, viene utilizzato il parametro del campione 1 relativo al sondaggio S2, per il quale è stato determinato un Indice di Gruppo più elevato rispetto agli altri campioni.

Il valore dell'Indice di Gruppo, in questo caso cautelativo, corrisponde a 17.00. In base a tale indicazione, per mezzo del diagramma riportato in figura 19, lo spessore complessivo della sovrastruttura e dello strato di fondazione risulta di cm 77, se viene considerato un traffico medio (da 50 a 300 autotreni al giorno).

Il relativo spessore valutato in base al grafico di Steele riportato in figura 20, è riportato di seguito:

*Traffico medio – spessore totale minimo della sovrastruttura mt 0.27 + 0.50*

- sagomatura del cassonetto stradale (sbancamento da definire in funzione delle caratteristiche dei terreni superficiali e della quota finale);
- rullatura del terreno naturale;
- posa di uno strato di sabbia, preferibilmente A 2-4 (spessore reso non inferiore a cm 27) – *strato di fondazione o sottobase*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 2" o misto riciclato di caratteristiche corrispondenti alle specifiche normative (spessore reso non inferiore a cm 30) – *base*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 1" (spessore reso non inferiore a cm 10) – *base*;
- posa di uno strato di bynder (spessore reso cm 7);
- posa del tappeto di usura in conglomerato bituminoso fine (spessore reso cm 3).

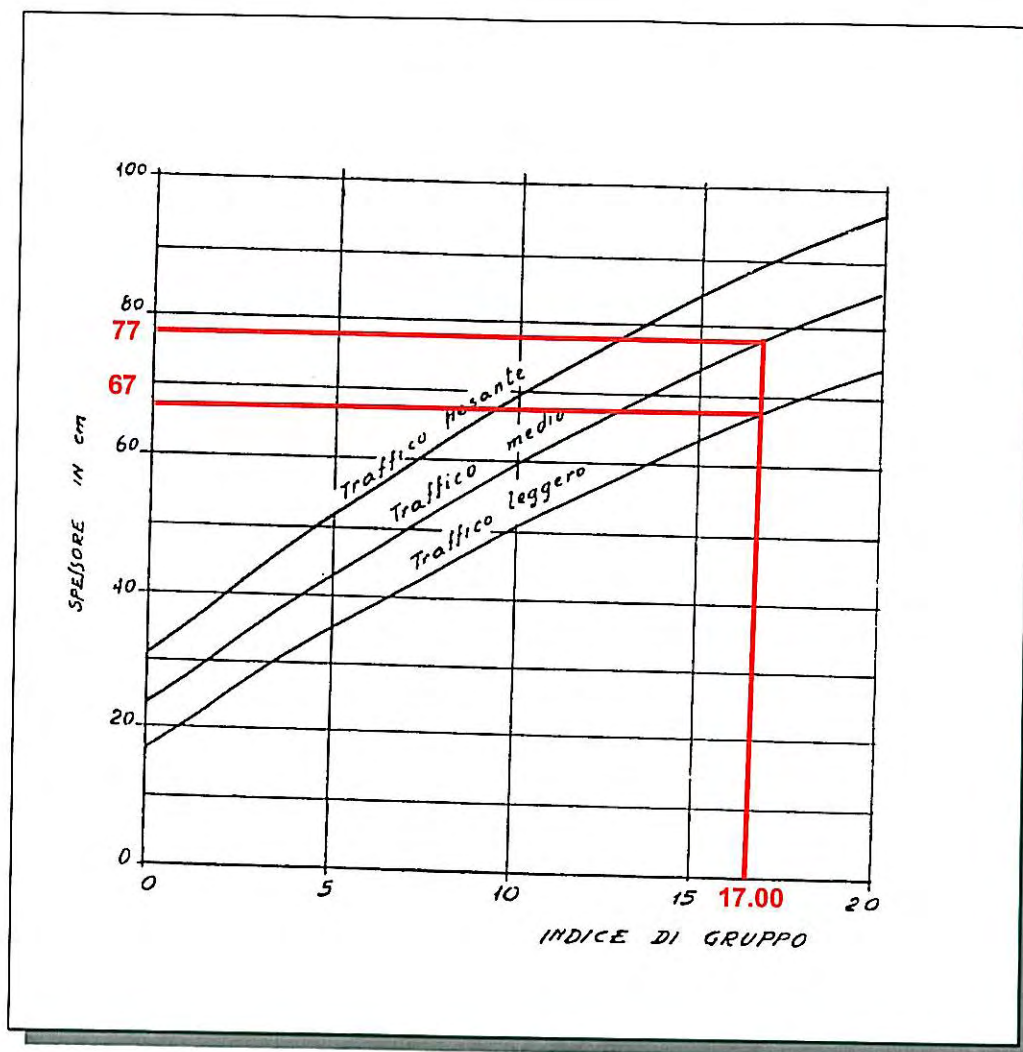


Figura 19

**Abaco per il calcolo dello spessore complessivo della sovrastruttura e dello strato di fondazione con il metodo dell'Indice di Gruppo**

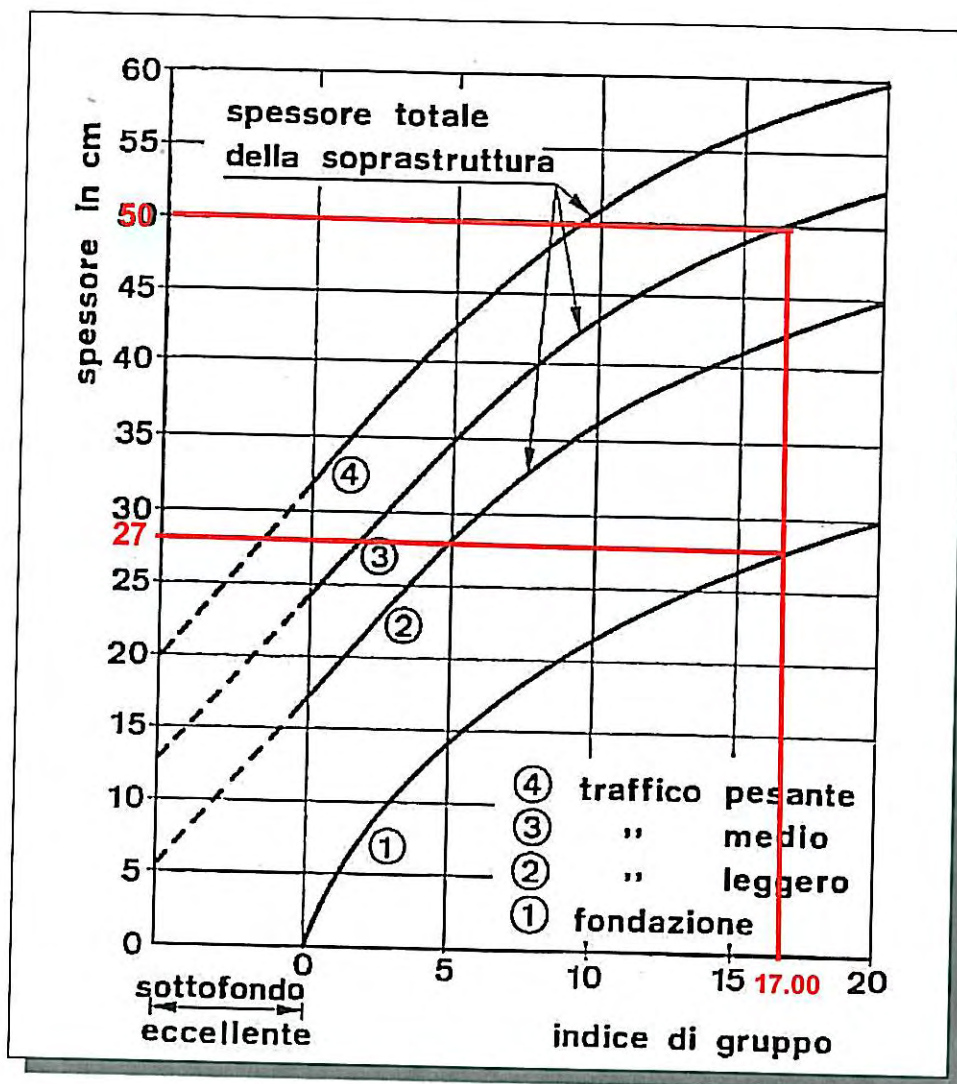


Figura 20

**Diagramma di Steele per il calcolo di una pavimentazione flessibile in base all'Indice di Gruppo**

tratto da "Strade - Ferrovie - Aeroporti. Le opere in terra, le sovrastrutture, gli impianti" vol. 2 - edizioni UTET





### 5.5. Valutazioni relative al caso specifico

I dati progettuali a disposizione dello scrivente e i risultati delle indagini eseguite permettono di evidenziare le seguenti condizioni al contorno, molto importanti per quanto riguarda la progettazione del pacchetto stradale:

- 1 – la quota di progetto del piano stradale è simile a quella di Via Testi;
- 2 – la quota del piano campagna in corrispondenza delle fasce nelle quali è prevista la realizzazione delle strade di penetrazione in progetto, è compresa all'incirca tra – 0.37 mt e – 0.82 mt rispetto al punto di riferimento;
- 3 – visto l'utilizzo precedente dell'area in esame, lo spessore medio del terreno agrario superficiale è valutato in cm 0.60-0.70;
- 4 – la profondità della superficie freatica alla data di esecuzione delle prove penetrometriche statiche (17/12/2007) era in media pari a circa mt 1.80-2.00 dal piano campagna presente al momento dell'esecuzione delle prove stesse;
- 5 – in base alla classificazione CNR – UNI 10006, il terreno naturale, presente alla base della futura sede stradale, corrisponde ad un A 7-6.

Le terre denominate A7-6, appartengono al Gruppo A7, costituito da argille ad elevato limite liquido, e quindi fortemente compressibili, che rigonfiano a contatto con l'acqua. In particolare il sottogruppo A7-6 si distingue per un indice di plasticità più elevato rispetto al limite liquido; sono terre soggette a plasticizzarsi ad a subire notevoli rigonfiamento a contatto con l'acqua.

I sondaggi eseguiti hanno indicato uno spessore pari a mt 0.60-0.70 di terreno agrario superficiale; supponendo comunque che la parte organica sia limitata ai primi 40 cm, si ipotizza in questa sede di sbancare l'intero spessore, per costipare il terreno naturale alla base. In tali condizioni, in base alle quote indicate, il pacchetto totale (cassonetto + rilevato) dovrà avere uno spessore compreso all'incirca tra mt 0.77 e mt 1.22; tali valutazioni, unitamente alla determinazione degli spessori minimi discussi nel precedente paragrafo, portano quindi ad ipotizzare il pacchetto specifico di seguito riportato unitamente alle relative modalità esecutive. Nel pacchetto seguente viene previsto l'incremento dello strato di sabbia (fondazione o sottobase), al fine di consentire il raggiungimento delle quote finali di progetto:



-sagomatura del cassonetto stradale (sbancamento non inferiore a mt 0.40, da definire in funzione delle caratteristiche dei terreni superficiali e della presenza di resti vegetali);

-rullatura del terreno naturale;

-posa di uno strato di sabbia, preferibilmente A 2-4 (spessore reso compreso tra cm 27 e cm 72) – *strato di fondazione o sottobase*;

-posa di uno strato di misto stabilizzato da 2" o misto riciclato di caratteristiche corrispondenti alle specifiche normative (spessore reso non inferiore a cm 30) – *base*;

-posa di uno strato di misto stabilizzato da 1" (spessore reso non inferiore a cm 10) – *base*;

-posa di uno strato di bynder (spessore reso cm 7);

-posa del tappeto di usura in conglomerato bituminoso fine (spessore reso cm 3).

Lo strato di sabbia costituirà di fatto lo strato di fondazione non trattato, con funzioni di ripartitore dei carichi trasmessi e, soprattutto, di anti-risalita capillare. Il suo spessore varierà in funzione dell'andamento topografico del piano campagna e della presenza dei resti organici nelle porzioni più superficiali.

## **5.6. Verifica degli spessori proposti**

### **5.6.1. TRAFFICO PRESUNTO**

Relativamente al dimensionamento della pavimentazione stradale, normalmente si tiene conto dei soli veicoli commerciali, a causa della scarsa influenza che hanno le automobili sulla tenuta della struttura. Agli effetti del calcolo si deve considerare il massimo carico di ruota e non il carico lordo del veicolo. A tale proposito si tenga conto che in Italia la pressione massima ammessa per veicoli circolanti sulle strade, corrisponde a  $8 \text{ kg/cm}^2$ . Vista la grande diversità di automezzi in circolazione, è prassi comune fare uso dei cosiddetti carichi equivalenti (di ruota od assiali), in cui vengono trasformati i carichi effettivi degli automezzi. In pratica si trasforma il carico di un automezzo in un carico equivalente corrispondente ad un carico di ruota pari a 2.050 kg, o ad un carico assiale di 8.200 kg. Al fine di determinare tale parametro, nel caso in oggetto si considerano i seguenti fattori ipotetici:

- durata prevista della strada in anni = 20
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a cinque assali (fattore equivalente 2,77) = 10
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a quattro assali (fattore equivalente 3,89) = 10
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a tre assali (fattore equivalente 1,27) = 30
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a due assali (fattore equivalente 0,70) = 50
- numero di passaggi giornalieri di automobili (fattore equivalente 0,0002) = 500

Di seguito è riportata la tabella di calcolo con relativa determinazione finale:

Automezzo	N. passaggi in 20 anni	Fattore equivalente	N. assali equivalenti totali
Autocarro a cinque assali	10 x 365 x 20	2,7700	202.210
Autocarro a quattro assali	10 x 365 x 20	3,8900	283.970
Autocarro a tre assali	30 x 365 x 20	1,2700	278.130
Autocarro a due assali	50 x 365 x 20	0,7000	255.500
Automobile	500 x 365 x 20	0,0002	730
			<b>1.020.540</b>

#### 5.6.2. DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI - METODO C.B.R.

Per la determinazione degli spessori utilizzando l'indice di portanza C.B.R. è stato utilizzato il Metodo di Progetto della Road Note 29 [1.II].

Si tratta di un metodo empirico, elaborato in Inghilterra sulla base di prove su piste sperimentali; esso consente di calcolare direttamente lo spessore dei vari strati, noti la portanza C.B.R. (di progetto) del sottofondo e l'entità del traffico espresso con il N. di assali equivalenti da 8.2 t di cui si prevede il passaggio durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più caricata.

Se la vita utile è di 20 anni e si dispone del valore N. di assali equivalenti e del valore di C.B.R., tramite l'abaco riportato in figura 21 è possibile determinare lo spessore della fondazione in misto granulare in funzione di N. di assali (se compreso tra  $10^4$  e  $10^3$ ) e del C.B.R. (se compreso tra 2 e 7). Per valori del C.B.R. < 2 lo



spessore si ottiene aumentando di 15 cm quello ricavato dalla curva relativa al C.B.R. = 2; per valori di  $N. \leq 500.000$  lo spessore può essere  $< 8$  cm soltanto per C.B.R.  $> 20$ ; per  $N. > 500.000$  lo spessore può essere  $< 15$  cm soltanto per C.B.R.  $> 30$ .

L'abaco riportato in figura 22 consente il dimensionamento dello strato di base e degli strati superficiali (binder + manto) per fondazioni in misto granulare frantumato.

Nello specifico il valore della portanza C.B.R. del terreno in posto è pari a 21.52. Utilizzando tale valore unitamente al numero di assi equivalenti, risulta che lo spessore minimo della fondazione deve essere di 15 cm, molto inferiore quindi allo spessore precedentemente indicato il quale risulta quindi cautelativo. Il relativo valore della C.B.R., per lo strato di fondazione da verificarsi sul materiale utilizzato, dovrà essere  $\geq 30$ .

Per quanto riguarda lo strato di base e lo strato di binder + manto di usura, i relativi spessori minimi determinati in base all'abaco in figura 22, in funzione del numero totale di assi standard da 8,2 ton., risultano rispettivamente:

- base in misto granulare frantumato = cm 10
- pavimentazione (binder + manto di usura) = cm 7

Anche in questo caso, tali condizioni minime sono state rispettate con le valutazioni precedentemente effettuate.

#### Supporti Grafici:

- Allegato 36. Determinazione dell'indice di portanza C.B.R.
- Allegati 34-35. Prova di compattazione Proctor standard



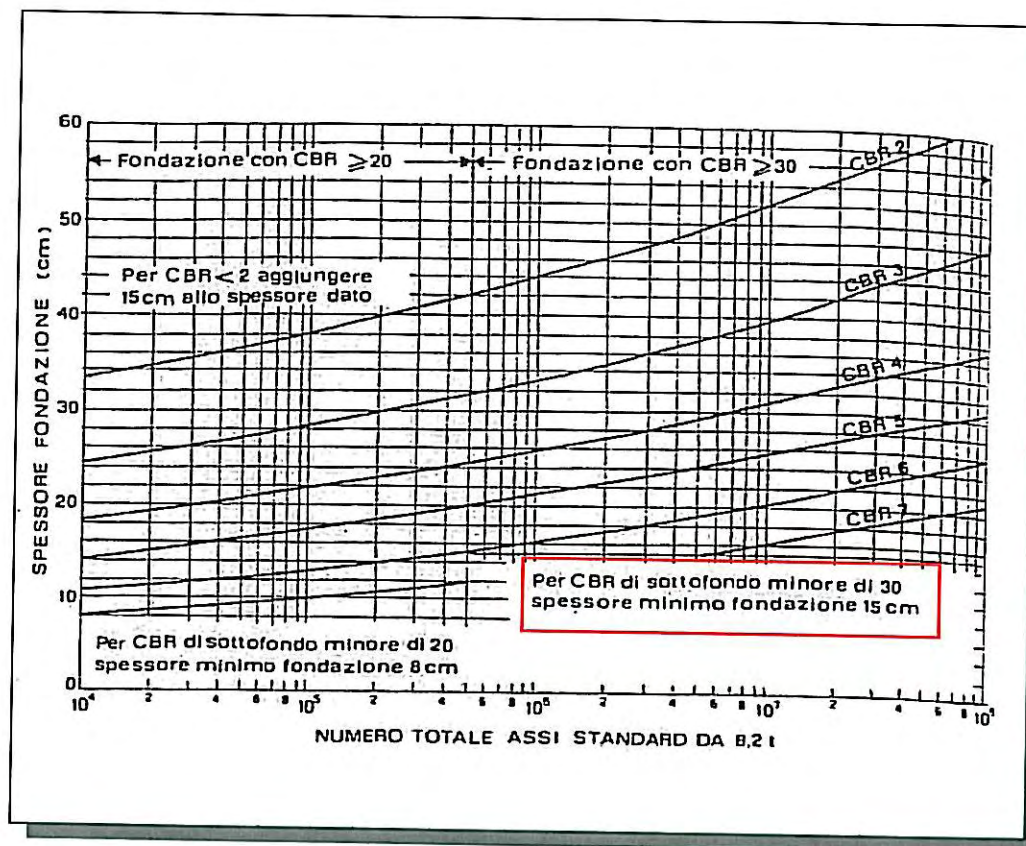


Figura 21

Abaco per fondazioni in misto granulare per pavimentazioni flessibili (da Road Note 29)

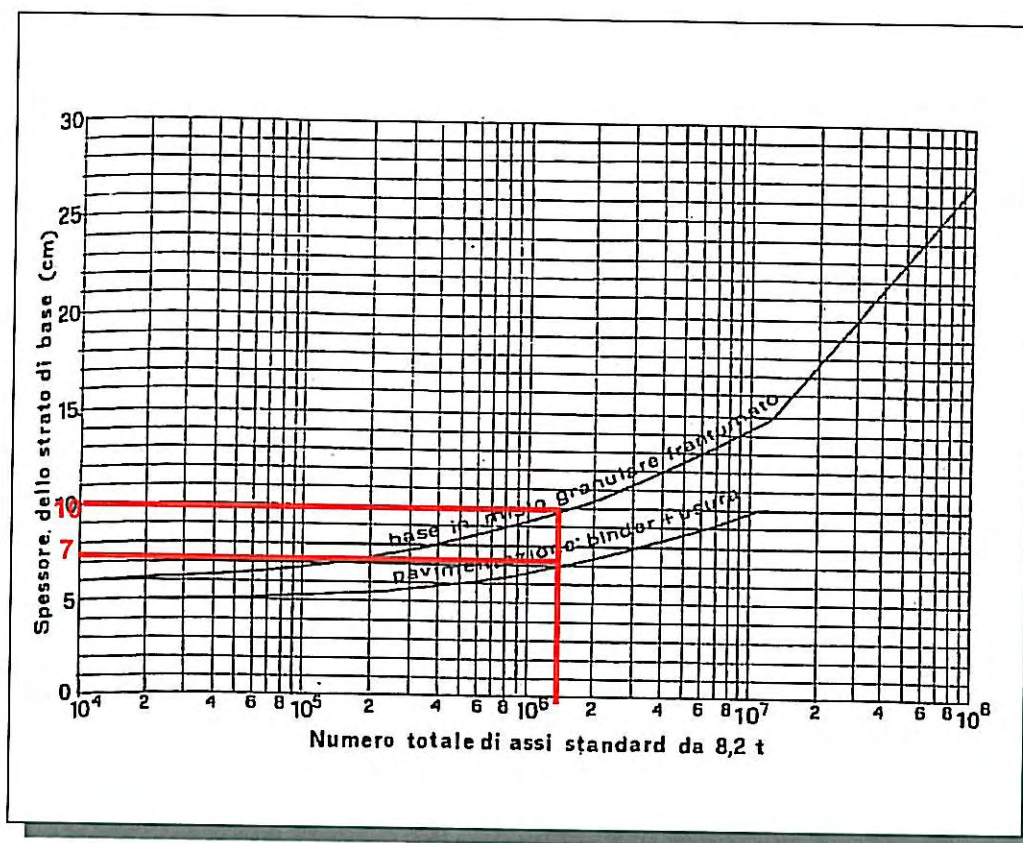


Figura 22

Abaco per base in misto granulare frantumato e per binder + manto (da Road Note 29)

### 5.6.3. INDICAZIONI DI MASSIMA RELATIVE ALLE MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE STRADE

Vista la situazione morfologica, come accennato le strade di penetrazione dovranno essere realizzate in parte in rilevato, facendo quindi particolare attenzione ai seguenti fattori:

1. Stabilità del rilevato in relazione alle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione;
2. Stabilità del corpo del rilevato;
3. Caratteristiche di portanza della parte superiore del rilevato, che costituisce il piano d'appoggio della pavimentazione.

1. La stabilità del corpo del rilevato è sicuramente connessa con quella del piano di appoggio, senza dimenticare possibili deformazioni del corpo stradale dovute a:

- Assestamento del rilevato;
- Deformazione per saturazione;
- Subsidenza della fondazione;
- Estrusione laterale di uno strato di fondazione.

Per quanto riguarda l'assestamento del rilevato, conseguenza della riduzione di volume provocata dall'addensamento dei grani, dovuto alla migliore sistemazione di questi ultimi, alla frantumazione dei più grossi ed alla riduzione del contenuto d'acqua, tale fenomeno viene ridotto con un efficace costipamento meccanico tra i grani stessi durante l'esecuzione dell'opera; un eccessivo costipamento può però provocare rigonfiamenti, in presenza di terreni fini. Esiste infatti un ottimale di compattazione per cui si crea un equilibrio tra le forze di espansione dell'acqua assorbita, il carico gravante sullo strato di terreno considerato e la tensione capillare.

Il calo d'altezza che subisce un rilevato può essere calcolato con la seguente formula empirica:

$$\Delta = H \times 0.60 \times (1 - d'/d'')$$



Dove:

H = altezza iniziale del rilevato;

d' = densità iniziale della terra che lo compone;

d'' = densità finale della terra che lo compone.

#### **5.6.3.1. COSTRUZIONE DEL RILEVATO - REQUISITI DEI MATERIALI**

Il terreno utilizzato per la costruzione del rilevato, in questo caso specifico corrispondente alla fondazione stradale, dovrà essere innanzitutto esente da sostanze organiche quali radici, torbe, ecc...

I materiali più idonei per rilevati di altezza inferiore a mt 1.50, sono quelli appartenenti ai gruppi A1, A2-4 e A2-5. Materiali diversi quali A2-6 e A2-7, non potranno essere utilizzati in questo caso in quanto è necessario che alla base sia presente uno strato di materiale granulare, che eviti le risalite di acqua e di granulometria tale da non rendere possibile il rimescolamento del terreno argilloso sottostante.

Per tutti i casi, in generale si tenga presente che, per quanto riguarda lo strato superiore del rilevato, corrispondente agli ultimi 25 – 30 cm e destinato a ricevere la sovrastruttura, va evidenziato quanto segue:

-se il rilevato è formato da detriti di roccia basterà che l'ultimo strato sia costituito da materiale più fine;

-se si tratta di terre sabbiose o ghiaiose a granulometria stretta, che non temono l'acqua ma si compattano con difficoltà, si potrà stabilizzare lo strato superficiale con cemento;

-se si tratta di terre sensibili all'acqua quali limi ed argille, lo strato finale dovrà essere realizzato con materiale granulare e, nel caso in cui si tema la penetrazione dei grani di sabbia nel rilevato, dovrà essere interposto un geotessile.

#### **5.6.3.2. CALCOLO DELLA PENDENZA STABILE DI UNA SCARPATA – ALTEZZA CRITICA**

In un ammasso terroso conformato a scarpata, dotato di attrito e coesione, l'equilibrio è possibile solo se la pendenza della scarpata ( $\alpha$ ) non supera un dato angolo che dipende oltre che dall'attrito ( $\phi$ ) e dalla coesione ( $c$ ), dall'altezza della scarpata stessa.



Per *altezza critica* ( $h_c$ ) si intende l'altezza massima compatibile con l'equilibrio la quale è funzione di  $\alpha$  e  $c$ , più precisamente è inversamente proporzionale ad  $\alpha$  ed è direttamente proporzionale a  $c$ .

Per un dato valore di  $\emptyset$  l'altezza critica  $h_c$  del rilevato che si rompe secondo un cerchio passante per il piede della scarpata è:

$$h_c = N_s c / \gamma$$

dove:

$N_s$  = fattore di stabilità;

$C$  = coesione;

$\gamma$  = peso di volume della terra.

Il Taylor fornisce per il fattore di stabilità  $N_s$  il diagramma riportato alla pagina seguente, in cui si può notare che per  $\emptyset = 0$ ,  $N_s$  resta indefinito per  $\alpha < 53^\circ$ .

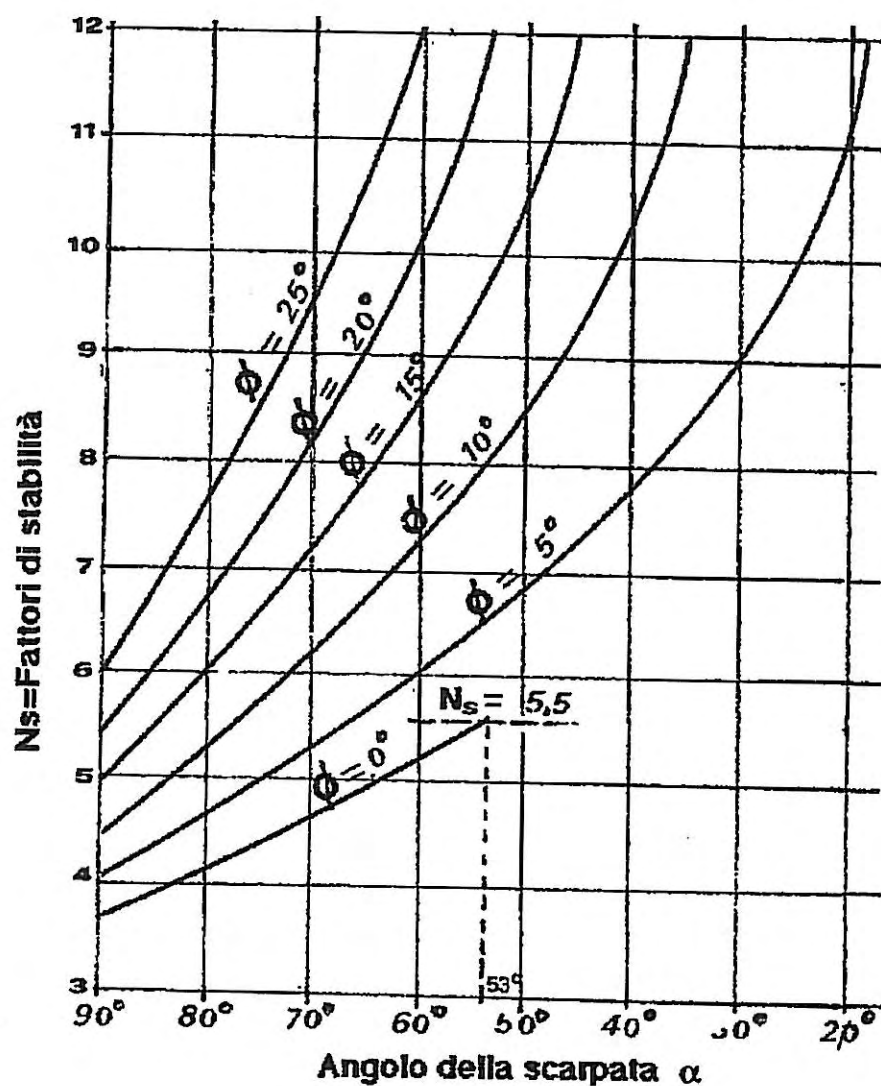


Figura 23

Diagramma di Taylor

#### 5.6.3.3. MODALITÀ COSTRUTTIVE

Il rilevato deve essere costruito in strati orizzontali di eguale spessore ed omogenei, aventi uno spessore massimo di 25 cm.

Se il rilevato viene realizzato durante un periodo di clima secco, è consigliabile caricare sempre prima i fianchi, mantenendo la parte centrale leggermente più bassa; nel caso in cui invece si tema la pioggia, dovrà essere adottata la sagoma a tetto con pendenze comprese tra il 2% e il 4%. In ogni caso, tale profilo sarà quello da realizzarsi a rilevato finito.

Se vengono utilizzate terre fini, con grado di umidità superiore all'ottimale, non sono realizzabili operazioni di compattazione.

#### 5.6.3.4. COSTIPAMENTO

Il costipamento dovrebbe avvenire con l'umidità ottimale determinata mediante la prova Proctor o meglio, in campagna, l'umidità non dovrebbe essere superiore a 2% dell'ottimale.

Nel caso in cui fosse necessario ridurre l'umidità, è possibile intervenire nei seguenti modi:

- costruendo il rilevato in strati di spessore limitato per facilitare l'essiccazione e ricorrendo se necessario ad erpicature;
- correggendo l'eccesso di umidità con l'apporto di materiale asciutto;
- alternando strati argillosi con strati di diversa natura;
- coltivando le cave di prestito a zone alterne erpicando la parte a riposo;
- aggiungendo calce viva.

Nelle terre limose e sabbiose, l'umidità naturale è spesso al di sotto dell'ottimale per cui è necessario l'apporto di acqua durante il costipamento.

Per quanto riguarda la scelta dei mezzi di compattazione, nel caso in cui questa avvenga per sola pressione, va tenuto presente in generale che quasi tutte le terre si costipano con pressione di circa 28 – 35 kg/cm<sup>2</sup>, ad eccezione delle argille che richiedono pressioni superiori, pari a circa 40 – 50 kg/cm<sup>2</sup>, oltre ad azioni taglienti e mescolanti che facilitino la rimozione dell'aria e dell'acqua spesso in eccesso.



**studio synthesis**  
Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5  
44034 – Copparo – Fe  
Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035  
www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA  
IN POGGIO RENATICO – FERRARA  
**Modellazione Geologica**  
**Modellazione Geotecnica**

E' sempre opportuno stabilire a priori, mediante campi prova, la proporzione tra il numero di passaggi del compattatore scelto e le caratteristiche finali del materiale costipato, quale la densità raggiunta e il modulo di deformazione. In tal modo, in fase esecutiva, sarà sufficiente controllare che il numero di passaggi sia quello prestabilito e che gli stessi avvengano in corrispondenza dell'umidità ottima che, se superiore, entro un certo limite sarà sufficiente rullare di più oppure lasciare essiccare la terra.



## 5.7. Progettazione del rilevato stradale – Considerazioni conclusive

Dalle indagini e conseguenti valutazioni eseguite, nella presente riportate e analizzate è possibile concludere che, per quanto riguarda la situazione geotecnica, il corpo stradale in progetto, in parte previsto in rilevato, è compatibile con i valori di capacità portante dei terreni presenti. Nel caso analizzato, il carico massimo di esercizio del corpo stradale, è risultato nettamente inferiore alla capacità portante ultima dei terreni di fondazione.

Relativamente ai materiali, agli spessori minimi e alle modalità di realizzazione dei manufatti, si devono cautelativamente considerare le valutazioni effettuate in base all'Indice di Gruppo di seguito elencate, risultate più cautelative:

- sagomatura del cassonetto stradale (sbancamento da definire in funzione delle caratteristiche dei terreni superficiali e della quota finale);
- rullatura del terreno naturale;
- posa di uno strato di sabbia, preferibilmente A 2-4 (spessore reso non inferiore a cm 27) – *strato di fondazione o sottobase*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 2" o misto riciclato di caratteristiche corrispondenti alle specifiche normative (spessore reso non inferiore a cm 30) – *base*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 1" (spessore reso non inferiore a cm 10) – *base*;
- posa di uno strato di bynder (spessore reso cm 7);
- posa del tappeto di usura in conglomerato bituminoso fine (spessore reso cm 3).

Per il raggiungimento delle quote finali di progetto, potrà essere aumentato lo spessore della sabbia di fondazione che, in questo caso, avrà anche funzione di anti-risalita capillare e quindi le caratteristiche del materiale dovranno essere valutate con cura, preventivamente al suo utilizzo.

In alternativa ai materiali sopra descritti, sarà possibile utilizzare terre stabilizzate, misti stabilizzati cementati, misti riciclati cementati, solamente dopo l'esecuzione di studi e analisi mirate.



Visto il terreno in posto e i materiali previsti, al fine di evitare problemi di stabilità dello stesso, conseguenti all'utilizzo di litotipi granulari con  $C_u = 0$ , sarà necessario rivestire la struttura con terreno argilloso, creando arginature laterali con quota via via superiore a quella del rilevato.

Considerando la necessità di un futuro riempimento di tutti i settori destinati alla realizzazione di civili abitazioni e i conseguenti cedimenti potenzialmente indotti da tali estesi incrementi di carico, dovrà essere valutata la larghezza minima dell'arginatura calcolata tra il cordolo del marciapiede e il bordo superiore esterno della stessa, al fine di evitare che i cedimenti inducano effetti sul rilevato e sui cordoli.

Per quanto riguarda la sezione dell'arginatura, la pendenza lato lotto potrà essere calcolata in base a quanto riportato nel paragrafo "calcolo della pendenza stabile di una scarpata – altezza critica", dopo aver effettuato la caratterizzazione geotecnica dei materiali previsti. Si tenga comunque conto che, in linea di massima, per terreni argilloso-limosi anche con una piccola frazione granulare, una pendenza pari a 1 su 2 se ben realizzata, risulterà senz'altro stabile; la pendenza dovrà quindi gradualmente diminuire con l'incremento della componente granulare, come nel caso in esame.

Relativamente ai controlli in corso d'opera da effettuarsi per mezzo sia di prove in sito, che con prove di laboratorio sui materiali da impiegare, le prove da eseguirsi sono le seguenti:

controlli sui materiali granulari non riciclati:

- a – prove per classificazione UNI 10006 sul materiale impiegato;
- b – esecuzione di granulometrie meccaniche sul materiale impiegato;
- c – prova di compattazione tipo Proctor modificato, da eseguirsi su campioni rappresentativi di ogni tipologia di materiale impiegato;
- d – determinazione dell'indice di portanza C.B.R.

prove in sito:

- a – prove di carico su piastra, come da normativa B.U. C.N.R. 146/1992, per la verifica del livello di compattazione raggiunto, con riferimento ai valori minimi previsti dalla UNI 10006;



b – prove di densità in sito. I risultati non dovranno variare dai valori del Proctor di riferimento di percentuali superiori al 10 %.

Nel caso in cui dovessero essere utilizzati misti riciclati derivanti da attività di recupero, questi dovranno essere preventivamente sottoposti a tutte le verifiche di idoneità previste dalla ex UNI 10006, oltre alla compatibilità ambientale e, preferibilmente, anche dal protocollo provinciale di recente sottoscritto tra l'Amministrazione Provinciale di Ferrara e le associazioni di categoria.

Per quanto riguarda il rilevato stradale, va infine segnalato come dovranno essere presi tutti gli opportuni provvedimenti al fine di evitare infiltrazioni di acqua all'interno del rilevato finito in quanto, visto il generale contenimento dello stesso all'interno di terreni dotati di scarsissima permeabilità, eventuali acque di infiltrazione potrebbero saturare per lungo tempo il corpo del manufatto, con conseguenti possibili locali problemi di instabilità. Nello specifico, sarà particolarmente importante che venga attuato quanto necessario ad allontanare le acque meteoriche anche all'interno dei bacini che si formeranno temporaneamente in seguito alla realizzazione dei rilevati stradali, in quanto i terreni superficiali presenti anche alla base dei rilevati, sono fortemente compressibili e fortemente plastici, con ritiro e rigonfiamento molto elevato, permeabilità scarsa o nulla e con qualità portanti in assenza di gelo da mediocri a scadenti (Classificazione UNI 10006: A7-6). Stante tali caratteristiche, dovrà essere posta particolare cura per quanto riguarda i periodi e i tempi di sbancamento e successive lavorazioni: se, infatti, il terreno dovesse avere un grado di umidità medio alto, potrebbe essere necessario fresarlo e ricompattarlo, anche mediante l'aggiunta di ossido di calce, al fine di favorire l'accantieramento, la percorribilità la posa e la compattazione degli strati di fondazione. In ogni caso si sottolinea ancora una volta come l'eventuale permanenza di acqua all'interno dei cassonetti, potrebbe avere effetti negativi sulla struttura stradale.

Come già accennato va infine segnalato come le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti siano senz'altro compatibili con le normali modalità di realizzazione di civili abitazione e comunque, come tali caratteristiche, unitamente ai valori di capacità portante e cedimenti indotti, dovranno essere valutati con indagini mirate, in funzione dei singoli interventi previsti.

Copparo, 31 gennaio 2008

Dr. Geol. Emanuele Stevanin



**Allegati 1 – 25**

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**



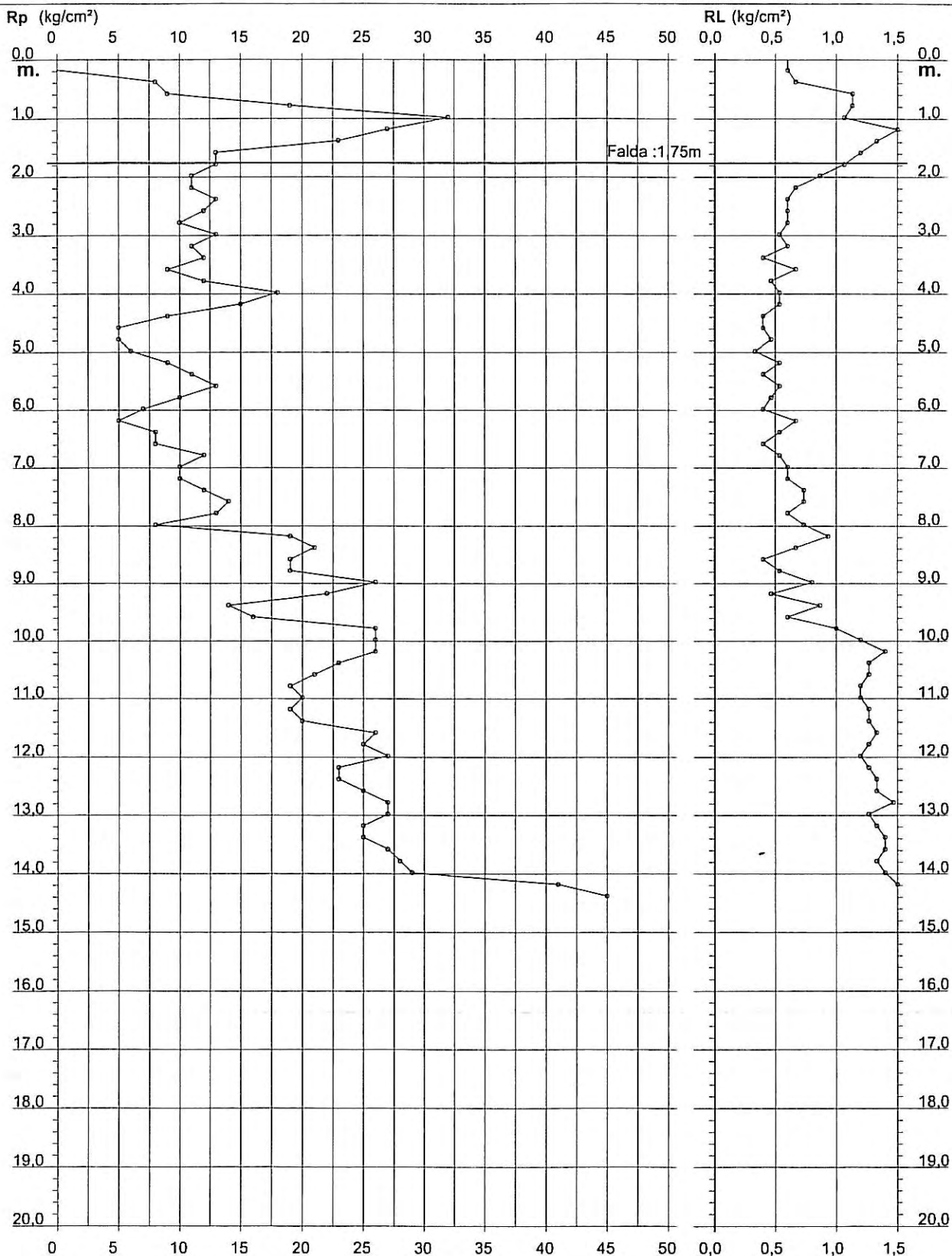
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,75 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 1

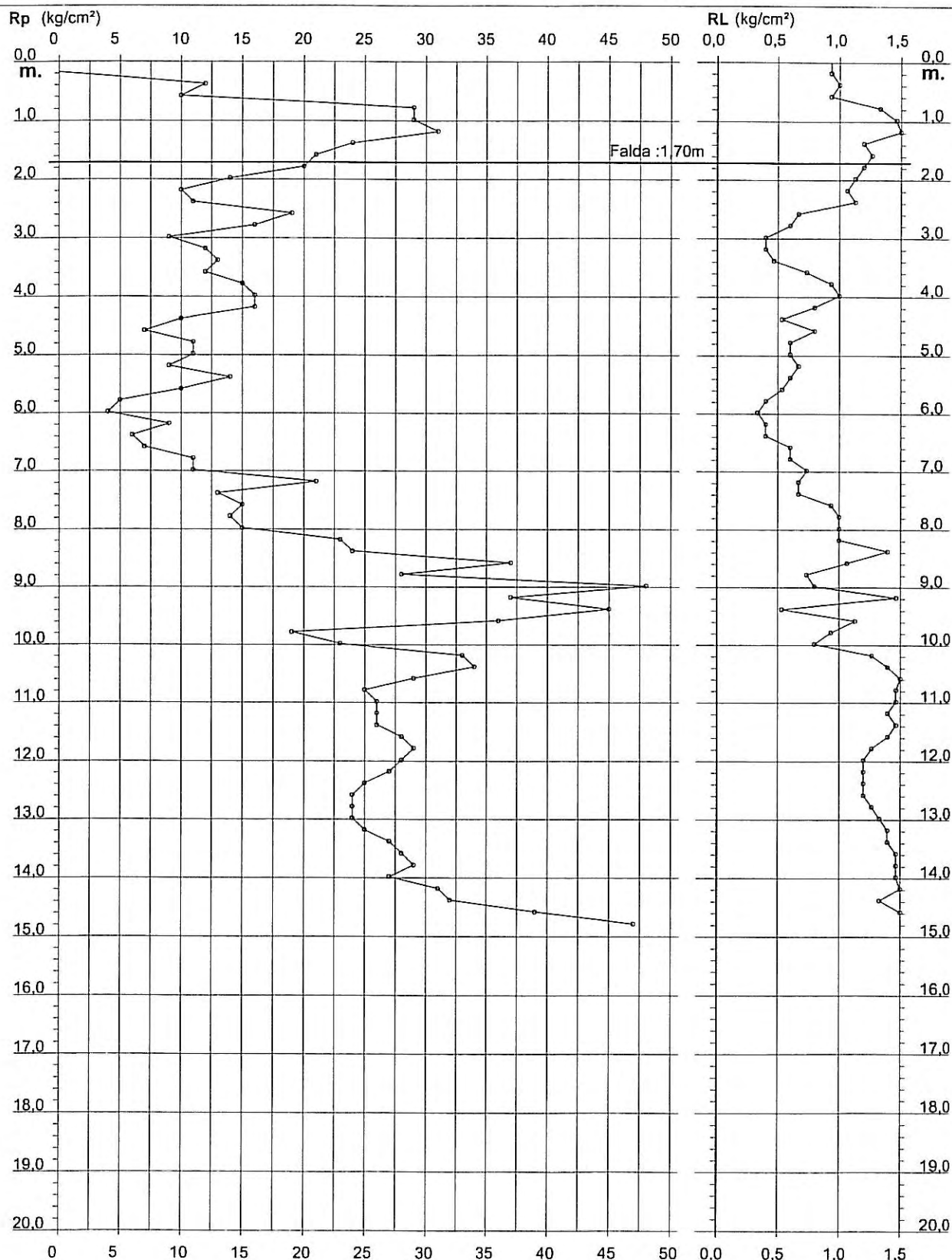
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 2

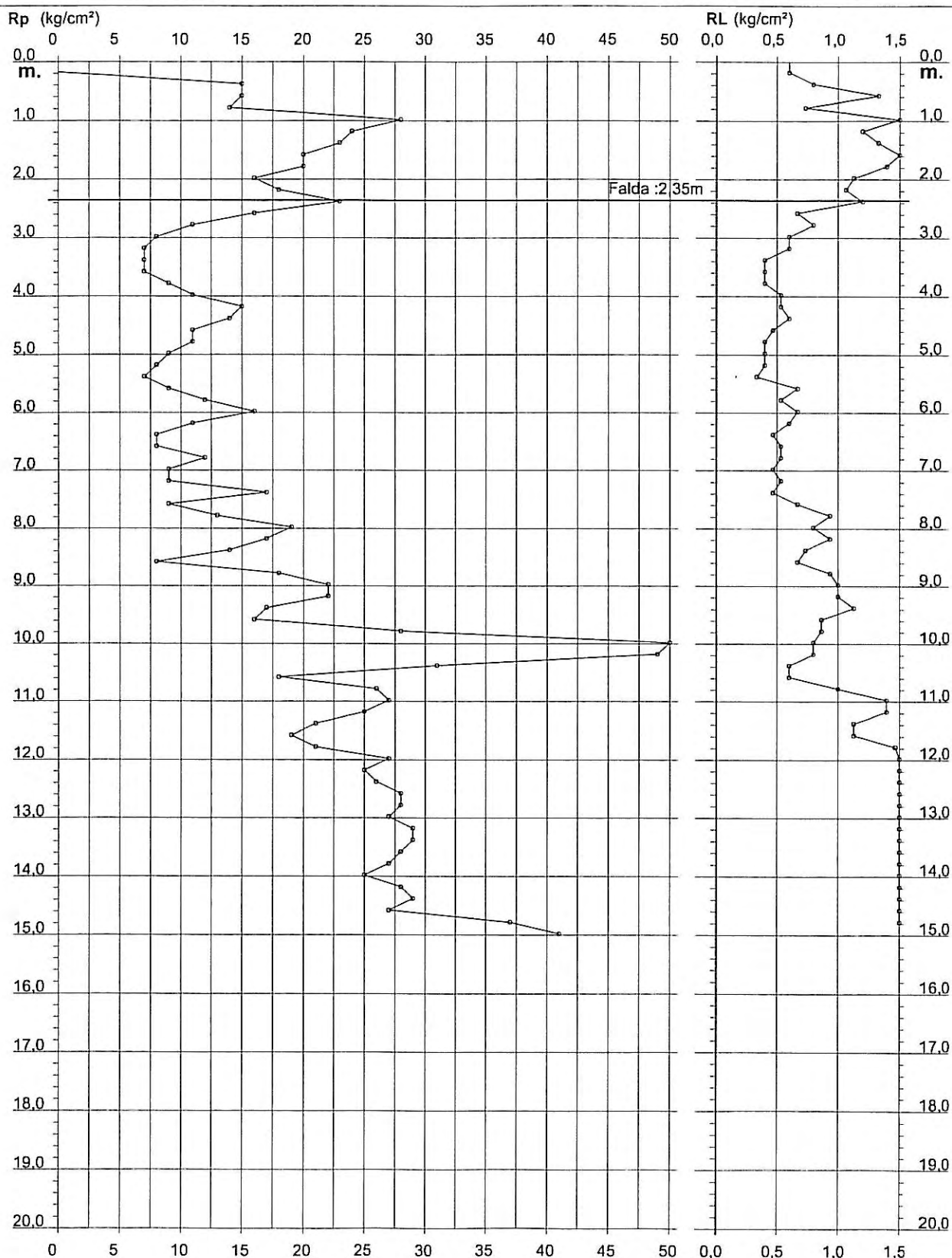
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 3

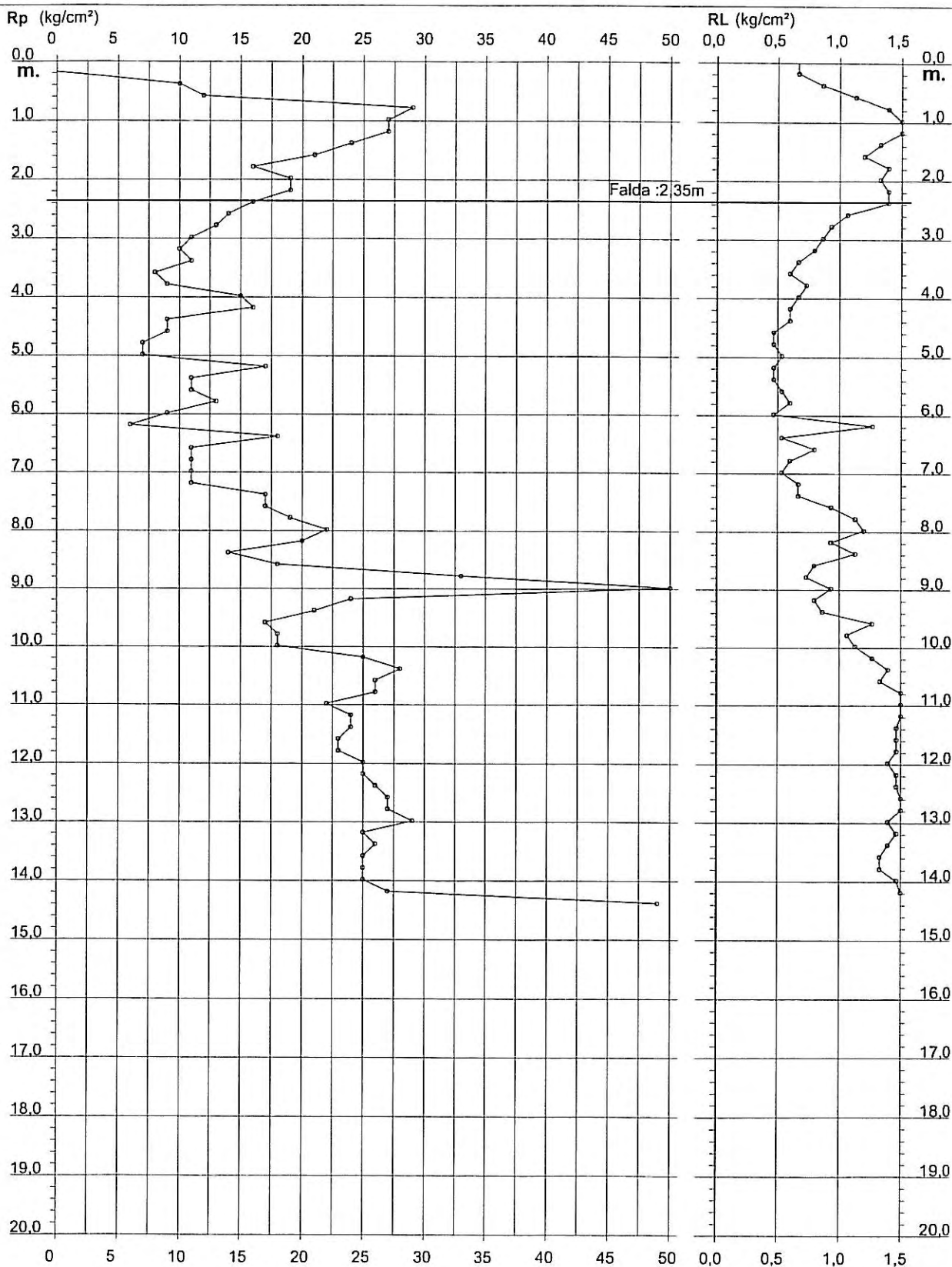
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 4**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



**allegato 4**



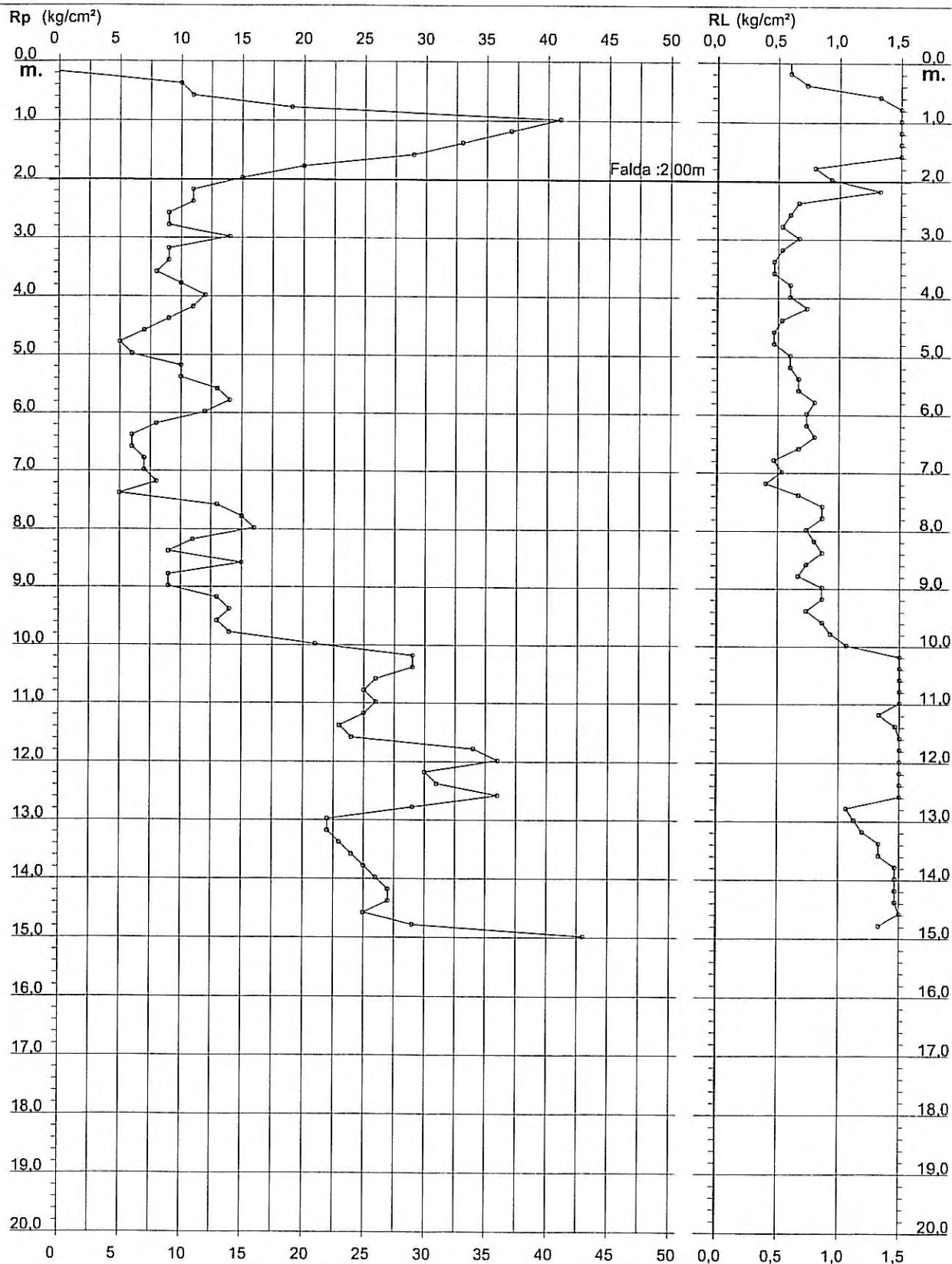
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 5

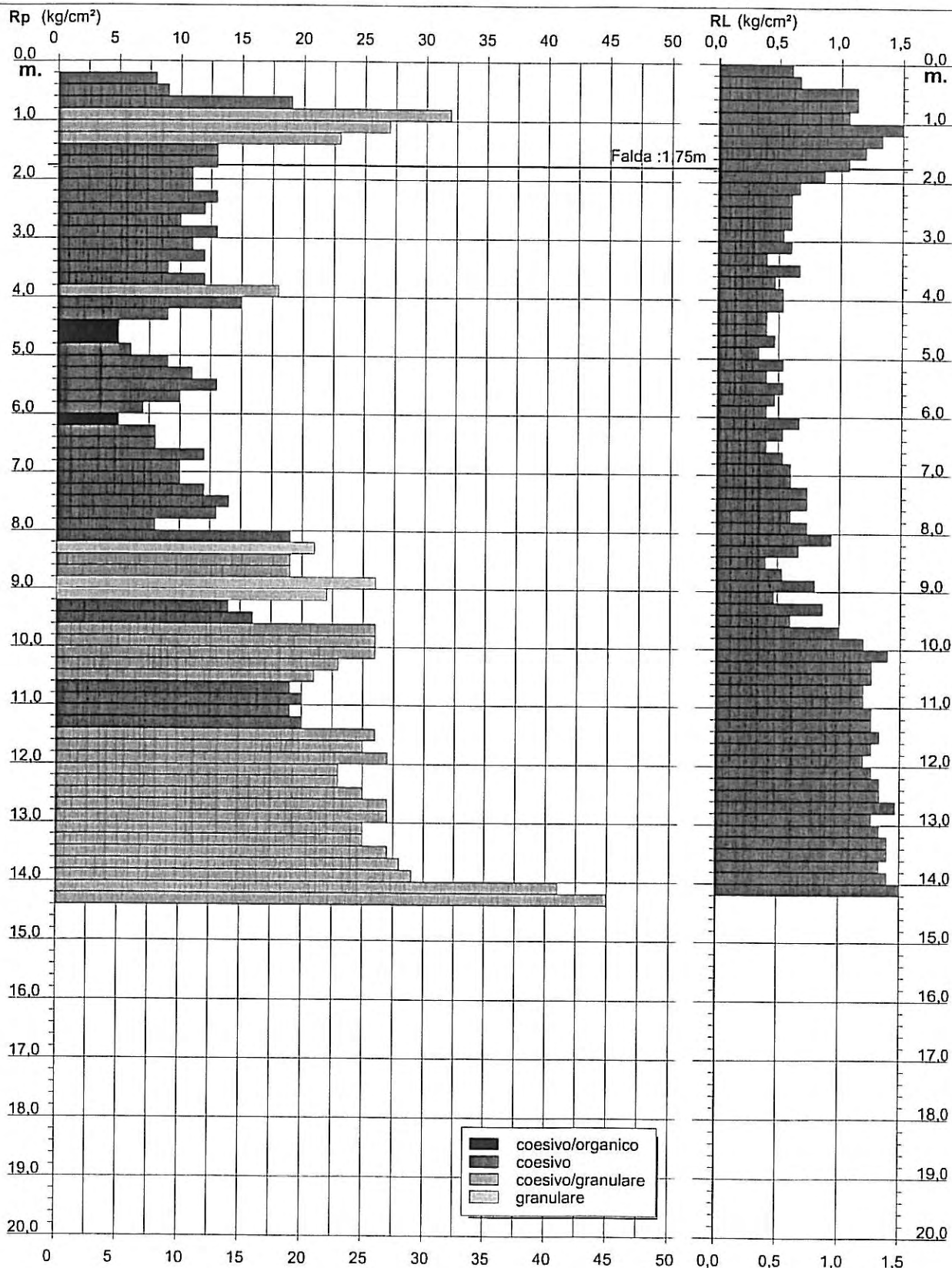
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,75 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 6

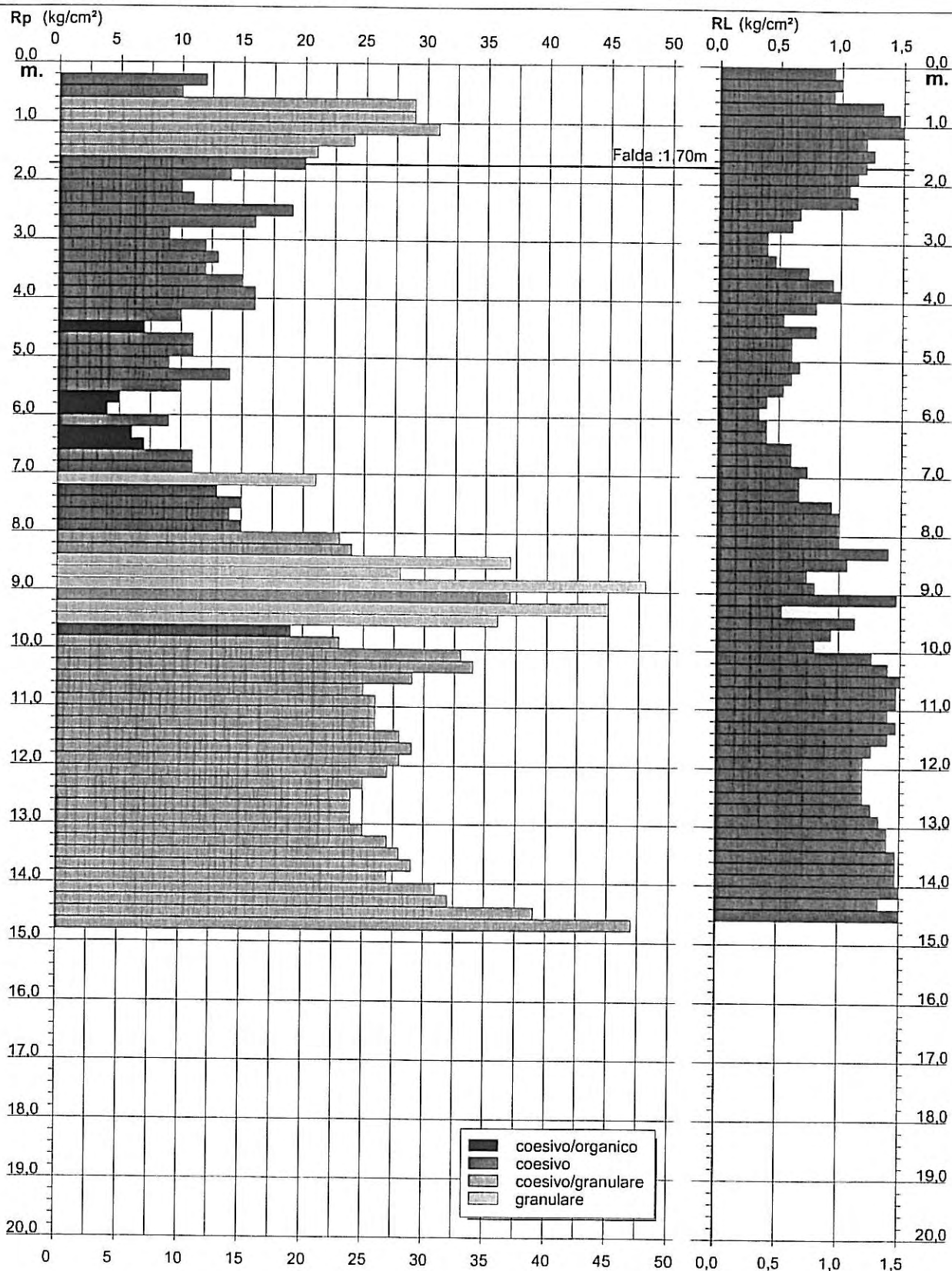
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 7

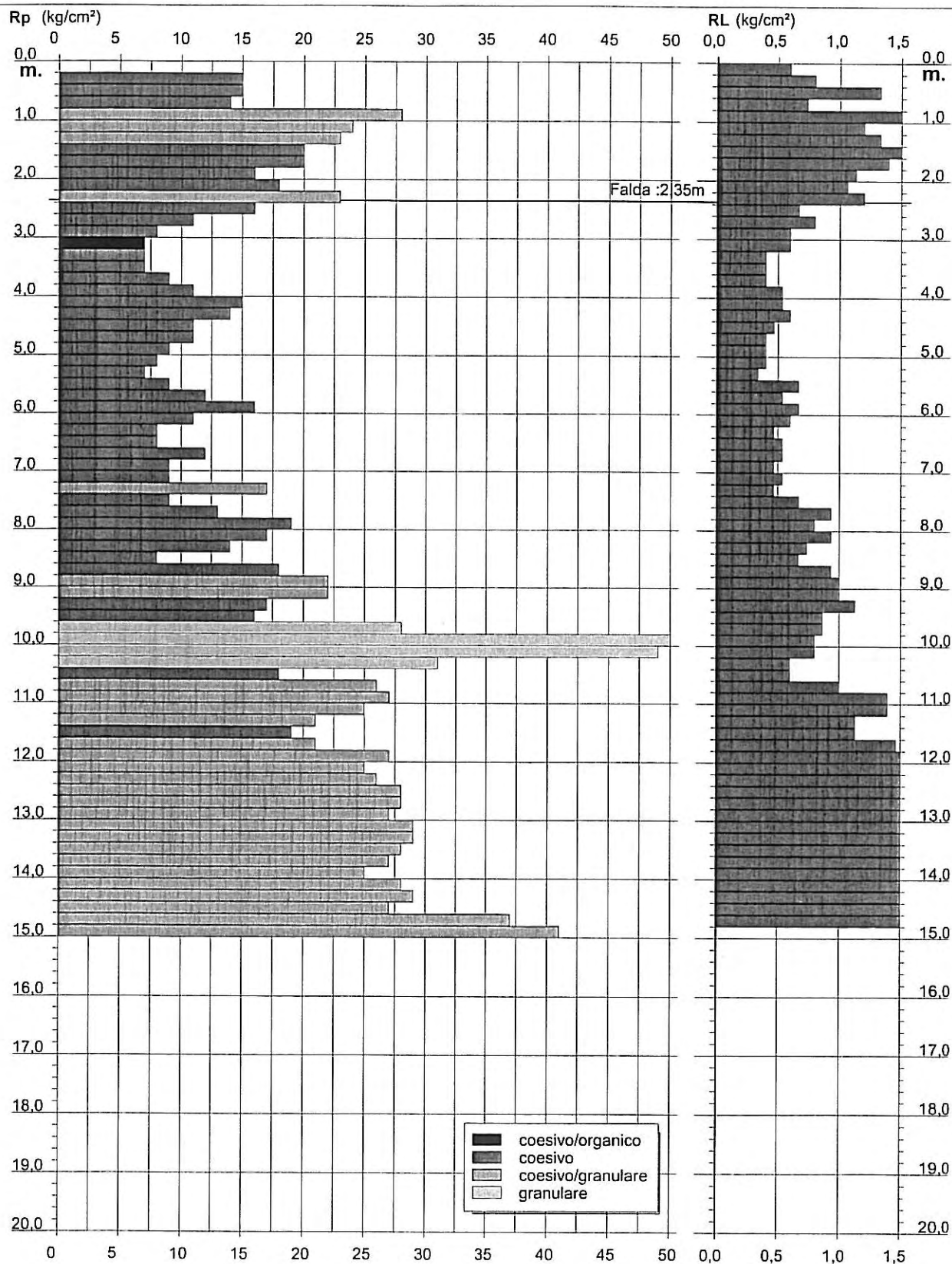
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 8



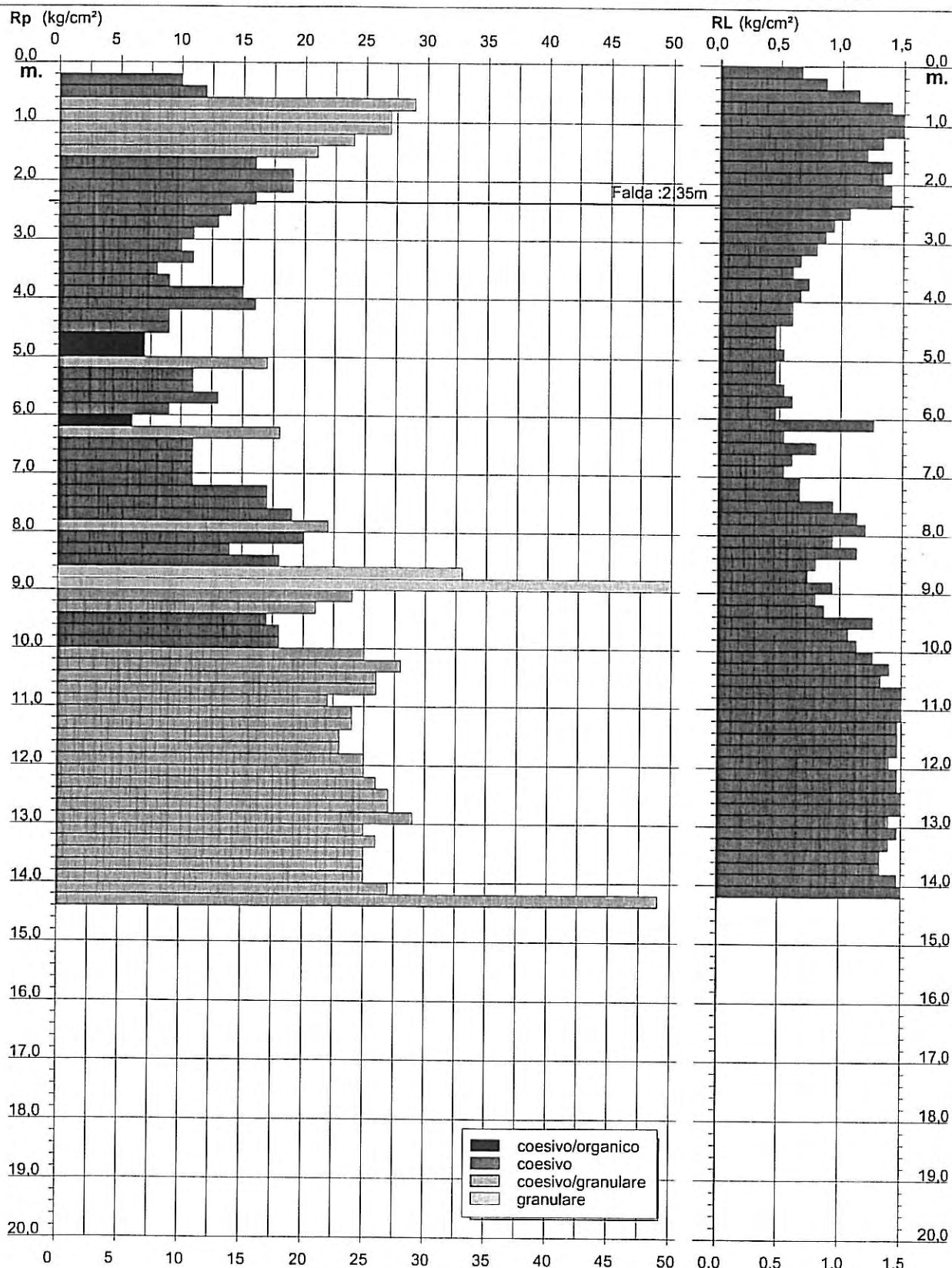
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 9

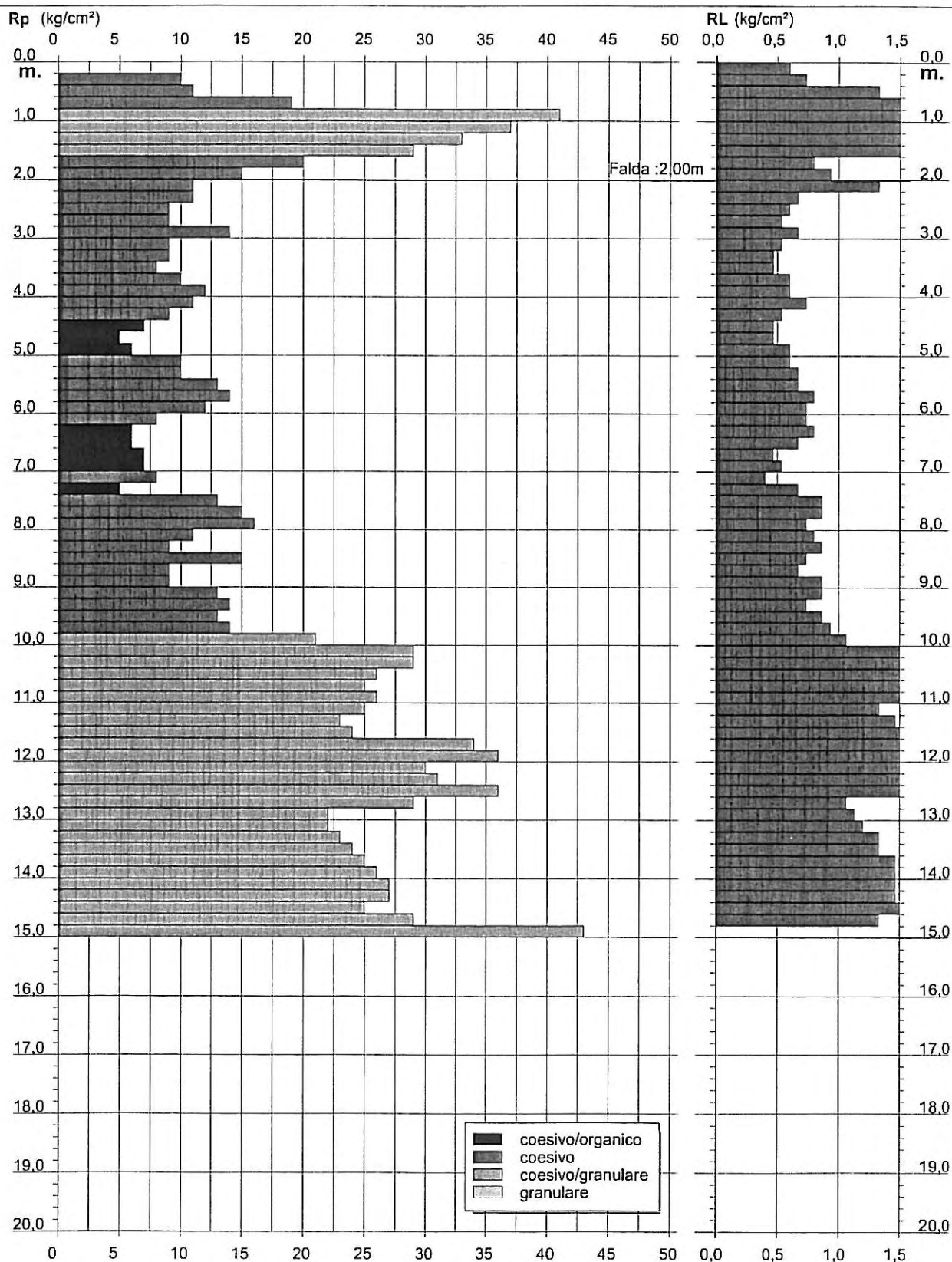
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 5**

2.010496-001

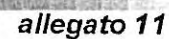
- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 10

- data : 17/12/2007
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,75 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



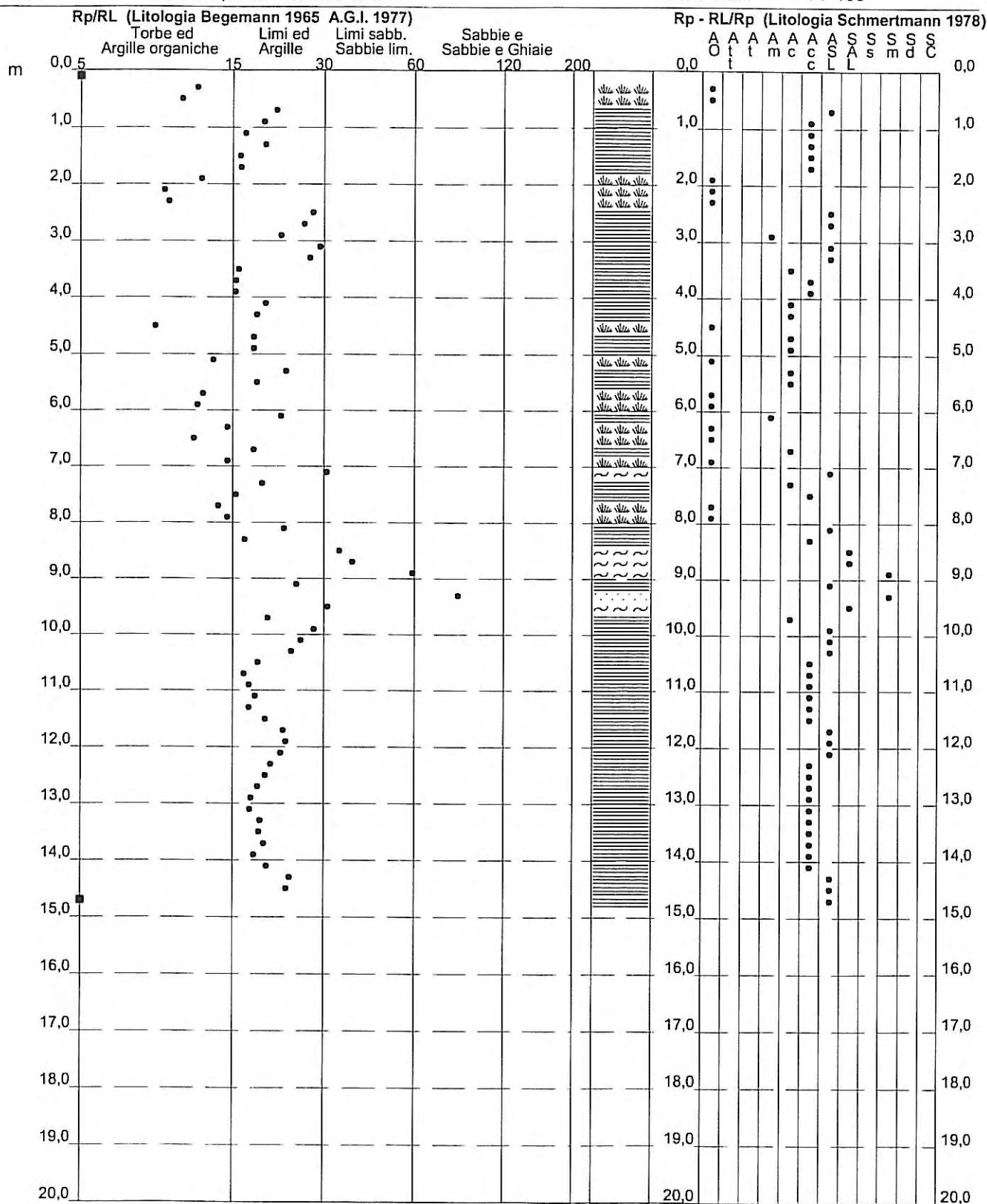
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 12



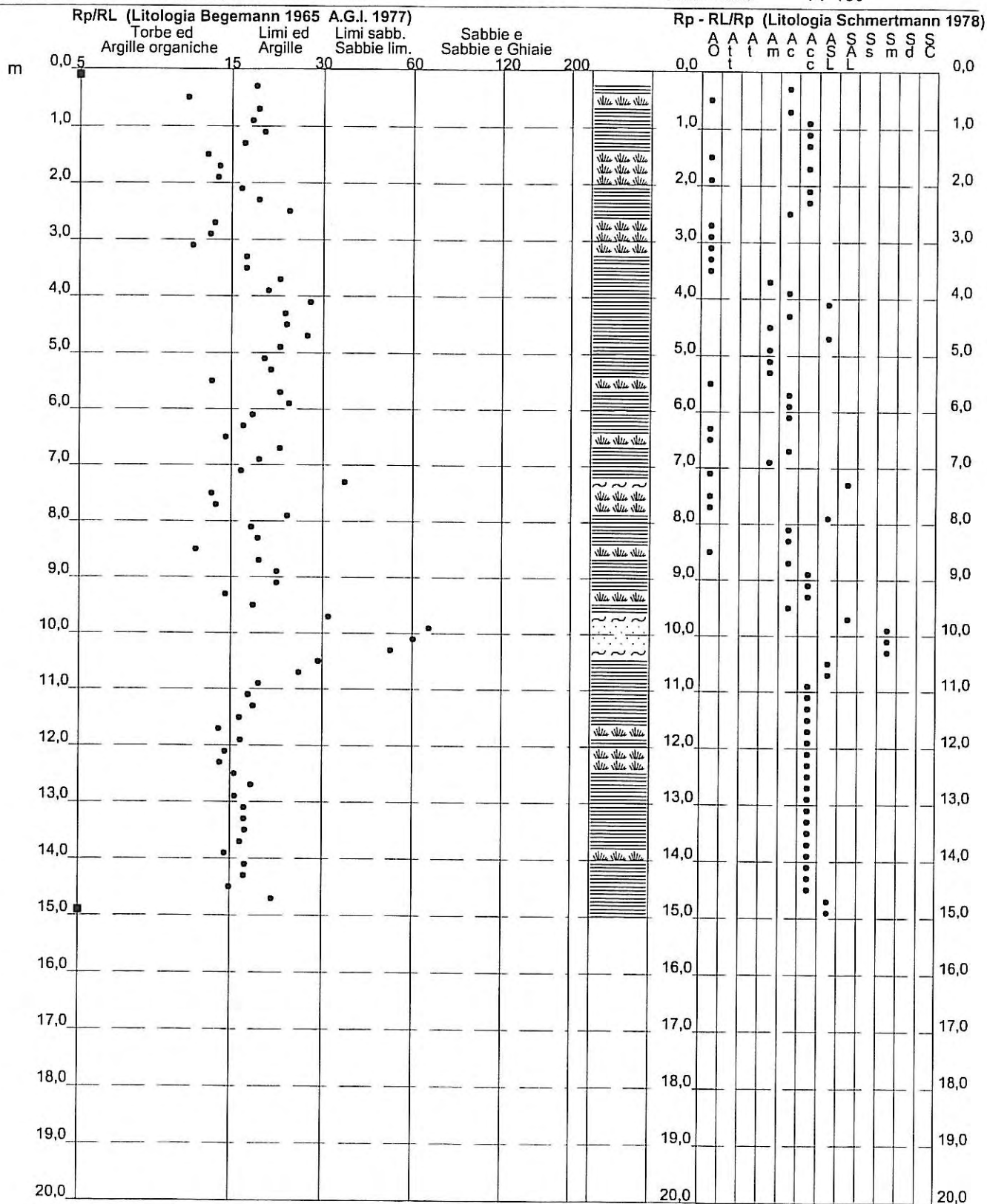
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 13

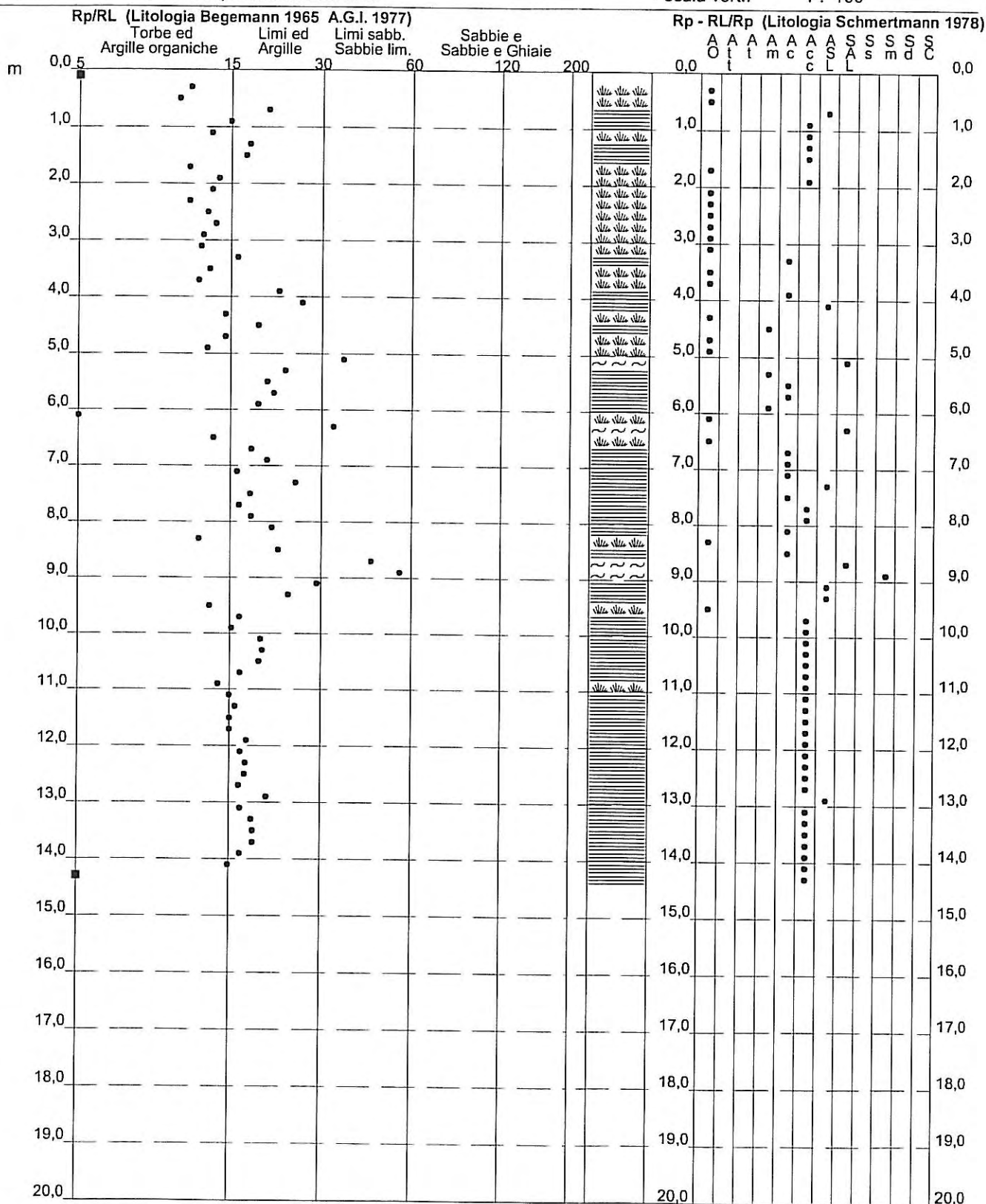
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 4

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 14

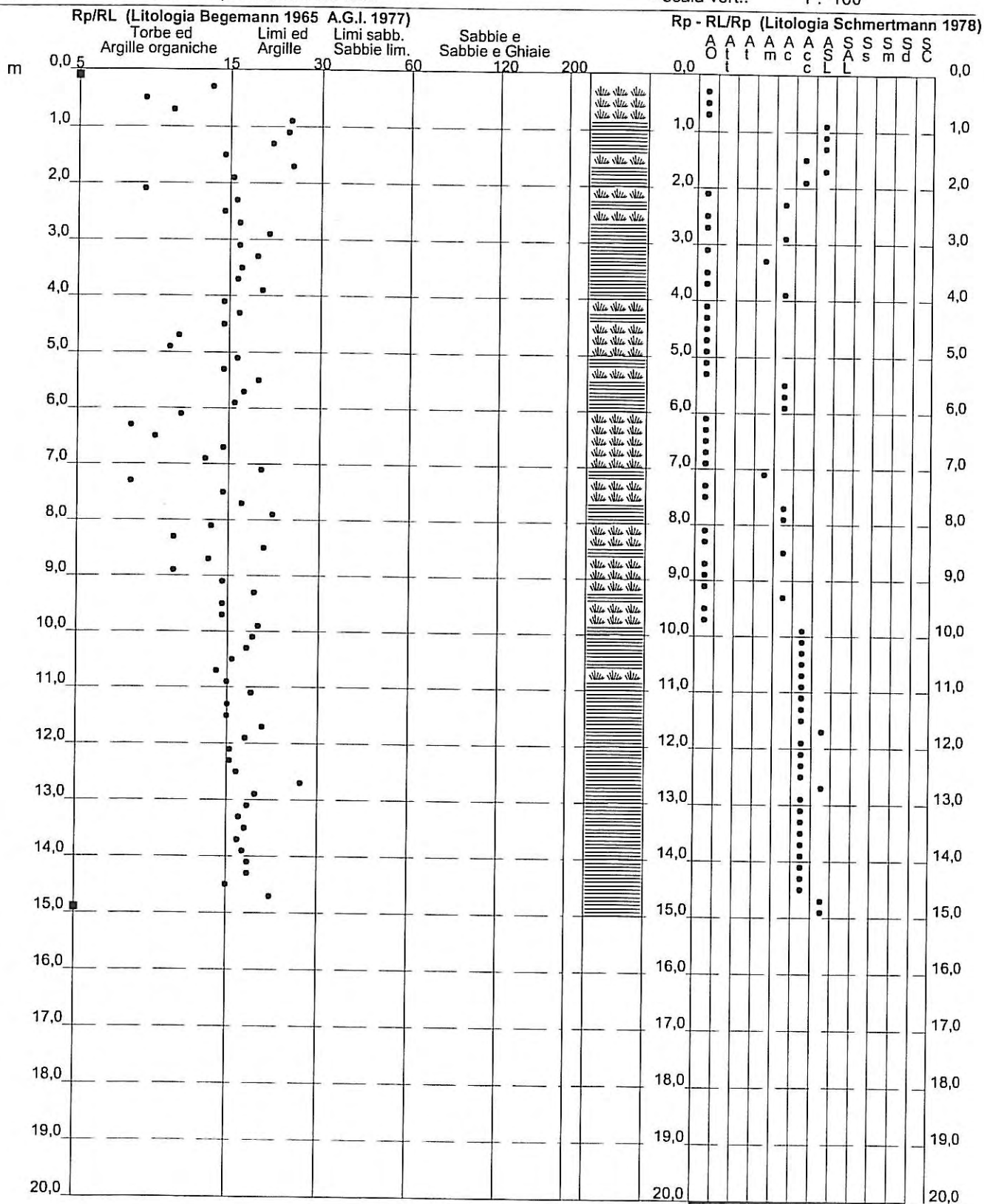
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 5

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



allegato 15

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,75 m da quota inizio  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	8	12	2III	1,85	0,07	0,40	51,7	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	9	8	2III	1,85	0,11	0,45	36,1	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	19	17	2III	1,85	0,15	0,78	49,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	32	30	4I+	1,85	0,19	1,07	56,1	181	272	96	74	38	40	42	44	40	29	0,171	53	80	96
1,20	27	18	4I+	1,85	0,22	0,95	38,5	161	242	81	64	37	39	41	43	38	28	0,141	45	68	81
1,40	23	17	4I+	1,85	0,26	0,87	28,5	148	221	69	54	36	38	40	42	36	28	0,115	38	58	69
1,60	13	11	2III	1,85	0,30	0,60	15,3	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	13	12	2III	0,93	0,31	0,60	14,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	11	13	2III	0,91	0,33	0,54	11,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	11	16	2III	0,91	0,35	0,54	10,7	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	13	22	2III	0,93	0,37	0,60	11,6	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	12	20	2III	0,92	0,39	0,57	10,2	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10	17	2III	0,90	0,41	0,50	8,1	97	146	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	13	24	2III	0,93	0,42	0,60	9,8	103	155	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	11	18	2III	0,91	0,44	0,54	8,0	106	160	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	12	30	4I+	0,88	0,46	0,57	8,2	110	165	45	18	31	33	36	39	29	26	0,034	20	30	36
3,60	9	13	2III	0,88	0,48	0,45	5,8	128	191	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	12	26	2III	0,92	0,50	0,57	7,5	122	182	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	18	34	4I+	0,91	0,51	0,75	10,1	128	191	56	29	32	35	37	40	31	27	0,056	30	45	54
4,20	15	28	2III	0,95	0,53	0,67	8,3	127	191	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	9	22	2III	0,88	0,55	0,45	4,9	153	229	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	5	12	1***	0,46	0,56	0,25	2,3	29	43	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	5	11	1***	0,46	0,57	0,25	2,2	29	44	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	6	18	2III	0,82	0,59	0,30	2,7	154	232	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	9	17	2III	0,88	0,60	0,45	4,3	169	253	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	11	27	2III	0,91	0,62	0,54	5,2	170	256	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	13	24	2III	0,93	0,64	0,60	5,8	171	256	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	10	21	2III	0,90	0,66	0,50	4,5	184	276	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	7	17	2III	0,84	0,68	0,35	2,8	179	269	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	5	7	1***	0,46	0,68	0,25	1,8	31	46	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	8	15	2III	0,86	0,70	0,40	3,1	194	291	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	8	20	2III	0,86	0,72	0,40	3,0	197	295	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	12	22	2III	0,92	0,74	0,57	4,6	205	308	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10	17	2III	0,90	0,76	0,50	3,7	213	319	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	10	17	2III	0,90	0,77	0,50	3,6	218	327	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	12	16	2III	0,92	0,79	0,57	4,2	221	332	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	14	19	2III	0,94	0,81	0,64	4,6	226	338	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	13	22	2III	0,93	0,83	0,60	4,2	232	347	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	8	11	2III	0,86	0,85	0,40	2,5	213	320	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	19	20	2III	0,99	0,87	0,78	5,5	235	352	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	21	31	3***	0,85	0,88	--	--	--	--	--	21	31	34	37	40	29	27	0,041	35	53	63
8,60	19	47	4I+	0,92	0,90	0,78	5,2	247	371	58	17	30	33	36	39	28	27	0,033	32	48	57
8,80	19	36	4I+	0,92	0,92	0,78	5,1	253	380	58	17	30	33	36	39	28	27	0,032	32	48	57
9,00	26	32	3***	0,87	0,94	--	--	--	--	--	27	32	35	37	40	30	28	0,052	43	65	78
9,20	22	47	3***	0,86	0,95	--	--	--	--	--	21	31	34	37	40	29	28	0,040	37	55	66
9,40	14	16	2III	0,94	0,97	0,64	3,7	275	412	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	16	27	2III	0,96	0,99	0,70	4,0	277	415	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	26	26	4I+	0,95	1,01	0,93	5,6	272	408	78	25	32	34	37	40	29	28	0,048	43	65	78
10,00	26	22	4I+	0,95	1,03	0,93	5,5	279	418	78	25	31	34	37	40	29	28	0,048	43	65	78
10,20	26	19	4I+	0,95	1,05	0,93	5,4	286	428	78	25	31	34	37	40	29	28	0,047	43	65	78
10,40	23	18	4I+	0,94	1,07	0,87	4,8	296	444	69	20	31	34	37	40	28	28	0,038	38	58	69
10,60	21	17	4I+	0,93	1,09	0,82	4,4	303	455	63	16	30	33	36	39	28	27	0,031	35	53	63
10,80	19	16	2III	0,99	1,11	0,78	4,0	309	463	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	20	17	4I+	0,93	1,12	0,80	4,1	314	471	60	14	30	33	36	39	27	27	0,027	33	50	60
11,20	19	15	2III	0,99	1,14	0,78	3,9	322	482	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	20	16	4I+	0,93	1,16	0,80	3,9	326	488	60	13	30	33	36	39	27	27	0,025	33	50	60
11,60	26	19	4I+	0,95	1,18	0,93	4,6	329	493	78	22	31	34	37	40	29	28	0,041	43	65	78
11,80	25	20	4I+	0,94	1,20	0,91	4,4	335	503	75	20	31	34	37	40	28	28	0,038	42	63	75
12,00	27	22	4I+	0,95	1,22	0,95	4,6	340	510	81	22	31	34	37	40	29	28	0,042	45	68	81
12,20	23	18	4I+	0,94	1,24	0,87	4,0	346	518	69	16	30	33	36	39	28	28	0,031	38	58	69
12,40	23	17	4I+	0,94	1,26	0,87	4,0	352	528	69	16	30	33	36	39	27	28	0,031	38	58	69
12,60	25	19	4I+	0,94	1,28	0,91	4,1	356	534	75	18	31	33	36	39	28	28	0,035	42	63	75
12,80	27	18	4I+	0,95	1,30	0,95	4,2	362	543	81	21	31	34	37	40	28	28	0,039	45	68	81
13,00	27	21	4I+	0,95	1,31	0,95	4,2	367	550	81	20	31	34	37	40	28	28	0,039	45	68	81
13,20	25	19	4I+	0,94	1,33	0,91	3,9	374	561	75	17	30	33	36	39	28	28	0,033	42	63	75
13,40	25	18	4I+	0,94	1,35	0,91	3,8	380	571	75	17	30	33	36	39	28	28	0,032	42	63	75
13,60	27	19	4I+	0,95	1,37	0,95	4,0	383	575	81	19	31	34	36	40	28	28	0,037	45	68	81
13,80	28	21	4I+	0,96	1,39	0,97	4,0	388	582	84	20	31	34	37	40	28	28	0,038	47	70	84
14,00	29	21	4I+	0,96	1,41	0,98	4,0	393	590	87	21	31	34	37	40	28	29	0,040	48	73	8



# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	12	12	2/III	1,85	0,07	0,57	80,8	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	10	11	2/III	1,85	0,11	0,50	41,2	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	29	22	4/II	1,85	0,15	0,98	66,9	167	251	87	76	39	40	42	44	40	29	0,178	48	73	87
1,00	29	20	4/II	1,85	0,19	0,98	50,7	167	251	87	71	38	40	42	44	39	29	0,161	48	73	87
1,20	31	17	4/II	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	24	20	4/II	1,85	0,26	0,89	29,3	151	227	72	56	36	38	40	42	37	28	0,119	40	60	72
1,60	21	17	4/II	1,85	0,30	0,82	22,6	140	210	63	48	35	37	39	42	35	27	0,099	35	53	63
1,80	20	17	4/II	0,93	0,31	0,80	20,2	136	204	60	45	34	37	39	42	34	27	0,091	33	50	60
2,00	14	12	2/III	0,94	0,33	0,64	14,1	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	10	9	2/III	0,90	0,35	0,50	9,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	11	10	2/III	0,91	0,37	0,54	10,0	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	19	28	2/III	0,99	0,39	0,78	14,9	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	16	27	2/III	0,96	0,41	0,70	12,2	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	9	22	2/III	0,88	0,43	0,45	6,7	109	163	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	12	30	4/II	0,88	0,44	0,57	8,6	105	158	45	19	31	34	36	40	30	26	0,036	20	30	36
3,40	13	28	2/III	0,93	0,46	0,60	8,8	109	164	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	12	16	2/III	0,92	0,48	0,57	7,8	116	174	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	15	16	2/III	0,95	0,50	0,67	9,0	118	178	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	16	16	2/III	0,96	0,52	0,70	9,1	123	185	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	16	20	2/III	0,96	0,54	0,70	8,7	127	191	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	10	19	2/III	0,90	0,56	0,50	5,5	151	226	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	7	9	1***	0,46	0,57	0,35	3,4	31	46	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	11	18	2/III	0,91	0,58	0,54	5,7	157	236	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	11	18	2/III	0,91	0,60	0,54	5,4	163	245	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	9	13	2/III	0,88	0,62	0,45	4,2	173	259	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	14	23	2/III	0,94	0,64	0,64	6,3	167	250	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	10	19	2/III	0,90	0,66	0,50	4,5	183	275	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	5	12	1***	0,46	0,67	0,25	1,8	31	46	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	4	12	1***	0,46	0,67	0,20	1,4	25	38	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	9	22	2/III	0,88	0,69	0,45	3,7	195	293	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	6	15	1***	0,46	0,70	0,30	2,2	35	53	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	7	12	1***	0,46	0,71	0,35	2,6	38	57	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	11	18	2/III	0,91	0,73	0,54	4,3	203	305	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	11	15	2/III	0,91	0,75	0,54	4,2	209	313	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	21	31	3***	0,85	0,76	--	--	--	--	--	25	31	34	37	40	30	27	0,047	35	53	63
7,40	13	19	2/III	0,93	0,78	0,60	4,5	218	327	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	15	16	2/III	0,95	0,80	0,67	5,0	221	332	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	14	14	2/III	0,94	0,82	0,64	4,6	229	343	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	15	15	2/III	0,95	0,84	0,67	4,7	233	350	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	23	23	4/II	0,94	0,86	0,87	6,4	223	334	69	25	32	34	37	40	30	28	0,048	38	58	69
8,40	24	17	4/II	0,94	0,88	0,89	6,4	227	341	72	26	32	34	37	40	30	28	0,050	40	60	72
8,60	37	35	3***	0,89	0,89	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	32	30	0,081	62	93	111
8,80	28	38	3***	0,87	0,91	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	30	28	0,059	47	70	84
9,00	48	60	3***	0,91	0,93	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	31	0,100	80	120	144
9,20	37	25	4/II	0,99	0,95	1,23	8,7	225	338	111	39	33	36	38	41	32	30	0,078	62	93	111
9,40	45	84	3***	0,91	0,97	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	33	31	0,092	75	113	135
9,60	36	32	3***	0,89	0,99	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	31	30	0,073	60	90	108
9,80	19	20	2/III	0,99	1,01	0,78	4,5	280	421	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	23	29	4/II	0,94	1,02	0,87	5,1	282	423	69	21	31	34	37	40	29	28	0,040	38	58	69
10,20	33	26	4/II	0,97	1,04	1,10	6,7	266	399	99	33	33	35	38	41	31	29	0,064	55	83	99
10,40	34	24	4/II	0,98	1,06	1,13	6,8	270	405	102	33	33	35	38	41	31	29	0,065	57	85	102
10,60	29	19	4/II	0,96	1,08	0,98	5,6	293	439	87	28	32	35	37	40	30	29	0,053	48	73	87
10,80	25	17	4/II	0,94	1,10	0,91	4,9	305	457	75	22	31	34	37	40	29	28	0,042	42	63	75
11,00	26	18	4/II	0,95	1,12	0,93	5,0	310	464	78	23	31	34	37	40	29	28	0,044	43	65	78
11,20	26	19	4/II	0,95	1,14	0,93	4,9	316	474	78	23	31	34	37	40	29	28	0,043	43	65	78
11,40	26	18	4/II	0,95	1,16	0,93	4,8	322	483	78	22	31	34	37	40	29	28	0,042	43	65	78
11,60	28	20	4/II	0,96	1,18	0,97	4,9	326	489	84	24	31	34	37	40	29	28	0,046	47	70	84
11,80	29	23	4/II	0,96	1,20	0,98	4,9	331	497	87	25	32	34	37	40	29	29	0,048	48	73	87
12,00	28	23	4/II	0,96	1,22	0,97	4,7	338	507	84	23	31	34	37	40	29	28	0,045	47	70	84
12,20	27	22	4/II	0,95	1,23	0,95	4,5	344	517	81	22	31	34	37	40	28	28	0,041	45	68	81
12,40	25	21	4/II	0,94	1,25	0,91	4,2	350	525	75	19	31	34	36	40	28	28	0,036	42	63	75
12,60	24	20	4/II	0,94	1,27	0,89	4,0	355	532	72	17	30	33	36	39	28	28	0,033	40	60	72
12,80	24	19	4/II	0,94	1,29	0,89	3,9	362	542	72	17	30	33	36	39	28	28	0,032	40	60	72
13,00	24	18	4/II	0,94	1,31	0,89	3,9	368	552	72	16	30	33	36	39	27	28	0,031	40	60	72
13,20	25	18	4/II	0,94	1,33	0,91	3,9	373	559	75	17	30	33	36	39	28	28	0,033	42	63	75
13,40	27	19	4/II	0,95	1,35	0,95	4,0	376	564	81	20	31	34	36	40	28	28	0,037	45	68	81
13,60	28	19	4/II	0,96	1,37	0,97	4,1	382	572	84	21	31	34	37	40	28	28	0,039	47	70	84
13,80	29	20	4/II	0,96	1,39	0,98	4,1	387	580	87	21	31	34								

# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	15	19	2///	1,85	0,07	0,67	98,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	15	11	2///	1,85	0,11	0,67	59,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	14	19	2///	1,85	0,15	0,64	38,9	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	28	18	4/:	1,85	0,19	0,97	49,5	164	246	84	69	38	40	42	44	39	28	0,157	47	70	84
1,20	24	20	4/:	1,85	0,22	0,89	35,6	151	227	72	60	36	38	41	43	37	28	0,130	40	60	72
1,40	23	17	4/:	1,85	0,26	0,87	28,5	148	221	69	54	36	38	40	42	36	28	0,115	38	58	69
1,60	20	13	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	20	14	4/:	1,85	0,33	0,80	18,8	136	204	60	44	34	36	39	41	34	27	0,088	33	50	60
2,00	16	14	2///	1,85	0,37	0,70	13,8	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	18	17	2///	1,85	0,41	0,75	13,5	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	23	19	4/:	0,94	0,43	0,87	15,3	148	221	69	42	34	36	39	41	34	28	0,085	38	58	69
2,60	16	24	2///	0,96	0,44	0,70	11,0	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	11	14	2///	0,91	0,46	0,54	7,5	113	170	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	8	13	2///	0,86	0,48	0,40	5,0	133	199	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	7	12	1***	0,46	0,49	0,35	4,1	24	36	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	7	17	2///	0,84	0,51	0,35	4,0	142	212	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	7	17	2///	0,84	0,52	0,35	3,8	147	221	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	9	22	2///	0,88	0,54	0,45	5,0	149	224	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	11	21	2///	0,91	0,56	0,54	6,0	148	222	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	15	28	2///	0,95	0,58	0,67	7,5	141	212	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	14	23	2///	0,94	0,60	0,64	6,8	151	227	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	11	24	2///	0,91	0,61	0,54	5,3	168	252	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	11	27	2///	0,91	0,63	0,54	5,1	174	261	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	9	22	2///	0,88	0,65	0,45	4,0	182	273	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	8	20	2///	0,86	0,67	0,40	3,3	187	280	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	7	21	2///	0,84	0,68	0,35	2,7	180	270	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	9	13	2///	0,88	0,70	0,45	3,6	198	297	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	12	22	2///	0,92	0,72	0,57	4,7	200	301	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	16	24	2///	0,96	0,74	0,70	5,8	198	297	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	11	18	2///	0,91	0,76	0,54	4,1	212	317	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	8	17	2///	0,86	0,78	0,40	2,7	205	308	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	8	15	2///	0,86	0,79	0,40	2,7	207	311	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	12	22	2///	0,92	0,81	0,57	4,1	226	339	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	9	19	2///	0,88	0,83	0,45	2,9	225	337	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	9	17	2///	0,88	0,85	0,45	2,9	227	341	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	17	36	4/:	0,91	0,86	0,72	5,0	238	357	54	15	30	33	36	39	28	27	0,028	28	43	51
7,60	9	13	2///	0,88	0,88	0,45	2,7	232	348	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	13	14	2///	0,93	0,90	0,60	3,8	253	380	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	19	24	2///	0,99	0,92	0,78	5,1	253	380	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	17	18	2///	0,97	0,94	0,72	4,5	262	393	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	14	19	2///	0,94	0,96	0,64	3,8	270	405	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	8	12	2///	0,86	0,98	0,40	2,1	223	334	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	18	19	2///	0,98	1,00	0,75	4,4	278	417	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	22	22	4/:	0,93	1,01	0,85	5,0	280	420	66	20	31	34	36	40	28	28	0,037	37	55	66
9,20	22	22	4/:	0,93	1,03	0,85	4,9	286	429	66	19	31	34	36	40	28	28	0,036	37	55	66
9,40	17	15	2///	0,97	1,05	0,72	3,9	295	442	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	16	18	2///	0,96	1,07	0,70	3,7	302	454	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	28	32	3:::	0,87	1,09	--	--	--	--	--	26	32	34	37	40	29	28	0,050	47	70	84
10,00	55	69	3:::	0,93	1,11	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	31	0,101	92	138	165
10,20	49	61	3:::	0,92	1,13	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	32	31	0,091	82	123	147
10,40	31	52	3:::	0,88	1,14	--	--	--	--	--	28	32	35	37	40	30	29	0,055	52	78	93
10,60	18	30	4/:	0,91	1,16	0,75	3,6	328	492	56	9	29	32	35	39	27	27	0,019	30	45	54
10,80	26	26	4/:	0,95	1,18	0,93	4,7	328	493	78	22	31	34	37	40	29	28	0,041	43	65	78
11,00	27	19	4/:	0,95	1,20	0,95	4,7	334	500	81	23	31	34	37	40	29	28	0,043	45	68	81
11,20	25	18	4/:	0,94	1,22	0,91	4,4	340	510	75	20	31	34	36	40	28	28	0,037	42	63	75
11,40	21	19	4/:	0,93	1,24	0,82	3,8	348	523	63	13	30	33	36	39	27	27	0,026	35	53	63
11,60	19	17	2///	0,99	1,26	0,78	3,4	354	530	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	21	14	4/:	0,93	1,27	0,82	3,6	360	540	63	12	30	33	36	39	27	27	0,025	35	53	63
12,00	27	17	4/:	0,95	1,29	0,95	4,3	361	542	81	21	31	34	37	40	28	28	0,039	45	68	81
12,20	25	15	4/:	0,94	1,31	0,91	4,0	367	550	75	18	30	33	36	39	28	28	0,034	42	63	75
12,40	26	14	4/:	0,95	1,33	0,93	4,0	371	557	78	19	31	33	36	39	28	28	0,036	43	65	78
12,60	28	16	4/:	0,96	1,35	0,97	4,1	377	566	84	21	31	34	37	40	28	28	0,040	47	70	84
12,80	28	18	4/:	0,96	1,37	0,97	4,1	382	573	84	21	31	34	37	40	28	28	0,039	47	70	84
13,00	27	16	4/:	0,95	1,39	0,95	3,9	390	585	81	19	31	34	36	40	28	28	0,036	45	68	81
13,20	29	17	4/:	0,96	1,41	0,98	4,0	393	589	87	21	31	34	37	40	28	29	0,040	48	73	87
13,40	29	17	4/:	0,96	1,43	0,98	3,9	400	599	87	21	31	34	37	40	28	29	0,039	48	73	87
13,60	28	17	4/:	0,96	1,45	0,97	3,8	407	611	84	19	31	34	36	40	28	28	0,037	47	70	84
13,80	27	17	4/:	0,95	1,47	0,95	3,6	414	621	81	18	30	33	36	39	28	28	0,034	45	68	81
14,00	25	15	4/:	0,94	1,48	0,91	3,4	417	626	75	15	30	33	36	39	27	28				

# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 4

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	10	12	2/III	1,85	0,07	0,50	68,4	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	12	11	2/III	1,85	0,11	0,57	48,7	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	29	21	4/II	1,85	0,15	0,98	66,9	167	251	87	76	39	40	42	44	40	29	0,178	48	73	87
1,00	27	16	4/II	1,85	0,19	0,95	48,4	161	242	81	68	38	39	41	43	39	28	0,154	45	68	81
1,20	27	14	4/II	1,85	0,22	0,95	38,5	161	242	81	64	37	39	41	43	38	28	0,141	45	68	81
1,40	24	18	4/II	1,85	0,26	0,89	29,3	151	227	72	56	36	38	40	42	37	28	0,119	40	60	72
1,60	21	17	4/II	1,85	0,30	0,82	22,6	140	210	63	48	35	37	39	42	35	27	0,099	35	53	63
1,80	16	11	2/III	1,85	0,33	0,70	15,8	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	19	14	2/III	1,85	0,37	0,78	15,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	19	14	2/III	1,85	0,41	0,78	14,1	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	16	11	2/III	0,96	0,43	0,70	11,6	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	14	13	2/III	0,94	0,44	0,64	9,8	109	163	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	13	14	2/III	0,93	0,46	0,60	8,8	110	165	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	11	13	2/III	0,91	0,48	0,54	7,2	120	180	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	10	12	2/III	0,90	0,50	0,50	6,3	130	196	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	11	16	2/III	0,91	0,52	0,54	6,6	133	200	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	8	13	2/III	0,86	0,54	0,40	4,4	149	224	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	9	12	2/III	0,88	0,55	0,45	4,9	153	230	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	15	22	2/III	0,95	0,57	0,67	7,6	139	209	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	16	27	2/III	0,96	0,59	0,70	7,7	143	215	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	9	15	2/III	0,88	0,61	0,45	4,3	170	255	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	9	19	2/III	0,88	0,63	0,45	4,2	175	262	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	7	15	1***	0,46	0,64	0,35	3,0	35	53	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	7	13	1***	0,46	0,64	0,35	2,9	36	53	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	17	36	4/II	0,91	0,66	0,72	7,0	166	249	54	21	31	34	37	40	29	27	0,040	28	43	51
5,40	11	24	2/III	0,91	0,68	0,54	4,7	189	284	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	11	21	2/III	0,91	0,70	0,54	4,5	195	292	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	13	22	2/III	0,93	0,72	0,60	5,1	198	297	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	9	19	2/III	0,88	0,74	0,45	3,4	207	310	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	6	5	1***	0,46	0,74	0,30	2,0	36	54	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	18	34	4/II	0,91	0,76	0,75	6,1	200	301	56	20	31	34	36	40	29	27	0,037	30	45	54
6,60	11	14	2/III	0,91	0,78	0,54	3,9	219	328	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	11	18	2/III	0,91	0,80	0,54	3,8	225	337	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	11	21	2/III	0,91	0,82	0,54	3,7	231	346	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	11	16	2/III	0,91	0,84	0,54	3,6	236	354	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	17	25	2/III	0,97	0,85	0,72	5,1	235	353	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	17	18	2/III	0,97	0,87	0,72	5,0	242	362	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	19	17	2/III	0,99	0,89	0,78	5,3	245	367	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	22	18	4/II	0,93	0,91	0,85	5,7	245	368	66	22	31	34	37	40	29	28	0,042	37	55	66
8,20	20	21	4/II	0,93	0,93	0,80	5,2	255	383	60	18	31	33	36	39	28	27	0,035	33	50	60
8,40	14	12	2/III	0,94	0,95	0,64	3,8	268	401	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	18	22	2/III	0,98	0,97	0,75	4,6	270	405	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	33	45	3***	0,88	0,99	--	--	--	--	--	34	33	35	38	41	31	29	0,067	55	83	99
9,00	52	56	3***	0,92	1,01	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	31	0,102	87	130	156
9,20	24	30	4/II	0,94	1,02	0,89	5,3	280	421	72	22	31	34	37	40	29	28	0,042	40	60	72
9,40	21	24	4/II	0,93	1,04	0,82	4,7	290	435	63	17	30	33	36	39	28	27	0,033	35	53	63
9,60	17	13	2/III	0,97	1,06	0,72	3,9	298	447	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	18	17	2/III	0,98	1,08	0,75	4,0	302	454	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	18	16	2/III	0,98	1,10	0,75	3,9	309	464	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	25	20	4/II	0,94	1,12	0,91	4,8	311	466	75	22	31	34	37	40	29	28	0,041	42	63	75
10,40	28	20	4/II	0,96	1,14	0,97	5,1	314	470	84	25	32	34	37	40	29	28	0,048	47	70	84
10,60	26	19	4/II	0,95	1,16	0,93	4,8	322	483	78	22	31	34	37	40	29	28	0,042	43	65	78
10,80	26	17	4/II	0,95	1,18	0,93	4,7	328	491	78	22	31	34	37	40	29	28	0,041	43	65	78
11,00	22	14	4/II	0,93	1,20	0,85	4,1	334	501	66	16	30	33	36	39	28	28	0,030	37	55	66
11,20	24	16	4/II	0,94	1,22	0,89	4,2	339	509	72	18	31	33	36	39	28	28	0,034	40	60	72
11,40	24	16	4/II	0,94	1,23	0,89	4,2	345	517	72	18	30	33	36	39	28	28	0,034	40	60	72
11,60	23	16	4/II	0,94	1,25	0,87	4,0	350	525	69	16	30	33	36	39	28	28	0,031	38	58	69
11,80	23	16	4/II	0,94	1,27	0,87	3,9	357	535	69	16	30	33	36	39	27	28	0,030	38	58	69
12,00	25	18	4/II	0,94	1,29	0,91	4,1	360	540	75	18	31	33	36	39	28	28	0,035	42	63	75
12,20	25	17	4/II	0,94	1,31	0,91	4,0	366	548	75	18	30	33	36	39	28	28	0,034	42	63	75
12,40	26	18	4/II	0,95	1,33	0,93	4,0	370	556	78	19	31	34	36	40	28	28	0,036	43	65	78
12,60	27	18	4/II	0,95	1,35	0,95	4,0	376	564	81	20	31	34	36	40	28	28	0,037	45	68	81
12,80	27	17	4/II	0,95	1,37	0,95	4,0	382	572	81	19	31	34	36	40	28	28	0,037	45	68	81
13,00	29	21	4/II	0,96	1,39	0,98	4,1	387	580	87	21	31	34	37	40	28	29	0,041	48	73	87
13,20	25	17	4/II	0,94	1,40	0,91	3,6	396	595	75	16	30	33	36	39	27	28	0,031	42	63	75
13,40	26	19	4/II	0,95	1,42	0,93	3,7	402	603	78	17	30	33	36	39	27	28	0,033	43	65	78
13,60	25	19	4/II	0,94	1,44	0,91	3,5	407	610	75	15	30	33	36	39	27	28	0,030	42	63	75
13,80	25	19	4/II	0,94	1,46	0,91	3,5	412	617	75	15	30	33	36	39	27	28	0,029	42	63	75

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 5**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	o1s (°)	o2s (°)	o3s (°)	o4s (°)	o5m (°)	o6m (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	10	14	2/III	1,85	0,07	0,50	68,4	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	11	8	2/III	1,85	0,11	0,54	45,0	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	19	10	2/III	1,85	0,15	0,78	49,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	41	25	4/II	1,85	0,19	1,37	76,5	232	349	123	83	40	41	43	45	41	30	0,198	68	103	123	
1,20	37	24	4/II	1,85	0,22	1,23	53,5	210	315	111	75	38	40	42	44	39	30	0,173	62	93	111	
1,40	33	22	4/II	1,85	0,26	1,10	38,3	187	281	99	67	37	39	41	43	38	29	0,150	55	83	99	
1,60	29	15	4/II	1,85	0,30	0,98	28,1	167	251	87	59	36	38	40	43	37	29	0,128	48	73	87	
1,80	20	25	4/II	1,85	0,33	0,80	18,8	136	204	60	44	34	36	39	41	34	27	0,088	33	50	60	
2,00	15	16	2/III	0,95	0,35	0,67	13,9	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	11	8	2/III	0,91	0,37	0,54	10,0	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	11	16	2/III	0,91	0,39	0,54	9,4	93	139	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	9	15	2/III	0,88	0,41	0,45	7,1	101	152	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	9	17	2/III	0,88	0,42	0,45	6,8	108	161	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	14	21	2/III	0,94	0,44	0,64	9,9	108	163	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	9	17	2/III	0,88	0,46	0,45	6,1	121	182	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	9	19	2/III	0,88	0,48	0,45	5,8	127	191	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	8	17	2/III	0,86	0,49	0,40	4,8	137	206	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	10	17	2/III	0,90	0,51	0,50	6,1	135	203	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	12	20	2/III	0,92	0,53	0,57	6,9	134	201	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	11	15	2/III	0,91	0,55	0,54	6,1	145	217	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	9	17	2/III	0,88	0,57	0,45	4,7	158	236	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	7	15	1***	0,46	0,58	0,35	3,4	32	47	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	5	11	1***	0,46	0,59	0,25	2,2	29	44	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	6	10	1***	0,46	0,59	0,30	2,7	32	48	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	10	17	2/III	0,90	0,61	0,50	4,9	170	255	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	10	15	2/III	0,90	0,63	0,50	4,7	175	263	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	13	19	2/III	0,93	0,65	0,60	5,7	174	261	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	14	17	2/III	0,94	0,67	0,64	5,9	178	266	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	12	16	2/III	0,92	0,69	0,57	5,0	189	284	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	8	11	2/III	0,86	0,70	0,40	3,1	194	291	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	6	7	1***	0,46	0,71	0,30	2,1	35	53	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	6	9	1***	0,46	0,72	0,30	2,1	36	53	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	7	15	1***	0,46	0,73	0,35	2,5	39	58	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	7	13	1***	0,46	0,74	0,35	2,5	39	59	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	8	20	2/III	0,86	0,76	0,40	2,8	203	304	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	5	7	1***	0,46	0,77	0,25	1,5	31	47	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	13	15	2/III	0,93	0,79	0,60	4,5	219	328	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	15	17	2/III	0,95	0,80	0,67	5,0	222	333	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	16	22	2/III	0,96	0,82	0,70	5,1	227	340	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	11	14	2/III	0,91	0,84	0,54	3,6	238	356	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	9	10	2/III	0,88	0,86	0,45	2,8	229	344	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	15	20	2/III	0,95	0,88	0,67	4,4	245	368	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	9	13	2/III	0,88	0,90	0,45	2,7	234	351	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	9	10	2/III	0,88	0,91	0,45	2,6	236	354	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,20	13	15	2/III	0,93	0,93	0,60	3,7	263	395	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	14	19	2/III	0,94	0,95	0,64	3,8	268	402	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	13	15	2/III	0,93	0,97	0,60	3,5	273	410	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,80	14	15	2/III	0,94	0,99	0,64	3,6	279	419	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,00	21	20	4/II	0,93	1,01	0,82	4,9	279	418	63	18	31	33	36	39	28	27	0,035	35	53	63	
10,20	29	19	4/II	0,96	1,03	0,98	6,0	272	408	87	29	32	35	37	40	30	29	0,055	48	73	87	
10,40	29	18	4/II	0,96	1,05	0,98	5,8	279	419	87	28	32	35	37	40	30	29	0,054	48	73	87	
10,60	26	16	4/II	0,95	1,06	0,93	5,3	291	436	78	24	31	34	37	40	29	28	0,046	43	65	78	
10,80	25	14	4/II	0,94	1,08	0,91	5,0	299	448	75	22	31	34	37	40	29	28	0,043	42	63	75	
11,00	26	16	4/II	0,95	1,10	0,93	5,1	304	455	78	23	31	34	37	40	29	28	0,044	43	65	78	
11,20	25	19	4/II	0,94	1,12	0,91	4,8	311	466	75	22	31	34	37	40	29	28	0,041	42	63	75	
11,40	23	16	4/II	0,94	1,14	0,87	4,5	318	477	69	18	31	33	36	39	28	28	0,035	38	58	69	
11,60	24	16	4/II	0,94	1,16	0,89	4,5	323	485	72	19	31	34	36	40	28	28	0,037	40	60	72	
11,80	34	20	4/II	0,98	1,18	1,13	6,0	312	468	102	31	32	35	38	40	30	29	0,060	57	85	102	
12,00	36	18	4/II	0,99	1,20	1,20	6,3	312	468	108	32	33	35	38	41	30	30	0,063	60	90	108	
12,20	30	16	4/II	0,96	1,22	1,00	4,9	337	505	90	26	32	34	37	40	29	29	0,049	50	75	90	
12,40	31	16	4/II	0,97	1,24	1,03	5,0	341	512	93	27	32	34	37	40	29	29	0,051	52	78	93	
12,60	36	17	4/II	0,99	1,26	1,20	5,9	334	500	108	31	32	35	38	41	30	30	0,061	60	90	108	
12,80	29	27	4/II	0,96	1,28	0,98	4,5	355	533	87	24	31	34	37	40	29	29	0,045	48	73	87	
13,00	22	19	4/II	0,93	1,29	0,85	3,7	365	548	66	14	30	33	36	39	27	28	0,027	37	55	66	
13,20	22	18	4/II	0,93	1,31	0,85	3,6	371	556	66	13	30	33	36	39	27	28	0,026	37	55	66	
13,40	23	17	4/II	0,94	1,33	0,87	3,7	376	564	69	15	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69	
13,60	24	18	4/II	0,94	1,35	0,89	3,7	381	571	72	16	30	33	36	39	27	28	0,030	40	60	72	
13,80	25	17	4/II	0,94	1,37	0,91	3,8	386	579	75	17	30	33	36	39	27	28	0,032	42	63	75	
14,00	26	18	4/II	0,95	1,39	0,93	3,8	391	586	78	18	30	3									



## PROVA PENETROMETRICA STATICA CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

**CPT 1**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
- lavoro :  
- località : Poggio Renatico (FE)  
- note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,75 m da quota inizio

### - FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 14,40 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 14,40 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,65 kg/cm<sup>2</sup>** (strato prof: 4,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **24,24 cm**

- 2° minimo : q.amm = **1,69 kg/cm<sup>2</sup>** (strato prof: 4,80 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **24,81 cm**

- 3° minimo : q.amm = **1,99 kg/cm<sup>2</sup>** (strato prof: 6,20 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **29,19 cm**

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)**

q.amm = **1,65 kg/cm<sup>2</sup>**

- cedim. corrisp. a q.amm : **24,17 cm**

### - FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 14,40 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 14,40 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,65 kg/cm<sup>2</sup>** (strato prof: 4,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **24,24 cm**

- 2° minimo : q.amm = **1,69 kg/cm<sup>2</sup>** (strato prof: 4,80 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **24,81 cm**

- 3° minimo : q.amm = **1,99 kg/cm<sup>2</sup>** (strato prof: 6,20 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **29,19 cm**

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)**

q.amm = **0,33 kg/cm<sup>2</sup>**

- cedim. corrisp. a q.amm : **4,83 cm**

#### CORRELAZIONI ADOTTATE:

Modulo edometrico  $M_o = \alpha R_p$  : Natura TORBOSA (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura COESIVA (2)  $\alpha = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00$   
: Natura GRANULARE (3)  $\alpha = 3,00$

$R_{amm} = R_p / K$  = resistenza ammissibile schiacciamento [  $K = 12,00$  ( $R_p \leq 10 \text{ kg/cm}^2$ ) -  $K = 18,00$  ( $R_p \geq 30 \text{ kg/cm}^2$ ) ]

**allegato 21**

## PROVA PENETROMETRICA STATICA CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

**CPT 2**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 3.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,70 m da quota inizio

**- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 14,80 m**

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 14,80 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,56 kg/cm²** (strato prof: 6,00 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **21,26 cm**

- 2° minimo : q.amm = **1,90 kg/cm²** (strato prof: 5,80 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **25,97 cm**

- 3° minimo : q.amm = **2,32 kg/cm²** (strato prof: 4,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **31,60 cm**

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)**

q.amm = **1,56 kg/cm²**

- cedim. corrisp. a q.amm : **21,28 cm**

**- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 14,80 m**

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 14,80 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,56 kg/cm²** (strato prof: 6,00 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **21,26 cm**

- 2° minimo : q.amm = **1,90 kg/cm²** (strato prof: 5,80 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **25,97 cm**

- 3° minimo : q.amm = **2,32 kg/cm²** (strato prof: 4,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **31,60 cm**

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)**

q.amm = **0,33 kg/cm²**

- cedim. corrisp. a q.amm : **4,50 cm**

**CORRELAZIONI ADOTTATE:**

Modulo edometrico  $M_o = \alpha R_p$  : Natura TORBOSA (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura COESIVA (2)  $\alpha = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00$   
 : Natura GRANULARE (3)  $\alpha = 3,00$

$R_{amm} = R_p / K$  = resistenza ammissibile schiacciamento [  $K = 12,00$  ( $R_p \leq 10 \text{ kg/cm}^2$ ) -  $K = 18,00$  ( $R_p \geq 30 \text{ kg/cm}^2$ ) ]

**allegato 22**

## PROVA PENETROMETRICA STATICA CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

**CPT 3**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
- lavoro :  
- località : Poggio Renatico (FE)  
- note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,35 m da quota inizio

### - FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 15,00 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 15,00 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,99** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,20 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,37** cm

- 2° minimo : q.amm = **2,03** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,40 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,91** cm

- 3° minimo : q.amm = **2,07** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **27,48** cm

**PRESSIONE AMMISSIBILE** (incremento netto)

q.amm = **1,99** kg/cm<sup>2</sup>

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,42** cm

### - FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 15,00 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 15,00 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,99** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,20 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,37** cm

- 2° minimo : q.amm = **2,03** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,40 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,91** cm

- 3° minimo : q.amm = **2,07** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **27,48** cm

**PRESSIONE AMMISSIBILE** (incremento netto)

q.amm = **0,33** kg/cm<sup>2</sup>

- cedim. corrisp. a q.amm : **4,38** cm

#### CORRELAZIONI ADOTTATE:

Modulo edometrico  $M_o = \alpha R_p$  : Natura TORBOSA (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura COESIVA (2)  $\alpha = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00$   
: Natura GRANULARE (3)  $\alpha = 3,00$

$R_{amm} = R_p / K$  = resistenza ammissibile schiacciamento [  $K = 12,00$  ( $R_p \leq 10$  kg/cm<sup>2</sup>) -  $K = 18,00$  ( $R_p \geq 30$  kg/cm<sup>2</sup>) ]

**allegato 23**

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI**

**CPT 4**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin  
 - lavoro :  
 - località : Poggio Renatico (FE)  
 - note : Infissione piezometro mt. 4.00

- data : 17/12/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 2,35 m da quota inizio

## - FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 14,40 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 14,40 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **2,37** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,58** cm

- 2° minimo : q.amm = **2,37** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 4,80 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,66** cm

- 3° minimo : q.amm = **2,39** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 6,20 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,92** cm

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)** q.amm = **2,37** kg/cm<sup>2</sup>

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,64** cm

## - FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 14,40 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 14,40 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **2,37** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 3,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,58** cm

- 2° minimo : q.amm = **2,37** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 4,80 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,66** cm

- 3° minimo : q.amm = **2,39** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 6,20 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **30,92** cm

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)** q.amm = **0,33** kg/cm<sup>2</sup>

- cedim. corrisp. a q.amm : **4,27** cm

### **CORRELAZIONI ADOTTATE:**

Modulo edometrico  $M_o = \alpha R_p$  : Natura **TORBOSA** (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura **COESIVA** (2)  $\alpha = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00$   
 : Natura **GRANULARE** (3)  $\alpha = 3,00$

$R_{amm} = R_p / K$  = resistenza ammissibile schiacciamento [  $K = 12,00$  ( $R_p \leq 10$  kg/cm<sup>2</sup>) -  $K = 18,00$  ( $R_p \geq 30$  kg/cm<sup>2</sup>) ]

**allegato 24**



## PROVA PENETROMETRICA STATICA CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

**CPT 5**

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin	- data : 17/12/2007
- lavoro :	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Poggio Renatico (FE)	- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- note : Infissione piezometro mt. 3.00	

**- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 15,00 m**

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 15,00 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidità struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,69** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 4,80 m)

- 2° minimo : q.amm = **2,08** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 5,00 m)

- 3° minimo : q.amm = **2,27** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 7,40 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,43** cm

- cedim. corrisp. a q.amm : **32,47** cm

- cedim. corrisp. a q.amm : **35,47** cm

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)**

q.amm = **1,69** kg/cm<sup>2</sup>

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,37** cm

**- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 15,00 m**

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 7,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 15,00 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

**CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO**

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

**n = 0,75** rigidità struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,69** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 4,80 m)

- 2° minimo : q.amm = **2,08** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 5,00 m)

- 3° minimo : q.amm = **2,27** kg/cm<sup>2</sup> (strato prof: 7,40 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **26,43** cm

- cedim. corrisp. a q.amm : **32,47** cm

- cedim. corrisp. a q.amm : **35,47** cm

**PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)**

q.amm = **0,33** kg/cm<sup>2</sup>

- cedim. corrisp. a q.amm : **5,15** cm

**CORRELAZIONI ADOTTATE:**

Modulo edometrico  $M_o = \alpha R_p$  : Natura TORBOSA (1)  $\alpha = 3,00$  \* Natura COESIVA (2)  $\alpha = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00$   
: Natura GRANULARE (3)  $\alpha = 3,00$

$R_{amm} = R_p / K$  = resistenza ammissibile schiacciamento [  $K = 12,00$  ( $R_p \leq 10$  kg/cm<sup>2</sup>) -  $K = 18,00$  ( $R_p \geq 30$  kg/cm<sup>2</sup>) ]

**allegato 25**

***Allegati 26 - 29***

**SONDAGGI GEOGNOSTICI**

**Pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.**

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6

unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Committente: <b>Dott. Geol. Emanuele Stevanin</b>				CAMPIONI: Shelby Osterberg Denison Denison fustella S.P.T. Rimaneggiato		Riferimento: <b>264/07</b>	Numero: <b>1</b>	
Cantiere: <b>Poggio Renatico</b>						Pagina: <b>1/1</b>		
Indagine:						Data: <b>18/12/2007</b>		
Stratigrafia da: <b>Sondaggio geognostico</b>		Caranto Tracce fossili Resti organici Concrezioni	PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande		Responsabile: Operatore:			
Codice: <b>S01-0201-023</b>						Quota: <b>p.c.</b>		
						Falda: <b>1,75 m</b>		

Profondità Scala: 1:20	stratigrafia	campioni			Pocket Kg/cm²	Torvane Kg/cm²	S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Falda	Piezo. ATA
		tipo	sigla	quota			quota	colpi				
0									argilla debolmente limosa grigia			
-0,70										0,70		
1									alternanza di laminazioni millimetriche limose nocciola e argillose grigie			
-1,30										0,60		
-1,60									argilla molto compatta grigio scuro con ossidazioni rossastre			
-1,80									argilla plastica grigio chiaro	0,30		
2									argilla debolmente organica grigio-nerastra con frammenti di laterizi	0,20		
-2,50										0,70		
-2,60									limo sabbioso nocciola	0,10		
-2,80									sabbia fine e media debolmente limosa nocciola	0,20		
3									alternanza da cm a dm di sabbia fine limosa e limo sabbioso nocciola			
-3,80										1,00		
4												

note:

**allegato 26**

**Pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.**

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6

unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Committente: <b>Dott. Geol. Emanuele Stevanin</b>				CAMPIONI: Shelby		Riferimento: <b>264/07</b>		Numero: <b>2</b>				
Cantiere: <b>Poggio Renatico (Fe)</b>				Osterberg		Pagina: <b>1/1</b>						
Indagine:				Denison		Data: <b>18/12/2007</b>						
Stratigrafia da: <b>Sondaggio geognostico</b>				Denison fustella		Responsabile:						
Codice: <b>S01-0201-023</b>				S.P.T.		Operatore:						
Caranto Tracce fossili Resti organici Concrezioni				PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande		Quota: <b>p.c.</b>						
Falda: <b>1,75 m</b>				Rimaneggiato								
Profondità Scala: 1:20	stratigrafia	campioni			Pocket	Torvane	S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Falda	Piezo. ATA
		tipo	sigla	quota	Kg/cm²	Kg/cm²	quota	colpi				
0									argilla debolmente limosa grigio scuro con frammenti di laterizi			
-0,60												
1									argilla grigio scuro molto compatta con laminazioni limose nocciola			
-1,30												
2									argilla molto compatta grigio scuro con ossidazioni puntiformi brunastre			
-2,10												
3									argilla plastica grigio-nocciola con puntature ossidazioni brune			
-2,50												
-2,70									limo argilloso con laminazioni sabbiose nocciola			
-3,80									sabbia fine limosa nocciola con intercalazioni centimetriche di limo argilloso nocciola			
4												
note:												

**allegato 27**



**Pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.**

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6

unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Committente: <b>Dott. Geol. Emanuele Stevanin</b>						CAMPIONI: Shelby Osterberg Denison Denison fustella S.P.T. Rimaneggiato		Riferimento: <b>264/07</b>		Numero: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">3</div>	
Cantiere: <b>Poggio Renatico (Fe)</b>						Pagina: <b>1/1</b>		Data: <b>18/12/2007</b>			
Indagine:						Responsabile: Operatore:		Quota: <b>p.c.</b> Falda: <b>1,90 m</b>			
Stratigrafia da: <b>Sondaggio geognostico</b>		Caranto Tracce fossili Resti organici Concrezioni		PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande							
Codice: <b>S01-0201-023</b>											

Profondità Scala: 1:20	stratigrafia	campioni			Pocket Kg/cm²	Torvane Kg/cm²	S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Falda	Piezo. ATA
		tipo	sigla	quota			quota	colpi				
0									argilla debolmente limosa grigio scuro molto compatt a			
-0,60										0,60		
-1,00									argilla grigio scuro molto compatta con laminazioni limose nocciola e grigiastre			
-1,50									argilla molto compatta grigio scuro			
2									argilla limosa debolmente organica con frammenti di laterizi e ossidazioni brunastre			
-2,00										0,50		
-2,80									limo argilloso nocciola con calcinelli e livello sabbioso di circa 10 cm da 2,80 mt a 2,90 mt			
3									alternanza centimetrica di limo argilloso, limo sabbioso e sabbia fine limosa color nocciola			
-3,80										1,00		
4												

**allegato 28**

note:

**Pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.**

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6

unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Committente: <b>Dott. Geol. Emanuele Stevanin</b>					CAMPIONI: Shelby		Riferimento: <b>264/07</b>		Numero: <b>4</b>	
Cantiere: <b>Poggio Renatico (Fe)</b>					Osterberg		Pagina: <b>1/1</b>			
Indagine:					Denison		Data: <b>18/12/2007</b>			
Stratigrafia da: <b>Sondaggio geognostico</b>					Denison fustella		Responsabile:			
Codice: <b>S01-0201-023</b>					S.P.T.		Operatore:			
					Rimaneggiato		Quota: <b>p.c.</b>			
							Falda: <b>1,70 m</b>			

Profondità Scala: 1:20	stratigrafia	campioni			Pocket Kg/cm²	Torvane Kg/cm²	S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Falda	Piezo. ATA
		tipo	sigla	quota			quota	colpi				
0									terreno agrario argillo-limoso grigio			
-0,70												
1									limo debolmente argilloso nocciola ocraceo			
-1,00												
-1,50									argilla grigia molto compatta con laminazioni limose			
-1,70												
-1,70									argilla plastica grigio scuro con ossidazioni rossastre			
-2,00												
-2,00									argilla debolmente organica grigio nerastra con frammenti di laterizi al letto			
-2,60												
-2,70									limo debolmente sabbioso nocciola			
-2,70												
-2,70									limo sabbioso nocciola			
-3,50												
-3,50									alternanza centimetrica di limo sabbioso, sabbia fine limosa e limo debolmente argilloso nocciola ocraceo			
-3,80												
-3,80									argilla plastica grigia e nocciola con ossidazioni puntiformi brunastre			
-3,80												

**allegato 29**

***Allegati 30 - 36***

**CERTIFICATI LABORATORIO TERRE**

Committente: STEVANIN DOTT. EMANUELE  
Località: POGGIO RENATICO (FE)  
Cantiere: -

Sondaggio: S1  
Campione: 1  
Profondità: -

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 11/01/2008  
Data inizio prove: 11/01/2008

Data emissione certificato: 24/01/2008  
Data fine prove: 16/01/2008

**CARATTERISTICHE FISICHE, VOLUMETRICHE E DI CONSISTENZA**

Umidità e Densità		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
V. Fustella	-	cm <sup>3</sup>

Contenuto sostanze organiche		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
cs'+t	-	g

Peso dei grani		
Pic	-	g
Pic + camp.	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O+cam	-	g

Contenuto carbonati		
V CO <sub>2</sub>	-	cm <sup>3</sup>
P atm	-	Pa
Q	-	g

Limite liquido		
N colpi	34	n°
t	71.79	g
cu+t	102.93	g
cs+t	92.98	g

Limite plastico			
t	71.64	-	g
cu+t	73.47	-	g
cs+t	73.09	-	g

Ritiro lineare		
Lungh. iniziale	-	mm
Lungh. finale	-	mm

Densità minima		
V. fustella	-	cm <sup>3</sup>
peso sabbia + t	-	g

Granulometria		
Peso Campione	160.66	g
2 mm	0.45	g
0.42 mm	0.47	g
0.075 mm	0.89	g

equivalente in sabbia		
H tol	-	mm
h p	-	mm

Limite di ritiro			
cu+t	0.00	0.00	g
cs+t	0.00	0.00	g
peso Hg	0.00	0.00	g
t	0.00	0.00	g
volume tara	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
γ Hg	0.00	0.00	kg/m <sup>3</sup>
volume Hg	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
CU	0.00	0.00	g
CS	0.00	0.00	g

CARATTERISTICHE NATURALI			
Umidità naturale	w	-	%
Densità naturale	γ	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità secca	γ <sub>d</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità minima	γ <sub>min</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani	γ <sub>s</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Equivalente in sabbia	-	-	%
Contenuto sostanze organiche	-	-	%
Contenuto solfati	-	-	%
Contenuto carbonati	-	-	%

LIMITI DI CONSISTENZA			
Limite liquido	LL	49	%
Limite plastico	LP	26	%
Indice plastico	IP	23	-
Limite di ritiro	LR	-	%
Ritiro lineare	RL	-	%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE		
Setaccio	Passante	
2.00 mm	99.72	%
0.42 mm	99.43	%
0.075 mm	98.87	%

PARAMETRI DERIVATI			
Indice di liquidità	IL	-	-
Indice di consistenza	IC	-	-
Indice di gruppo	IG	15.00	-
U.S.C.S.		CL-OL	-
C.N.R.-U.N.I.		A 7-6	-
Indice dei vuoti	e	-	-
Porosità	N	-	%
Umidità di saturazione	Ws	-	%
Grado di saturazione	S	-	%


Norme di riferimento: CNR-UNI 10008, CNR-UNI Anno VII n° 40, CNR-UNI 10013, CNR-UNI 10014, BS 1377, CNR-UNI 8520, CNR-UNI ANNO V N°23, Procedure interne OP 3.16, OP 3.14, OP 3.13, OP 3.17

Note:

Classe del campione: Q3

Il Direttore  
del laboratorio



Spiegata 20  




Committente: STEVANIN DOTT. EMANUELE  
 Località: POGGIO RENATICO (FE)  
 Cantiere: -

 Sondaggio: S2  
 Campione: 1  
 Profondità: -

pagina 1 di 1

 Data ricevimento campione: 11/01/2008  
 Data inizio prove: 11/01/2008

 Data emissione certificato: 24/01/2008  
 Data fine prove: 16/01/2008

**CARATTERISTICHE FISICHE, VOLUMETRICHE E DI CONSISTENZA**

Umidità e Densità		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
V. Fustella	-	cm <sup>3</sup>

Contenuto sostanze organiche		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
cs'+t	-	g

Peso dei grani		
Pic	-	g
Pic + camp.	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O+cam	-	g

Contenuto carbonati		
V CO <sub>2</sub>	-	cm <sup>3</sup>
P atm	-	Pa
Q	-	g

CARATTERISTICHE NATURALI			
Umidità naturale	w	-	%
Densità naturale	γ	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità secca	γ <sub>d</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità minima	γ <sub>min</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani	γ <sub>s</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Equivalente in sabbia	-	-	%
Contenuto sostanze organiche	-	-	%
Contenuto solfati	-	-	%
Contenuto carbonati	-	-	%

Limite liquido		
N colpi	29	n°
t	71.88	g
cu+t	90.38	g
cs+t	84.20	g

Limite plastico			
t	71.97	-	g
cu+t	73.75	-	g
cs+t	73.40	-	g

LIMITI DI CONSISTENZA			
Limite liquido	LL	51	%
Limite plastico	LP	24	%
Indice plastico	IP	27	-
Limite di ritiro	LR	-	%
Ritiro lineare	RL	-	%

Ritiro lineare		
Lungh. iniziale	-	mm
Lungh. finale	-	mm

Densità minima		
V. fustella	-	cm <sup>3</sup>
peso sabbia + t	-	g

Granulometria		
Peso Campione	162.48	g
2 mm	1.53	g
0.42 mm	0.94	g
0.075 mm	1.16	g

equivalente in sabbia		
H <sub>10l</sub>	-	mm
h <sub>p</sub>	-	mm

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE		
Setaccio	Passante	
2.00 mm	99.06	%
0.42 mm	98.48	%
0.075 mm	97.77	%

Limite di ritiro			
cu+t	0.00	0.00	g
cs+t	0.00	0.00	g
peso Hg	0.00	0.00	g
t	0.00	0.00	g
volume tara	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
γ Hg	0.00	0.00	kg/m <sup>3</sup>
volume Hg	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
CU	0.00	0.00	g
CS	0.00	0.00	g

PARAMETRI DERIVATI			
Indice di liquidità	IL	-	-
Indice di consistenza	IC	-	-
Indice di gruppo	IG	17.00	-
U.S.C.S.		CH-OH	-
C.N.R.-U.N.I.		A 7-6	-
Indice dei vuoti	e	-	-
Porosità	N	-	%
Umidità di saturazione	Ws	-	%
Grado di saturazione	S	-	%

 Norme di riferimento: CNR-UNI 10008, CNR-UNI Anno VII n° 40,  
 CNR-UNI 10013, CNR-UNI 10014, BS 1377, CNR-UNI 8520, CNR-  
 UNI ANNO V N°23, Procedure interne OP 3.16, OP 3.14, OP 3.13,  
 OP 3.17

Note:

Classe del campione: Q3

allegato 31

 Il Direttore  
 del laboratorio

Sperimentatore

Committente: STEVANIN DOTT. EMANUELE  
Località: POGGIO RENATICO (FE)  
Cantiere: -

Sondaggio: S3  
Campione: 1  
Profondità: -

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 11/01/2008

Data emissione certificato: 24/01/2008

Data inizio prove: 11/01/2008

Data fine prove: 16/01/2008

**CARATTERISTICHE FISICHE, VOLUMETRICHE E DI CONSISTENZA**

Umidità e Densità		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
V. Fustella	-	cm <sup>3</sup>

Contenuto sostanze organiche		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
cs'+t	-	g

Peso dei grani		
Pic	-	g
Pic + camp.	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O+cam	-	g

Contenuto carbonati		
V CO <sub>2</sub>	-	cm <sup>3</sup>
P atm	-	Pa
Q	-	g

Limite liquido			
N colpi	33	n°	
t	71.89	g	
cu+t	95.15	g	
cs+t	87.70	g	

Limite plastico			
t	71.99	-	g
cu+t	74.25	-	g
cs+t	73.79	-	g

Ritiro lineare		
Lungh. iniziale	-	mm
Lungh. finale	-	mm

Densità minima		
V. fustella	-	cm <sup>3</sup>
peso sabbia + t	-	g

Granulometria		
Peso Campione	164.19	g
2 mm	0.52	g
0.42 mm	0.58	g
0.075 mm	0.94	g

equivalente in sabbia		
H tol	-	mm
h p	-	mm

Limite di ritiro			
cu+t	0.00	0.00	g
cs+t	0.00	0.00	g
peso Hg	0.00	0.00	g
t	0.00	0.00	g
volume tara	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
γ Hg	0.00	0.00	kg/m <sup>3</sup>
volume Hg	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
CU	0.00	0.00	g
CS	0.00	0.00	g

CARATTERISTICHE NATURALI			
Umidità naturale	w	-	%
Densità naturale	γ	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità secca	γ <sub>d</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità minima	γ <sub>min</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani	γ <sub>s</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Equivalente in sabbia	-	-	%
Contenuto sostanze organiche	-	-	%
Contenuto solfati	-	-	%
Contenuto carbonati	-	-	%

LIMITI DI CONSISTENZA			
Limite liquido	LL	49	%
Limite plastico	LP	26	%
Indice plastico	IP	23	-
Limite di ritiro	LR	-	%
Ritiro lineare	RL	-	%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE		
Setaccio	Passante	
2.00 mm	99.68	%
0.42 mm	99.33	%
0.075 mm	98.76	%

PARAMETRI DERIVATI			
Indice di liquidità	IL	-	-
Indice di consistenza	IC	-	-
Indice di gruppo	IG	15.00	-
U.S.C.S.		CL-OL	-
C.N.R.-U.N.I.		A 7-6	-
Indice dei vuoti	e	-	-
Porosità	N	-	%
Umidità di saturazione	Ws	-	%
Grado di saturazione	S	-	%

Norme di riferimento: CNR-UNI 10008, CNR-UNI Anno VII n° 40, CNR-UNI 10013, CNR-UNI 10014, BS 1377, CNR-UNI 8520, CNR-UNI ANNO V N°23, Procedure interne OP 3.16, OP 3.14, OP 3.13, OP 3.17

Note:

*allegato 32*

Classe del campione: Q3

Il Direttore  
del laboratorio

Sperimentatore

Committente: STEVANIN DOTT.EMANUELE  
 Località: POGGIO RENATICO (FE)  
 Cantiere: -

 Sondaggio: S4  
 Campione: 1  
 Profondità: -

pagina 1 di 1

 Data ricevimento campione: 11/01/2008  
 Data inizio prove: 11/01/2008

 Data emissione certificato: 24/01/2008  
 Data fine prove: 16/01/2008

**CARATTERISTICHE FISICHE, VOLUMETRICHE E DI CONSISTENZA**

Umidità e Densità		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
V. Fustella	-	cm <sup>3</sup>

Contenuto sostanze organiche		
t	-	g
cu+t	-	g
cs+t	-	g
cs'+t	-	g

Peso dei grani		
Pic	-	g
Pic + camp.	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O	-	g
pic+ta+H <sub>2</sub> O+camp	-	g

Contenuto carbonati		
V CO <sub>2</sub>	-	cm <sup>3</sup>
P atm	-	Pa
Q	-	g

Limite liquido		
N colpi	33	n°
t	71.89	g
cu+t	95.15	g
cs+t	87.70	g

Limite plastico			
t	71.99	-	g
cu+t	74.25	-	g
cs+t	73.79	-	g

Ritiro lineare		
Lungh. iniziale	-	mm
Lungh. finale	-	mm

Densità minima		
V. fustella	-	cm <sup>3</sup>
peso sabbia + t	-	g

Granulometria		
Peso Campione	164.19	g
2 mm	0.52	g
0.42 mm	0.58	g
0.075 mm	0.94	g

equivalente in sabbia		
H tot	-	mm
h p	-	mm

Limite di ritiro			
cu+t	0.00	0.00	g
cs+t	0.00	0.00	g
peso Hg	0.00	0.00	g
l	0.00	0.00	g
volume tara	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
γ Hg	0.00	0.00	kg/m <sup>3</sup>
volume Hg	0.00	0.00	cm <sup>3</sup>
CU	0.00	0.00	g
CS	0.00	0.00	g

CARATTERISTICHE NATURALI			
Umidità naturale	w	-	%
Densità naturale	γ	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità secca	γ <sub>d</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Densità minima	γ <sub>min</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico dei grani	γ <sub>s</sub>	-	kg/m <sup>3</sup>
Equivalente in sabbia	-	-	%
Contenuto sostanze organiche	-	-	%
Contenuto solfati	-	-	%
Contenuto carbonati	-	-	%

LIMITI DI CONSISTENZA			
Limite liquido	LL	49	%
Limite plastico	LP	26	%
Indice plastico	IP	23	-
Limite di ritiro	LR	-	%
Ritiro lineare	RL	-	%

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE		
Setaccio	Passante	
2.00 mm	99.68	%
0.42 mm	99.33	%
0.075 mm	98.76	%

PARAMETRI DERIVATI			
Indice di liquidità	IL	-	-
Indice di consistenza	IC	-	-
Indice di gruppo	IG	15.00	-
U.S.C.S.		CL-OL	-
C.N.R.-U.N.I.		A 7-6	-
Indice dei vuoti	e	-	-
Porosità	N	-	%
Umidità di saturazione	Ws	-	%
Grado di saturazione	S	-	%

 Norme di riferimento: CNR-UNI 10008, CNR-UNI Anno VII n° 40,  
 CNR-UNI 10013, CNR-UNI 10014, BS 1377, CNR-UNI 8520, CNR-  
 UNI ANNO V N°23, Procedure interne OP 3.16, OP 3.14, OP 3.13,  
 OP 3.17

Note:

**allegato 33**

Classe del campione: Q3

 Il Direttore  
 del laboratorio

Sperimentatore

Committente: STEVANIN DOTT. EMANUELE  
 Località: POGGIO RENATICO (FE)  
 Cantiere: -

 Sondaggio: -  
 Campione: MIX S1 1 - S2 1 - S3 1 - S4 1  
 Profondità: -

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 11/01/2008

Data emissione certificato: 24/01/2008

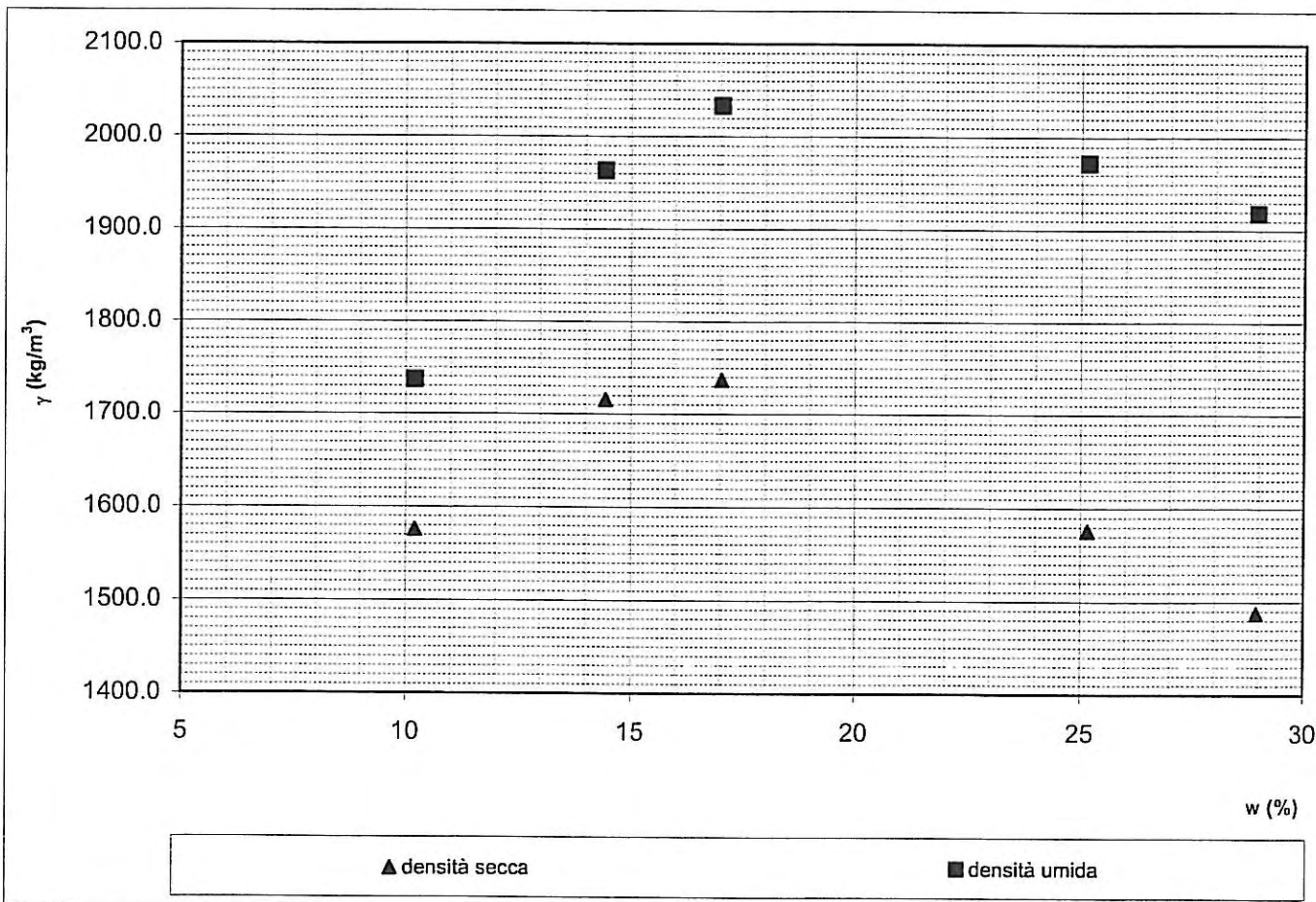
Data inizio prova: 17/01/2008

Data fine prova: 22/01/2008

**PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR STANDARD**

Norma di riferimento: ASTM D698-78

Volume fustella	942.39	cm <sup>3</sup>	Provino n°	1	2	3	4	5
Peso pestello	4.535	kg	Peso fust.	g	2237.5	2237.5	2237.5	2237.5
Altezza di caduta	45.7	cm	Peso camp.+fust.	g	3874.11	4087.60	4153.40	4096.20
			Vol. fustella	cm <sup>3</sup>	942.39	942.39	942.39	942.39
			t	g	211.54	179.62	343.77	309.20
			cu+t	g	1325.74	1950.00	2239.00	2137.70
			cs+t	g	1222.55	1726.70	1963.00	1770.10
			w	%	10.21	14.43	17.05	25.16
			γ	kg/m <sup>3</sup>	1736.66	1963.20	2033.03	1972.33
			γ <sub>d</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1575.82	1715.58	1736.96	1575.81



note:

allegato 34

Classe del campione: Q3

 Il Direttore  
 del laboratorio

Sperimentatore



Committente: STEVANIN DOTT. EMANUELE  
Località: POGGIO RENATICO (FE)  
Cantiere: -

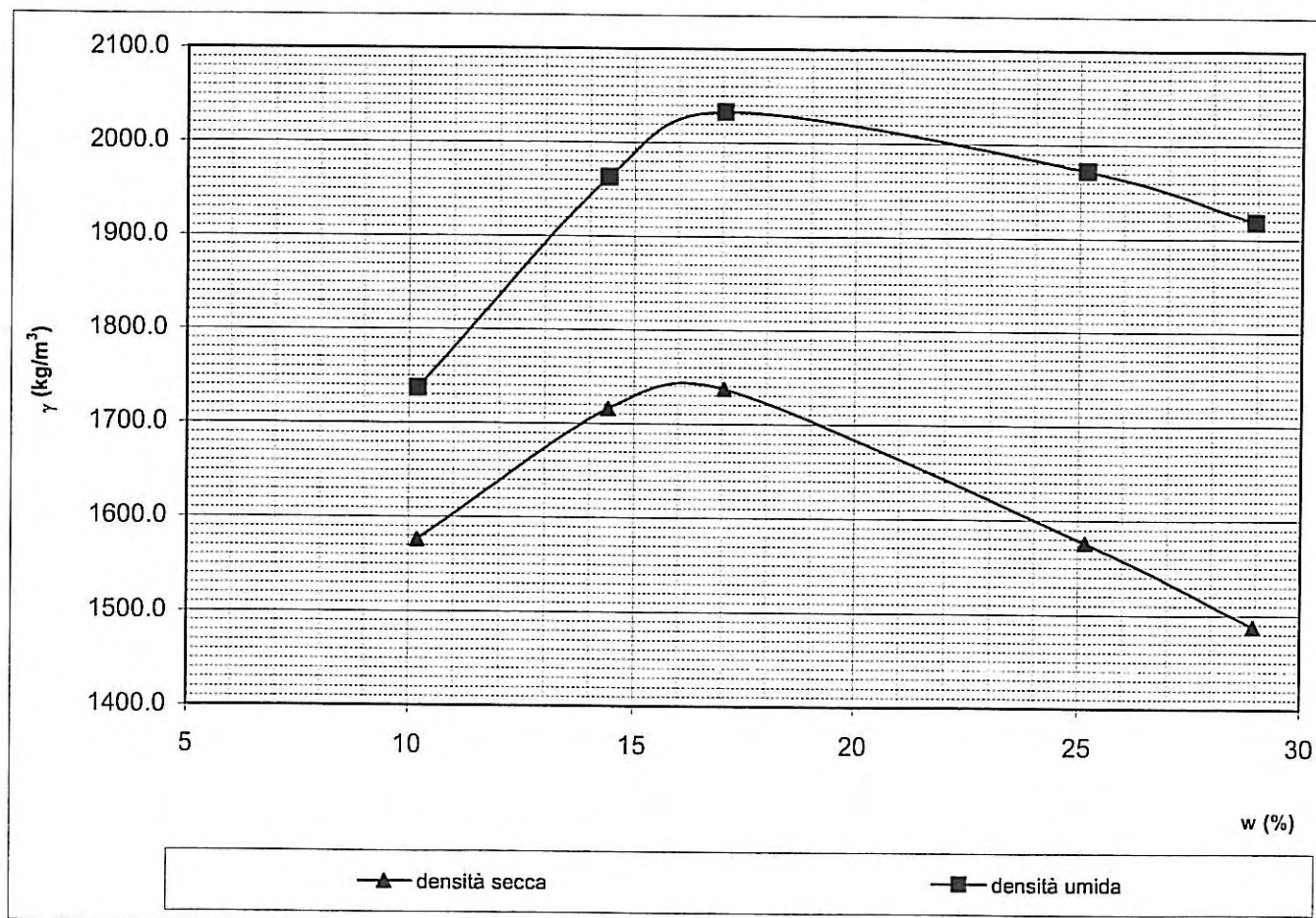
Sondaggio: -  
Campione: MIX S1 1 - S2 1 - S3 1 - S4 1  
Profondità: -

pagina 1 di 1

### PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR STANDARD

Norma di riferimento: ASTM D698-78

Volume fustella	942.39	cm <sup>3</sup>	Provino n°	1	2	3	4	5
Peso pestello	2.495	kg	Peso fust.	g	2237.5	2237.5	2237.5	2237.5
Altezza di caduta	30.5	cm	Peso camp.+fust.	g	3874.1	4087.6	4153.4	4096.2
			Vol. fustella	cm <sup>3</sup>	942.4	942.4	942.4	942.4
			t	g	211.5	179.6	343.8	309.2
			cu+t	g	1325.7	1950.0	2239.0	2137.7
			cs+t	g	1222.6	1726.7	1963.0	1770.1
			w	%	10.2	14.4	17.0	25.2
			$\gamma$	kg/m <sup>3</sup>	1736.7	1963.2	2033.0	1972.3
			$\gamma_d$	kg/m <sup>3</sup>	1575.8	1715.6	1737.0	1575.8



allegato 35

note:

$W_{opt}$	16	%
$\gamma_{max}$	1740	Kg/m <sup>3</sup>

Committente: STEVANIN DOTT.EMANUELE  
Località: POGGIO RENATICO (FE)  
Cantiere: -

Sondaggio: -  
Campione: MIX S1 1 - S2 1 - S3 1 - S4 1  
Profondità: -

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 11/01/2008

Data emissione certificato: 24/01/2008

Data inizio prova: 21/01/2008

Data fine prova: 22/01/2008

**DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA C.B.R.**

Norma di riferimento: CNR-UNI 1009

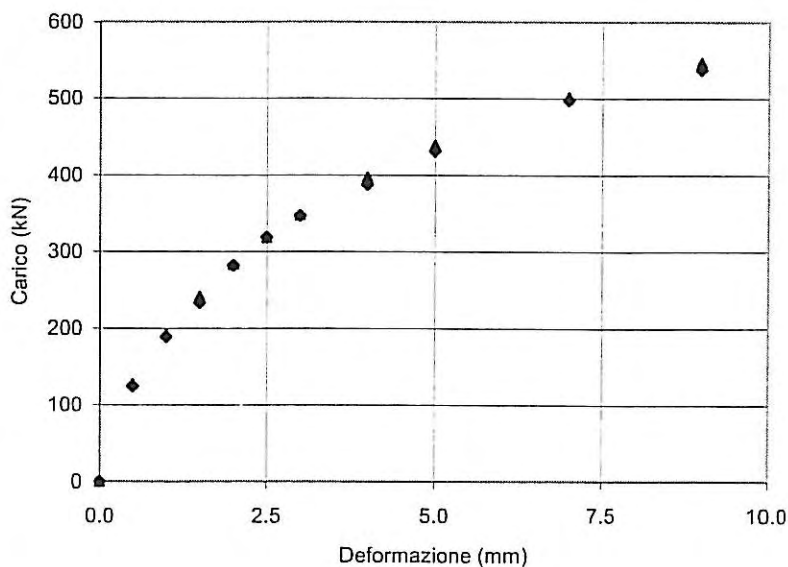
Determinazione del contenuto in acqua																																																								
Provino n° 1						Provino n° 2																																																		
1° strato	t (g)	235.83	5° strato	t (g)	228.14	1° strato	t (g)	221.33	5° strato	t (g)	217.43																																													
	cu+t (g)	569.33		cs+t (g)	524.71		w (%)	15.45														cu+t (g)	569.33		cu+t (g)	589.30		cu+t (g)	561.42		cu+t (g)	563.23		cs+t (g)	524.71		cs+t (g)	539.19		cs+t (g)	514.71		cs+t (g)	516.30		w (%)	15.45		w (%)	16.11		w (%)	15.92		w (%)	15.70
	cs+t (g)	524.71		w (%)	15.45															cu+t (g)	569.33		cu+t (g)	589.30		cu+t (g)	561.42		cu+t (g)	563.23		cs+t (g)	524.71		cs+t (g)	539.19		cs+t (g)	514.71		cs+t (g)	516.30		w (%)	15.45		w (%)	16.11		w (%)	15.92		w (%)	15.70		
	w (%)	15.45																																																						
	cu+t (g)	569.33		cu+t (g)	589.30		cu+t (g)	561.42		cu+t (g)	563.23																																													
	cs+t (g)	524.71		cs+t (g)	539.19		cs+t (g)	514.71		cs+t (g)	516.30																																													
	w (%)	15.45		w (%)	16.11		w (%)	15.92		w (%)	15.70																																													

Peso di volume del secco									
Provino n° 1					Provino n° 2				
Peso del provino		4351.0	g		Peso del provino		4321.4	g	
Volume dello stampo		2131.6	cm³		Volume dello stampo		2131.6	cm³	
Umidità del provino		15.78	%		Umidità del provino		15.81	%	
γd		1728.93	kg/m³		γd		1716.65	kg/m³	

Imbibizione									
Provino n° 1					Provino n° 2				
Altezza iniziale h		-	mm		Altezza iniziale h		-	mm	
Rigonfiamento Δh		-	mm		Rigonfiamento Δh		-	mm	
Rigonfiamento		-	%		Rigonfiamento		-	%	

Penetrazione C.B.R.				
	Prv.1		Prv.2	
Deformazione	Lettura	Carico	Lettura	Carico
mm	div.	kN	div.	kN
0.0	0	0	0	0
0.5	9	128	14	125
1.0	14	193	21	189
1.5	18	242	27	233
2.0	22	283	31	282
2.5	27	318	37	319
3.0	30	348	42	347
4.0	36	398	51	388
5.0	42	439	58	431
7.0	52	502	69	498
9.0	61	548	77	538

CBR 2.5 mm	23.38	23.46
CBR 5.0 mm	21.52	21.13
Indice CBR %	21.52	21.13



note:

allegato 36

Classe del campione: Q3

Il Direttore  
del laboratorio

*[Signature]*

lo Sperimentatore

*[Signature]*

***Allegato 37***

**RAPPORTO TECNICO INDAGINE SISMICA**



**IND.A.G.O. s.n.c.**

Indagini e Opere Ambientali e Geologiche

Via Miani, 4

45100 - Rovigo

P. IVA 01174740298

---

### ***Rapporto Tecnico:***

**Indagine sismica mediante la tecnica dei microtremori e Masw in un sito a Poggio Renatico (FE), ai sensi della OPCM 3274 e dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"**

Dott. Geol. Enrico Farinatti

Rovigo, Gennaio 2008

Committente : Dott. Geol. Emanuele Stevanin

P.zza del Popolo 13

44034 – Copparo (FE)



## **Premessa**

Lo scrivente, su incarico del dott. geol. E. Stevanin, ha eseguito una indagine sismica mediante la tecnica dei microtremori (ReMi, Refracted Microtremors) e del metodo Masw (Multi Channel Analysis Surface Waves) combinati, atta alla classificazione di un sito a Ferrara ai sensi della OPCM 3274 e successive variazioni e all'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo  $V_s/\text{profondità}$ . Il metodo dei microtremori sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo Masw sfrutta sorgenti "attive" (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

## **Modalità esecutive**

Si è optato per l'analisi delle onde di superficie dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva. Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c..

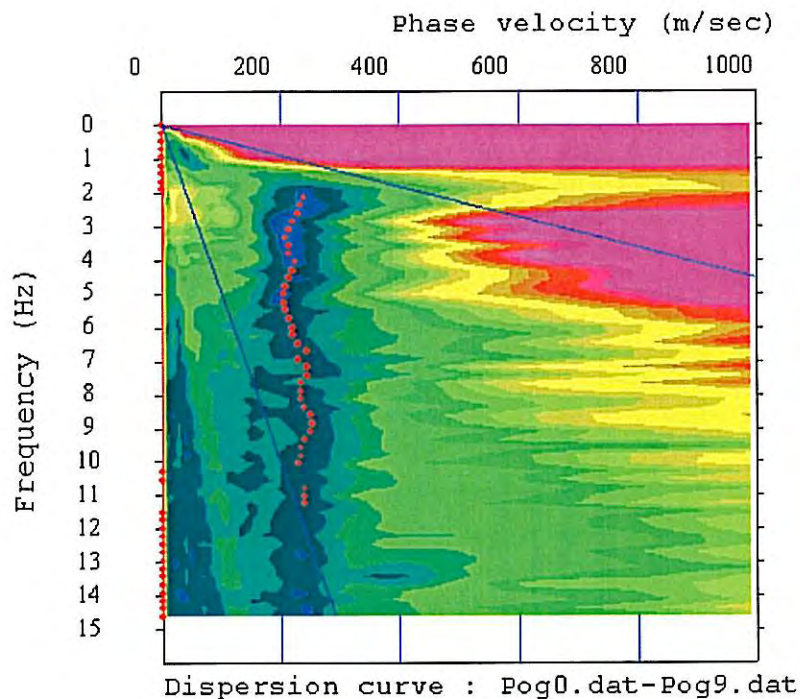
Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna, per il metodo Re.Mi e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna, per il metodo MASW. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello  $V_s/\text{profondità}$  attendibile.

## Risultati e conclusioni

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 36 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh sia per quanto riguarda il metodo ReMi che per il metodo MASW e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è del 2.8%.



CURVA DI DISPERSIONE: METODO REMI

DI

Source= 60.0m

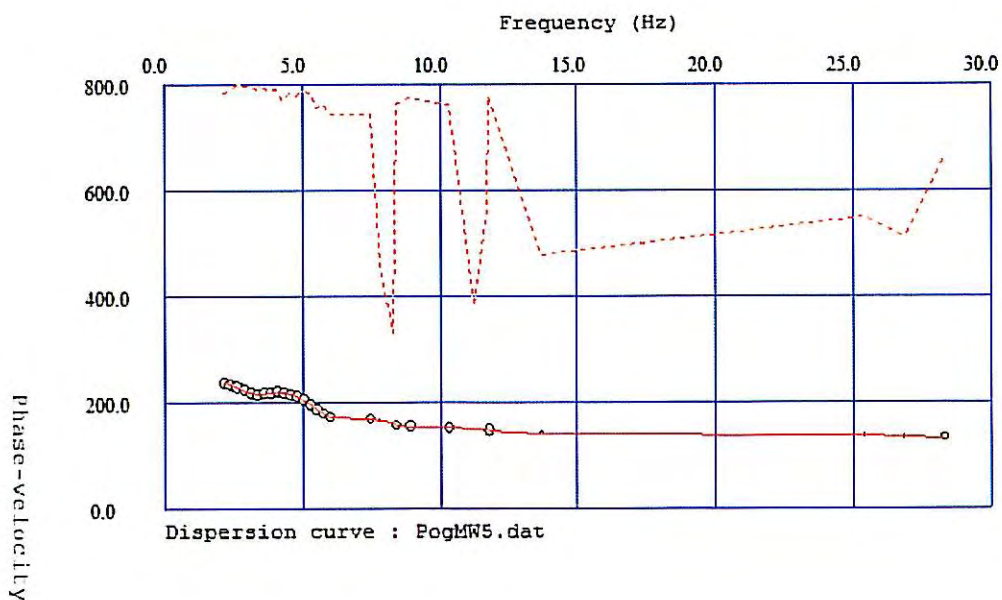
Phase velocity (m/sec)



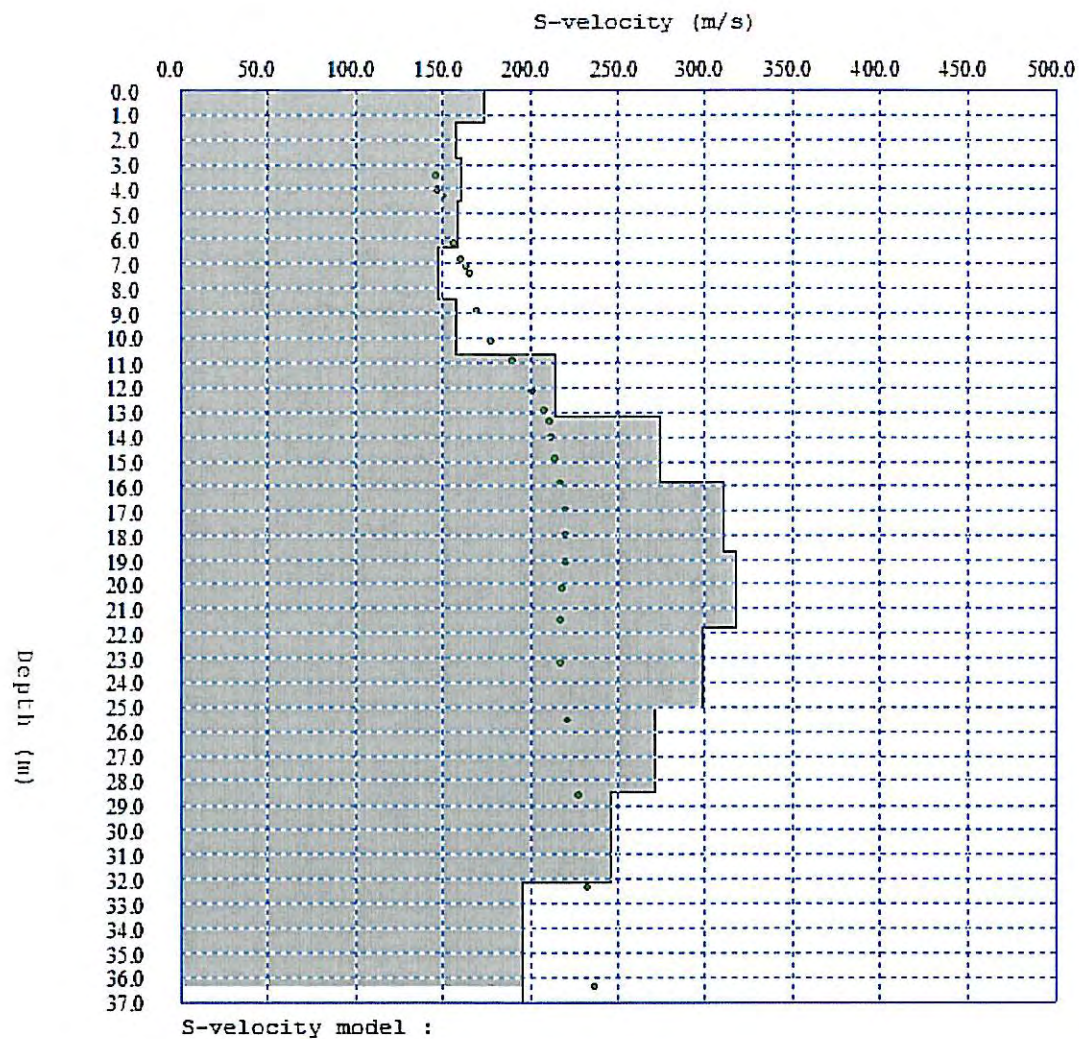
CURVA

DISPERSIONE: METODO

MASW



# CURVA DI DISPERSIONE COMPLESSIVA (METODI REMI + MASW)



## MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 12 geofoni in linea con interdistanza di 5 m.

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 208 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo C ( $S = 1.25$ ).



Vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo ricavato sia secondo le prescrizioni della OPCM 3274, sia secondo l'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Benchè al di sotto dei 10 m da p.c. le CPT facciano registrare un aumento delle  $R_p$  e anche le  $V_s$  subiscano un incremento, questo fatto è imputabile alla presenza di argille sovraconsolidate. Per questo motivo non viene condotta la verifica a liquefazione.

Rovigo, Gennaio 2008

Dott. Geol. Enrico Farinatti



# CLASSIFICAZIONE DEL SITO Ordinanza 3274 del 20/3/03

Località	Poggio Renatico (FE)
Metodo di indagine	RE.MI.+MASW (misura $V_r$ )
Strumentazione utilizzata	Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione	Rumore naturale+10 kg
Geometria stendimento:	12 geofoni - interasse 5 m

Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alle caratteristiche di Suolo tipo C  
(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di  $a_g$  e del coeff. S)

Per la classificazione delle zone di sismicità:

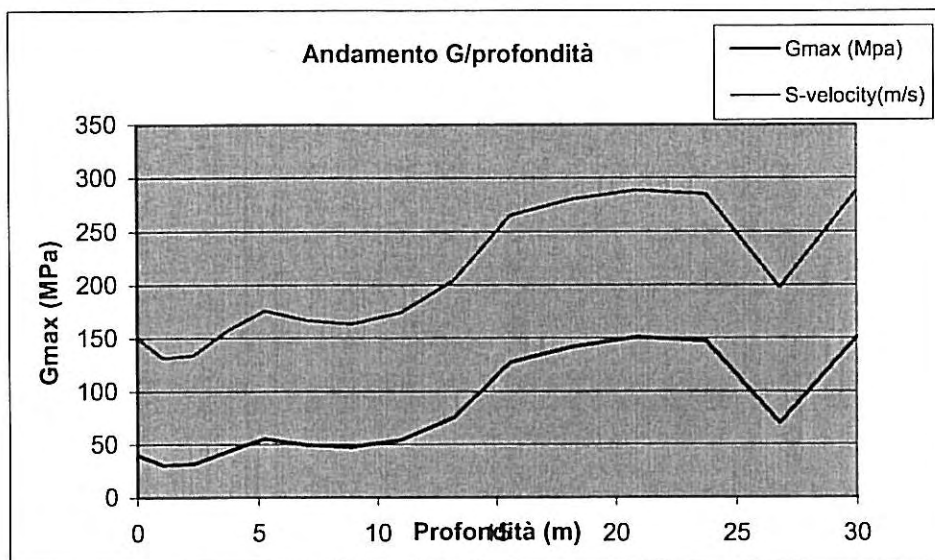
zona	accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme tecniche)	Valori di $a_g$ , accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, da adottare
1	> 0.25	0.35	0.35g
2	0.15 - 0.25	0.25	0.25g
3	0.05 - 0.15	0.15	0.15g
4	< 0.05	0.05	0.05g

Categorie di suolo di fondazione:

			S
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori di $V_{s0} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m		1.00
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s0}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s		1.25
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s0}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s		1.25
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s0} < 180$ m/s		1.35
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s0}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s0} > 800$ m/s		1.25
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s0} < 100$ m/s	Servo no studi specia li	
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti		

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, direzione orizzontale

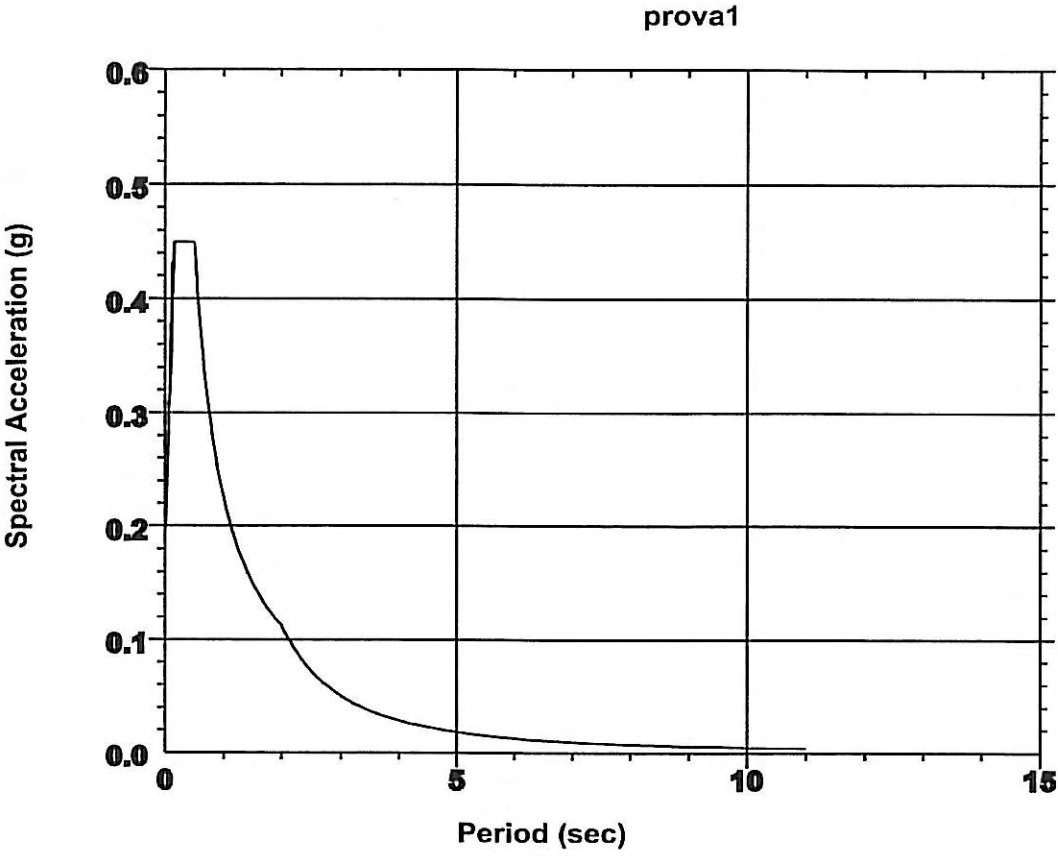
Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho_v$ (t/mc)
0.00	150.57	40	1.77
1.07	131.37	30	1.77
2.31	133.86	32	1.77
3.71	156.35	43	1.78
5.27	176.08	55	1.78
7.01	166.85	50	1.78
8.90	163.45	48	1.79
10.96	173.88	54	1.79
13.19	204.34	75	1.80
15.58	264.93	127	1.81
18.13	279.84	142	1.81
20.85	288.42	151	1.81
23.74	284.87	147	1.81
26.79	197.67	70	1.79
30.00	288.42	151	1.82



**Vs30 (m/s) = 208**

$T_0 = ag \times S$   
Tb  
Tc  
Td

Ascisse (s)	Ordinate
0	0.1875
0.15	0.4688
0.5	0.4688
2	0.1172



Eur  
Soi  
Dar

**CLASSIFICAZIONE DEL SITO** Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica

**Località** Poggio Renatico (FE)  
**Metodo di indagine** RE.MI.+MASW  
 (misura Vr)  
**Strumentazione utilizzata** Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits  
**Metodo di energizzazione** Rumore naturale+10 kg  
**Geometria stendimento:** 12 geofoni - interasse 5 m

**Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo**  $a_{refg}$  0.155

**Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (PIANURA 2)**

Vs30	F.A.
200	1.5
250	1.5
300	1.5
350	1.4
400	1.4
450	1.4
500	1.3
600	1.1
700	1.0
800	1.0



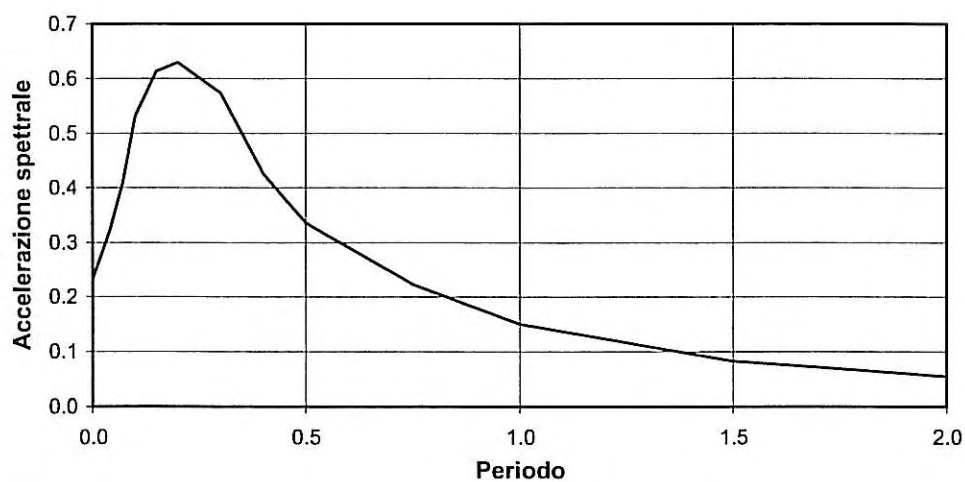
# SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE

Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica"

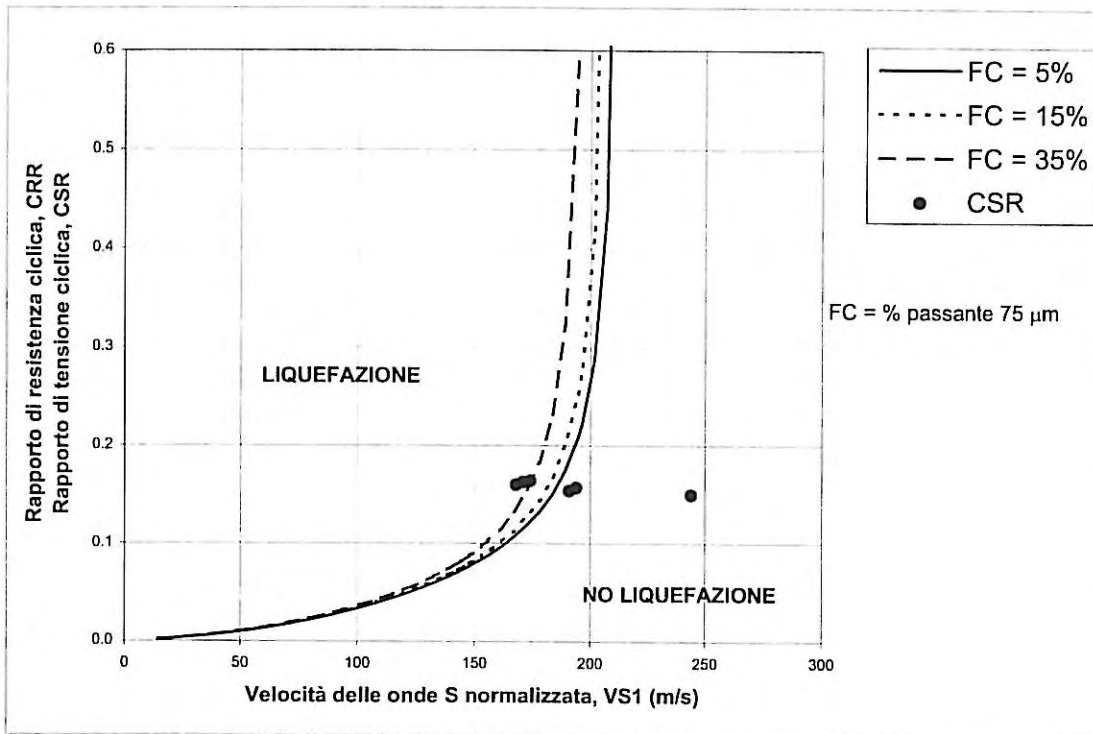
T (s)	Sa/a <sub>ref</sub>	Sa/a <sub>g</sub>
0.000	1.000	0.233
0.040	1.389	0.323
0.070	1.759	0.409
0.100	2.283	0.531
0.150	2.637	0.613
0.200	2.707	0.629
0.300	2.466	0.573
0.400	1.840	0.428
0.500	1.445	0.336
0.750	0.955	0.222
1.000	0.645	0.150
1.500	0.355	0.082
2.000	0.231	0.054

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DEL SITO



## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

profondità (m)	Vs	Vs1	CSR	$F_s = CRR_{7.5}/CSR_{7.5}$
10.0	174	174	0.164	1.14
11.0	174	171	0.163	1.07
12.0	174	168	0.160	1.02
13.0	204	194	0.157	2.18
14.0	204	191	0.154	1.96
15.0	265	244	0.150	0.32



La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore  $V_{s1}$ , ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace  $p_a = 100$  kPa attraverso la:

$$V_{s1} = C_v \cdot V_s = V_s \cdot (p_a / \sigma'_{v0})^{0.25}$$

$$\text{RAPP. TENSIONALE CICLICO } CSR = \tau_{media} / \sigma' = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot r_d$$

$a_{max}$  = accelerazione di picco al piano campagna

$g$  = accelerazione di gravità

$\sigma_v / \sigma'_v$  = tensione totale ed efficace nel sottosuolo

$r_d$  = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità d'interesse che tiene conto della deformabilità del sottosuolo

$$\text{COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE } F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$$

$$\text{CSR riferito ad terremoto di magnitudo 7.5 } (CSR)_{M=7.5} = (CSR)_M / MSF$$

fattore di scala per la magnitudo  $MSF = 6.9 \cdot \exp(-M/4) - 0.058$

$$\text{RAPP. DI RESISTENZA CICLICA (riferito a } M = 7.5) \text{ } CRR_{7.5} = 0.022 \cdot (V_{s1} / 100)^2 + 2.8 \cdot (1 / (V_{s1}^* - V_{s1}) - 1 / V_{s1}^*)$$