

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO  
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18  
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596  
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO  
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA DONIZETTI - CAPOLUOGO

**VARIANTE AL P.R.G.**  
**AREA L3**



COMMITTENTE : IMMOBILIARE R.B.R. s.n.c.

**RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

---

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Geom. Lorenzo Cattani di Prato di Correggio (RE), trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche dell'area L3, sita in comune di San Martino in Rio (RE), oggetto di richiesta di variante al P.R.G. vigente.

(Foglio n° 5 - mappale n° 763)

\*\*\*\*\*

### **MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE**

L'area in oggetto di studio, posta alla quota media di 34 m s.l.m., è ubicata nella periferia ovest dell'abitato di San Martino in Rio.

Più precisamente, viene qui esaminato un lotto di terreno di forma rettangolare sito in località Villanova, a Sud del Canale di Correggio, ad occidente di Via Forche e del Cavo Tresinaro, a valle di Via Lemizzone; l'accesso è da via G. Donizetti (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5.000 elemento n° 201064 – San Martino in Rio; estratto di planimetria catastale in scala 1:2000 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

I suoli tipici di questa Unità Idrogeologica appartengono all'associazione dei "suoli alluvionali". Si tratta di entisuoli, generalmente calcarei e sub alcalini, a prevalente tessitura limo-sabbiosa.

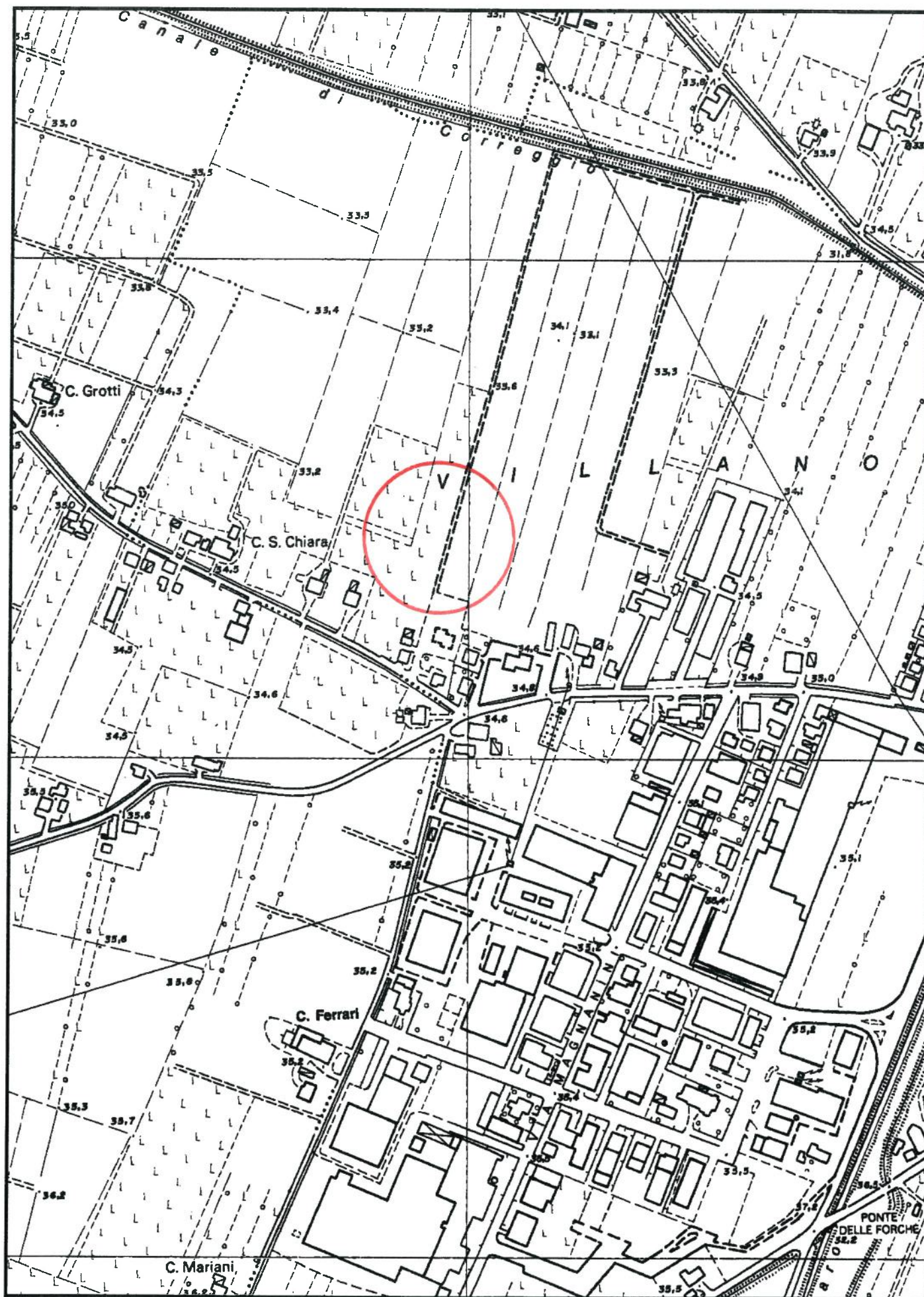
L'utilizzo prevalente è a seminativo; la potenzialità, piuttosto elevata, è limitata solamente dalla tessitura particolarmente fine.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 683 mm con punte massime di piovosità in primavera (184 mm) ed in autunno (187 mm).

La temperatura media mensile annua è di 12.7 °C, con valori medi massimi di 29.8 °C, per il mese di luglio, e minimi di - 2.3 °C, per il mese di gennaio. L'escursione annua è quindi di 32.1 °C



## Elemento n° 201064 - San Martino in Rio





## **INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA**

L'intero territorio del Comune risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno graduali.

Dal punto di vista stratigrafico, il territorio in esame si presenta quindi di una complessità non trascurabile dovuta a migrazioni di fiumi e torrenti, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione dei corsi d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può facilmente notare come il territorio in esame si trovi a SE dell'asse di un'anticlinale sepolta che, con direzione SW/NE, costituisce le ultime propaggini della dorsale ferrarese.

In questa località l'Agip Mineraria ha effettuato una serie di trivellazioni per la ricerca di idrocarburi il più profondo dei quali raggiunge i 2605 m.

I dati forniti da queste indagini hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quadernarie in circa 1000 m, tuttavia, secondo quanto riportato dal "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia" edito dall'Amministrazione provinciale, il limite effettivo delle conoscenze stratigrafiche è di 220 m dal piano campagna.

Utilizzando una sezione riportata nello studio in precedenza citato, si nota che, a intervalli regolari, abbiamo numerosi livelli sabbiosi che si alternano alla prevalente massa limo-argillosa.

Caratteristica principale di questi sedimenti è infatti la prevalenza di materiali limo-argillosi rispetto a quelli permeabili.

La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia (Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia), evidenzia come il territorio in esame si caratterizzi per la presenza, in superficie, di alluvioni oloceniche prevalentemente argillose.

In sintonia con questa classificazione, la “Carta della litologia di superficie” in scala 1 : 25.000 evidenzia che l'area in esame ricade al passaggio, verso settentrione e ad occidente, fra “depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine” e “depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi”, entrambi di età olocenica.

Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato che il deposito possiede una prevalente natura coesiva.

A limi ed argille ad elevata componente organica e torbosa si alternano tuttavia, soprattutto oltre i 10÷11 m, livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, talora anche in banchi, della potenza di circa 2 m, come quello attraversato dall'indagine CPT3 tra 11 m e 13 m.

Oltre 18÷19 m le penetrometrie hanno riscontrato un netto incremento della consistenza delle argille; visti i dati forniti dal sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW, anche in questo caso, il deposito alluvionale può annettere lenti e banchi di sabbie cementate.



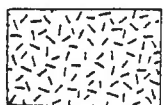
# CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

## LEGENDA



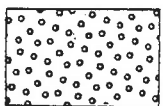
Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.  
□locene



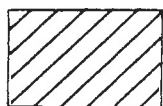
Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose  
in subordine. □locene



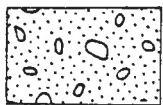
Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti  
di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-□locene



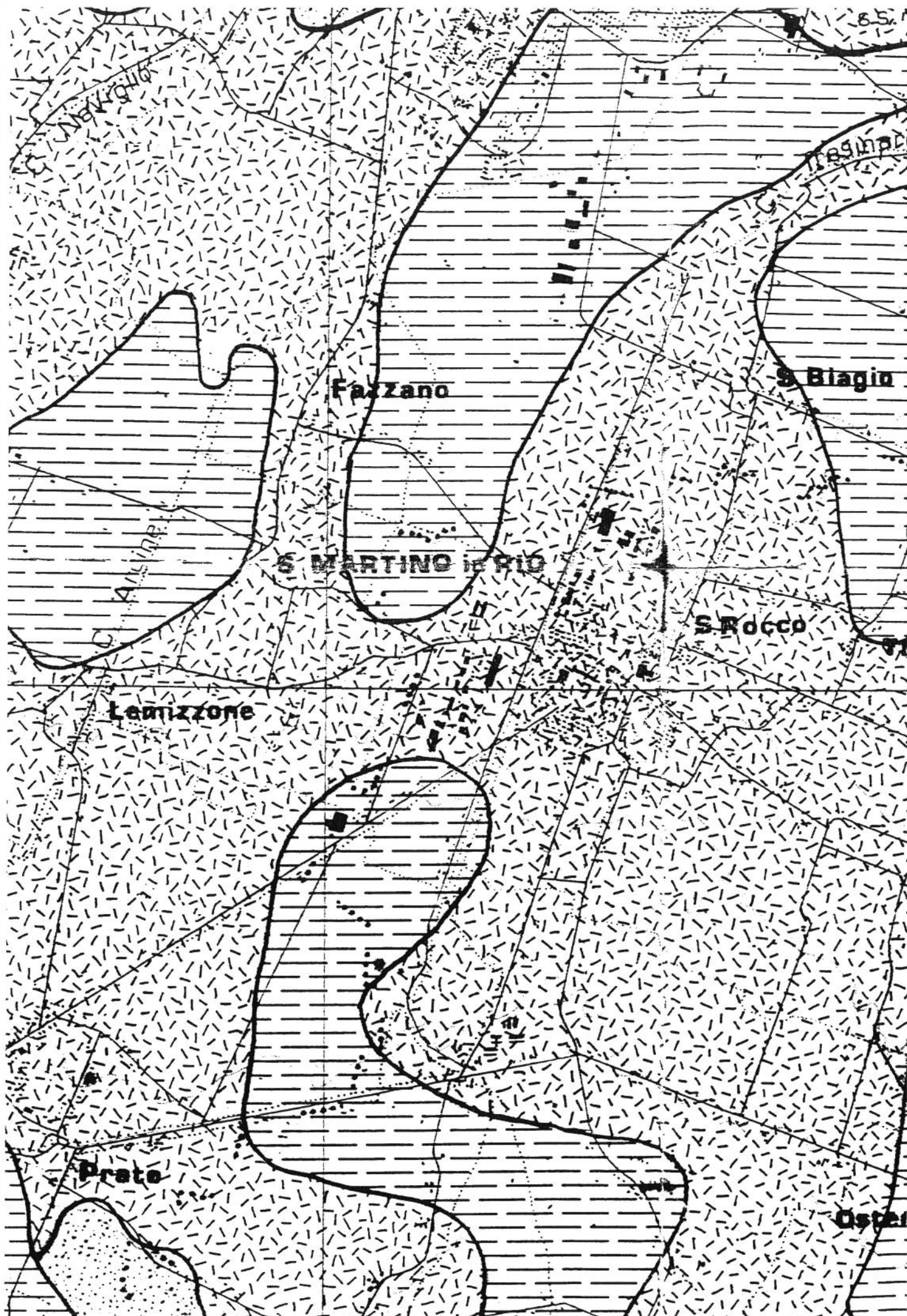
Depositi di ghiaie eterometriche alternati a  
livelli con granulometria piu' fine.  
Pleistocene sup. (Wurm)-□locene



Ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti  
di sabbie e limi sabbiosi. Limi eolici (Loess)  
dell' altopiano del Ghiardo. Riss



Conglomerati sabbioso-arenacei con clasti alterati.  
Mindel





## **INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

L'acquifero che si rinviene nel territorio del Comune di San Martino in Rio (RE) è ascrivibile all'Unità Idrogeologica della Media Pianura.

In realtà, quest'ultima è costituita da un insieme di unità idrogeologiche appenniniche, malamente individuabili e suddividibili, che possono essere accumulate in un'unica unità dalle caratteristiche abbastanza omogenee.

I limiti territoriali di questa zona sono infatti molto sfumati verso sud mentre sono abbastanza netti verso nord, a confine con l'Unità idrogeologica del Po.

La caratteristica principale di questa unità è la prevalenza di materiali limo-argillosi impermeabili rispetto a quelli permeabili: si tratta pertanto di una zona povera di acque sotterranee.

I materiali permeabili, acquiferi, sono rappresentati da sabbie (le ghiaie sono quasi assenti) in lenti sottili e discontinue. L'alimentazione delle falde è ancora di provenienza appenninica, dalle falde delle conoidi dell'Enza, del Secchia e dei corsi d'acqua minori; l'infiltrazione diretta, dal suolo, è invece molto limitata.

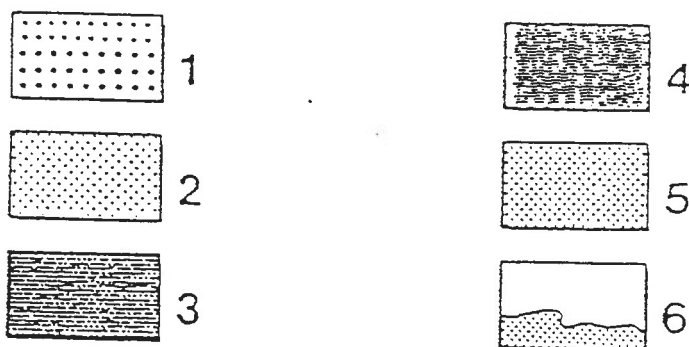
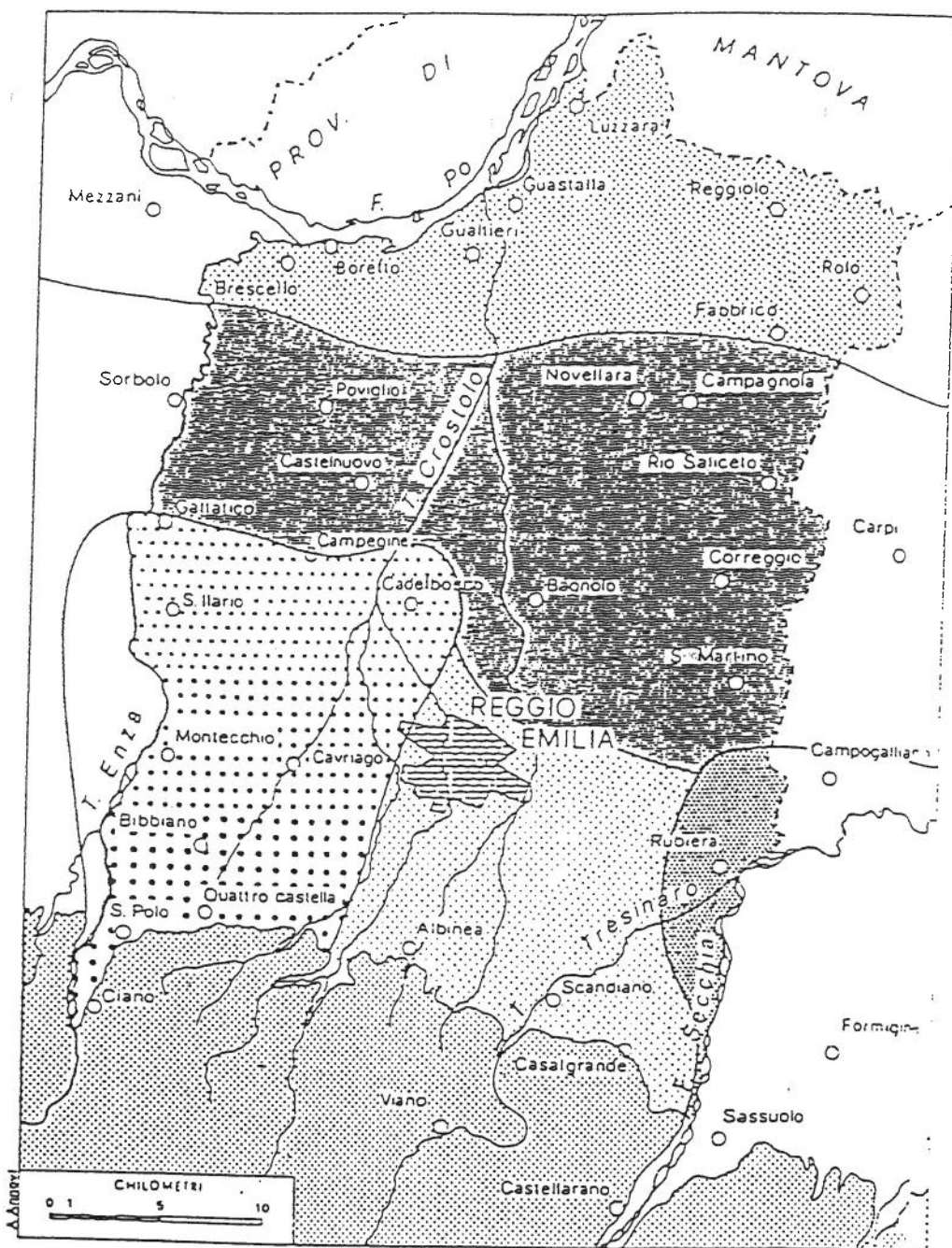
È altresì accertato che, a profondità superiori ai 300 metri, le falde hanno spessore e continuità maggiore, ma cambia sensibilmente il chimismo dell'acqua.

## **IDROGEOLOGIA LOCALE**

I numerosi dati acquisiti con perforazioni per pozzi idrici e sondaggi geognostici effettuati nel territorio hanno consentito di ricostruire, per i primi 220 metri del sottosuolo, la serie idrogeologica locale.

La serie è stata ricreata nell'ambito di studi territoriali quali il "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia" - Editto dall'Amministrazione

Figura 1) - Distribuzione delle unità idrogeologiche della pianura reggiana: 1) Unità idrogeologica del T.Enza; 2) Unità idrogeologica dei corsi d'acqua minori; 3) Unità idrogeologica del F.Secchia; 4) Unità idrogeologica della media pianura; 5) Unità idrogeologica del F.Po; 6) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.



L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

Provinciale di Reggio Emilia e lo “Studio geologico del territorio di media pianura: Comprensorio Carpi-Correggio”.

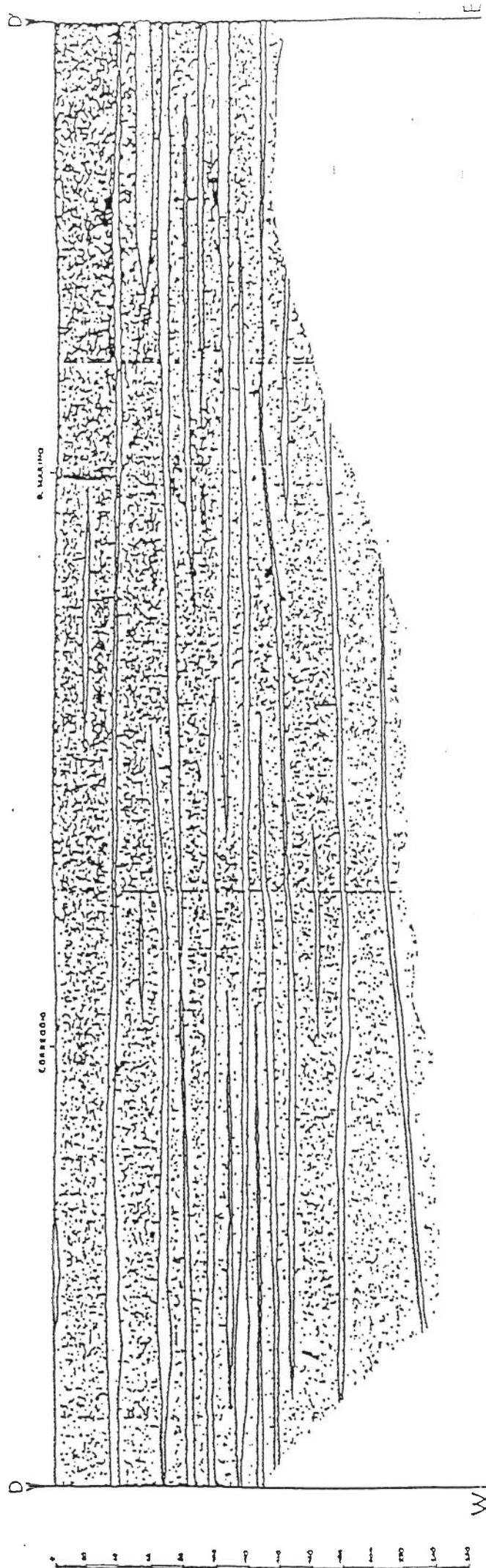
Come in precedenza accennato, nel territorio in esame, l’acquifero si caratterizza per l’alternanza di litotipi argillosi e argilloso-limosi con frequenti lenti di sabbia.

La serie può essere così sintetizzata:

- a) orizzonte a litologia variabile, della potenza di 15-20 metri, costituito da un’alternanza di livelli lentiformi formati da argille, torbe e sabbie medio-fini talvolta affioranti; all’interno del suddetto orizzonte è sempre presente, in livelli sabbiosi di paleoalveo a struttura spiccatamente lentiforme, l’acquifero freatico direttamente interessato da ricarica per infiltrazione dalla superficie;
- b) unità sostanzialmente impermeabile formata prevalentemente da limi e argille - potenza da 15 a 30 m;
- c) orizzonte permeabile, formato da sabbie fini, avente uno spessore variabile tra 3 e 6 m, che di solito si riscontra tra -35 e -45 m dal p.c.; è questo il primo acquifero artesiani che è tuttavia permeato da acque di qualità scadente;
- d) complesso impermeabile, dello spessore di 20/40 m, formato da livelli argillosi più o meno limosi con locali intercalazioni sabbioso fini limose;
- e) livello sostanzialmente sabbioso, della potenza di 3/6 metri, rinvenibile mediamente tra -60 e -80 m dal p.c., permeato da acque dolci;
- f) orizzonte impermeabile, della potenza di 25/35 m, che si riscontra tra -80 e -110 m dal p.c., che ingloba lenti sabbiose - sabbioso fini;
- g) unità permeabile sostanzialmente sabbiosa, della potenza di 2/5 m, rilevabile tra 90 e 120 m dal p.c.;
- h) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, posto generalmente tra 120 e 160 m dal p.c.;
- i) livello permeabile, avente uno spessore medio di cinque metri, posto tra 160 e 190 metri dal p.c.;



L'elaborato è tratto da "Studio geologico del territorio di media pianura: Comprensorio Carpi -Correggio"



legenda



litotipi prevalentemente argillosi e argilloso limosi



litotipi prevalentemente sabbiosi

l) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, avente uno spessore di 20/30 m, posto tra 180 e 210 m dal p.c.;

m) livello permeabile, in litotipi prevalentemente sabbiosi, avente uno spessore di 3/8 m, posizionato tra 190 e 220 m dal p.c.

Come è facilmente intuibile, tale schematizzazione è puramente indicativa, vista l'estrema variabilità laterale e verticale dei depositi in esame.

### **IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA**

Come in precedenza evidenziato, sul territorio sono stati effettuati numerosi studi che, tra l'altro, si sono proposti di ricostruire, in dettaglio, l'assetto idrogeologico della falda freatica.

La morfologia della superficie freatica è stata pertanto desunta da rilevazioni del livello statico in pozzi a grande diametro.

In tal senso, il Prof. Maurizio Pellegrini, Ordinario di Geologia Applicata presso l'Università degli Studi di Modena, nell'indagine geologico-ambientale allegata alla Variante Generale al P.R.G., riprendendo studi in precedenza effettuati dal Prof. Sergio Tagliavini, per decenni docente di geologia dell'Università degli Studi di Parma, afferma che "Dalla morfologia della superficie freatica, possiamo notare che questa coincide con l'andamento della superficie topografica e presenta quindi un andamento complessivamente Sud/Ovest-Nord/Est, caratteristico di questo tratto della media pianura. I gradienti idraulici sono molto bassi e oscillano attorno a valori dell'1-3%".

In effetti, la conformazione della falda freatica, oltre che dall'assetto topografico, è condizionata dall'andamento del substrato impermeabile, dai valori di trasmissività dell'acquifero, dal reticolo idrografico superficiale e dai terreni affioranti al piano campagna.

Nel territorio il deflusso delle acque presenta un andamento da sud verso nord in direzione di un'asse di drenaggio idrico sotterraneo principale che lambisce la periferia dell'abitato di San

Martino in Rio. Come si evince dalla carta delle isopieze freatiche, tratta dalla tav. G3 del P.S.C., si osserva poi come l'area in esame ricada ad occidente di uno spartiacque idrico sotterraneo principale (cf. stralcio in allegato).

La carta idrogeologica evidenzia altresì che, nel territorio in esame, la profondità dell'acqua di falda rispetto alla quota del piano campagna risulta essere posta a circa un metro di profondità rispetto alla quota del piano campagna.

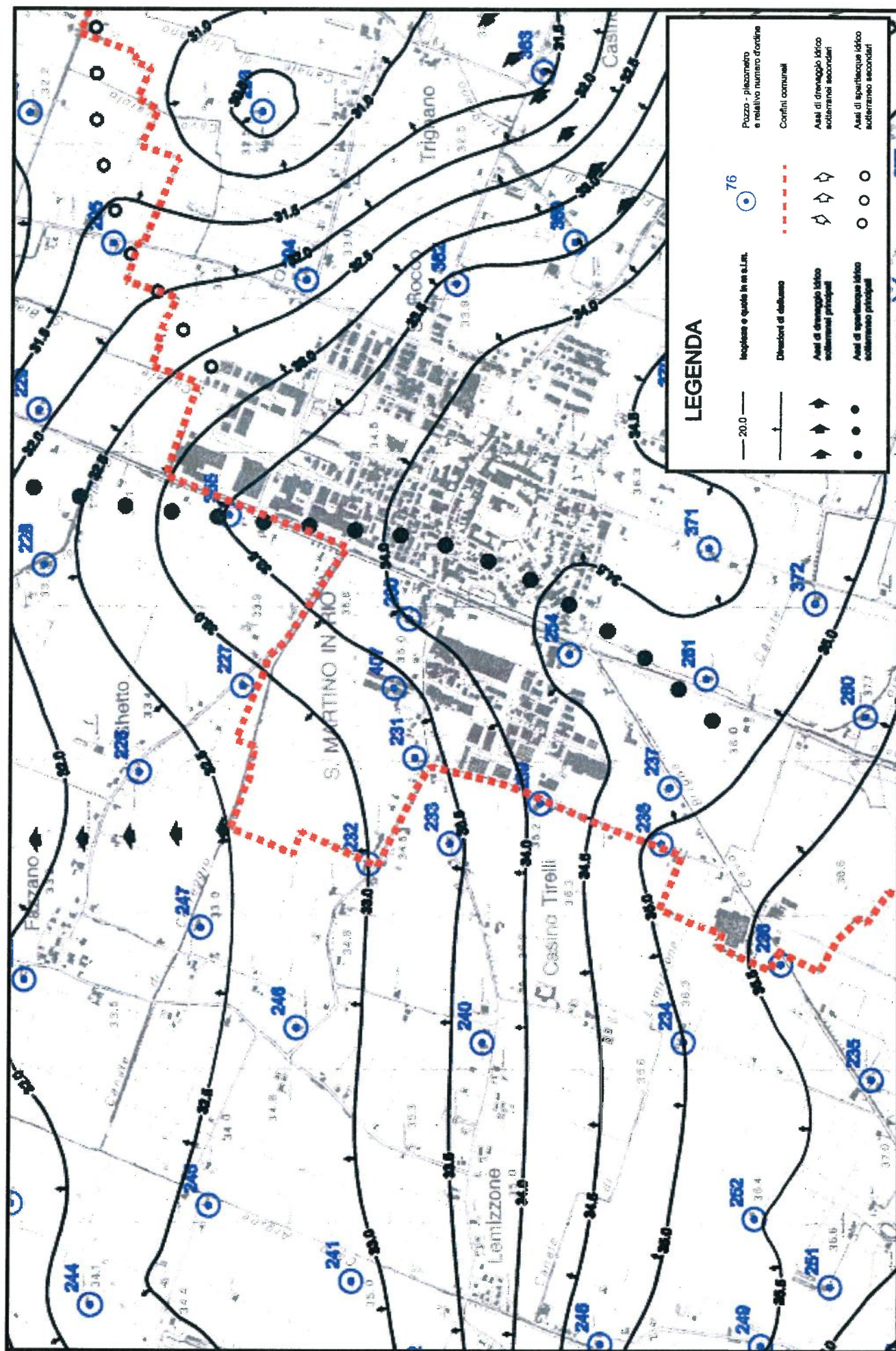
Sostanzialmente in sintonia con quanto segnalato da questa carta, misure effettuate nel foro di sonda al termine dell'indagine hanno accertato che il livello statico della falda si è in breve tempo posizionato alla profondità di 1.5÷1.9 m rispetto alla quota del piano campagna.

A prescindere da anomalie ascrivibili ad interventi di origine antropica tali da aver localmente alterato l'assetto idrogeologico del primo sottosuolo, che il territorio in esame non sia soggetto a variazioni del livello statico della falda ci viene testimoniato dalla Figura n° 2 tratta da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee nella pianura reggiana; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia". La carta evidenzia infatti che in San Martino in Rio, in direzione dell'abitato di Correggio, la variazione di livello statico delle falde sotterranee deve essere considerata nulla.

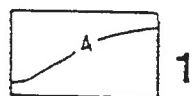
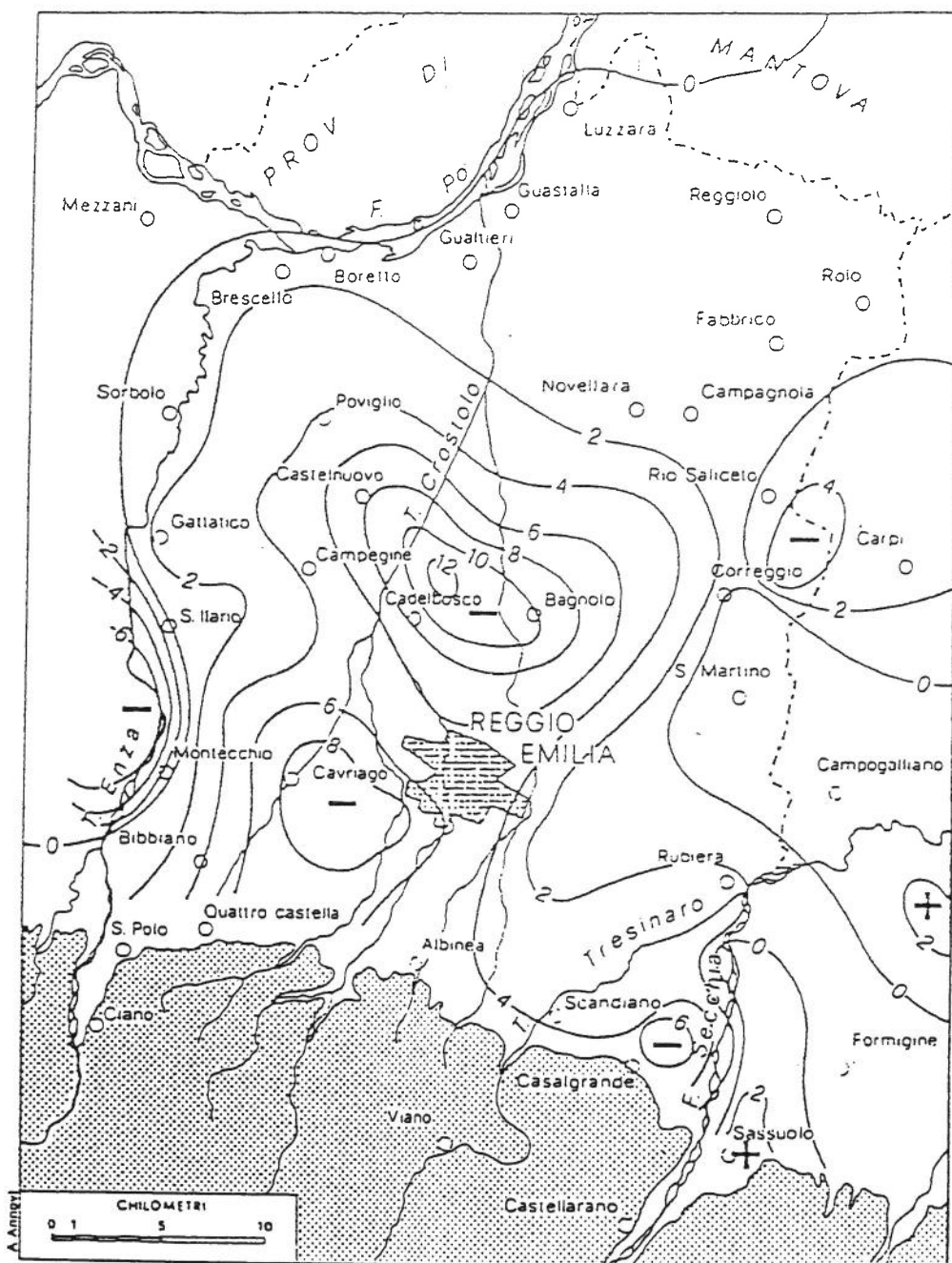
Dall'esame della "Carta delle aree storicamente inondate dal 1936 al 2006" (Tav. n° 6, allegato n° 6) del QC del PTCP vigente si evince poi che il lotto di terreno in esame non ricade in un contesto di aree storicamente inondabili.

# CARTA DELLE ISOPIEZE DELLA FALDA FREATICA

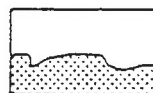
Stralcio tratto dalla tav. G3 del P.S.C.







1



2

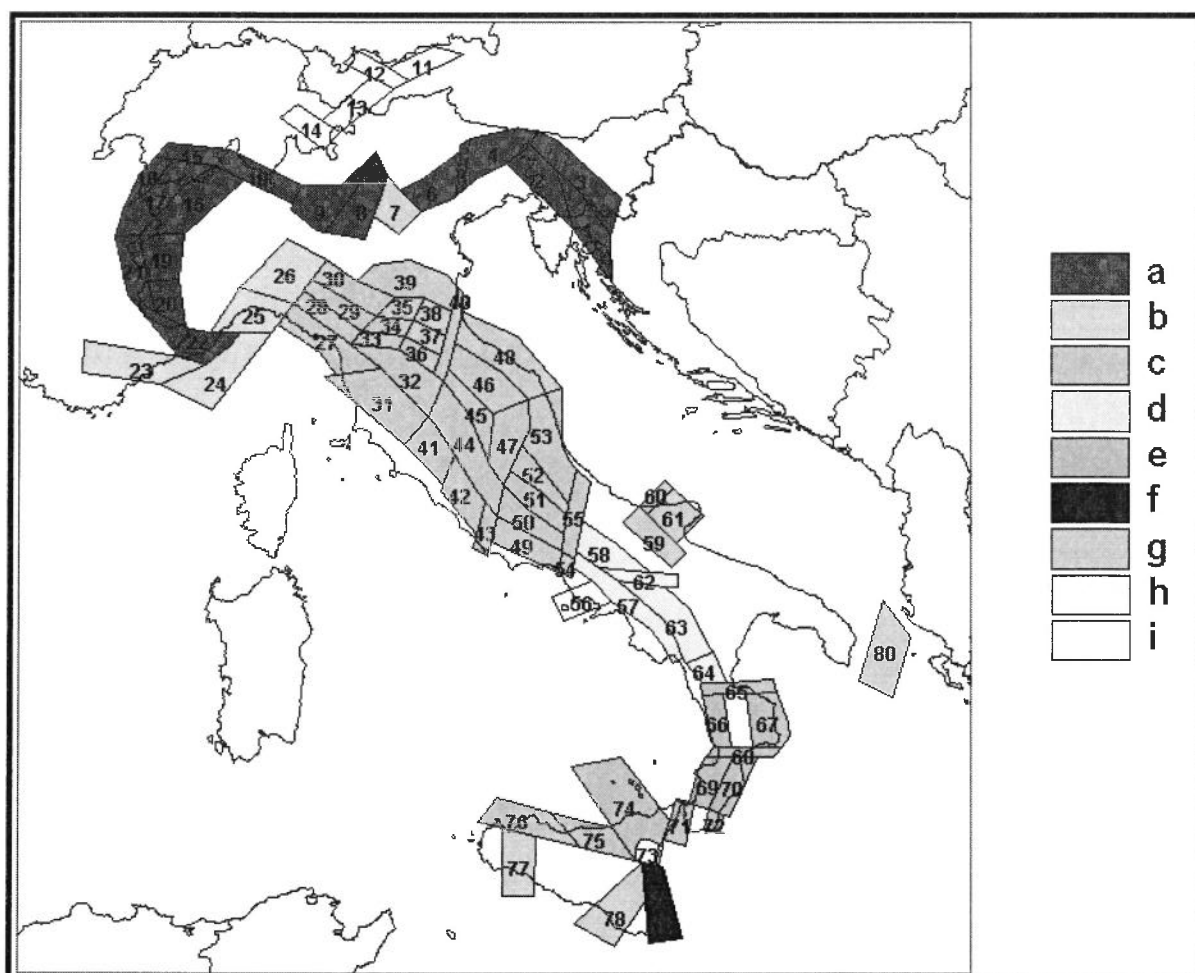
L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1983 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

## SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico.

Secondo questa suddivisione, l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a  $PGA = 0.15g$  (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in San Martino in Rio (RE), in epoca storica, il valore del VII/VIII grado MCS. (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di San Martino in Rio (RE)  
[44.733, 10.784]

Osservazioni disponibili: 9

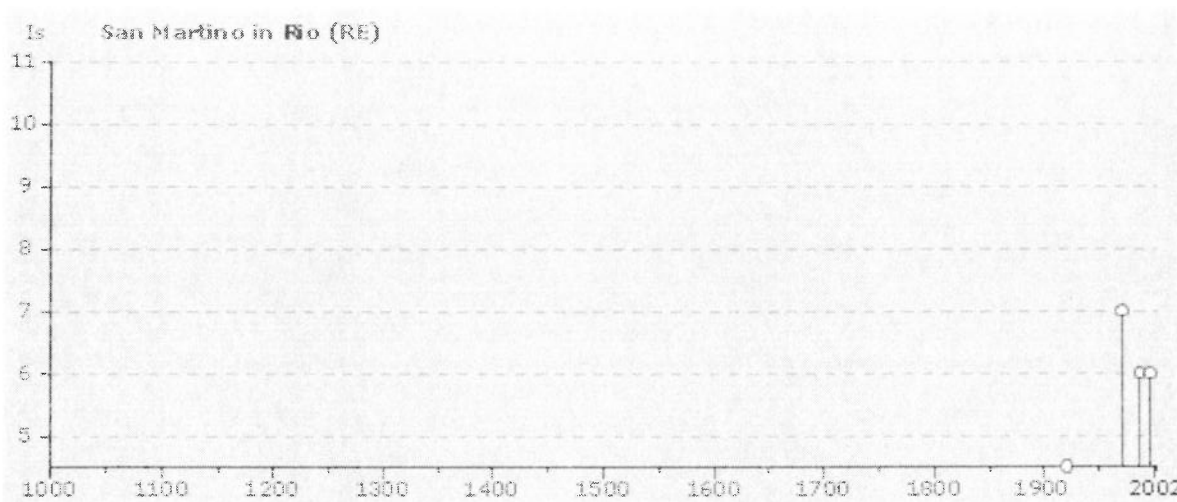
| Effetti |      | In occasione del terremoto: |    |    |    |    |                    |           |
|---------|------|-----------------------------|----|----|----|----|--------------------|-----------|
| Is      | Anno | Me                          | Gi | Or | Mi | Se | AE                 | Io Mw     |
| 7       | 1971 | 07                          | 15 | 01 | 33 | 23 | Parmense           | 7-8 5.61  |
| 6       | 1987 | 05                          | 02 | 20 | 43 | 53 | REGGIANO           | 6 5.05    |
| 6       | 1996 | 10                          | 15 | 09 | 55 | 60 | CORREGGIO          | 7 5.44    |
| 4-5     | 1920 | 09                          | 07 | 05 | 55 | 40 | Garfagnana         | 9-10 6.48 |
| 4       | 1950 | 05                          | 06 | 03 | 43 |    | REGGIANO           | 4 4.46    |
| 3-4     | 1957 | 08                          | 27 | 11 | 54 |    | ZOCCA              | 6 5.06    |
| NF      | 1984 | 04                          | 29 | 05 | 02 | 59 | GUBBIO/VALFABBRICA | 7 5.68    |
| NF      | 1986 | 12                          | 06 | 17 | 07 | 19 | BONDENO            | 6 4.56    |
| NF      | 1995 | 10                          | 10 | 06 | 54 | 22 | LUNIGIANA          | 7 5.04    |

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

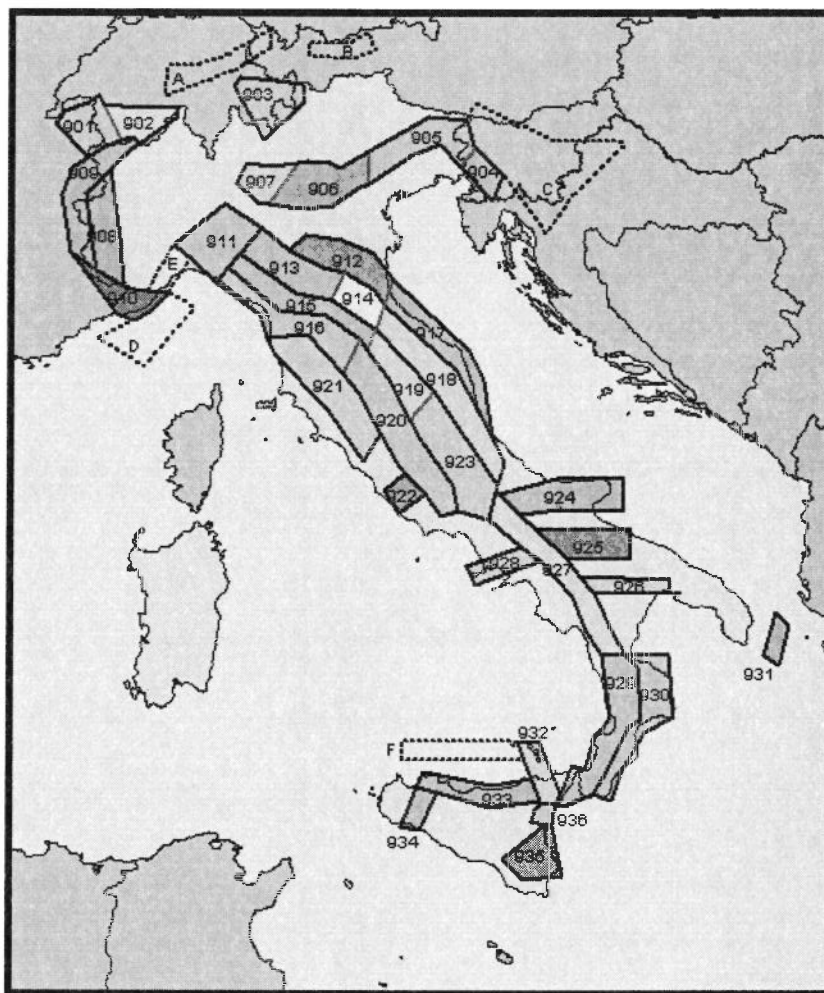
L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di San Martino in Rio, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore ( $a_g/g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di San Martino in Rio (RE), l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè  $T = 0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), di 0.158.





Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. In base alla velocità delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (VS30), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E), più altre due speciali (S1 e S2).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato effettuato un sondaggio sismico. La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro.

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità

delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di sei strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S ( $V_S$ ) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato).

Per i primi sei strati sono stati ottenuti i seguenti valori di:

| 1° STRATO                 | 2° STRATO                 | 3° STRATO                 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $V_S = 327 \text{ m/sec}$ | $V_S = 174 \text{ m/sec}$ | $V_S = 121 \text{ m/sec}$ |
| $d = 1.7 \text{ m}$       | $d = 5.8 \text{ m}$       | $d = 12.3 \text{ m}$      |

| 4° STRATO                 | 5° STRATO                 | 6° STRATO                 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $V_S = 236 \text{ m/sec}$ | $V_S = 381 \text{ m/sec}$ | $V_S = 301 \text{ m/sec}$ |
| $d = 1.4 \text{ m}$       | $d = 2.6 \text{ m}$       | $d = 6.2 \text{ m}$       |

La valutazione del valore  $V_{S30}$  viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

$h_i$  = spessore dello strato iesimo, m

$v_i$  = velocità onde di taglio strato iesimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{s30} = 173 \text{ m/sec.}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria D “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti*” con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

### **PERIODO DI RITORNO E PERICOLOSITÀ DELL’AZIONE SISMICA**

La Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornisce i criteri per l’individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante;

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;
- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b "Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento" prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata (analisi di II livello).

L'analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione  $F_a$  sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura ( $V_{sH}$ ) o nei primi 30 metri dalla superficie ( $V_{s30}$ ), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$



La Delibera Regionale 112/2007, per un'analisi semplificata di secondo livello, propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di  $V_{sH}$  o di  $V_{s30}$  con i fattori di amplificazione. Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area di studio. I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità all'interno di due intervalli distinti:

0.1-0.5 sec

0.5-1.0 sec

La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione  $F_a$  è riportata nella sottostante tabella:

**F.A. P.G.A.**

| $V_{s30}$ | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F.A.      | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |

**F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$**

| $V_{s30}$ | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F.A.      | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 |

**F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$**

| $V_{s30}$ | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F.A.      | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 1.0 |

La tabella è relativa ad una stratigrafia costituita da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche deca metrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ( $\geq 100$  metri da p.c.) che corrisponde, con le naturali approssimazioni insite in ogni tipo di suddivisione o classificazione, alle conoscenze geologiche disponibili nell'area di studio basate su pregresse indagini geognostiche e geofisiche nonché all'estrapolazione dei dati dell'indagine MASW.

In base al valore di  $V_{s30}$  di 173 m/s, ottenuto estrapolando i dati dall'analisi di sismica a rifrazione tipo MASW, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

$$\text{PGA F.A.} = 1.5$$

$$\text{SI (0.1 - 0.5 sec) F.A.} = 1.8$$

$$\text{SI (0.5 - 1.0 sec) F.A.} = 2.5$$

### **RISPOSTA SISMICA LOCALE**

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, che recepisce quanto già riportato nell'Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

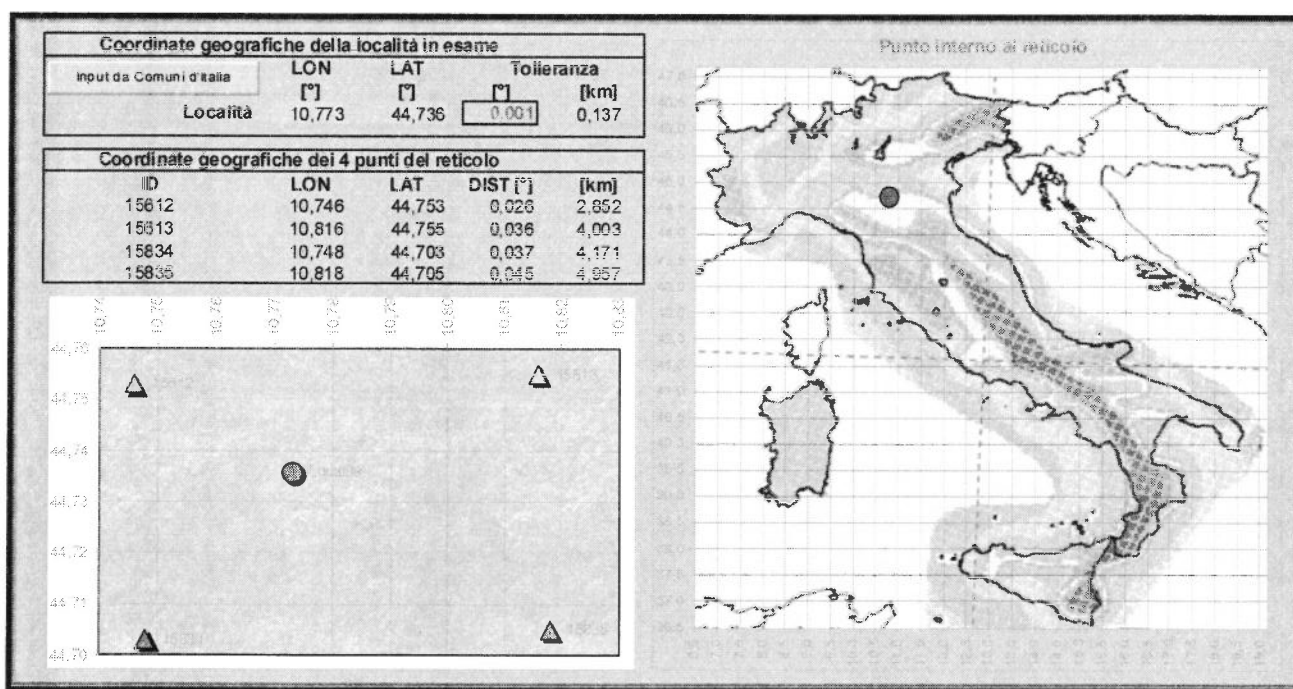
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima
- $F_0$  = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_{c*}$  = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per la definizione dell'Azione Sismica possono essere calcolati mediante l'utilizzo del programma di calcolo "Calcolo Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

| VITA DELLA STRUTTURA |                 |
|----------------------|-----------------|
| Vita nominale        | $V_N$ 50 [anni] |
| Classe d'uso         | $C_U$ II        |
| Vita di riferimento  | $V_R$ 50 [anni] |

| CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO |           |
|----------------------------------|-----------|
| Topografia                       | T1        |
| Coeff. topografico               | $S_T$ 1,0 |
| Categoria suolo                  | 0         |

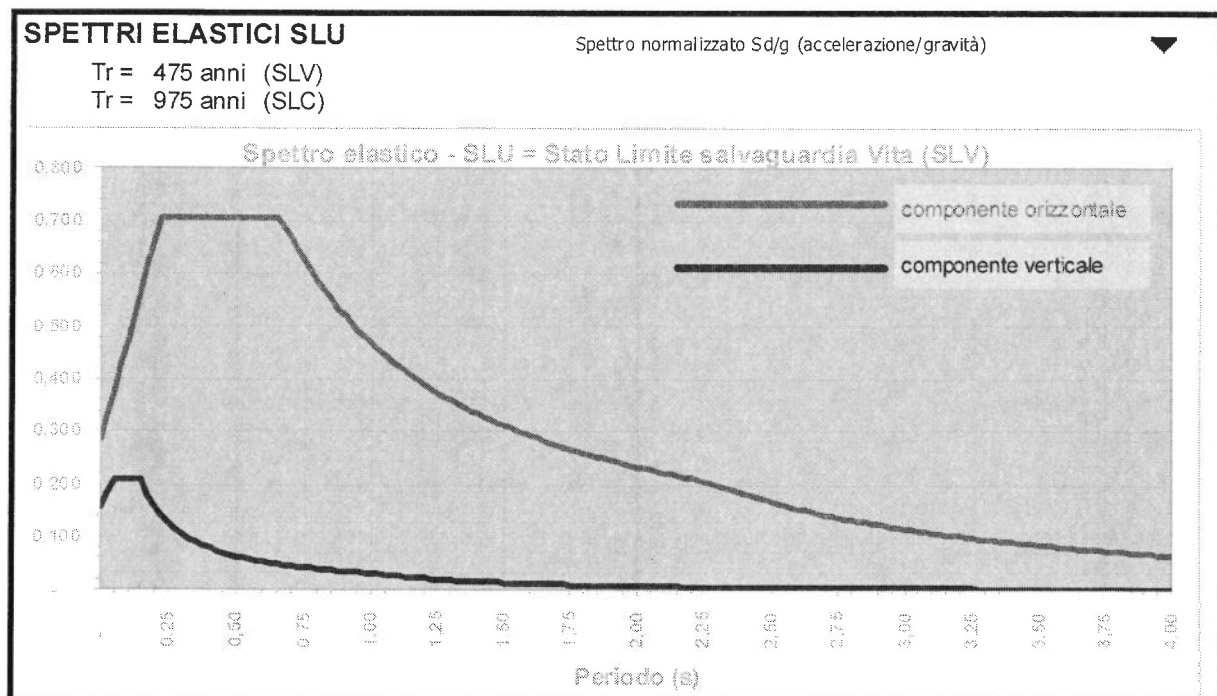
|     | SL          | $P_{VR}$ | $T_R$ | $a_g$ | $F_o$ | $T_c^*$ | S    | $T_b$ | $T_c$ | $T_D$ | $F_v$ |
|-----|-------------|----------|-------|-------|-------|---------|------|-------|-------|-------|-------|
| sle | Operatività | 81%      | 30    | 0,453 | 2,49  | 0,25    | 1,80 | 0,21  | 0,63  | 1,78  | 0,71  |
| sle | Danno       | 63%      | 50    | 0,568 | 2,50  | 0,27    | 1,80 | 0,22  | 0,65  | 1,83  | 0,80  |
| slu | Salv. Vita  | 10%      | 475   | 1,577 | 2,49  | 0,28    | 1,80 | 0,22  | 0,66  | 2,23  | 1,33  |
| slu | Collasso    | 5%       | 975   | 2,094 | 2,48  | 0,28    | 1,62 | 0,22  | 0,66  | 2,44  | 1,53  |

I valori dei principali parametri sismici ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ ) riferiti all'area in oggetto al  $T_R = 475$  anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

$$a_g = a_g/g = 1.577 / 9.81 = 0.161 \quad F_o = 2.49 \quad T_c^* = 0.28$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g \quad \text{in cui:}$$

$S_s$  = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

$S_t$  = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$**

| Categoria<br>sottosuolo | $S_s$                                                           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| A                       | 1,00                                                            |
| B                       | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ |
| C                       | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ |
| D                       | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ |
| E                       | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ |

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 14.01.2008*):

$S_s = 1.80$  - Categoria sottosuolo D

$S_t = 1.0$  - Categoria topografica T1

$a_g = 0.161 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.80 \cdot 1.0 \cdot 0.161 = 0.289 \cdot g.$$



## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Viste le risultanze delle penetrometrie, si è ritenuto opportuno procedere alla verifica utilizzando i dati forniti dall'indagine CPT3 in cui, come sottolineato in geolitologia, alle argille più frequentemente si alternano, anche in banchi dello spessore di circa 2 m, sabbie limose e sabbie addensate.

Pur avendo quindi introdotto condizioni senza ombra di dubbio cautelative, è stato appurato, con l'ausilio del programma LAN prodotto dalla Ditta Aztec Informatica, che **il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione basso.**

La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata con il metodo di "Robertson e Wride – 1997" che utilizza le prove penetrometriche statiche.

## **METODOLOGIA D'INDAGINE**

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno vengono determinate sulla base dei dati acquisiti con quattro prove penetrometriche.

Le penetrometrie sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$ ).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura all'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono  $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono  $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto  $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p (\text{Kg/cm}^2)$  = resistenza alla punta (conica)
- $R_L (\text{Kg/cm}^2)$  = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta  $R_p$  e la resistenza laterale  $R_L$  sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto  $R_p/R_L$  fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = (R_L/R_p) \%$  (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alla prova penetrometrica statica CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata  $C_u$ , angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ , densità relativa  $D_r$ , modulo edometrico  $M_o$ , moduli di deformazione non drenato  $E_u$  e drenato  $E'$ , peso di volume  $Y$ , ecc.).

## **CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI**

Le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici:

### Livello A

Strato che dal piano campana, annettendo il terreno vegetale, si approfondisce sino a 3.5÷4 m in argille, talora ad elevata componente organica e torbosa, con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.6 \text{ kg/cm}^2 = 58.83 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

$$E = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

### Livello B

Da 3.5÷4 m sino a 7÷7.5 m dal p.c., vi sono argille ad elevata componente organica e torbosa con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 = 39.22 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2 = 7.84 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 15 [^\circ]$$

$$M_o = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

$$E = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

### Livello C

Da 7÷7.5 m sino a 18÷19 m dal p.c., vi sono argille molto consistenti che annettono limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, talora in banchi della potenza di 2 m (CPT3), con valori di:

$$\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3 \quad \text{per la natura granulare}$$

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3 \quad \text{per la natura coesiva}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3 \quad \text{per la natura granulare}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3 \quad \text{per la natura coesiva}$$

$$C_u = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa} \quad \text{per la natura granulare}$$

$$C_u = 0.7 \text{ kg/cm}^2 = 68.64 \text{ kPa} \quad \text{per la natura coesiva}$$

$$c' = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa} \quad \text{per la natura granulare}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa} \quad \text{per la natura coesiva}$$

$$\phi' = 30 [^\circ] \quad \text{per la natura granulare}$$

$$\phi' = 20 [^\circ] \quad \text{per la natura coesiva}$$

$$M_o = 150 \text{ kg/cm}^2 = 14710 \text{ kPa} \quad \text{per la natura granulare}$$

$$M_o = 65 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa} \quad \text{per la natura coesiva}$$

$$E = 130 \text{ kg/cm}^2 = 12748 \text{ kPa} \quad \text{per la natura granulare}$$

$$E = 55 \text{ kg/cm}^2 = 5393 \text{ kPa} \quad \text{per la natura coesiva}$$

### Livello D

Oltre 18÷19 m dal p.c., il deposito si caratterizza per la presenza di argille ed argille sabbioso limose molto consistenti, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.9 \text{ kg/cm}^2 = 88.25 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 19.61 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20 [^\circ]$$

$$M_o = 100 \text{ kg/cm}^2 = 9806 \text{ kPa}$$

$$E = 90 \text{ kg/cm}^2 = 8825 \text{ kPa}$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume;

$\gamma_{\text{sat}}$  = peso di volume saturo;

$C_u$  = coesione non drenata;

$c'$  = coesione efficace;

$\phi'$  = angolo di attrito;

$M_o$  = modulo edometrico;

$E$  = modulo elastico.

## RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato che il deposito possiede una prevalente natura coesiva.

A limi ed argille ad elevata componente organica e torbosa si alternano tuttavia, soprattutto oltre i 10÷11 m, livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, talora anche in banchi, della potenza di circa 2 m, come quello attraversato dall'indagine CPT3 tra 11 m e 13 m.

Oltre i 18÷19 m le penetrometrie hanno riscontrato un netto incremento della consistenza delle argille; visti i dati forniti dal sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW, anche in questo caso, il deposito alluvionale può localmente annettere lenti e banchi di sabbie cementate.

L'indagine geofisica tipo MASW ha quantificato la velocità di propagazione delle onde sismiche, nei primi trenta metri ( $V_{s30}$ ), in 173 m/sec; il suolo di fondazione, in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, può essere quindi assimilato alla categoria D "*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti*" con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_u < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

Per il sito in oggetto, in base al valore di  $V_{s30}$  di 173 m/sec, ottenuto dall'analisi di sismica a rifrazione tipo MASW, sono stati desunti i seguenti fattori di amplificazione:

$$PGA \text{ F.A.} = 1.5$$

$$SI (0.1 - 0.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 1.8$$

$$SI (0.5 - 1.0 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 2.5$$

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al  $TR = 475$



anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori:  $a_g = a_g/g = 1.577 / 9.81 = 0.161$ ;  $F_o = 2.49$ ;  $T_c^* = 0.28$ .

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di  $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.80 \cdot 1.0 \cdot 0.161 = 0.289 \cdot g$ .

In conformità con richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e con quanto prescritto dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Viste le risultanze delle penetrometrie, si è ritenuto opportuno procedere alla verifica utilizzando i dati forniti dall'indagine CPT3 in cui alle argille più frequentemente si alternano, anche in banchi dello spessore di circa 2 m, sabbie limose e sabbie addensate.

Pur avendo quindi introdotto condizioni senza ombra di dubbio cautelative, è stato appurato, con l'ausilio del programma LAN prodotto dalla Ditta Aztec Informatica, che **il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione basso**. La verifica è stata effettuata utilizzando il metodo di "Robertson e Wride – 1997" che utilizza le prove penetrometriche statiche.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume ( $\gamma$ ), dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ), della coesione non drenata ( $C_u$ ), della coesione efficace ( $c'$ ), del modulo edometrico ( $M_o$ ) e del modulo elastico ( $E$ ) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. Suddetti valori potranno poi essere utilizzati per il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008.

In sintonia con quanto segnalato sulle carte tematiche, il livello statico della falda, è stato misurato, nei fori di sonda al termine delle penetrometrie, a soli 1.5÷1.9 m dalla quota dell'attuale piano campagna. Questo primo acquifero risente indubbiamente di variazioni legate all'andamento climatico; nelle stagioni secche il livello può essere infatti soggetto ad un abbassamento mentre, come evidenziato dalla "Carta delle isopieze freatiche", tratta dalla tav. G3 di P.S.C., in periodi particolarmente piovosi, essa si può portare a quote ancor più vicine al piano campagna (~ 1 m).

Soprattutto nell'ipotesi che i futuri edifici possano contemplare la realizzazione di piani anche solo parzialmente interrati, non potendo pertanto escludere un'interazione delle future fondazioni con la falda freatica, occorrerà quindi procedere ad un adeguato dosaggio delle malte cementizie e ad un corretto dimensionamento delle strutture portanti affinché esse possano essere in grado di controbilanciare un'eventuale spinta idrodinamica e reagire in modo adeguato all'innescarsi di cedimenti addizionali dovuti ad un aumento della pressione efficace.

Per non incrementare l'ammollimento del terreno alla base delle fondazioni è in ogni caso opportuno che tutte le acque meteoriche e di scarico vengano raccolte ed allontanate, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, in direzione della rete fognaria principale.

Dall'esame della "Carta delle aree storicamente inondate dal 1936 al 2006" (Tav. n° 6, allegato n° 6) del QC del PTCP vigente si evince infine che il lotto di terreno in esame non ricade in un contesto di aree storicamente inondabili.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità dell'area all'attuazione degli interventi edilizi in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, luglio 2013



# **ALLEGATI**



**A) UBICAZIONE INDAGINI**

**B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**  
(effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t)

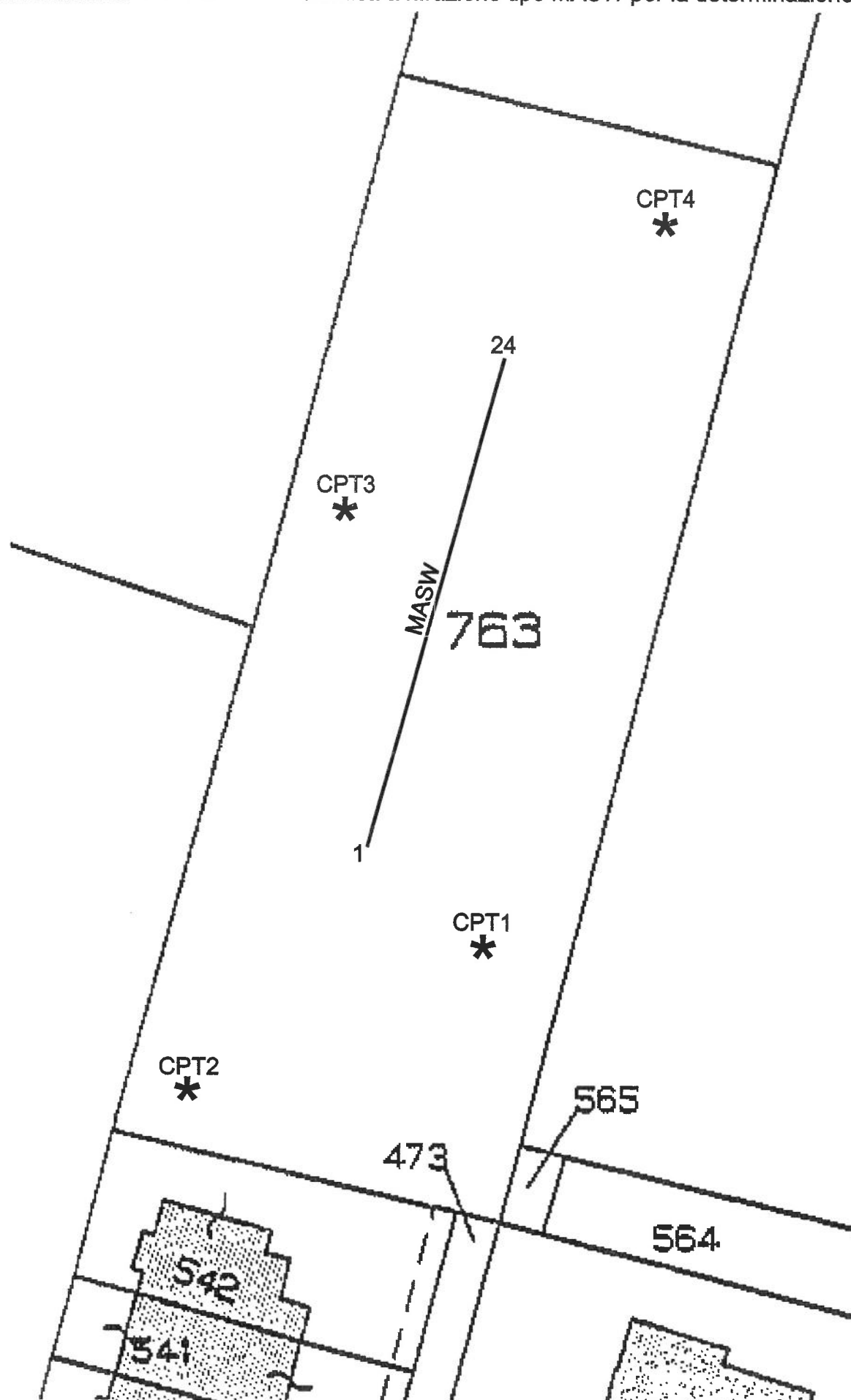
**C) SISMICA A RIFRAZIONE PER  
LA DETERMINAZIONE DEL  $V_{s30}$**   
(realizzata applicando il metodo MASW con sismografo  
PASI 16SG24)

**D) VERIFICA A LIQUEFAZIONE**  
(eseguita con il programma LAN dell'Aztec Informatica)

# UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:500

\* Penetrometrie statiche    — Sismica a rifrazione tipo MASW per la determinazione del Vs30



## **- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -**



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

### PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$  )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (  $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$  )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  (  $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$  )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{\text{max}}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

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

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

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

$R_p / RL = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

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

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

### CONVERSIONI

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

$1 \text{ kPa ( kiloPascal )} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa ( MegaPascal )} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$



## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (R_p / R_L)$

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

| $F = R_p / R_L$  | NATURA LITOLOGICA             | PROPRIETA' |
|------------------|-------------------------------|------------|
| $F < 15$         | TORBE ED ARGILLE ORGANICHE    | COESIVE    |
| $15 < F \leq 30$ | LIMI ED ARGILLE               | COESIVE    |
| $30 < F \leq 60$ | LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE | GRANULARI  |
| $F > 60$         | SABBIE E SABBIE CON GHIAIA    | GRANULARI  |

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

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

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

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

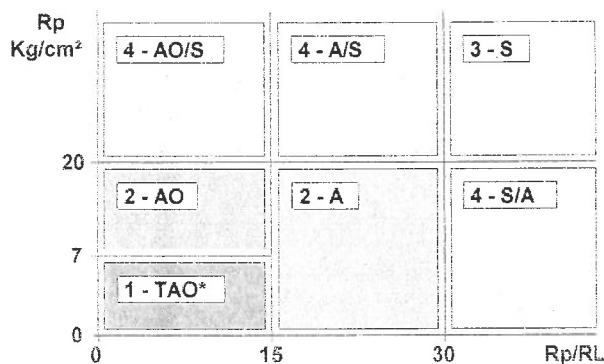
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

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

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

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



### NATURA LITOLOGICA

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

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

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $R_p$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $R_p$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $R_p$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo -  $R_p$  - natura ]  
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni : Dr -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  - Dr -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)  
  - $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata
  - $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
  - $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
( g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) - Dr]

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
 - lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
 - località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
 - note :

- data : 27/06/2013  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,90 m da quota inizio  
 - pagina : 1

| prf   | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI | prf   | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m     | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     | m     | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     |
| 0,20  | 17,0               | ---                | 34,0               | 0,13               | 255,0 | 10,20 | 15,5               | 27,0               | 31,0               | 1,33               | 23,0  |
| 0,40  | 17,0               | 18,0               | 34,0               | 0,07               | 510,0 | 10,40 | 13,0               | 23,0               | 26,0               | 1,07               | 24,0  |
| 0,60  | 17,0               | 17,5               | 34,0               | 0,67               | 51,0  | 10,60 | 12,0               | 20,0               | 24,0               | 1,07               | 22,0  |
| 0,80  | 14,0               | 19,0               | 28,0               | 1,20               | 23,0  | 10,80 | 12,0               | 20,0               | 24,0               | 1,27               | 19,0  |
| 1,00  | 8,0                | 17,0               | 16,0               | 0,67               | 24,0  | 11,00 | 11,0               | 20,5               | 22,0               | 1,20               | 18,0  |
| 1,20  | 9,5                | 14,5               | 19,0               | 1,60               | 12,0  | 11,20 | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,13               | 19,0  |
| 1,40  | 8,0                | 20,0               | 16,0               | 1,33               | 12,0  | 11,40 | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 1,20               | 14,0  |
| 1,60  | 6,0                | 16,0               | 12,0               | 0,67               | 18,0  | 11,60 | 12,0               | 21,0               | 24,0               | 1,00               | 24,0  |
| 1,80  | 7,0                | 12,0               | 14,0               | 0,73               | 19,0  | 11,80 | 14,5               | 22,0               | 29,0               | 0,67               | 43,0  |
| 2,00  | 6,0                | 11,5               | 12,0               | 0,93               | 13,0  | 12,00 | 17,5               | 22,5               | 35,0               | 0,93               | 37,0  |
| 2,20  | 7,0                | 14,0               | 14,0               | 1,00               | 14,0  | 12,20 | 15,0               | 22,0               | 30,0               | 0,53               | 56,0  |
| 2,40  | 7,5                | 15,0               | 15,0               | 0,80               | 19,0  | 12,40 | 13,0               | 17,0               | 26,0               | 1,13               | 23,0  |
| 2,60  | 5,5                | 11,5               | 11,0               | 0,73               | 15,0  | 12,60 | 7,5                | 16,0               | 15,0               | 1,00               | 15,0  |
| 2,80  | 6,0                | 11,5               | 12,0               | 0,53               | 22,0  | 12,80 | 11,5               | 19,0               | 23,0               | 1,47               | 16,0  |
| 3,00  | 6,5                | 10,5               | 13,0               | 1,07               | 12,0  | 13,00 | 12,5               | 23,5               | 25,0               | 1,13               | 22,0  |
| 3,20  | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 0,73               | 25,0  | 13,20 | 10,0               | 18,5               | 20,0               | 1,07               | 19,0  |
| 3,40  | 5,0                | 10,5               | 10,0               | 0,60               | 17,0  | 13,40 | 15,0               | 23,0               | 30,0               | 0,93               | 32,0  |
| 3,60  | 4,5                | 9,0                | 9,0                | 0,40               | 22,0  | 13,60 | 10,0               | 17,0               | 20,0               | 1,20               | 17,0  |
| 3,80  | 3,0                | 6,0                | 6,0                | 0,40               | 15,0  | 13,80 | 7,0                | 16,0               | 14,0               | 0,93               | 15,0  |
| 4,00  | 3,5                | 6,5                | 7,0                | 0,60               | 12,0  | 14,00 | 8,0                | 15,0               | 16,0               | 1,20               | 13,0  |
| 4,20  | 5,0                | 9,5                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 14,20 | 9,0                | 18,0               | 18,0               | 1,27               | 14,0  |
| 4,40  | 4,0                | 8,0                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 14,40 | 11,5               | 21,0               | 23,0               | 1,40               | 16,0  |
| 4,60  | 3,0                | 7,0                | 6,0                | 0,40               | 15,0  | 14,60 | 14,0               | 24,5               | 28,0               | 1,87               | 15,0  |
| 4,80  | 2,5                | 5,5                | 5,0                | 0,40               | 12,0  | 14,80 | 14,0               | 28,0               | 28,0               | 1,87               | 15,0  |
| 5,00  | 3,0                | 6,0                | 6,0                | 0,53               | 11,0  | 15,00 | 14,0               | 28,0               | 28,0               | 1,73               | 16,0  |
| 5,20  | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,47               | 21,0  | 15,20 | 10,0               | 23,0               | 20,0               | 1,33               | 15,0  |
| 5,40  | 5,0                | 8,5                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 15,40 | 5,0                | 15,0               | 10,0               | 0,67               | 15,0  |
| 5,60  | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,60               | 17,0  | 15,60 | 5,5                | 10,5               | 11,0               | 0,60               | 18,0  |
| 5,80  | 3,5                | 8,0                | 7,0                | 0,40               | 17,0  | 15,80 | 5,5                | 10,0               | 11,0               | 0,60               | 18,0  |
| 6,00  | 3,0                | 6,0                | 6,0                | 0,93               | 6,0   | 16,00 | 5,5                | 10,0               | 11,0               | 0,53               | 21,0  |
| 6,20  | 6,0                | 13,0               | 12,0               | 1,00               | 12,0  | 16,20 | 10,5               | 14,5               | 21,0               | 0,80               | 26,0  |
| 6,40  | 7,0                | 14,5               | 14,0               | 0,93               | 15,0  | 16,40 | 12,5               | 18,5               | 25,0               | 1,00               | 25,0  |
| 6,60  | 6,5                | 13,5               | 13,0               | 0,93               | 14,0  | 16,60 | 14,5               | 22,0               | 29,0               | 1,47               | 20,0  |
| 6,80  | 3,0                | 10,0               | 6,0                | 0,40               | 15,0  | 16,80 | 14,0               | 25,0               | 28,0               | 1,07               | 26,0  |
| 7,00  | 2,0                | 5,0                | 4,0                | 0,53               | 7,0   | 17,00 | 13,0               | 21,0               | 26,0               | 1,07               | 24,0  |
| 7,20  | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,67               | 15,0  | 17,20 | 13,0               | 21,0               | 26,0               | 0,93               | 28,0  |
| 7,40  | 5,0                | 10,0               | 10,0               | 0,73               | 14,0  | 17,40 | 12,0               | 19,0               | 24,0               | 1,20               | 20,0  |
| 7,60  | 4,5                | 10,0               | 9,0                | 0,60               | 15,0  | 17,60 | 7,5                | 16,5               | 15,0               | 0,73               | 20,0  |
| 7,80  | 5,0                | 9,5                | 10,0               | 0,80               | 12,0  | 17,80 | 8,0                | 13,5               | 16,0               | 1,07               | 15,0  |
| 8,00  | 3,0                | 9,0                | 6,0                | 0,67               | 9,0   | 18,00 | 7,0                | 15,0               | 14,0               | 1,27               | 11,0  |
| 8,20  | 7,0                | 12,0               | 14,0               | 0,80               | 17,0  | 18,20 | 12,5               | 22,0               | 25,0               | 1,27               | 20,0  |
| 8,40  | 9,0                | 15,0               | 18,0               | 1,00               | 18,0  | 18,40 | 13,5               | 23,0               | 27,0               | 1,40               | 19,0  |
| 8,60  | 9,5                | 17,0               | 19,0               | 1,20               | 16,0  | 18,60 | 8,5                | 19,0               | 17,0               | 1,07               | 16,0  |
| 8,80  | 9,5                | 18,5               | 19,0               | 1,13               | 17,0  | 18,80 | 7,0                | 15,0               | 14,0               | 1,07               | 13,0  |
| 9,00  | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 19,00 | 8,0                | 16,0               | 16,0               | 1,33               | 12,0  |
| 9,20  | 8,0                | 16,0               | 16,0               | 0,93               | 17,0  | 19,20 | 17,5               | 27,5               | 35,0               | 3,47               | 10,0  |
| 9,40  | 5,0                | 12,0               | 10,0               | 0,73               | 14,0  | 19,40 | 22,0               | 48,0               | 44,0               | 3,60               | 12,0  |
| 9,60  | 3,5                | 9,0                | 7,0                | 0,60               | 12,0  | 19,60 | 23,0               | 50,0               | 46,0               | 3,67               | 13,0  |
| 9,80  | 5,5                | 10,0               | 11,0               | 0,53               | 21,0  | 19,80 | 23,5               | 51,0               | 47,0               | 4,00               | 12,0  |
| 10,00 | 15,0               | 19,0               | 30,0               | 1,53               | 20,0  | 20,00 | 25,0               | 55,0               | 50,0               | -----              | ----- |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35,7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

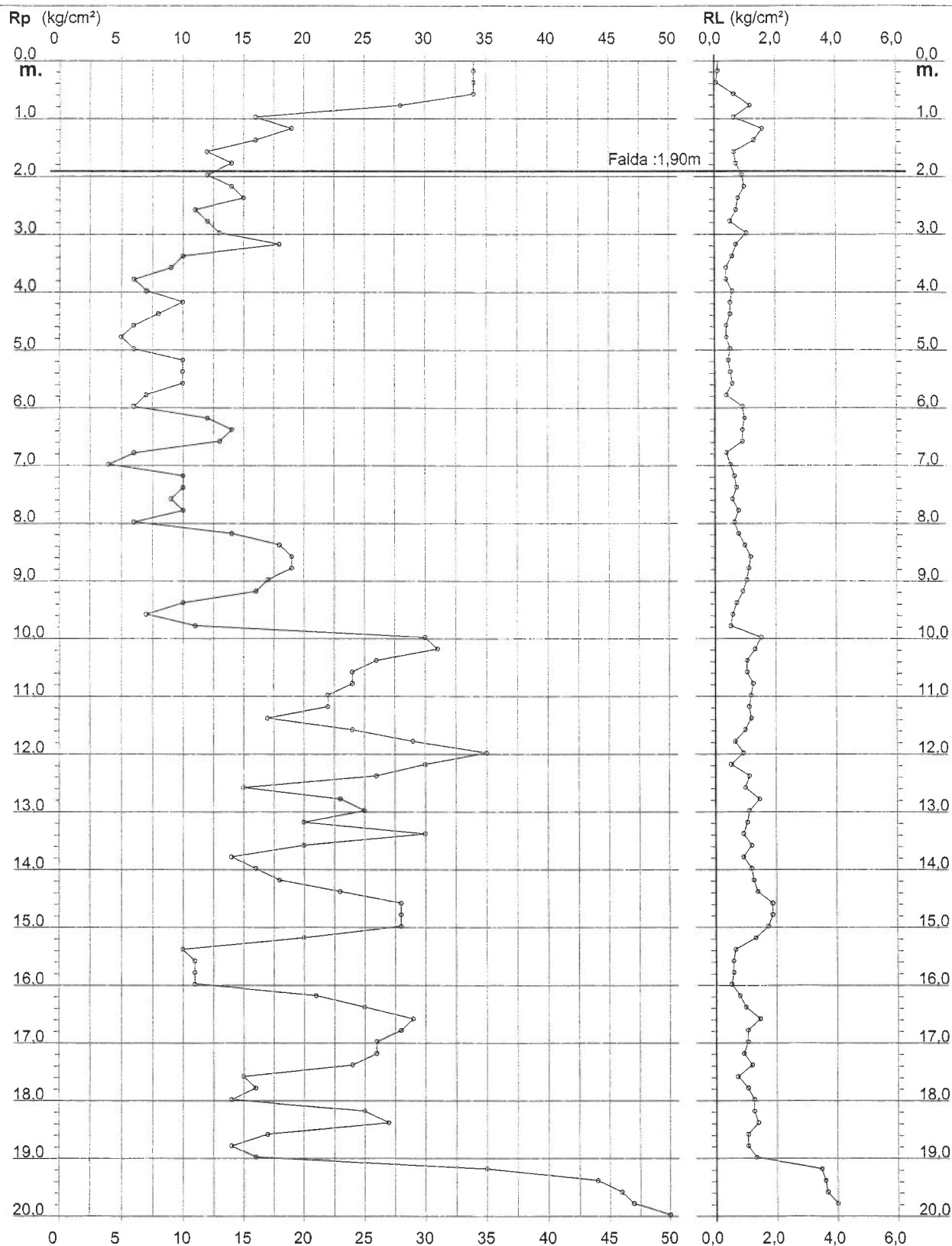
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)

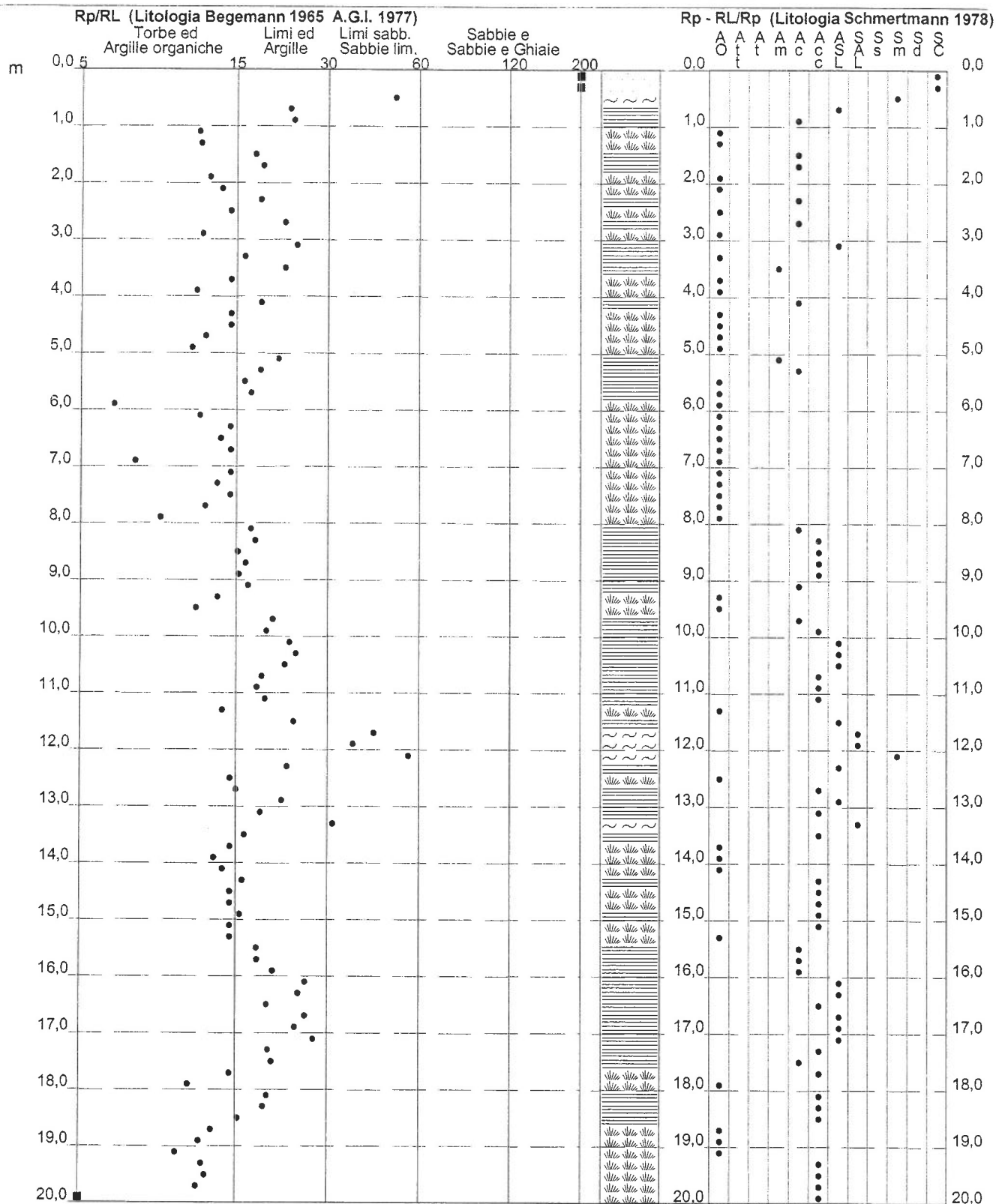
- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



## CPT 1

2.010496-059

- data : 27/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



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

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
- note :

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio  
- pagina : 1

| NATURA COESIVA |              |              |                  |            |                |              |            |                |                |              |         | NATURA GRANULARE |            |            |            |            |            |               |                |                |              |  |  |
|----------------|--------------|--------------|------------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|---------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------|--|--|
| Prof.<br>m     | Rp<br>kg/cm² | Rp/Ri<br>(-) | Natura<br>Litol. | Y'<br>t/m³ | p'vo<br>kg/cm² | Cu<br>kg/cm² | OCR<br>(-) | Eu50<br>kg/cm² | Eu25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>% | ø1s<br>(°)       | ø2s<br>(°) | ø3s<br>(°) | ø4s<br>(°) | ødm<br>(°) | amy<br>(°) | Amax/g<br>(-) | E'50<br>kg/cm² | E'25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² |  |  |
| 0,20           | 34           | 255          | 3:...            | 1,85       | 0,04           | --           | --         | --             | --             | --           | 100     | 42               | 43         | 45         | 46         | 45         | 29         | 0,258         | 57             | 85             | 102          |  |  |
| 0,40           | 34           | 510          | 3:...            | 1,85       | 0,07           | --           | --         | --             | --             | --           | 98      | 42               | 43         | 44         | 46         | 44         | 29         | 0,253         | 57             | 85             | 102          |  |  |
| 0,60           | 34           | 51           | 3:...            | 1,85       | 0,11           | --           | --         | --             | --             | --           | 89      | 40               | 42         | 43         | 45         | 42         | 29         | 0,218         | 57             | 85             | 102          |  |  |
| 0,80           | 28           | 23           | 4:...            | 1,85       | 0,15           | 0,97         | 65,5       | 164            | 246            | 84           | 75      | 38               | 40         | 42         | 44         | 40         | 28         | 0,174         | 47             | 70             | 84           |  |  |
| 1,00           | 16           | 24           | 2:...            | 1,85       | 0,19           | 0,70         | 32,9       | 118            | 177            | 52           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 1,20           | 19           | 12           | 2:...            | 1,85       | 0,22           | 0,78         | 30,0       | 132            | 198            | 58           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 1,40           | 16           | 12           | 2:...            | 1,85       | 0,26           | 0,70         | 21,6       | 118            | 177            | 52           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 1,60           | 12           | 18           | 2:...            | 1,85       | 0,30           | 0,57         | 14,3       | 97             | 146            | 45           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 1,80           | 14           | 19           | 2:...            | 1,85       | 0,33           | 0,64         | 14,1       | 108            | 162            | 48           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 2,00           | 12           | 13           | 2:...            | 1,85       | 0,35           | 0,57         | 11,5       | 97             | 146            | 45           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 2,20           | 14           | 14           | 2:...            | 0,94       | 0,37           | 0,64         | 12,4       | 108            | 162            | 48           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 2,40           | 15           | 19           | 2:...            | 0,95       | 0,39           | 0,67         | 12,3       | 113            | 170            | 50           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 2,60           | 11           | 15           | 2:...            | 0,91       | 0,41           | 0,54         | 8,9        | 97             | 145            | 42           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 2,80           | 12           | 22           | 2:...            | 0,92       | 0,43           | 0,57         | 9,1        | 101            | 152            | 45           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 3,00           | 13           | 12           | 2:...            | 0,93       | 0,44           | 0,60         | 9,2        | 106            | 159            | 47           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 3,20           | 18           | 25           | 2:...            | 0,98       | 0,46           | 0,75         | 11,4       | 128            | 191            | 56           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 3,40           | 10           | 17           | 2:...            | 0,90       | 0,48           | 0,50         | 6,6        | 124            | 186            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 3,60           | 9            | 22           | 2:...            | 0,88       | 0,50           | 0,45         | 5,5        | 135            | 203            | 38           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 3,80           | 6            | 15           | 1:...            | 0,46       | 0,51           | 0,30         | 3,2        | 28             | 42             | 9            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 4,00           | 7            | 12           | 1:...            | 0,46       | 0,52           | 0,35         | 3,8        | 26             | 40             | 11           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 4,20           | 10           | 19           | 2:...            | 0,90       | 0,54           | 0,50         | 5,8        | 144            | 215            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 4,40           | 8            | 15           | 2:...            | 0,86       | 0,55           | 0,40         | 4,2        | 155            | 232            | 35           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 4,60           | 6            | 15           | 1:...            | 0,46       | 0,56           | 0,30         | 2,9        | 31             | 47             | 9            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 4,80           | 5            | 12           | 1:...            | 0,46       | 0,57           | 0,25         | 2,2        | 29             | 44             | 8            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 5,00           | 6            | 11           | 1:...            | 0,46       | 0,58           | 0,30         | 2,7        | 32             | 48             | 9            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 5,20           | 10           | 21           | 2:...            | 0,90       | 0,60           | 0,50         | 5,0        | 165            | 248            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 5,40           | 10           | 19           | 2:...            | 0,90       | 0,62           | 0,50         | 4,8        | 171            | 257            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 5,60           | 10           | 17           | 2:...            | 0,90       | 0,63           | 0,50         | 4,7        | 177            | 265            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 5,80           | 7            | 17           | 2:...            | 0,84       | 0,65           | 0,35         | 2,9        | 176            | 264            | 32           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 6,00           | 6            | 6            | 1:...            | 0,46       | 0,66           | 0,30         | 2,3        | 34             | 51             | 9            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 6,20           | 12           | 12           | 2:...            | 0,92       | 0,68           | 0,57         | 5,1        | 187            | 281            | 45           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 6,40           | 14           | 15           | 2:...            | 0,94       | 0,70           | 0,64         | 5,6        | 188            | 283            | 48           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 6,60           | 13           | 14           | 2:...            | 0,93       | 0,72           | 0,60         | 5,1        | 197            | 296            | 47           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 6,80           | 6            | 15           | 1:...            | 0,46       | 0,73           | 0,30         | 2,1        | 36             | 53             | 9            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 7,00           | 4            | 7            | 1:...            | 0,46       | 0,74           | 0,20         | 1,2        | 26             | 39             | 6            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 7,20           | 10           | 15           | 2:...            | 0,90       | 0,75           | 0,50         | 3,8        | 212            | 318            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 7,40           | 10           | 14           | 2:...            | 0,90       | 0,77           | 0,50         | 3,7        | 218            | 327            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 7,60           | 9            | 15           | 2:...            | 0,88       | 0,79           | 0,45         | 3,1        | 218            | 327            | 38           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 7,80           | 10           | 12           | 2:...            | 0,90       | 0,81           | 0,50         | 3,5        | 227            | 341            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 8,00           | 6            | 9            | 1:...            | 0,46       | 0,82           | 0,30         | 1,8        | 37             | 55             | 9            | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 8,20           | 14           | 17           | 2:...            | 0,94       | 0,83           | 0,64         | 4,5        | 233            | 349            | 48           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 8,40           | 18           | 18           | 2:...            | 0,98       | 0,85           | 0,75         | 5,3        | 233            | 350            | 56           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 8,60           | 19           | 16           | 2:...            | 0,99       | 0,87           | 0,78         | 5,4        | 238            | 357            | 58           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 8,80           | 19           | 17           | 2:...            | 0,99       | 0,89           | 0,78         | 5,3        | 245            | 367            | 58           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 9,00           | 17           | 16           | 2:...            | 0,97       | 0,91           | 0,72         | 4,7        | 254            | 381            | 54           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 9,20           | 16           | 17           | 2:...            | 0,96       | 0,93           | 0,70         | 4,4        | 260            | 391            | 52           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 9,40           | 10           | 14           | 2:...            | 0,90       | 0,95           | 0,50         | 2,8        | 254            | 381            | 40           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 9,60           | 7            | 12           | 1:...            | 0,46       | 0,96           | 0,35         | 1,8        | 43             | 65             | 11           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 9,80           | 11           | 21           | 2:...            | 0,91       | 0,98           | 0,54         | 3,0        | 266            | 399            | 42           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 10,00          | 30           | 20           | 4:...            | 0,96       | 1,00           | 0,60         | 6,3        | 260            | 390            | 90           | 31      | 32               | 35         | 38         | 40         | 30         | 29         | 0,059         | 50             | 75             | 90           |  |  |
| 10,20          | 31           | 23           | 4:...            | 0,97       | 1,02           | 1,03         | 6,4        | 263            | 395            | 93           | 31      | 32               | 35         | 38         | 41         | 30         | 29         | 0,061         | 52             | 78             | 93           |  |  |
| 10,40          | 26           | 24           | 4:...            | 0,95       | 1,04           | 0,93         | 5,5        | 281            | 421            | 78           | 25      | 31               | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,047         | 43             | 65             | 78           |  |  |
| 10,60          | 24           | 22           | 4:...            | 0,94       | 1,05           | 0,89         | 5,1        | 290            | 435            | 72           | 22      | 31               | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,041         | 40             | 60             | 72           |  |  |
| 10,80          | 24           | 19           | 4:...            | 0,94       | 1,07           | 0,89         | 5,0        | 296            | 445            | 72           | 21      | 31               | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,040         | 40             | 60             | 72           |  |  |
| 11,00          | 22           | 18           | 4:...            | 0,93       | 1,09           | 0,85         | 4,6        | 304            | 456            | 66           | 18      | 30               | 33         | 36         | 39         | 28         | 28         | 0,034         | 37             | 55             | 66           |  |  |
| 11,20          | 22           | 19           | 4:...            | 0,93       | 1,11           | 0,85         | 4,5        | 310            | 465            | 66           | 17      | 30               | 33         | 36         | 39         | 28         | 28         | 0,033         | 37             | 55             | 66           |  |  |
| 11,40          | 17           | 14           | 2:...            | 0,97       | 1,13           | 0,72         | 3,6        | 319            | 478            | 54           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 11,60          | 24           | 24           | 4:...            | 0,94       | 1,15           | 0,89         | 4,6        | 320            | 480            | 72           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 11,80          | 29           | 43           | 3:...            | 0,87       | 1,17           | --           | --         | --             | --             | --           | 20      | 31               | 34         | 36         | 40         | 28         | 28         | 0,037         | 40             | 60             | 72           |  |  |
| 12,00          | 35           | 37           | 3:...            | 0,89       | 1,18           | --           | --         | --             | --             | --           | 26      | 32               | 34         | 37         | 40         | 29         | 29         | 0,049         | 48             | 73             | 87           |  |  |
| 12,20          | 30           | 56           | 3:...            | 0,88       | 1,20           | --           | --         | --             | --             | --           | 32      | 32               | 35         | 38         | 41         | 30         | 29         | 0,062         | 58             | 88             | 105          |  |  |
| 12,40          | 26           | 23           | 4:...            | 0,95       | 1,22           | 0,93         | 4,5        | 340            | 511            | 78           | 21      | 31               | 34         | 37         | 40         | 28         | 28         | 0,040         | 43             | 65             | 78           |  |  |
| 12,60          | 15           | 15           | 2:...            | 0,95       | 1,24           | 0,67         | 2,9        | 334            | 502            | 50           | --      | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |  |  |
| 12,80          | 23           | 16           | 4:...            | 0,94       | 1,26           | 0,87         | 3,9        | 352            | 528            | 69           | 16      | 30               | 33         | 36         | 39         | 27         | 28         | 0,031         | 38             | 58             | 69           |  |  |
| 13,00          | 25           | 22           | 4:...            | 0,94       | 1,28           | 0,91         | 4,1        | 356            | 535            | 75           | 18      | 31               | 33         | 36         | 39         | 28         | 28         | 0,035         | 42             | 63             | 75           |  |  |
| 13,20          | 20           | 19           | 4:...            | 0,93       | 1,30           | 0,80         | 3,4        | 365            | 547            | 60           | 10      | 29               | 32         | 36         | 39         | 27         | 27         | 0,021         | 33             | 50             | 60           |  |  |
| 13,40          | 30           | 32           | 3:...            | 0,88       | 1,31           | --           | --         | --             | --             | --           | 24      | 31               | 34         | 37         | 40         | 29         | 29         | 0,046         | 50             | 75             | 90           |  |  |
| 13,60          | 20           | 17           | 4:...            | 0,93       | 1,33           | 0,80         | 3,3        | 373            | 559            | 60           | 10      | 29               | 32         | 35         | 39         | 26         | 27         | 0,020         | 33             | 50             | 60           |  |  |
| 13,80          | 14           | 15           | 2:...            | 0,94       | 1,35           |              |            |                |                |              |         |                  |            |            |            |            |            |               |                |                |              |  |  |

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
 - lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
 - località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
 - note :

- data : 27/06/2013  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,85 m da quota inizio  
 - pagina : 1

| prf   | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI | prf   | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m     | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     | m     | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     |
| 0,20  | 22,0               | ---                | 44,0               | 0,07               | 660,0 | 10,20 | 18,0               | 29,0               | 36,0               | 1,67               | 22,0  |
| 0,40  | 18,5               | 19,0               | 37,0               | 1,00               | 37,0  | 10,40 | 12,5               | 25,0               | 25,0               | 1,20               | 21,0  |
| 0,60  | 15,0               | 22,5               | 30,0               | 1,47               | 20,0  | 10,60 | 13,0               | 22,0               | 26,0               | 1,33               | 19,0  |
| 0,80  | 9,0                | 20,0               | 18,0               | 1,27               | 14,0  | 10,80 | 11,5               | 21,5               | 23,0               | 1,07               | 22,0  |
| 1,00  | 6,0                | 15,5               | 12,0               | 0,87               | 14,0  | 11,00 | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 1,20               | 15,0  |
| 1,20  | 9,5                | 16,0               | 19,0               | 1,20               | 16,0  | 11,20 | 13,0               | 22,0               | 26,0               | 1,33               | 19,0  |
| 1,40  | 9,0                | 18,0               | 18,0               | 1,13               | 16,0  | 11,40 | 13,5               | 23,5               | 27,0               | 1,47               | 18,0  |
| 1,60  | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 0,60               | 28,0  | 11,60 | 10,0               | 21,0               | 20,0               | 0,80               | 25,0  |
| 1,80  | 8,0                | 12,5               | 16,0               | 0,60               | 27,0  | 11,80 | 16,0               | 22,0               | 32,0               | 1,27               | 25,0  |
| 2,00  | 7,5                | 12,0               | 15,0               | 0,53               | 28,0  | 12,00 | 14,0               | 23,5               | 28,0               | 1,47               | 19,0  |
| 2,20  | 7,0                | 11,0               | 14,0               | 0,67               | 21,0  | 12,20 | 14,0               | 25,0               | 28,0               | 1,27               | 22,0  |
| 2,40  | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,67               | 18,0  | 12,40 | 11,5               | 21,0               | 23,0               | 1,20               | 19,0  |
| 2,60  | 8,0                | 13,0               | 16,0               | 0,47               | 34,0  | 12,60 | 9,0                | 18,0               | 18,0               | 1,00               | 18,0  |
| 2,80  | 8,0                | 11,5               | 16,0               | 0,80               | 20,0  | 12,80 | 12,5               | 20,0               | 25,0               | 1,40               | 18,0  |
| 3,00  | 13,5               | 19,5               | 27,0               | 0,67               | 40,0  | 13,00 | 6,5                | 17,0               | 13,0               | 1,07               | 12,0  |
| 3,20  | 9,0                | 14,0               | 18,0               | 0,67               | 27,0  | 13,20 | 9,5                | 17,5               | 19,0               | 1,13               | 17,0  |
| 3,40  | 8,5                | 13,5               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 13,40 | 13,5               | 22,0               | 27,0               | 1,13               | 24,0  |
| 3,60  | 8,0                | 16,0               | 16,0               | 1,07               | 15,0  | 13,60 | 9,5                | 18,0               | 19,0               | 0,87               | 22,0  |
| 3,80  | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 0,80               | 22,0  | 13,80 | 7,5                | 14,0               | 15,0               | 0,80               | 19,0  |
| 4,00  | 8,5                | 14,5               | 17,0               | 0,53               | 32,0  | 14,00 | 6,5                | 12,5               | 13,0               | 1,07               | 12,0  |
| 4,20  | 6,0                | 10,0               | 12,0               | 0,73               | 16,0  | 14,20 | 10,0               | 18,0               | 20,0               | 1,20               | 17,0  |
| 4,40  | 4,0                | 9,5                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 14,40 | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,27               | 17,0  |
| 4,60  | 4,0                | 8,0                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 14,60 | 13,5               | 23,0               | 27,0               | 1,73               | 16,0  |
| 4,80  | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,40               | 25,0  | 14,80 | 14,0               | 27,0               | 28,0               | 1,93               | 14,0  |
| 5,00  | 6,0                | 9,0                | 12,0               | 0,67               | 18,0  | 15,00 | 14,5               | 29,0               | 29,0               | 2,00               | 14,0  |
| 5,20  | 5,0                | 10,0               | 10,0               | 0,60               | 17,0  | 15,20 | 15,0               | 30,0               | 30,0               | 1,67               | 18,0  |
| 5,40  | 6,5                | 11,0               | 13,0               | 0,73               | 18,0  | 15,40 | 9,0                | 21,5               | 18,0               | 0,87               | 21,0  |
| 5,60  | 5,5                | 11,0               | 11,0               | 0,53               | 21,0  | 15,60 | 6,5                | 13,0               | 13,0               | 0,87               | 15,0  |
| 5,80  | 6,0                | 10,0               | 12,0               | 0,27               | 45,0  | 15,80 | 5,0                | 11,5               | 10,0               | 0,40               | 25,0  |
| 6,00  | 9,0                | 11,0               | 18,0               | 0,80               | 22,0  | 16,00 | 3,5                | 6,5                | 7,0                | 0,73               | 10,0  |
| 6,20  | 7,0                | 13,0               | 14,0               | 0,80               | 17,0  | 16,20 | 5,0                | 10,5               | 10,0               | 1,07               | 9,0   |
| 6,40  | 4,0                | 10,0               | 8,0                | 0,47               | 17,0  | 16,40 | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 1,00               | 18,0  |
| 6,60  | 4,5                | 8,0                | 9,0                | 0,33               | 27,0  | 16,60 | 11,5               | 19,0               | 23,0               | 1,20               | 19,0  |
| 6,80  | 7,5                | 10,0               | 15,0               | 0,40               | 37,0  | 16,80 | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,20               | 18,0  |
| 7,00  | 7,5                | 10,5               | 15,0               | 0,40               | 37,0  | 17,00 | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,13               | 19,0  |
| 7,20  | 5,0                | 8,0                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 17,20 | 11,5               | 20,0               | 23,0               | 1,07               | 22,0  |
| 7,40  | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,67               | 15,0  | 17,40 | 12,0               | 20,0               | 24,0               | 1,27               | 19,0  |
| 7,60  | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,87               | 14,0  | 17,60 | 12,5               | 22,0               | 25,0               | 1,27               | 20,0  |
| 7,80  | 9,0                | 15,5               | 18,0               | 1,13               | 16,0  | 17,80 | 11,5               | 21,0               | 23,0               | 1,33               | 17,0  |
| 8,00  | 11,0               | 19,5               | 22,0               | 1,20               | 18,0  | 18,00 | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 1,33               | 15,0  |
| 8,20  | 9,5                | 18,5               | 19,0               | 1,33               | 14,0  | 18,20 | 15,0               | 25,0               | 30,0               | 1,47               | 20,0  |
| 8,40  | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 1,40               | 14,0  | 18,40 | 12,0               | 23,0               | 24,0               | 1,27               | 19,0  |
| 8,60  | 9,0                | 19,5               | 18,0               | 1,27               | 14,0  | 18,60 | 8,0                | 17,5               | 16,0               | 1,00               | 16,0  |
| 8,80  | 9,5                | 19,0               | 19,0               | 1,13               | 17,0  | 18,80 | 9,5                | 17,0               | 19,0               | 1,47               | 13,0  |
| 9,00  | 10,0               | 18,5               | 20,0               | 1,07               | 19,0  | 19,00 | 17,0               | 28,0               | 34,0               | 3,33               | 10,0  |
| 9,20  | 9,5                | 17,5               | 19,0               | 1,00               | 19,0  | 19,20 | 20,0               | 45,0               | 40,0               | 3,93               | 10,0  |
| 9,40  | 8,5                | 16,0               | 17,0               | 1,13               | 15,0  | 19,40 | 25,5               | 55,0               | 51,0               | 3,73               | 14,0  |
| 9,60  | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 19,60 | 27,0               | 55,0               | 54,0               | 4,00               | 14,0  |
| 9,80  | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 0,93               | 19,0  | 19,80 | 22,0               | 52,0               | 44,0               | 2,80               | 16,0  |
| 10,00 | 18,0               | 25,0               | 36,0               | 1,47               | 25,0  | 20,00 | 16,0               | 37,0               | 32,0               | ----               | ----  |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)



# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
- note :

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,85 m da quota inizio  
- pagina : 1

| prf          | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI | prf          | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m            | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     | m            | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     |
| 0,20         | 22,0               | ----               | 44,0               | 0,07               | 660,0 | 10,20        | 18,0               | 29,0               | 36,0               | 1,67               | 22,0  |
| 0,40         | 18,5               | 19,0               | 37,0               | 1,00               | 37,0  | 10,40        | 12,5               | 25,0               | 25,0               | 1,20               | 21,0  |
| 0,60         | 15,0               | 22,5               | 30,0               | 1,47               | 20,0  | 10,60        | 13,0               | 22,0               | 26,0               | 1,33               | 19,0  |
| 0,80         | 9,0                | 20,0               | 18,0               | 1,27               | 14,0  | 10,80        | 11,5               | 21,5               | 23,0               | 1,07               | 22,0  |
| <b>1,00</b>  | 6,0                | 15,5               | 12,0               | 0,87               | 14,0  | <b>11,00</b> | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 1,20               | 15,0  |
| 1,20         | 9,5                | 16,0               | 19,0               | 1,20               | 16,0  | 11,20        | 13,0               | 22,0               | 26,0               | 1,33               | 19,0  |
| 1,40         | 9,0                | 18,0               | 18,0               | 1,13               | 16,0  | 11,40        | 13,5               | 23,5               | 27,0               | 1,47               | 18,0  |
| 1,60         | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 0,60               | 28,0  | 11,60        | 10,0               | 21,0               | 20,0               | 0,80               | 25,0  |
| 1,80         | 8,0                | 12,5               | 16,0               | 0,60               | 27,0  | 11,80        | 16,0               | 22,0               | 32,0               | 1,27               | 25,0  |
| <b>2,00</b>  | 7,5                | 12,0               | 15,0               | 0,53               | 28,0  | <b>12,00</b> | 14,0               | 23,5               | 28,0               | 1,47               | 19,0  |
| 2,20         | 7,0                | 11,0               | 14,0               | 0,67               | 21,0  | 12,20        | 14,0               | 25,0               | 28,0               | 1,27               | 22,0  |
| 2,40         | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,67               | 18,0  | 12,40        | 11,5               | 21,0               | 23,0               | 1,20               | 19,0  |
| 2,60         | 8,0                | 13,0               | 16,0               | 0,47               | 34,0  | 12,60        | 9,0                | 18,0               | 18,0               | 1,00               | 18,0  |
| 2,80         | 8,0                | 11,5               | 16,0               | 0,80               | 20,0  | 12,80        | 12,5               | 20,0               | 25,0               | 1,40               | 18,0  |
| <b>3,00</b>  | 13,5               | 19,5               | 27,0               | 0,67               | 40,0  | <b>13,00</b> | 6,5                | 17,0               | 13,0               | 1,07               | 12,0  |
| 3,20         | 9,0                | 14,0               | 18,0               | 0,67               | 27,0  | 13,20        | 9,5                | 17,5               | 19,0               | 1,13               | 17,0  |
| 3,40         | 8,5                | 13,5               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 13,40        | 13,5               | 22,0               | 27,0               | 1,13               | 24,0  |
| 3,60         | 8,0                | 16,0               | 16,0               | 1,07               | 15,0  | 13,60        | 9,5                | 18,0               | 19,0               | 0,87               | 22,0  |
| 3,80         | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 0,80               | 22,0  | 13,80        | 7,5                | 14,0               | 15,0               | 0,80               | 19,0  |
| <b>4,00</b>  | 8,5                | 14,5               | 17,0               | 0,53               | 32,0  | <b>14,00</b> | 6,5                | 12,5               | 13,0               | 1,07               | 12,0  |
| 4,20         | 6,0                | 10,0               | 12,0               | 0,73               | 16,0  | 14,20        | 10,0               | 18,0               | 20,0               | 1,20               | 17,0  |
| 4,40         | 4,0                | 9,5                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 14,40        | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,27               | 17,0  |
| 4,60         | 4,0                | 8,0                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 14,60        | 13,5               | 23,0               | 27,0               | 1,73               | 16,0  |
| 4,80         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,40               | 25,0  | 14,80        | 14,0               | 27,0               | 28,0               | 1,93               | 14,0  |
| <b>5,00</b>  | 6,0                | 9,0                | 12,0               | 0,67               | 18,0  | <b>15,00</b> | 14,5               | 29,0               | 29,0               | 2,00               | 14,0  |
| 5,20         | 5,0                | 10,0               | 10,0               | 0,60               | 17,0  | 15,20        | 15,0               | 30,0               | 30,0               | 1,67               | 18,0  |
| 5,40         | 6,5                | 11,0               | 13,0               | 0,73               | 18,0  | 15,40        | 9,0                | 21,5               | 18,0               | 0,87               | 21,0  |
| 5,60         | 5,5                | 11,0               | 11,0               | 0,53               | 21,0  | 15,60        | 6,5                | 13,0               | 13,0               | 0,87               | 15,0  |
| 5,80         | 6,0                | 10,0               | 12,0               | 0,27               | 45,0  | 15,80        | 5,0                | 11,5               | 10,0               | 0,40               | 25,0  |
| <b>6,00</b>  | 9,0                | 11,0               | 18,0               | 0,80               | 22,0  | <b>16,00</b> | 3,5                | 6,5                | 7,0                | 0,73               | 10,0  |
| 6,20         | 7,0                | 13,0               | 14,0               | 0,80               | 17,0  | 16,20        | 5,0                | 10,5               | 10,0               | 1,07               | 9,0   |
| 6,40         | 4,0                | 10,0               | 8,0                | 0,47               | 17,0  | 16,40        | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 1,00               | 18,0  |
| 6,60         | 4,5                | 8,0                | 9,0                | 0,33               | 27,0  | 16,60        | 11,5               | 19,0               | 23,0               | 1,20               | 19,0  |
| 6,80         | 7,5                | 10,0               | 15,0               | 0,40               | 37,0  | 16,80        | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,20               | 18,0  |
| <b>7,00</b>  | 7,5                | 10,5               | 15,0               | 0,40               | 37,0  | <b>17,00</b> | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,13               | 19,0  |
| 7,20         | 5,0                | 8,0                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 17,20        | 11,5               | 20,0               | 23,0               | 1,07               | 22,0  |
| 7,40         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,67               | 15,0  | 17,40        | 12,0               | 20,0               | 24,0               | 1,27               | 19,0  |
| 7,60         | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,87               | 14,0  | 17,60        | 12,5               | 22,0               | 25,0               | 1,27               | 20,0  |
| 7,80         | 9,0                | 15,5               | 18,0               | 1,13               | 16,0  | 17,80        | 11,5               | 21,0               | 23,0               | 1,33               | 17,0  |
| <b>8,00</b>  | 11,0               | 19,5               | 22,0               | 1,20               | 18,0  | <b>18,00</b> | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 1,33               | 15,0  |
| 8,20         | 9,5                | 18,5               | 19,0               | 1,33               | 14,0  | 18,20        | 15,0               | 25,0               | 30,0               | 1,47               | 20,0  |
| 8,40         | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 1,40               | 14,0  | 18,40        | 12,0               | 23,0               | 24,0               | 1,27               | 19,0  |
| 8,60         | 9,0                | 19,5               | 18,0               | 1,27               | 14,0  | 18,60        | 8,0                | 17,5               | 16,0               | 1,00               | 16,0  |
| 8,80         | 9,5                | 19,0               | 19,0               | 1,13               | 17,0  | 18,80        | 9,5                | 17,0               | 19,0               | 1,47               | 13,0  |
| <b>9,00</b>  | 10,0               | 18,5               | 20,0               | 1,07               | 19,0  | <b>19,00</b> | 17,0               | 28,0               | 34,0               | 3,33               | 10,0  |
| 9,20         | 9,5                | 17,5               | 19,0               | 1,00               | 19,0  | 19,20        | 20,0               | 45,0               | 40,0               | 3,93               | 10,0  |
| 9,40         | 8,5                | 16,0               | 17,0               | 1,13               | 15,0  | 19,40        | 25,5               | 55,0               | 51,0               | 3,73               | 14,0  |
| 9,60         | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 19,60        | 27,0               | 55,0               | 54,0               | 4,00               | 14,0  |
| 9,80         | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 0,93               | 19,0  | 19,80        | 22,0               | 52,0               | 44,0               | 2,80               | 16,0  |
| <b>10,00</b> | 18,0               | 25,0               | 36,0               | 1,47               | 25,0  | <b>20,00</b> | 16,0               | 37,0               | 32,0               | ----               | ----  |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

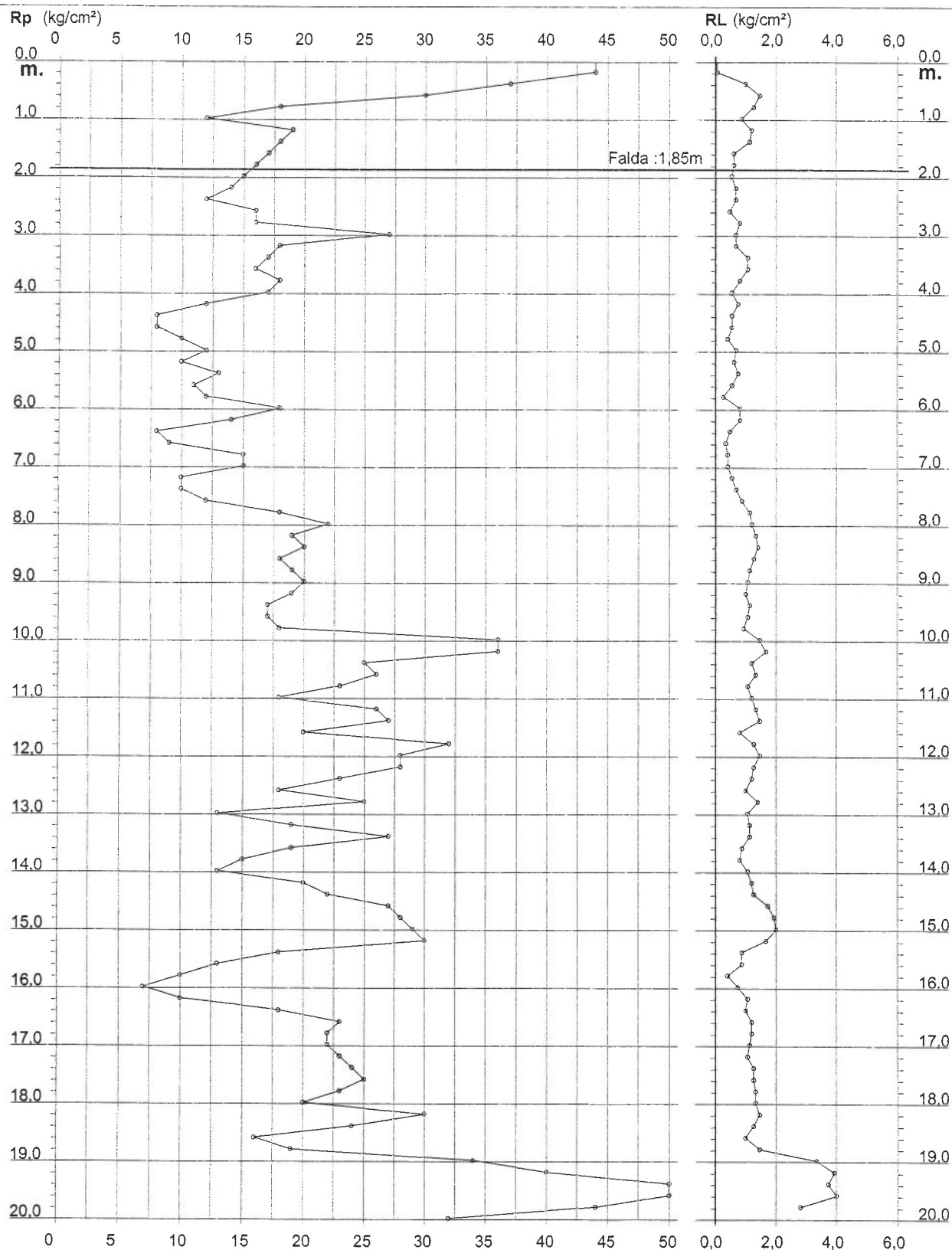
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,85 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



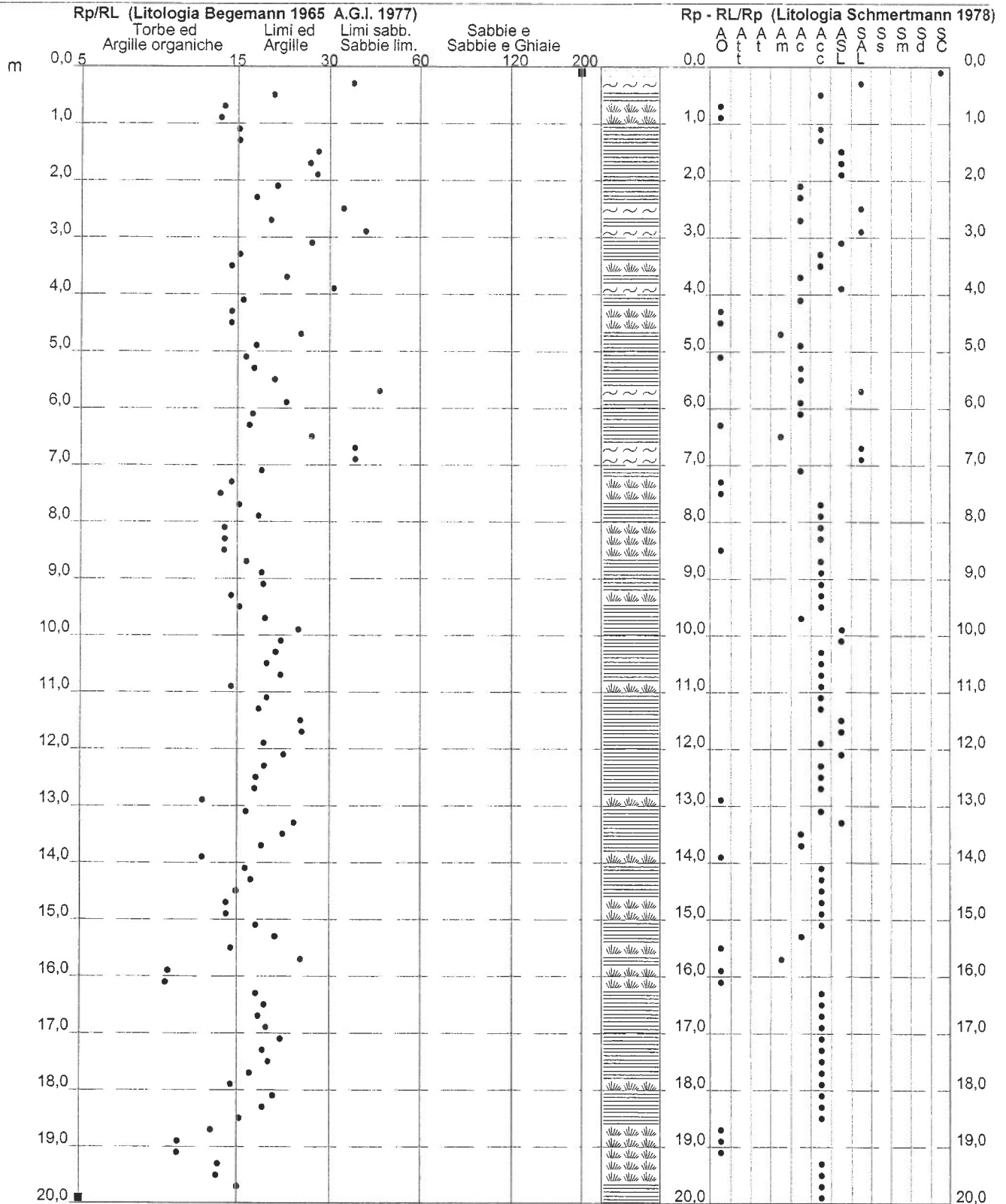
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
- note :

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,85 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



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

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
- note :

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,85 m da quota inizio  
- pagina : 1

| NATURA COESIVA |              |              |                  |            |                |              |            |                |                |              | NATURA GRANULARE |            |            |            |            |            |            |               |                |                |              |
|----------------|--------------|--------------|------------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| Prof.<br>m     | Rp<br>kg/cm² | Rp/Rl<br>(-) | Natura<br>Litol. | Y'<br>t/m³ | p'vo<br>kg/cm² | Cu<br>kg/cm² | OCR<br>(-) | Eu50<br>kg/cm² | Eu25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>%          | ø1s<br>(°) | ø2s<br>(°) | ø3s<br>(°) | ø4s<br>(°) | ødm<br>(°) | ømy<br>(°) | Amax/g<br>(-) | E'50<br>kg/cm² | E'25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² |
| 0,20           | 44           | 660          | 3:...            | 1,85       | 0,04           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 45         | 31         | 0,258         | 73             | 110            | 132          |
| 0,40           | 37           | 37           | 3:...            | 1,85       | 0,07           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 44         | 30         | 0,258         | 62             | 93             | 111          |
| 0,60           | 30           | 20           | 4:...            | 1,85       | 0,11           | 1,00         | 98,0       | 170            | 255            | 90           | 84               | 40         | 41         | 43         | 45         | 41         | 29         | 0,204         | 50             | 75             | 90           |
| 0,80           | 18           | 14           | 2:...            | 1,85       | 0,15           | 0,75         | 47,7       | 128            | 191            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,00           | 12           | 14           | 2:...            | 1,85       | 0,19           | 0,57         | 25,7       | 97             | 146            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,20           | 19           | 16           | 2:...            | 1,85       | 0,22           | 0,78         | 30,0       | 132            | 198            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,40           | 18           | 16           | 2:...            | 1,85       | 0,26           | 0,75         | 23,7       | 128            | 191            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,60           | 17           | 28           | 2:...            | 1,85       | 0,30           | 0,72         | 19,2       | 123            | 184            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,80           | 16           | 27           | 2:...            | 1,85       | 0,33           | 0,70         | 15,8       | 118            | 177            | 52           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,00           | 15           | 28           | 2:...            | 0,95       | 0,35           | 0,67         | 13,9       | 113            | 170            | 50           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,20           | 14           | 21           | 2:...            | 0,94       | 0,37           | 0,64         | 12,3       | 108            | 162            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,40           | 12           | 18           | 2:...            | 0,92       | 0,39           | 0,57         | 10,1       | 97             | 146            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,60           | 16           | 34           | 4:...            | 0,90       | 0,41           | 0,70         | 12,3       | 118            | 177            | 52           | 31               | 32         | 35         | 38         | 40         | 32         | 27         | 0,060         | 27             | 40             | 48           |
| 2,80           | 16           | 20           | 2:...            | 0,96       | 0,43           | 0,70         | 11,6       | 118            | 177            | 52           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,00           | 27           | 40           | 3:...            | 0,87       | 0,44           | --           | --         | --             | --             | --           | 47               | 35         | 37         | 39         | 42         | 34         | 28         | 0,096         | 45             | 68             | 81           |
| 3,20           | 18           | 27           | 2:...            | 0,98       | 0,46           | 0,75         | 11,5       | 128            | 191            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,40           | 17           | 16           | 2:...            | 0,97       | 0,48           | 0,72         | 10,4       | 123            | 184            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,60           | 16           | 15           | 2:...            | 0,96       | 0,50           | 0,70         | 9,4        | 120            | 180            | 52           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,80           | 18           | 22           | 2:...            | 0,98       | 0,52           | 0,75         | 9,9        | 128            | 192            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,00           | 17           | 32           | 4:...            | 0,91       | 0,54           | 0,72         | 9,1        | 128            | 192            | 54           | 26               | 32         | 34         | 37         | 40         | 31         | 27         | 0,050         | 28             | 43             | 51           |
| 4,20           | 12           | 16           | 2:...            | 0,92       | 0,56           | 0,57         | 6,5        | 144            | 216            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,40           | 8            | 15           | 2:...            | 0,86       | 0,58           | 0,40         | 4,0        | 161            | 241            | 35           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,60           | 8            | 15           | 2:...            | 0,86       | 0,59           | 0,40         | 3,8        | 167            | 250            | 35           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,80           | 10           | 25           | 2:...            | 0,90       | 0,61           | 0,50         | 4,9        | 169            | 253            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,00           | 12           | 18           | 2:...            | 0,92       | 0,63           | 0,57         | 5,6        | 170            | 255            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,20           | 10           | 17           | 2:...            | 0,90       | 0,65           | 0,50         | 4,6        | 180            | 270            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,40           | 13           | 18           | 2:...            | 0,93       | 0,67           | 0,60         | 5,6        | 180            | 270            | 47           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,60           | 11           | 21           | 2:...            | 0,91       | 0,68           | 0,54         | 4,6        | 190            | 285            | 42           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,80           | 12           | 45           | 4:...            | 0,88       | 0,70           | 0,57         | 4,9        | 194            | 291            | 45           | 8                | 29         | 32         | 35         | 39         | 27         | 26         | 0,017         | 20             | 30             | 36           |
| 6,00           | 18           | 22           | 2:...            | 0,98       | 0,72           | 0,75         | 6,6        | 185            | 277            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,20           | 14           | 17           | 2:...            | 0,94       | 0,74           | 0,64         | 5,2        | 203            | 304            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,40           | 8            | 17           | 2:...            | 0,86       | 0,76           | 0,40         | 2,8        | 203            | 304            | 35           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,60           | 9            | 27           | 2:...            | 0,88       | 0,77           | 0,45         | 3,2        | 215            | 323            | 38           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,80           | 15           | 37           | 4:...            | 0,89       | 0,79           | 0,67         | 5,1        | 218            | 327            | 50           | 12               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 27         | 0,025         | 25             | 38             | 45           |
| 7,00           | 15           | 37           | 4:...            | 0,89       | 0,81           | 0,67         | 4,9        | 224            | 336            | 50           | 12               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 27         | 0,024         | 25             | 38             | 45           |
| 7,20           | 10           | 19           | 2:...            | 0,90       | 0,83           | 0,50         | 3,3        | 232            | 348            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,40           | 10           | 15           | 2:...            | 0,90       | 0,85           | 0,50         | 3,3        | 236            | 354            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,60           | 12           | 14           | 2:...            | 0,92       | 0,86           | 0,57         | 3,7        | 244            | 366            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,80           | 18           | 16           | 2:...            | 0,98       | 0,88           | 0,75         | 5,1        | 243            | 365            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,00           | 22           | 18           | 4:...            | 0,93       | 0,90           | 0,85         | 5,8        | 241            | 362            | 66           | 22               | 31         | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,043         | 37             | 55             | 66           |
| 8,20           | 19           | 14           | 2:...            | 0,99       | 0,92           | 0,78         | 5,1        | 254            | 381            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,40           | 20           | 14           | 4:...            | 0,93       | 0,94           | 0,80         | 5,1        | 259            | 388            | 60           | 18               | 31         | 33         | 36         | 39         | 28         | 27         | 0,035         | 33             | 50             | 60           |
| 8,60           | 18           | 14           | 2:...            | 0,98       | 0,96           | 0,75         | 4,6        | 268            | 401            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,80           | 19           | 17           | 2:...            | 0,99       | 0,98           | 0,78         | 4,7        | 273            | 409            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,00           | 20           | 19           | 4:...            | 0,93       | 1,00           | 0,80         | 4,8        | 277            | 416            | 60           | 17               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 27         | 0,032         | 33             | 50             | 60           |
| 9,20           | 19           | 19           | 2:...            | 0,99       | 1,02           | 0,78         | 4,5        | 284            | 426            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,40           | 17           | 15           | 2:...            | 0,97       | 1,04           | 0,72         | 4,0        | 290            | 434            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,60           | 17           | 16           | 2:...            | 0,97       | 1,06           | 0,72         | 3,9        | 297            | 445            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,80           | 18           | 19           | 2:...            | 0,98       | 1,08           | 0,75         | 4,0        | 301            | 451            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 10,00          | 36           | 25           | 4:...            | 0,99       | 1,10           | 1,20         | 7,0        | 275            | 412            | 108          | 35               | 33         | 35         | 38         | 41         | 31         | 30         | 0,068         | 60             | 90             | 108          |
| 10,20          | 36           | 22           | 4:...            | 0,99       | 1,12           | 1,20         | 6,9        | 282            | 423            | 108          | 34               | 33         | 35         | 38         | 41         | 31         | 30         | 0,067         | 60             | 90             | 108          |
| 10,40          | 25           | 21           | 4:...            | 0,94       | 1,14           | 0,91         | 4,8        | 315            | 473            | 75           | 21               | 31         | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,040         | 42             | 63             | 75           |
| 10,60          | 26           | 19           | 4:...            | 0,95       | 1,15           | 0,93         | 4,8        | 320            | 481            | 78           | 22               | 31         | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,042         | 43             | 65             | 78           |
| 10,80          | 23           | 22           | 4:...            | 0,94       | 1,17           | 0,87         | 4,3        | 328            | 491            | 69           | 18               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 28         | 0,034         | 38             | 58             | 69           |
| 11,00          | 18           | 15           | 2:...            | 0,98       | 1,19           | 0,75         | 3,5        | 336            | 505            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 11,20          | 26           | 19           | 4:...            | 0,95       | 1,21           | 0,93         | 4,5        | 338            | 507            | 78           | 21               | 31         | 34         | 37         | 40         | 28         | 28         | 0,040         | 43             | 65             | 78           |
| 11,40          | 27           | 18           | 4:...            | 0,95       | 1,23           | 0,95         | 4,5        | 343            | 515            | 81           | 22               | 31         | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,042         | 45             | 68             | 81           |
| 11,60          | 20           | 25           | 4:...            | 0,93       | 1,25           | 0,80         | 3,6        | 353            | 529            | 60           | 11               | 30         | 33         | 36         | 39         | 27         | 27         | 0,023         | 33             | 50             | 60           |
| 11,80          | 32           | 25           | 4:...            | 0,97       | 1,27           | 1,07         | 5,1        | 350            | 524            | 96           | 27               | 32         | 34         | 37         | 40         | 29         | 29         | 0,052         | 53             | 80             | 96           |
| 12,00          | 28           | 19           | 4:...            | 0,96       | 1,29           | 0,97         | 4,4        | 360            | 539            | 84           | 22               | 31         | 34         | 37         | 40         | 28         | 28         | 0,042         | 47             | 70             | 84           |
| 12,20          | 28           | 22           | 4:...            | 0,96       | 1,31           | 0,97         | 4,3        | 365            | 547            | 84           | 22               | 31         | 34         | 37         | 40         | 28         | 28         | 0,041         | 47             | 70             | 84           |
| 12,40          | 23           | 19           | 4:...            | 0,94       | 1,33           | 0,87         | 3,7        | 374            | 561            | 69           | 15               | 30         | 33         | 36         | 39         | 27         | 28         | 0,028         | 38             | 58             | 69           |
| 12,60          | 18           | 18           | 2:...            | 0,98       | 1,35           | 0,75         | 3,0        | 368            | 553            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 12,80          | 25           | 18           | 4:...            | 0,94       | 1,36           | 0,91         | 3,8        | 384            | 576            | 75           | 17               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 28         | 0,032         | 42             | 63             | 75           |
| 13,00          | 13           | 12           | 2:...            | 0,93       | 1,38           | 0,60         | 2,2        | 331            | 496            | 47           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 13,20          | 19           | 17           | 2:...            | 0,99       | 1,40           | 0,78         | 3,0        | 383            | 574            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 13,40          | 27           | 24           | 4:...            | 0,95       | 1,42           | 0,95         |            |                |                |              |                  |            |            |            |            |            |            |               |                |                |              |

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
 - lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
 - località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
 - note :

- data : 27/06/2013  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
 - pagina : 1

| prf          | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI | prf          | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI  |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| m            | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     | m            | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -      |
| 0,20         | 17,0               | ----               | 34,0               | 0,53               | 64,0  | 10,20        | 11,5               | 18,5               | 23,0               | 0,93               | 25,0   |
| 0,40         | 16,5               | 20,5               | 33,0               | 0,93               | 35,0  | 10,40        | 10,0               | 17,0               | 20,0               | 1,20               | 17,0   |
| 0,60         | 13,0               | 20,0               | 26,0               | 1,60               | 16,0  | 10,60        | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 0,73               | 30,0   |
| 0,80         | 13,0               | 25,0               | 26,0               | 1,00               | 26,0  | 10,80        | 15,5               | 21,0               | 31,0               | 0,40               | 77,0   |
| <b>1,00</b>  | 9,5                | 17,0               | 19,0               | 1,20               | 16,0  | <b>11,00</b> | 23,0               | 26,0               | 46,0               | 0,33               | 138,0  |
| 1,20         | 8,5                | 17,5               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 11,20        | 19,0               | 21,5               | 38,0               | 0,40               | 95,0   |
| 1,40         | 6,0                | 14,0               | 12,0               | 0,73               | 16,0  | 11,40        | 32,0               | 35,0               | 64,0               | 0,33               | 192,0  |
| 1,60         | 7,0                | 12,5               | 14,0               | 0,73               | 19,0  | 11,60        | 27,5               | 30,0               | 55,0               | 0,27               | 206,0  |
| 1,80         | 6,0                | 11,5               | 12,0               | 0,60               | 20,0  | 11,80        | 43,0               | 45,0               | 86,0               | 0,67               | 129,0  |
| <b>2,00</b>  | 4,5                | 9,0                | 9,0                | 0,53               | 17,0  | <b>12,00</b> | 50,0               | 55,0               | 100,0              | 2,00               | 50,0   |
| 2,20         | 8,0                | 12,0               | 16,0               | 0,67               | 24,0  | 12,20        | 75,0               | 90,0               | 150,0              | 0,67               | 225,0  |
| 2,40         | 7,0                | 12,0               | 14,0               | 0,67               | 21,0  | 12,40        | 75,0               | 80,0               | 150,0              | 0,53               | 281,0  |
| 2,60         | 6,5                | 11,5               | 13,0               | 0,53               | 24,0  | 12,60        | 35,0               | 39,0               | 70,0               | 0,67               | 105,0  |
| 2,80         | 8,5                | 12,5               | 17,0               | 0,67               | 25,0  | 12,80        | 70,0               | 75,0               | 140,0              | 0,13               | 1050,0 |
| <b>3,00</b>  | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,67               | 18,0  | <b>13,00</b> | 36,0               | 37,0               | 72,0               | 0,33               | 216,0  |
| 3,20         | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,67               | 18,0  | 13,20        | 12,0               | 14,5               | 24,0               | 0,53               | 45,0   |
| 3,40         | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,47               | 26,0  | 13,40        | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,27               | 37,0   |
| 3,60         | 6,0                | 9,5                | 12,0               | 0,60               | 20,0  | 13,60        | 13,5               | 15,5               | 27,0               | 0,93               | 29,0   |
| 3,80         | 5,0                | 9,5                | 10,0               | 0,40               | 25,0  | 13,80        | 11,0               | 18,0               | 22,0               | 1,00               | 22,0   |
| <b>4,00</b>  | 5,5                | 8,5                | 11,0               | 0,53               | 21,0  | <b>14,00</b> | 7,5                | 15,0               | 15,0               | 0,93               | 16,0   |
| 4,20         | 6,0                | 10,0               | 12,0               | 0,53               | 22,0  | 14,20        | 9,0                | 16,0               | 18,0               | 1,00               | 18,0   |
| 4,40         | 4,0                | 8,0                | 8,0                | 0,47               | 17,0  | 14,40        | 13,0               | 20,5               | 26,0               | 0,93               | 28,0   |
| 4,60         | 4,0                | 7,5                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 14,60        | 14,5               | 21,5               | 29,0               | 1,27               | 23,0   |
| 4,80         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 14,80        | 14,5               | 24,0               | 29,0               | 1,33               | 22,0   |
| <b>5,00</b>  | 5,5                | 9,5                | 11,0               | 0,60               | 18,0  | <b>15,00</b> | 9,0                | 19,0               | 18,0               | 1,07               | 17,0   |
| 5,20         | 5,5                | 10,0               | 11,0               | 0,60               | 18,0  | 15,20        | 9,5                | 17,5               | 19,0               | 0,73               | 26,0   |
| 5,40         | 4,5                | 9,0                | 9,0                | 0,53               | 17,0  | 15,40        | 9,0                | 14,5               | 18,0               | 0,60               | 30,0   |
| 5,60         | 5,5                | 9,5                | 11,0               | 0,67               | 16,0  | 15,60        | 7,5                | 12,0               | 15,0               | 0,60               | 25,0   |
| 5,80         | 4,5                | 9,5                | 9,0                | 0,60               | 15,0  | 15,80        | 8,0                | 12,5               | 16,0               | 0,60               | 27,0   |
| <b>6,00</b>  | 5,0                | 9,5                | 10,0               | 0,67               | 15,0  | <b>16,00</b> | 7,5                | 12,0               | 15,0               | 1,00               | 15,0   |
| 6,20         | 7,0                | 12,0               | 14,0               | 0,73               | 19,0  | 16,20        | 11,0               | 18,5               | 22,0               | 0,80               | 27,0   |
| 6,40         | 3,5                | 9,0                | 7,0                | 0,33               | 21,0  | 16,40        | 8,0                | 14,0               | 16,0               | 0,80               | 20,0   |
| 6,60         | 4,0                | 6,5                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | 16,60        | 9,0                | 15,0               | 18,0               | 1,20               | 15,0   |
| 6,80         | 3,5                | 7,5                | 7,0                | 0,33               | 21,0  | 16,80        | 26,0               | 35,0               | 52,0               | 0,13               | 390,0  |
| <b>7,00</b>  | 5,0                | 7,5                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | <b>17,00</b> | 19,0               | 20,0               | 38,0               | 1,33               | 28,0   |
| 7,20         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,60               | 17,0  | 17,20        | 45,0               | 55,0               | 90,0               | 1,20               | 75,0   |
| 7,40         | 5,0                | 9,5                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 17,40        | 25,0               | 34,0               | 50,0               | 1,13               | 44,0   |
| 7,60         | 4,5                | 8,5                | 9,0                | 0,53               | 17,0  | 17,60        | 26,5               | 35,0               | 53,0               | 0,93               | 57,0   |
| 7,80         | 7,0                | 11,0               | 14,0               | 0,80               | 17,0  | 17,80        | 15,0               | 22,0               | 30,0               | 1,60               | 19,0   |
| <b>8,00</b>  | 7,5                | 13,5               | 15,0               | 1,07               | 14,0  | <b>18,00</b> | 13,0               | 25,0               | 26,0               | 1,27               | 21,0   |
| 8,20         | 7,0                | 15,0               | 14,0               | 0,87               | 16,0  | 18,20        | 15,5               | 25,0               | 31,0               | 1,67               | 19,0   |
| 8,40         | 9,0                | 15,5               | 18,0               | 1,07               | 17,0  | 18,40        | 17,5               | 30,0               | 35,0               | 1,67               | 21,0   |
| 8,60         | 10,0               | 18,0               | 20,0               | 1,27               | 16,0  | 18,60        | 15,0               | 27,5               | 30,0               | 1,73               | 17,0   |
| 8,80         | 12,0               | 21,5               | 24,0               | 1,33               | 18,0  | 18,80        | 8,5                | 21,5               | 17,0               | 1,20               | 14,0   |
| <b>9,00</b>  | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 1,20               | 17,0  | <b>19,00</b> | 7,0                | 16,0               | 14,0               | 1,13               | 12,0   |
| 9,20         | 7,0                | 16,0               | 14,0               | 0,87               | 16,0  | 19,20        | 12,5               | 21,0               | 25,0               | 1,40               | 18,0   |
| 9,40         | 9,5                | 16,0               | 19,0               | 0,67               | 28,0  | 19,40        | 22,5               | 33,0               | 45,0               | 3,07               | 15,0   |
| 9,60         | 9,5                | 14,5               | 19,0               | 1,27               | 15,0  | 19,60        | 18,0               | 41,0               | 36,0               | 3,80               | 9,0    |
| 9,80         | 8,5                | 18,0               | 17,0               | 0,53               | 32,0  | 19,80        | 13,5               | 42,0               | 27,0               | 2,80               | 10,0   |
| <b>10,00</b> | 8,5                | 12,5               | 17,0               | 0,93               | 18,0  | <b>20,00</b> | 21,0               | 42,0               | 42,0               | ----               | ----   |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35,7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

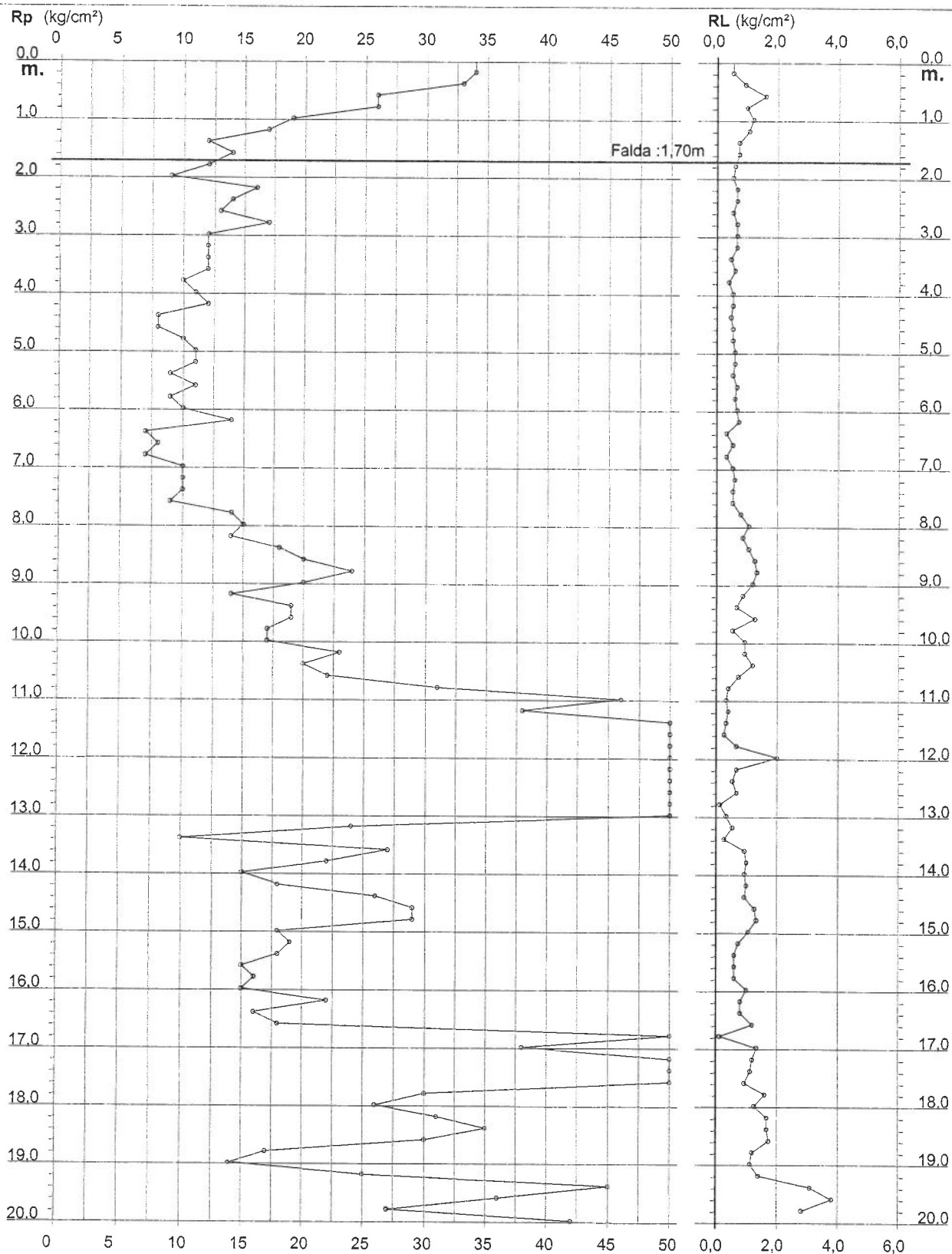
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



# CPT 3

- data : 27/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,70 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100





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

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
- note :

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,70 m da quota inizio  
- pagina : 1

| NATURA COESIVA |              |              |                  |            |                |              |            |                |                |              | NATURA GRANULARE |            |            |            |            |            |            |               |                |                |              |
|----------------|--------------|--------------|------------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| Prof.<br>m     | Rp<br>kg/cm² | Rp/Ri<br>(-) | Natura<br>Litol. | Y'<br>t/m² | p'vo<br>kg/cm² | Cu<br>kg/cm² | OCR<br>(-) | Eu50<br>kg/cm² | Eu25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>%          | ø1s<br>(°) | ø2s<br>(°) | ø3s<br>(°) | ø4s<br>(°) | ødm<br>(°) | ømy<br>(°) | Amax/g<br>(-) | E'50<br>kg/cm² | E'25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² |
| 0,20           | 34           | 64           | 3:~:~            | 1,85       | 0,04           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 45         | 29         | 0,258         | 57             | 85             | 102          |
| 0,40           | 33           | 35           | 3:~:~            | 1,85       | 0,07           | --           | --         | --             | --             | --           | 97               | 42         | 43         | 44         | 46         | 43         | 29         | 0,249         | 55             | 83             | 99           |
| 0,60           | 26           | 16           | 4:~:~            | 1,85       | 0,11           | 0,93         | 89,3       | 158            | 237            | 78           | 79               | 39         | 41         | 43         | 44         | 41         | 28         | 0,188         | 43             | 65             | 78           |
| 0,80           | 26           | 26           | 4:~:~            | 1,85       | 0,15           | 0,93         | 62,3       | 158            | 237            | 78           | 72               | 38         | 40         | 42         | 44         | 40         | 28         | 0,166         | 43             | 65             | 78           |
| 1,00           | 19           | 16           | 2:~:~            | 1,85       | 0,19           | 0,78         | 37,7       | 132            | 198            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,20           | 17           | 16           | 2:~:~            | 1,85       | 0,22           | 0,72         | 27,5       | 123            | 184            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,40           | 12           | 16           | 2:~:~            | 1,85       | 0,26           | 0,57         | 16,9       | 97             | 146            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,60           | 14           | 19           | 2:~:~            | 1,85       | 0,30           | 0,64         | 16,3       | 108            | 162            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1,80           | 12           | 20           | 2:~:~            | 0,92       | 0,31           | 0,57         | 13,2       | 97             | 146            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,00           | 9            | 17           | 2:~:~            | 0,88       | 0,33           | 0,45         | 9,2        | 79             | 118            | 38           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,20           | 16           | 24           | 2:~:~            | 0,96       | 0,35           | 0,70         | 14,8       | 118            | 177            | 52           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,40           | 14           | 21           | 2:~:~            | 0,94       | 0,37           | 0,64         | 12,4       | 108            | 162            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,60           | 13           | 24           | 2:~:~            | 0,93       | 0,39           | 0,60         | 10,9       | 103            | 154            | 47           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2,80           | 17           | 25           | 2:~:~            | 0,97       | 0,41           | 0,72         | 12,8       | 123            | 184            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,00           | 12           | 18           | 2:~:~            | 0,92       | 0,43           | 0,57         | 9,1        | 101            | 152            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,20           | 12           | 18           | 2:~:~            | 0,92       | 0,44           | 0,57         | 8,6        | 105            | 158            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,40           | 12           | 26           | 2:~:~            | 0,92       | 0,46           | 0,57         | 8,2        | 111            | 166            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,60           | 12           | 20           | 2:~:~            | 0,92       | 0,48           | 0,57         | 7,8        | 117            | 175            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3,80           | 10           | 25           | 2:~:~            | 0,90       | 0,50           | 0,50         | 6,3        | 130            | 195            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,00           | 11           | 21           | 2:~:~            | 0,91       | 0,52           | 0,54         | 6,6        | 133            | 199            | 42           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,20           | 12           | 22           | 2:~:~            | 0,92       | 0,54           | 0,57         | 6,8        | 136            | 204            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,40           | 8            | 17           | 2:~:~            | 0,86       | 0,55           | 0,40         | 4,2        | 155            | 232            | 35           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,60           | 8            | 15           | 2:~:~            | 0,86       | 0,57           | 0,40         | 4,0        | 159            | 239            | 35           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4,80           | 10           | 19           | 2:~:~            | 0,90       | 0,59           | 0,50         | 5,1        | 162            | 243            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,00           | 11           | 18           | 2:~:~            | 0,91       | 0,61           | 0,54         | 5,4        | 165            | 248            | 42           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,20           | 11           | 18           | 2:~:~            | 0,91       | 0,63           | 0,54         | 5,2        | 171            | 257            | 42           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,40           | 9            | 17           | 2:~:~            | 0,88       | 0,64           | 0,45         | 4,0        | 179            | 269            | 38           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,60           | 11           | 16           | 2:~:~            | 0,91       | 0,66           | 0,54         | 4,8        | 183            | 275            | 42           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5,80           | 9            | 15           | 2:~:~            | 0,88       | 0,68           | 0,45         | 3,8        | 191            | 287            | 38           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,00           | 10           | 15           | 2:~:~            | 0,90       | 0,70           | 0,50         | 4,1        | 194            | 292            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,20           | 14           | 19           | 2:~:~            | 0,94       | 0,72           | 0,64         | 5,4        | 194            | 292            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,40           | 7            | 21           | 2:~:~            | 0,84       | 0,73           | 0,35         | 2,5        | 186            | 278            | 32           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,60           | 8            | 15           | 2:~:~            | 0,86       | 0,75           | 0,40         | 2,9        | 202            | 302            | 35           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 6,80           | 7            | 21           | 2:~:~            | 0,84       | 0,77           | 0,35         | 2,4        | 189            | 283            | 32           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,00           | 10           | 19           | 2:~:~            | 0,90       | 0,78           | 0,50         | 3,6        | 221            | 332            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,20           | 10           | 17           | 2:~:~            | 0,90       | 0,80           | 0,50         | 3,5        | 226            | 339            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,40           | 10           | 19           | 2:~:~            | 0,90       | 0,82           | 0,50         | 3,4        | 230            | 346            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,60           | 9            | 17           | 2:~:~            | 0,88       | 0,84           | 0,45         | 2,9        | 226            | 339            | 38           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 7,80           | 14           | 17           | 2:~:~            | 0,94       | 0,86           | 0,64         | 4,3        | 239            | 359            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,00           | 15           | 14           | 2:~:~            | 0,95       | 0,88           | 0,67         | 4,5        | 244            | 366            | 50           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,20           | 14           | 16           | 2:~:~            | 0,94       | 0,89           | 0,64         | 4,1        | 250            | 374            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,40           | 18           | 17           | 2:~:~            | 0,98       | 0,91           | 0,75         | 4,9        | 253            | 379            | 56           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 8,60           | 20           | 16           | 4:~:~            | 0,93       | 0,93           | 0,80         | 5,2        | 256            | 384            | 60           | 18               | 31         | 33         | 36         | 39         | 28         | 27         | 0,035         | 33             | 50             | 60           |
| 8,80           | 24           | 18           | 4:~:~            | 0,94       | 0,95           | 0,89         | 5,8        | 255            | 382            | 72           | 24               | 31         | 34         | 37         | 40         | 29         | 28         | 0,046         | 40             | 60             | 72           |
| 9,00           | 20           | 17           | 4:~:~            | 0,93       | 0,97           | 0,80         | 4,9        | 268            | 402            | 60           | 17               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 27         | 0,033         | 33             | 50             | 60           |
| 9,20           | 14           | 16           | 2:~:~            | 0,94       | 0,99           | 0,64         | 3,6        | 279            | 419            | 48           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,40           | 19           | 28           | 2:~:~            | 0,99       | 1,01           | 0,78         | 4,5        | 281            | 422            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,60           | 19           | 15           | 2:~:~            | 0,99       | 1,03           | 0,78         | 4,4        | 287            | 430            | 58           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 9,80           | 17           | 32           | 4:~:~            | 0,91       | 1,05           | 0,72         | 4,0        | 293            | 439            | 54           | 10               | 29         | 32         | 36         | 39         | 27         | 27         | 0,020         | 28             | 43             | 51           |
| 10,00          | 17           | 18           | 2:~:~            | 0,97       | 1,07           | 0,72         | 3,9        | 299            | 449            | 54           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 10,20          | 23           | 25           | 4:~:~            | 0,94       | 1,08           | 0,87         | 4,8        | 301            | 452            | 69           | 20               | 31         | 34         | 36         | 40         | 28         | 28         | 0,037         | 38             | 58             | 69           |
| 10,40          | 20           | 17           | 4:~:~            | 0,93       | 1,10           | 0,80         | 4,2        | 308            | 462            | 60           | 14               | 30         | 33         | 36         | 39         | 27         | 27         | 0,028         | 33             | 50             | 60           |
| 10,60          | 22           | 30           | 4:~:~            | 0,93       | 1,12           | 0,85         | 4,4        | 313            | 470            | 66           | 17               | 30         | 33         | 36         | 39         | 28         | 28         | 0,033         | 37             | 55             | 66           |
| 10,80          | 31           | 77           | 3:~:~            | 0,88       | 1,14           | --           | --         | --             | --             | --           | 29               | 32         | 35         | 37         | 40         | 30         | 29         | 0,055         | 52             | 78             | 93           |
| 11,00          | 46           | 138          | 3:~:~            | 0,91       | 1,16           | --           | --         | --             | --             | --           | 42               | 34         | 36         | 39         | 41         | 32         | 31         | 0,084         | 77             | 115            | 138          |
| 11,20          | 38           | 95           | 3:~:~            | 0,90       | 1,18           | --           | --         | --             | --             | --           | 35               | 33         | 35         | 38         | 41         | 31         | 30         | 0,068         | 63             | 95             | 114          |
| 11,40          | 64           | 192          | 3:~:~            | 0,94       | 1,19           | --           | --         | --             | --             | --           | 52               | 35         | 38         | 40         | 42         | 33         | 32         | 0,110         | 107            | 160            | 192          |
| 11,60          | 55           | 206          | 3:~:~            | 0,93       | 1,21           | --           | --         | --             | --             | --           | 47               | 35         | 37         | 39         | 42         | 33         | 31         | 0,096         | 92             | 138            | 165          |
| 11,80          | 86           | 129          | 3:~:~            | 0,98       | 1,23           | --           | --         | --             | --             | --           | 62               | 37         | 39         | 41         | 43         | 35         | 33         | 0,135         | 143            | 215            | 258          |
| 12,00          | 100          | 50           | 3:~:~            | 1,00       | 1,25           | --           | --         | --             | --             | --           | 67               | 37         | 39         | 41         | 43         | 36         | 34         | 0,149         | 167            | 250            | 300          |
| 12,20          | 150          | 225          | 3:~:~            | 1,08       | 1,27           | --           | --         | --             | --             | --           | 80               | 39         | 41         | 43         | 44         | 38         | 36         | 0,190         | 250            | 375            | 450          |
| 12,40          | 150          | 281          | 3:~:~            | 1,08       | 1,29           | --           | --         | --             | --             | --           | 80               | 39         | 41         | 43         | 44         | 38         | 36         | 0,189         | 250            | 375            | 450          |
| 12,60          | 70           | 105          | 3:~:~            | 0,95       | 1,31           | --           | --         | --             | --             | --           | 53               | 35         | 38         | 40         | 42         | 33         | 32         | 0,112         | 117            | 175            | 210          |
| 12,80          | 140          | 1050         | 3:~:~            | 1,06       | 1,34           | --           | --         | --             | --             | --           | 76               | 39         | 40         | 42         | 44         | 37         | 36         | 0,179         | 233            | 350            | 420          |
| 13,00          | 72           | 216          | 3:~:~            | 0,95       | 1,35           | --           | --         | --             | --             | --           | 53               | 35         | 38         | 40         | 42         | 33         | 32         | 0,112         | 120            | 180            | 216          |
| 13,20          | 24           | 45           | 3:~:~            | 0,86       | 1,37           | --           | --         | --             | --             | --           | 15               | 30         | 33         | 36         | 39         | 27         | 28         | 0,029         | 40             | 60             | 72           |
|                |              |              |                  |            |                |              |            |                |                |              |                  |            |            |            |            |            |            |               |                |                |              |

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 4**

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
- note :

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

| prf          | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI | prf          | LP                 | LL                 | Rp                 | RL                 | Rp/RI |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m            | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     | m            | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     |
| 0,20         | 20,0               | ----               | 40,0               | 0,53               | 75,0  | 10,20        | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 0,80               | 25,0  |
| 0,40         | 17,0               | 21,0               | 34,0               | 1,60               | 21,0  | 10,40        | 9,0                | 15,0               | 18,0               | 0,73               | 25,0  |
| 0,60         | 8,0                | 20,0               | 16,0               | 1,33               | 12,0  | 10,60        | 6,5                | 12,0               | 13,0               | 0,47               | 28,0  |
| 0,80         | 4,0                | 14,0               | 8,0                | 0,80               | 10,0  | 10,80        | 7,0                | 10,5               | 14,0               | 0,67               | 21,0  |
| <b>1,00</b>  | 3,5                | 9,5                | 7,0                | 0,53               | 13,0  | <b>11,00</b> | 11,5               | 16,5               | 23,0               | 1,07               | 22,0  |
| 1,20         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,47               | 21,0  | 11,20        | 14,0               | 22,0               | 28,0               | 1,00               | 28,0  |
| 1,40         | 4,0                | 7,5                | 8,0                | 0,27               | 30,0  | 11,40        | 8,0                | 15,5               | 16,0               | 0,87               | 18,0  |
| 1,60         | 4,0                | 6,0                | 8,0                | 0,33               | 24,0  | 11,60        | 7,5                | 14,0               | 15,0               | 0,40               | 37,0  |
| 1,80         | 4,0                | 6,5                | 8,0                | 0,33               | 24,0  | 11,80        | 5,5                | 8,5                | 11,0               | 0,60               | 18,0  |
| <b>2,00</b>  | 4,5                | 7,0                | 9,0                | 0,40               | 22,0  | <b>12,00</b> | 5,5                | 10,0               | 11,0               | 0,80               | 14,0  |
| 2,20         | 5,0                | 8,0                | 10,0               | 0,47               | 21,0  | 12,20        | 16,0               | 22,0               | 32,0               | 1,20               | 27,0  |
| 2,40         | 5,0                | 8,5                | 10,0               | 0,33               | 30,0  | 12,40        | 6,0                | 15,0               | 12,0               | 0,40               | 30,0  |
| 2,60         | 5,5                | 8,0                | 11,0               | 0,40               | 27,0  | 12,60        | 9,5                | 12,5               | 19,0               | 0,80               | 24,0  |
| 2,80         | 5,5                | 8,5                | 11,0               | 0,53               | 21,0  | 12,80        | 7,0                | 13,0               | 14,0               | 0,80               | 17,0  |
| <b>3,00</b>  | 4,0                | 8,0                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | <b>13,00</b> | 5,0                | 11,0               | 10,0               | 0,67               | 15,0  |
| 3,20         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,53               | 19,0  | 13,20        | 8,5                | 13,5               | 17,0               | 0,87               | 20,0  |
| 3,40         | 6,0                | 10,0               | 12,0               | 0,47               | 26,0  | 13,40        | 8,0                | 14,5               | 16,0               | 0,73               | 22,0  |
| 3,60         | 3,0                | 6,5                | 6,0                | 0,33               | 18,0  | 13,60        | 8,5                | 14,0               | 17,0               | 0,87               | 20,0  |
| 3,80         | 2,5                | 5,0                | 5,0                | 0,33               | 15,0  | 13,80        | 10,0               | 16,5               | 20,0               | 1,20               | 17,0  |
| <b>4,00</b>  | 3,0                | 5,5                | 6,0                | 0,47               | 13,0  | <b>14,00</b> | 13,0               | 22,0               | 26,0               | 1,40               | 19,0  |
| 4,20         | 4,5                | 8,0                | 9,0                | 0,40               | 22,0  | 14,20        | 12,5               | 23,0               | 25,0               | 1,33               | 19,0  |
| 4,40         | 4,0                | 7,0                | 8,0                | 0,40               | 20,0  | 14,40        | 9,0                | 19,0               | 18,0               | 0,87               | 21,0  |
| 4,60         | 4,0                | 7,0                | 8,0                | 0,40               | 20,0  | 14,60        | 6,5                | 13,0               | 13,0               | 0,60               | 22,0  |
| 4,80         | 4,0                | 7,0                | 8,0                | 0,40               | 20,0  | 14,80        | 4,5                | 9,0                | 9,0                | 0,53               | 17,0  |
| <b>5,00</b>  | 5,5                | 8,5                | 11,0               | 0,67               | 16,0  | <b>15,00</b> | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,40               | 25,0  |
| 5,20         | 5,0                | 10,0               | 10,0               | 0,67               | 15,0  | 15,20        | 7,0                | 10,0               | 14,0               | 0,60               | 23,0  |
| 5,40         | 6,0                | 11,0               | 12,0               | 0,73               | 16,0  | 15,40        | 6,5                | 11,0               | 13,0               | 0,53               | 24,0  |
| 5,60         | 7,0                | 12,5               | 14,0               | 0,80               | 17,0  | 15,60        | 7,0                | 11,0               | 14,0               | 0,47               | 30,0  |
| 5,80         | 5,5                | 11,5               | 11,0               | 0,80               | 14,0  | 15,80        | 12,0               | 15,5               | 24,0               | 0,93               | 26,0  |
| <b>6,00</b>  | 4,0                | 10,0               | 8,0                | 0,60               | 13,0  | <b>16,00</b> | 11,0               | 18,0               | 22,0               | 1,20               | 18,0  |
| 6,20         | 5,5                | 10,0               | 11,0               | 0,47               | 24,0  | 16,20        | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,13               | 19,0  |
| 6,40         | 4,0                | 7,5                | 8,0                | 0,27               | 30,0  | 16,40        | 13,5               | 22,0               | 27,0               | 1,20               | 22,0  |
| 6,60         | 3,0                | 5,0                | 6,0                | 0,33               | 18,0  | 16,60        | 15,0               | 24,0               | 30,0               | 1,20               | 25,0  |
| 6,80         | 2,0                | 4,5                | 4,0                | 0,27               | 15,0  | 16,80        | 7,0                | 16,0               | 14,0               | 0,93               | 15,0  |
| <b>7,00</b>  | 4,0                | 6,0                | 8,0                | 0,53               | 15,0  | <b>17,00</b> | 6,0                | 13,0               | 12,0               | 0,80               | 15,0  |
| 7,20         | 5,0                | 9,0                | 10,0               | 0,40               | 25,0  | 17,20        | 8,0                | 14,0               | 16,0               | 1,07               | 15,0  |
| 7,40         | 7,0                | 10,0               | 14,0               | 0,80               | 17,0  | 17,40        | 10,0               | 18,0               | 20,0               | 1,27               | 16,0  |
| 7,60         | 8,0                | 14,0               | 16,0               | 0,73               | 22,0  | 17,60        | 12,5               | 22,0               | 25,0               | 1,60               | 16,0  |
| 7,80         | 8,5                | 14,0               | 17,0               | 1,07               | 16,0  | 17,80        | 12,0               | 24,0               | 24,0               | 1,40               | 17,0  |
| <b>8,00</b>  | 10,0               | 18,0               | 20,0               | 1,07               | 19,0  | <b>18,00</b> | 7,5                | 18,0               | 15,0               | 1,07               | 14,0  |
| 8,20         | 13,0               | 21,0               | 26,0               | 1,20               | 22,0  | 18,20        | 9,0                | 17,0               | 18,0               | 1,20               | 15,0  |
| 8,40         | 14,0               | 23,0               | 28,0               | 1,33               | 21,0  | 18,40        | 14,5               | 23,5               | 29,0               | 1,73               | 17,0  |
| 8,60         | 10,0               | 20,0               | 20,0               | 1,13               | 18,0  | 18,60        | 19,0               | 32,0               | 38,0               | 2,33               | 16,0  |
| 8,80         | 8,5                | 17,0               | 17,0               | 1,13               | 15,0  | 18,80        | 16,5               | 34,0               | 33,0               | 2,20               | 15,0  |
| <b>9,00</b>  | 7,5                | 16,0               | 15,0               | 0,87               | 17,0  | <b>19,00</b> | 20,5               | 37,0               | 41,0               | 3,00               | 14,0  |
| 9,20         | 9,0                | 15,5               | 18,0               | 0,60               | 30,0  | 19,20        | 22,5               | 45,0               | 45,0               | 2,33               | 19,0  |
| 9,40         | 8,5                | 13,0               | 17,0               | 0,80               | 21,0  | 19,40        | 16,5               | 34,0               | 33,0               | 2,33               | 14,0  |
| 9,60         | 9,0                | 15,0               | 18,0               | 0,87               | 21,0  | 19,60        | 12,5               | 30,0               | 25,0               | 1,60               | 16,0  |
| 9,80         | 12,5               | 19,0               | 25,0               | 1,20               | 21,0  | 19,80        | 15,0               | 27,0               | 30,0               | 1,87               | 16,0  |
| <b>10,00</b> | 11,0               | 20,0               | 22,0               | 1,33               | 16,0  | <b>20,00</b> | 18,0               | 32,0               | 36,0               | -----              | ----- |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

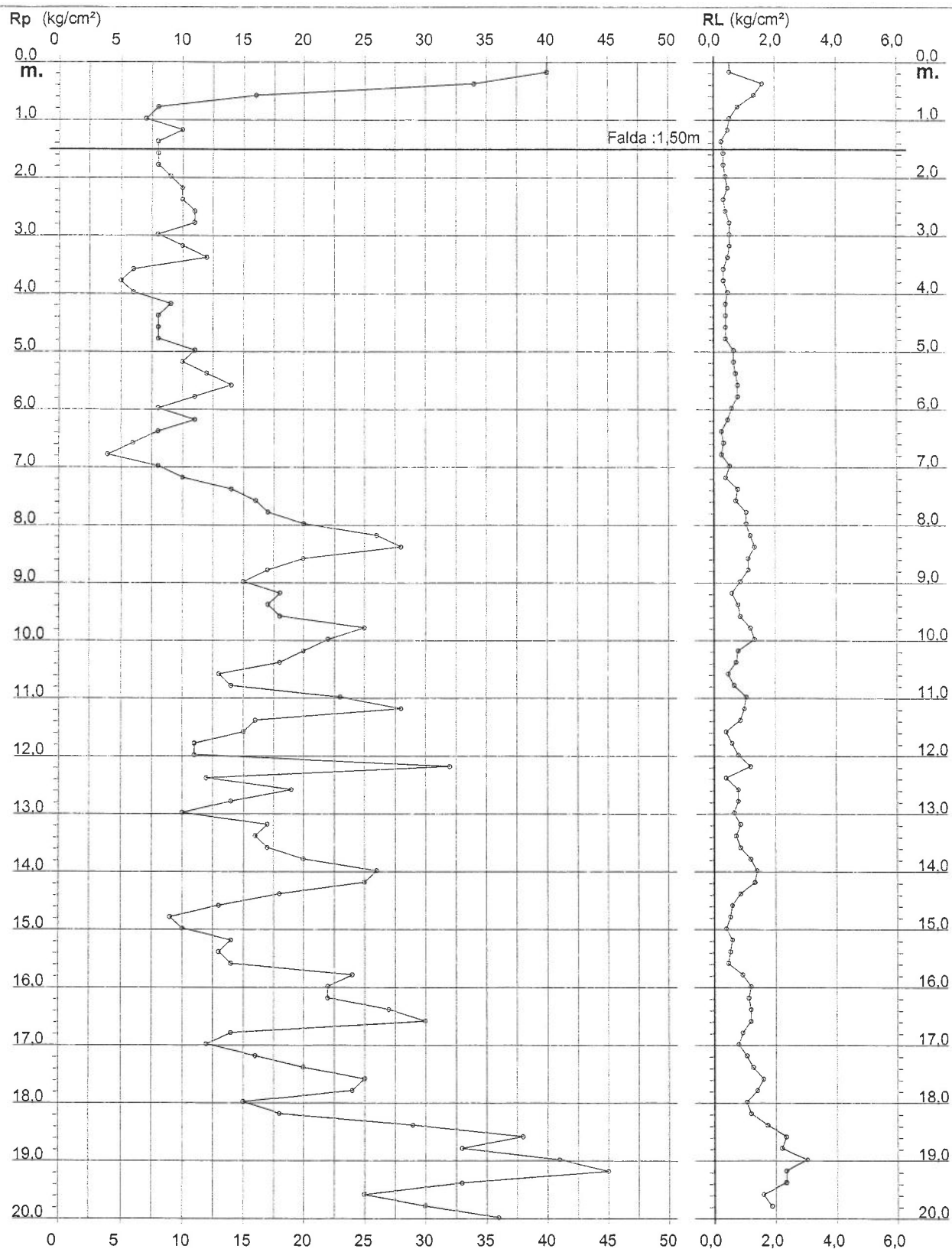
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
- lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
- località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



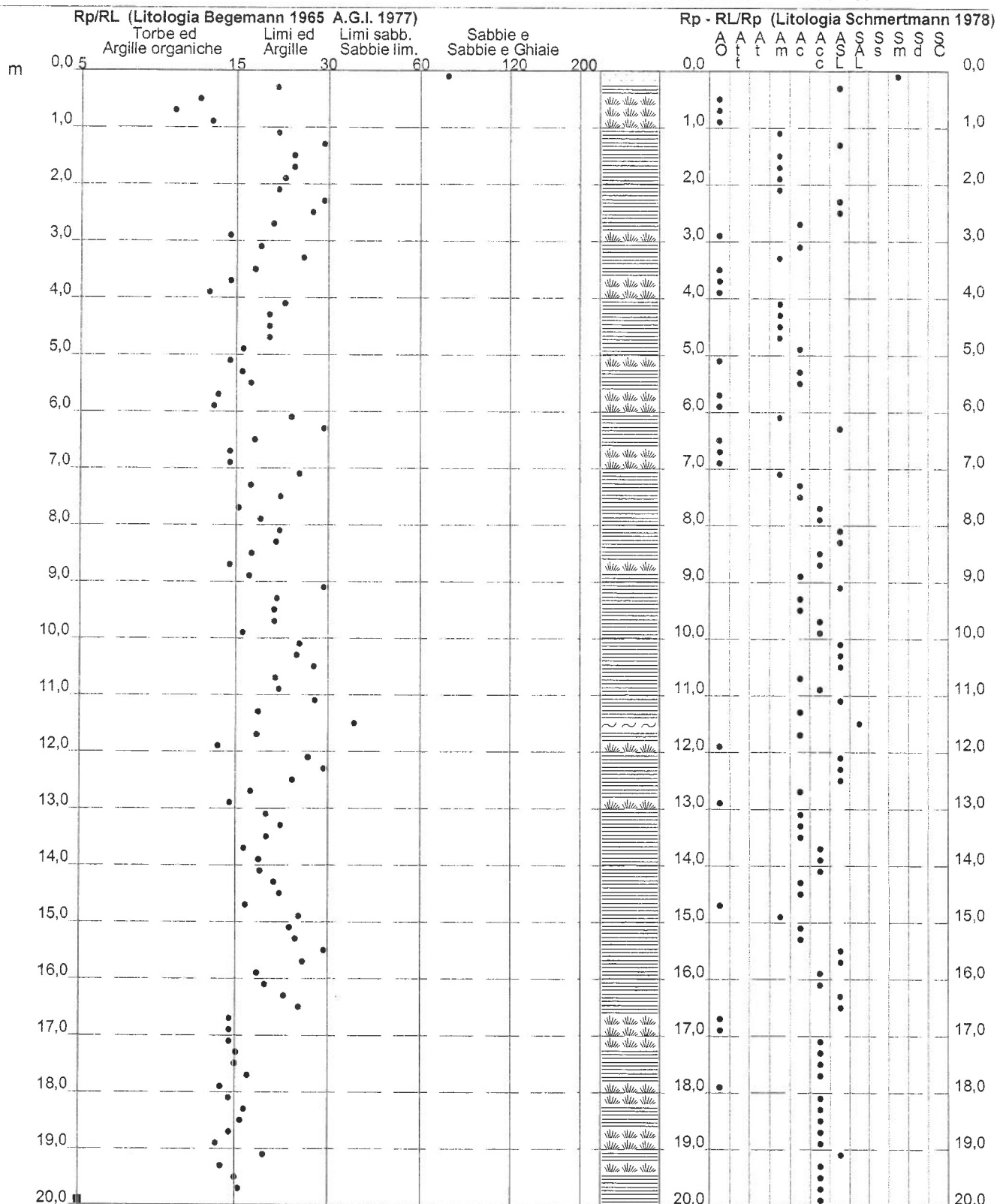
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 4

2.010496-059

- committente : Immobiliare R.B.R. s.n.c.  
 - lavoro : Variante al P.R.G. - AREA L3  
 - località : Via Donizzetti - San Martino in Rio (RE)  
 - note :

- data : 27/06/2013  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



## CPT 4

2.010496-059

- data : 27/06/2013  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

# **SISMICA A RIFRAZIONE**

## **MASW**

### ***Determinazione del $V_{s30}$***



**SISMOGRAFO: PASI 16SG24**

## ==0== SECTION#1

dataset: San Martino in Rio - via Donizetti.DAT

minimum offset (m): 10

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 1

Dispersion curve: San Martino in Rio via Donizetti - Immobiliare R.B.R. Snc

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 60      1      70      4      80      11      90      0.1      100  
 0.1      110  
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 375   2   400   6   425   13   450   4   475   5   500  
 Adopted Poisson values: 0.35   0.35   0.35   0.35   0.35   0.3

Output folder: C:\winMASW411pro\output\2013\Giusti\06\San Martino in Rio - Via Donizetti

## ==0== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -33.51   -12.2162  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -30.2571   -10.6417  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -32.9224   -10.3314  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -30.7324   -10.1758  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -23.5608   -10.1355  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -25.8545   -9.58465  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -28.3502   -9.58465  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -32.2511   -9.58465  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -23.3423   -9.58465  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -22.5748   -8.87461  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -28.2597   -8.87461  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -24.0517   -8.87461  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -23.768   -8.79215  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -24.8766   -8.79215  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -40.3564   -8.79215  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -39.0176   -8.79215  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -24.6756   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -21.731   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -32.2991   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -27.6738   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -34.5068   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -38.7626   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -36.9916   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -26.0169   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -25.9957   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -27.4088   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -36.0656   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -26.7527   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -31.9324   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -27.2308   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -37.537   -8.77217

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -31.9889   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -26.0739   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -35.1998   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -35.6881   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -33.9441   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -37.8352   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -30.867   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -27.2339   -8.77217  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -28.5487   -8.77217

Model after the Vs &amp; Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 359   174   122   201   448   304  
 Poisson: 0.35   0.35   0.35   0.35   0.35   0.3  
 Thickness (m): 1.4   6   12   1.4   2.7



Number of models considered to calculate the average model: 28

#####  
RESULTS winMASW Pro  
#####

Dataset: San Martino in Rio - via Donizetti.DAT  
Analyzed curve: San Martino in Rio via Donizetti - Immobiliare R.B.R. Snc

==o== SECTION#3

=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 327 174 121 236 381 301  
Standard deviations (m/s): 49 14 3 74 94 29

Thickness (m): 1.7 5.8 12.3 1.4 2.6  
Standard deviations (m): 0.2 0.3 0.6 0.7 1.1

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 681 362 252 491 793 563  
Density (gr/cm3): 1.96 1.81 1.72 1.88 2.00 1.91  
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08 1.87  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30  
Young modulus (MPa): 566 148 68 283 783 451  
Sjear modulus (MPa): 210 55 25 105 290 173  
Lamé (MPa): 490 127 59 244 676 260  
Bulk modulus (MPa): 630 164 76 314 870 376

Fundamental mode

Mean model  
f(Hz) VR(m/s)  
2.55263 201.2359  
5.29682 147.4918  
6.95777 149.8044  
8.83537 149.0958  
10.713 140.9271  
13.5294 132.1896  
16.9957 127.4881  
20.8231 125.0807

First higher mode

Mean model  
6.81334 231.0533  
8.9798 174.7909  
11.3629 165.2006  
13.4572 163.5176  
19.3788 143.0521

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 359.0579 173.9252 122.0984 201.4978 447.5291 304.4615  
thickness (m): 1.41735 6 12.3978 1.36977 2.72396

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 747 362 254 419 932 570  
Density (gr/cm3): 1.98 1.81 1.72 1.84 2.04 1.92  
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 2.08 1.88  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30  
Young modulus (MPa): 690 148 69 201 1103 461  
Shear modulus (MPa): 256 55 26 74 409 177  
Lamé (MPa): 595 127 60 175 952 269  
Bulk modulus (MPa): 766 164 77 224 1224 387

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

| F(Hz)   | VR(m/s)  |
|---------|----------|
| 2.55263 | 204.1181 |
| 5.29682 | 148.231  |
| 6.95777 | 150.0592 |
| 8.83537 | 149.0837 |
| 10.713  | 141.4105 |
| 13.5294 | 133.0394 |
| 16.9957 | 128.4725 |
| 20.8231 | 126.1209 |

First higher mode)

best model

|         |          |
|---------|----------|
| 6.81334 | 232.5218 |
| 8.9798  | 174.8043 |
| 11.3629 | 164.7958 |
| 13.4572 | 163.0276 |
| 19.3788 | 143.6637 |

VS5 (mean model): 207 m/s

VS5 (best model): 204 m/s

VS20 (mean model): 142 m/s

VS20 (best model): 142 m/s

VS30 (mean model): 173 m/s

VS30 (best model): 173 m/s

==o== SECTION#6

Possible Soil Type: D

(based on the mean model)

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero  $10 < cu_{30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\winMASW411pro\output\2013\Giusti\06\San Martino in Rio - Via Donizetti".

winMASW 4.2 Pro

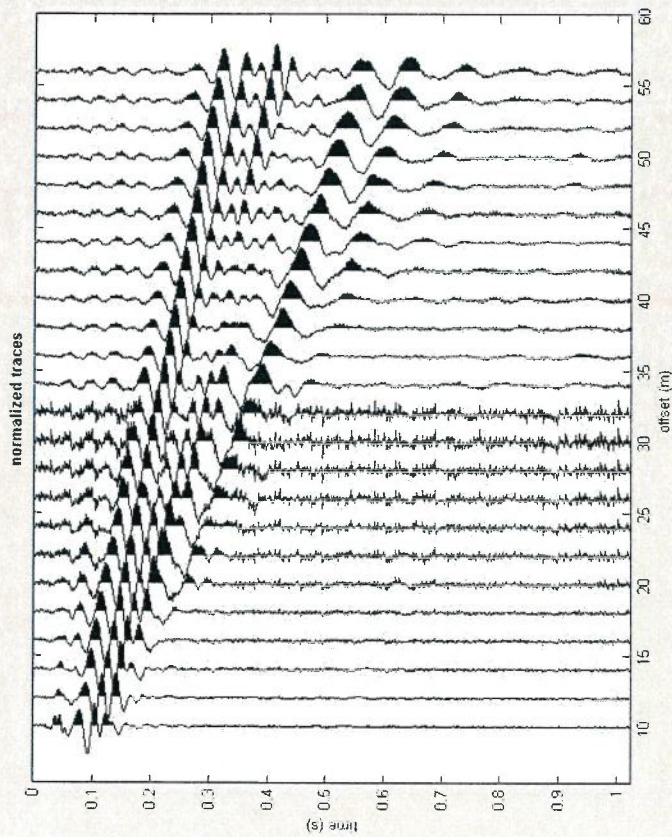
Surface Wave Analysis

via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: San Martino in Rio - via Donizetti DAT  
 minimum offset: 10 m  
 geophone spacing: 2 m  
 sampling: 1 ms



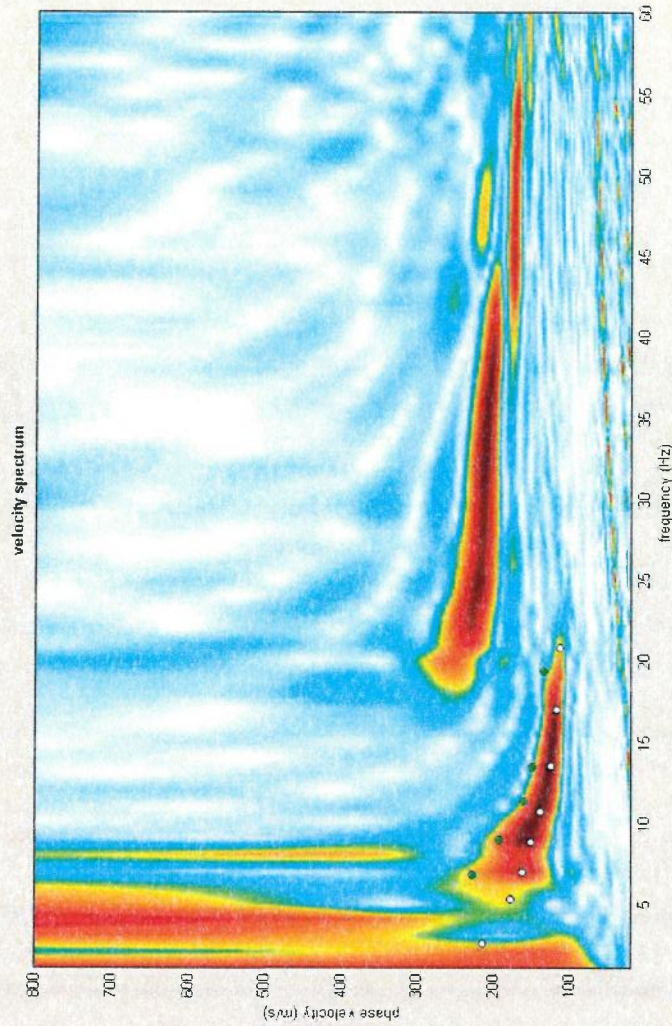
ver 4.1 Pro

Attenuation analysis



#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

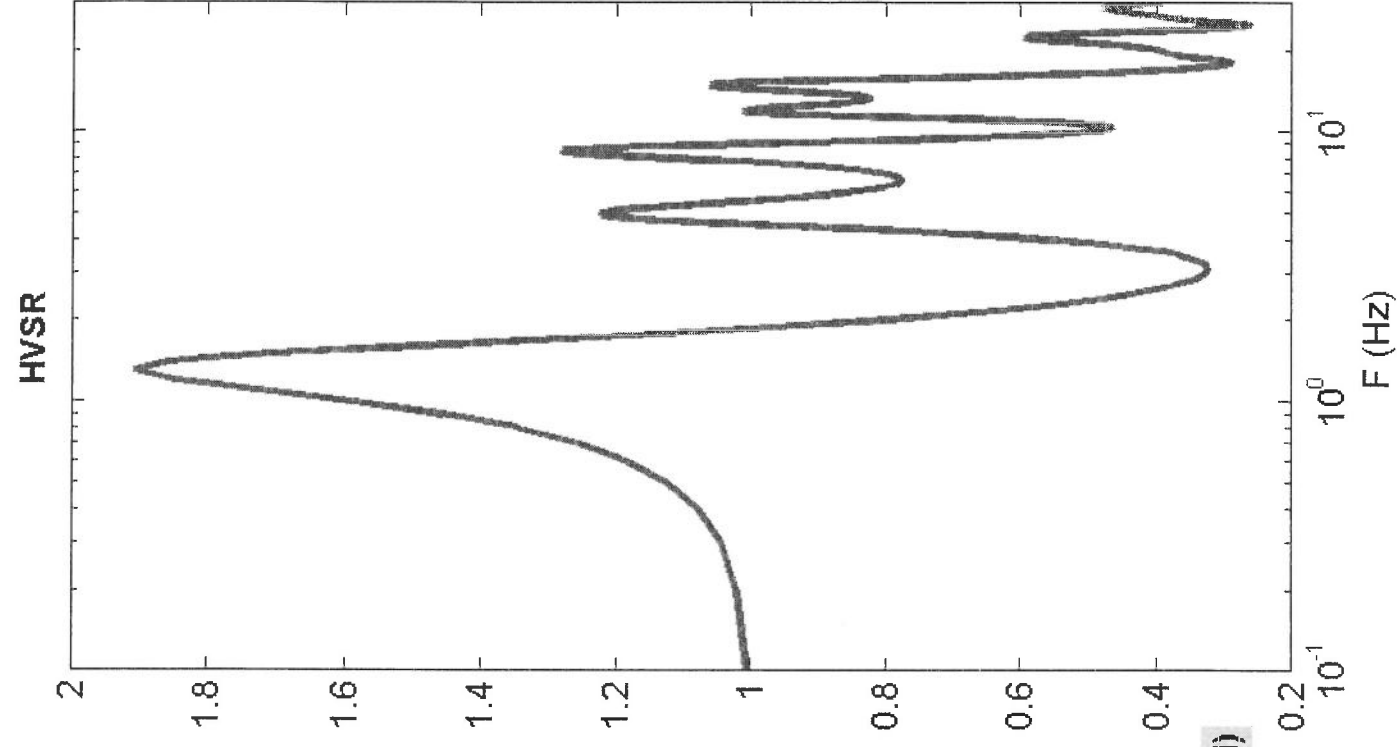
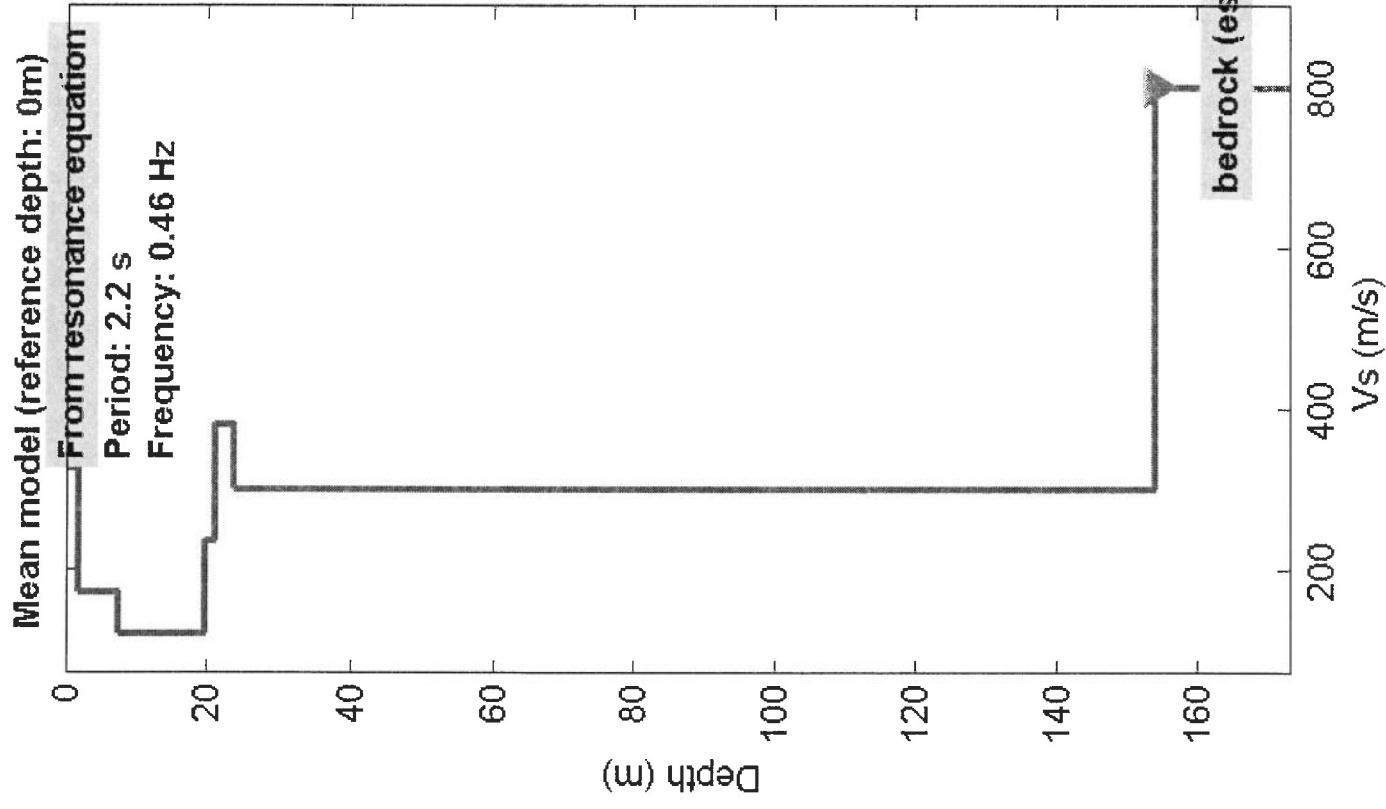
☐ Tau - v



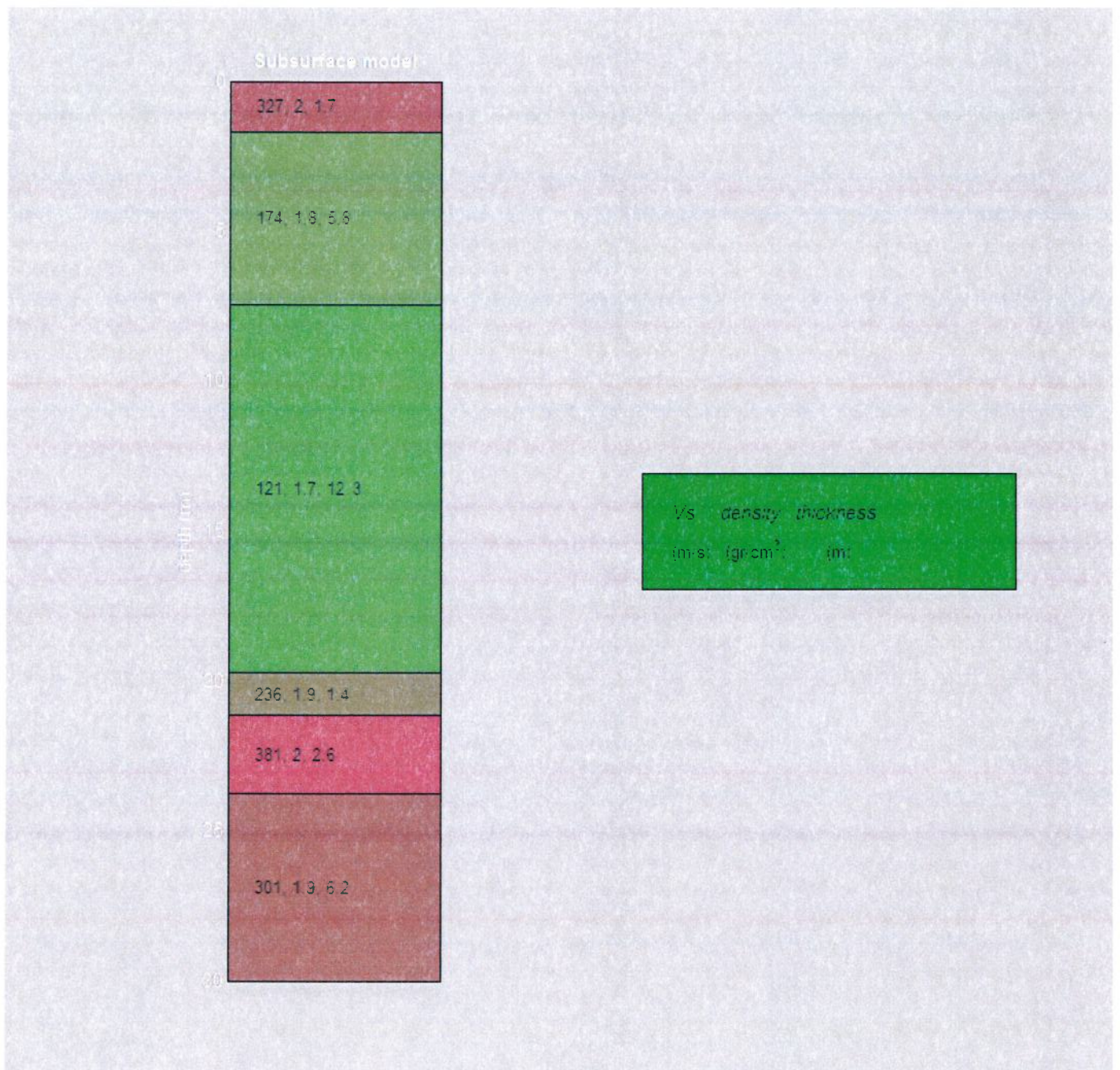
explore spectrum

San Martino in Rio via Donizetti - Immobiliare R.B.R. Snc

☒ eigen prices







## winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

### Main results

See "winMASW\_report.txt" for further details.

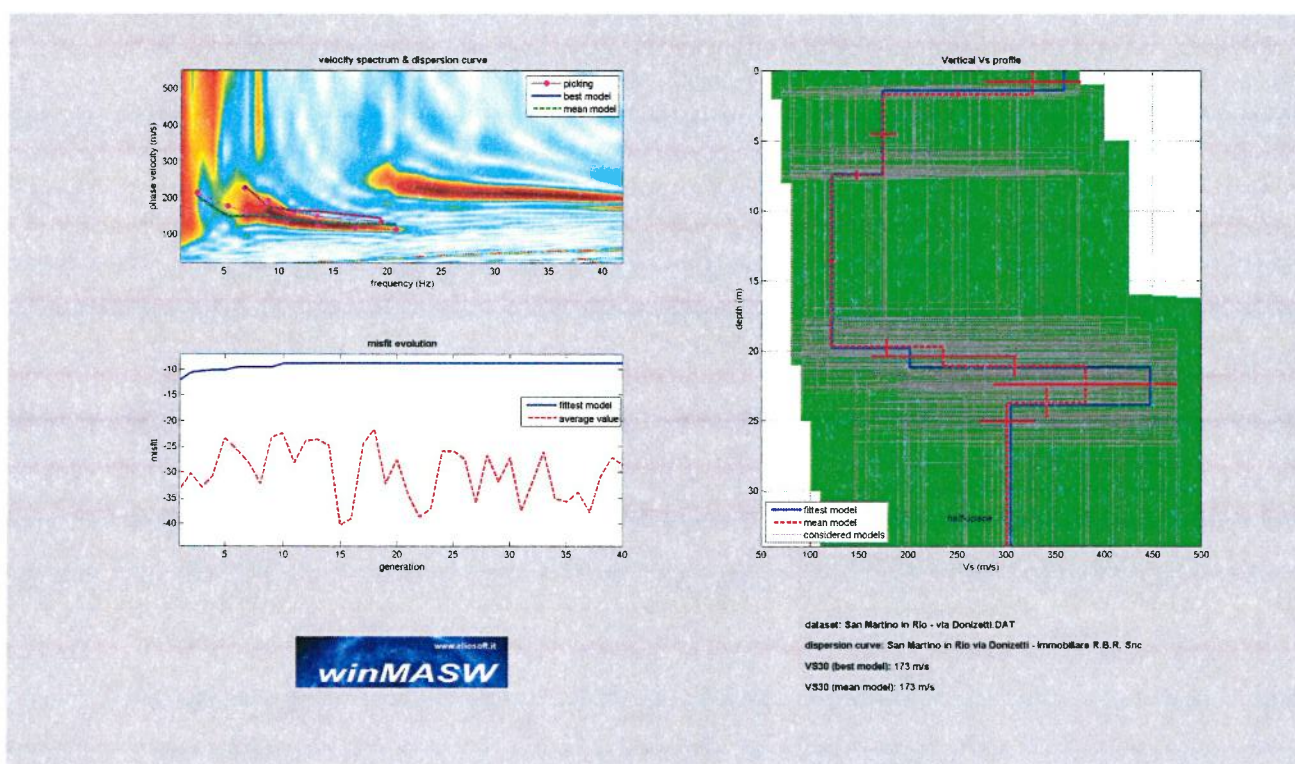
[www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)

Date: 17/2013

Time: 14:22

Dataset: San Martino in Rio - via Donizetti.DAT

Considered dispersion curve: San Martino in Rio via Donizetti - Immobiliare R.B.R. Snc



#### Mean model

Vs (m/s): 327, 174, 121, 236, 381, 301

Standard deviations (m/s): 49, 14, 3, 74, 94, 29

Thickness (m): 1.7, 5.8, 12.3, 1.4, 2.6

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.3, 0.6, 0.7, 1.1

Density (gr/cm<sup>3</sup>): 1.96, 1.81, 1.72, 1.88, 2.00, 1.91

Shear modulus (MPa): 210, 55, 25, 105, 290, 173

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s): 681, 362, 252, 491, 793, 563

Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.30

Bulk modulus (MPa): 630, 164, 76, 314, 870, 376

Young's modulus (MPa): 566, 148, 68, 283, 783, 451

Lamé (MPa): 490, 127, 59, 244, 676, 260

VS30 (m/s): 173

Possible Soil Type: D

*Pay attention*

Soil classification must be performed by the user.

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero  $10 < c_{u30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**winMASW 4.1.1 Pro**

Surface wave analysis modelling and inversion of Rayleigh and Love waves MASW, ReMi and attenuation analyses

[www.eljiosoft.it](http://www.eljiosoft.it)



# **VERIFICA A LIQUEFAZIONE**



**PROGRAMMA DI CALCOLO: LAN (Aztec Informatica)**

Progetto: Variante al P.R.G. – Area L3  
 Ditta: Immobiliare R.B.R. snc  
 Comune: Via Donizzetti – San Martino in Rio (RE)

## Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Ordinanza Ministeriale nr. 3274 del 20 Marzo 2003
- Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008

## Metodo di calcolo della domanda di resistenza a liquefazione *CSR*

Il carico sismico, *CSR*, dipende dalla magnitudo *M* e dalla massima accelerazione in superficie,  $a_{max}$ .

Per una magnitudo  $M=7.5$  *CSR* è espresso dalla seguente relazione

$$CSR=0.65*(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})*r_d$$

essendo

$a_{max}$  picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto

$g$  accelerazione di gravità

$\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$  tensione verticale geostatica totale ed efficace

$r_d$  coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente  $r_d$  si assumono i seguenti valori

$r_d = 1.0 - 0.00765z$  per  $z \leq 9.15$  m

$r_d = 1.174 - 0.0267z$  per  $9.15 \leq z \leq 23$  m

$r_d = 0.774 - 0.008z$  per  $23 < z < 30$  m

$r_d = 0.5$  per  $z > 30$  m

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, *MSF*, al valore di *CSR* precedentemente calcolato.

L'equazione utilizzata per per il calcolo di *MSF* viene di seguito riportata:

$$MSF = \left( \frac{M}{7.5} \right)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{per } M > 7.5$$

L'Eurocodice 8 per tener conto di terremoti di magnitudo diversa da 7,5 utilizza la seguente correlazione :

$M$      $MSF$

5.5    2.86

6.0    2.20

6.5    1.69

7.0    1.30

8.0    0.67

## Metodi di calcolo della resistenza a liquefazione CRR

### Metodo di Robertson

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche statiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \begin{cases} 0.883 \cdot \left[ \frac{(q_{cln})_{CS}}{1000} \right] + 0.05 & \text{per } 0 < (q_{cln})_{CS} < 50 \\ 93 \cdot \left[ \frac{(q_{cln})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0.08 & \text{per } 50 < (q_{cln})_{CS} < 160 \end{cases}$$

dove:

$(q_{cln})_{CS}$  : resistenza alla punta corretta e normalizzata.

Per il calcolo di  $(q_{cln})_{CS}$  si procede come di seguito :

### Calcolo di $q_{clN}$

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_v} \cdot 100 \quad : \text{ attrito laterale specifico normalizzato;}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_v}{\sigma'_v} \quad : \text{ resistenza alla punta;}$$

$q_c$  : resistenza alla punta misurata espressa in  $[kg/cm^2]$ ;

$f_s$  : attrito laterale specifico misurato espresso in  $[kg/cm^2]$

$\sigma_v$  : pressione verticale totale espressa in  $[kg/cm^2]$ .

$\sigma'_v$  : pressione verticale efficace espressa in  $[kg/cm^2]$ .

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} Q - 3.47)^2}$$

$$q_{clN} = C_Q \cdot q_c$$

$$C_Q = \left( \frac{1}{\sigma'_v} \right)^n$$

$$n = \begin{cases} 1.00 & \text{se } I_c > 2.6; \\ 0.50 & \text{se } \begin{cases} I_c \leq 2.6 \\ \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{clN} - 3.47)^2} \leq 2.6 \end{cases} \\ 0.75 & \text{se } \begin{cases} I_c \leq 2.6 \\ \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{clN} - 3.47)^2} > 2.6 \end{cases} \end{cases}$$

deve comunque essere :

$$q_{clN} \leq 2 \cdot q_c$$

**Calcolo di  $(q_{c1N})_{CS}$** 

$$(q_{c1N})_{CS} = K_C \cdot q_{c1N}$$

$$K_C = \begin{cases} 1 & I_c \leq 1.64 \\ -0.403 \cdot I_c^4 + 5.581 \cdot I_c^3 - 21.63 \cdot I_c^2 + 33.75 \cdot I_c - 17.88 & 1.64 < I_c < 2.6 \end{cases}$$

per  $I_c \geq 2.6$  non esiste fenomeno di liquefazione.

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR / CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s \leq 1.0$

**Dati Situ***Simbologia adottata*

|               |                                                                                          |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $M$           | : Magnitudo dell'evento sismico;                                                         |
| $a_{max} / g$ | : Rapporto tra accelerazione sismica massima ed accelerazione di gravità;                |
| $p_0$         | : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/cmq];                       |
| $CdS$         | : Classe di sottosuolo (per classe A e B si ha $CdS=1.0$ per classe C si ha $CdS=0.9$ ); |
| $z_w$         | : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].                             |

| <b>M</b> | <b><math>a_{max} / g</math></b> | <b><math>p_0</math></b> | <b><math>CdS</math></b> | <b><math>z_w</math></b> |
|----------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 6.14     | 0.161                           | 5000,00                 | 0,90                    | 1,7                     |

**Dati Stratigrafia***Simbologia adottata*

|               |                                                                                      |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $Nr.$         | : Indice dello strato;                                                               |
| $Descrizione$ | : Descrizione strato;                                                                |
| $h$           | : Spessore dello strato espresso in [m];                                             |
| $\gamma$      | : Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];                                    |
| $\gamma_s$    | : Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];                             |
| $d_{50}$      | : Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm]; |
| $fine$        | : Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].                           |

| <b>Nr.</b> | <b>Descrizione</b>                                                                 | <b>h</b> | <b><math>\gamma</math></b> | <b><math>\gamma_s</math></b> | <b><math>d_{50}</math></b> | <b>fine</b> |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|
| 1          | argilla talora organica<br>con sottili livelli di limi<br>sabbiosi e sabbie limose | 3,5      | 1850                       | 1950                         | 0,004                      | 75.00       |
| 2          | argille organiche con<br>sottili livelli di limi<br>sabbiosi e sabbie limose       | 3,5      | 1800                       | 1900                         | 0,001                      | 85.00       |
| 3          | argille con limi sabbiose,<br>sabbie limose e sabbie                               | 11,0     | 1900                       | 2000                         | 0,25                       | 25.00       |
| 4          | argille ed argille sabbioso<br>limose                                              | 2,0      | 1900                       | 2000                         | 0,00                       | 70.00       |

**Dati Prova Penetrometrica CPT3***Simbologia adottata*

|       |                                                                                 |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $Nr.$ | : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;                          |
| $z_i$ | : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m]; |
| $q_c$ | : Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ].      |
| $f_s$ | : Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ].        |

| <b>Nr.</b> | <b><math>z_i</math></b> | <b><math>q_c</math></b> | <b><math>f_s</math></b> |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1          | 0,6                     | 26,0                    | 1,6                     |
| 2          | 0,8                     | 26,0                    | 1,0                     |
| 3          | 1,0                     | 19,0                    | 1,2                     |
| 4          | 1,2                     | 17,0                    | 1,1                     |
| 5          | 1,4                     | 12,0                    | 0,7                     |
| 6          | 1,6                     | 14,0                    | 0,7                     |
| 7          | 1,8                     | 12,0                    | 0,6                     |
| 8          | 2,0                     | 9,0                     | 0,5                     |
| 9          | 2,2                     | 16,0                    | 0,7                     |
| 10         | 2,4                     | 14,0                    | 0,7                     |
| 11         | 2,6                     | 13,0                    | 0,5                     |
| 12         | 2,8                     | 17,0                    | 0,7                     |
| 13         | 3,0                     | 12,0                    | 0,7                     |
| 14         | 3,2                     | 12,0                    | 0,7                     |
| 15         | 3,4                     | 12,0                    | 0,5                     |
| 16         | 3,6                     | 12,0                    | 0,6                     |
| 17         | 3,8                     | 10,0                    | 0,4                     |
| 18         | 4,0                     | 11,0                    | 0,5                     |
| 19         | 4,2                     | 12,0                    | 0,5                     |
| 20         | 4,4                     | 8,0                     | 0,5                     |
| 21         | 4,6                     | 8,0                     | 0,5                     |
| 22         | 4,8                     | 10,0                    | 0,5                     |
| 23         | 5,0                     | 11,0                    | 0,6                     |
| 24         | 5,2                     | 11,0                    | 0,6                     |
| 25         | 5,4                     | 9,0                     | 0,5                     |
| 26         | 5,6                     | 11,0                    | 0,7                     |
| 27         | 5,8                     | 9,0                     | 0,6                     |
| 28         | 6,0                     | 10,0                    | 0,7                     |
| 29         | 6,2                     | 14,0                    | 0,7                     |
| 30         | 6,4                     | 7,0                     | 0,3                     |
| 31         | 6,6                     | 8,0                     | 0,5                     |
| 32         | 6,8                     | 7,0                     | 0,3                     |
| 33         | 7,0                     | 10,0                    | 0,5                     |
| 34         | 7,2                     | 10,0                    | 0,6                     |
| 35         | 7,4                     | 10,0                    | 0,5                     |
| 36         | 7,6                     | 9,0                     | 0,5                     |
| 37         | 7,8                     | 14,0                    | 0,8                     |
| 38         | 8,0                     | 15,0                    | 1,1                     |
| 39         | 8,2                     | 14,0                    | 0,9                     |
| 40         | 8,4                     | 18,0                    | 1,1                     |
| 41         | 8,6                     | 20,0                    | 1,3                     |
| 42         | 8,8                     | 24,0                    | 1,3                     |
| 43         | 9,0                     | 20,0                    | 1,2                     |
| 44         | 9,2                     | 14,0                    | 0,9                     |
| 45         | 9,4                     | 19,0                    | 0,7                     |
| 46         | 9,6                     | 19,0                    | 1,3                     |
| 47         | 9,8                     | 17,0                    | 0,5                     |
| 48         | 10,0                    | 17,0                    | 0,9                     |
| 49         | 10,2                    | 23,0                    | 0,9                     |
| 50         | 10,4                    | 20,0                    | 1,2                     |
| 51         | 10,6                    | 22,0                    | 0,7                     |
| 52         | 10,8                    | 31,0                    | 0,4                     |

---

|    |      |       |     |
|----|------|-------|-----|
| 53 | 11,0 | 46,0  | 0,3 |
| 54 | 11,2 | 38,0  | 0,4 |
| 55 | 11,4 | 64,0  | 0,3 |
| 56 | 11,6 | 55,0  | 0,3 |
| 57 | 11,8 | 86,0  | 0,7 |
| 58 | 12,0 | 100,0 | 2,0 |
| 59 | 12,2 | 150,0 | 0,7 |
| 60 | 12,4 | 150,0 | 0,5 |
| 61 | 12,6 | 70,0  | 0,7 |
| 62 | 12,8 | 140,0 | 0,1 |
| 63 | 13,0 | 72,0  | 0,3 |
| 64 | 13,2 | 24,0  | 0,5 |
| 65 | 13,4 | 10,0  | 0,3 |
| 66 | 13,6 | 27,0  | 0,9 |
| 67 | 13,8 | 22,0  | 1,0 |
| 68 | 14,0 | 15,0  | 0,9 |
| 69 | 14,2 | 18,0  | 1,0 |
| 70 | 14,4 | 26,0  | 0,9 |
| 71 | 14,6 | 29,0  | 1,3 |
| 72 | 14,8 | 29,0  | 1,3 |
| 73 | 15,0 | 18,0  | 1,1 |
| 74 | 15,2 | 19,0  | 0,7 |
| 75 | 15,4 | 18,0  | 0,6 |
| 76 | 15,6 | 15,0  | 0,6 |
| 77 | 15,8 | 16,0  | 0,6 |
| 78 | 16,0 | 15,0  | 1,0 |
| 79 | 16,2 | 22,0  | 0,8 |
| 80 | 16,4 | 16,0  | 0,8 |
| 81 | 16,6 | 18,0  | 1,2 |
| 82 | 16,8 | 52,0  | 0,1 |
| 83 | 17,0 | 38,0  | 1,3 |
| 84 | 17,2 | 90,0  | 1,2 |
| 85 | 17,4 | 50,0  | 1,1 |
| 86 | 17,6 | 53,0  | 0,9 |
| 87 | 17,8 | 30,0  | 1,6 |
| 88 | 18,0 | 26,0  | 1,3 |
| 89 | 18,2 | 31,0  | 1,7 |
| 90 | 18,4 | 35,0  | 1,7 |
| 91 | 18,6 | 30,0  | 1,7 |
| 92 | 18,8 | 17,0  | 1,2 |
| 93 | 19,0 | 14,0  | 1,1 |
| 94 | 19,2 | 25,0  | 1,4 |
| 95 | 19,4 | 45,0  | 3,1 |
| 96 | 19,6 | 36,0  | 3,8 |
| 97 | 19,8 | 27,0  | 2,8 |
| 98 | 20,0 | 42,0  | 2,8 |



## Risultati Analisi

### Calcolo fattore di sicurezza

#### Simbologia adottata

|             |                                                                                                  |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Nr.$       | : Numero d'ordine del risultato;                                                                 |
| $z_i$       | : Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];                 |
| $\sigma'_v$ | : tensione verticale efficace calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]; |
| $\sigma_v$  | : tensione verticale totale calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ];   |
| $r_d$       | : coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità $z_i$ ;                  |
| $MSF$       | : coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;                                     |
| $CSR$       | : resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;            |
| $CRR$       | : sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;      |
| $F_s$       | : Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;                                     |

### Medoto ROBERTSON

| Nr. | $z_i$ | $\sigma'_v$ | $\sigma_v$ | $r_d$ | $MSF$ | $CSR$ | $CRR$ | $F_s$ |
|-----|-------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 0,60  | 0,61        | 0,61       | 1.00  | 1.94  | 0.33  | 0.05  | 6.08  |
| 2   | 0,80  | 0,65        | 0,65       | 0.99  | 1.94  | 0.29  | 0.05  | 5.33  |
| 3   | 1,00  | 0,69        | 0,69       | 0.99  | 1.94  | 0.15  | 0.05  | 2.72  |
| 4   | 1,20  | 0,72        | 0,72       | 0.99  | 1.94  | 0.12  | 0.05  | 2.23  |
| 5   | 1,40  | 0,76        | 0,76       | 0.99  | 1.94  | 0.09  | 0.05  | 1.75  |
| 6   | 1,60  | 0,80        | 0,80       | 0.99  | 1.94  | 0.10  | 0.05  | 1.79  |
| 7   | 1,80  | 0,82        | 0,83       | 0.99  | 1.94  | 0.09  | 0.05  | 1.67  |
| 8   | 2,00  | 0,84        | 0,87       | 0.98  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.42  |
| 9   | 2,20  | 0,86        | 0,91       | 0.98  | 1.94  | 0.10  | 0.06  | 1.75  |
| 10  | 2,40  | 0,88        | 0,95       | 0.98  | 1.94  | 0.09  | 0.06  | 1.63  |
| 11  | 2,60  | 0,90        | 0,99       | 0.98  | 1.94  | 0.09  | 0.06  | 1.53  |
| 12  | 2,80  | 0,92        | 1,03       | 0.98  | 1.94  | 0.10  | 0.06  | 1.66  |
| 13  | 3,00  | 0,94        | 1,07       | 0.98  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.40  |
| 14  | 3,20  | 0,96        | 1,11       | 0.98  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.37  |
| 15  | 3,40  | 0,98        | 1,15       | 0.97  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.34  |
| 16  | 3,60  | 0,99        | 1,18       | 0.97  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.31  |
| 17  | 3,80  | 1,01        | 1,22       | 0.97  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.19  |
| 18  | 4,00  | 1,03        | 1,26       | 0.97  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.21  |
| 19  | 4,20  | 1,05        | 1,30       | 0.97  | 1.94  | 0.08  | 0.06  | 1.23  |
| 20  | 4,40  | 1,07        | 1,34       | 0.97  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.04  |
| 21  | 4,60  | 1,08        | 1,37       | 0.96  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.03  |
| 22  | 4,80  | 1,10        | 1,41       | 0.96  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.09  |
| 23  | 5,00  | 1,12        | 1,45       | 0.96  | 1.94  | 0.08  | 0.07  | 1.12  |
| 24  | 5,20  | 1,14        | 1,49       | 0.96  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.10  |
| 25  | 5,40  | 1,16        | 1,53       | 0.96  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.01  |
| 26  | 5,60  | 1,17        | 1,56       | 0.96  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.07  |
| 27  | 5,80  | 1,19        | 1,60       | 0.96  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 0.98  |
| 28  | 6,00  | 1,21        | 1,64       | 0.95  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.01  |
| 29  | 6,20  | 1,23        | 1,68       | 0.95  | 1.94  | 0.08  | 0.07  | 1.13  |
| 30  | 6,40  | 1,25        | 1,72       | 0.95  | 1.94  | 0.06  | 0.07  | 0.88  |
| 31  | 6,60  | 1,26        | 1,75       | 0.95  | 1.94  | 0.06  | 0.07  | 0.91  |
| 32  | 6,80  | 1,28        | 1,79       | 0.95  | 1.94  | 0.06  | 0.07  | 0.86  |
| 33  | 7,00  | 1,30        | 1,83       | 0.95  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 0.95  |
| 34  | 7,20  | 1,32        | 1,87       | 0.94  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 0.94  |
| 35  | 7,40  | 1,34        | 1,91       | 0.94  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 0.93  |
| 36  | 7,60  | 1,36        | 1,95       | 0.94  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 0.89  |
| 37  | 7,80  | 1,38        | 1,99       | 0.94  | 1.94  | 0.08  | 0.07  | 1.03  |
| 38  | 8,00  | 1,40        | 2,03       | 0.94  | 1.94  | 0.08  | 0.07  | 1.05  |
| 39  | 8,20  | 1,42        | 2,07       | 0.94  | 1.94  | 0.07  | 0.07  | 1.01  |
| 40  | 8,40  | 1,44        | 2,11       | 0.94  | 1.94  | 0.08  | 0.07  | 1.11  |
| 41  | 8,60  | 1,46        | 2,15       | 0.93  | 1.94  | 0.09  | 0.07  | 1.16  |
| 42  | 8,80  | 1,48        | 2,19       | 0.93  | 1.94  | 0.09  | 0.07  | 1.25  |
| 43  | 9,00  | 1,50        | 2,23       | 0.93  | 1.94  | 0.08  | 0.07  | 1.13  |

|    |       |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 44 | 9,20  | 1,52 | 2,27 | 0.93 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 0.97 |
| 45 | 9,40  | 1,54 | 2,31 | 0.92 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.09 |
| 46 | 9,60  | 1,56 | 2,35 | 0.92 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.09 |
| 47 | 9,80  | 1,58 | 2,39 | 0.91 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.03 |
| 48 | 10,00 | 1,60 | 2,43 | 0.91 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.03 |
| 49 | 10,20 | 1,62 | 2,47 | 0.90 | 1.94 | 0.09 | 0.07 | 1.17 |
| 50 | 10,40 | 1,64 | 2,51 | 0.90 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.10 |
| 51 | 10,60 | 1,66 | 2,55 | 0.89 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.14 |
| 52 | 10,80 | 1,68 | 2,59 | 0.89 | 1.94 | 0.10 | 0.07 | 1.31 |
| 53 | 11,00 | 1,70 | 2,63 | 0.88 | 1.94 | 0.10 | 0.07 | 1.36 |
| 54 | 11,20 | 1,72 | 2,67 | 0.87 | 1.94 | 0.10 | 0.07 | 1.43 |
| 55 | 11,40 | 1,74 | 2,71 | 0.87 | 1.94 | 0.10 | 0.07 | 1.43 |
| 56 | 11,60 | 1,76 | 2,75 | 0.86 | 1.94 | 0.10 | 0.07 | 1.35 |
| 57 | 11,80 | 1,78 | 2,79 | 0.86 | 1.94 | 0.14 | 0.07 | 1.87 |
| 58 | 12,00 | 1,80 | 2,83 | 0.85 | 1.94 | 0.27 | 0.07 | 3.72 |
| 59 | 12,20 | 1,82 | 2,87 | 0.85 | 1.94 | 0.22 | 0.07 | 2.98 |
| 60 | 12,40 | 1,84 | 2,91 | 0.84 | 1.94 | 0.21 | 0.07 | 2.85 |
| 61 | 12,60 | 1,86 | 2,95 | 0.84 | 1.94 | 0.13 | 0.07 | 1.75 |
| 62 | 12,80 | 1,88 | 2,99 | 0.83 | 1.94 | 0.18 | 0.07 | 2.50 |
| 63 | 13,00 | 1,90 | 3,03 | 0.83 | 1.94 | 0.11 | 0.07 | 1.50 |
| 64 | 13,20 | 1,92 | 3,07 | 0.82 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.16 |
| 65 | 13,40 | 1,94 | 3,11 | 0.82 | 1.94 | 0.06 | 0.07 | 0.85 |
| 66 | 13,60 | 1,96 | 3,15 | 0.81 | 1.94 | 0.09 | 0.07 | 1.22 |
| 67 | 13,80 | 1,98 | 3,19 | 0.81 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.11 |
| 68 | 14,00 | 2,00 | 3,23 | 0.80 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 0.96 |
| 69 | 14,20 | 2,02 | 3,27 | 0.79 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.03 |
| 70 | 14,40 | 2,04 | 3,31 | 0.79 | 1.94 | 0.08 | 0.07 | 1.19 |
| 71 | 14,60 | 2,06 | 3,35 | 0.78 | 1.94 | 0.09 | 0.07 | 1.26 |
| 72 | 14,80 | 2,08 | 3,39 | 0.78 | 1.94 | 0.09 | 0.07 | 1.26 |
| 73 | 15,00 | 2,10 | 3,43 | 0.77 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.03 |
| 74 | 15,20 | 2,12 | 3,47 | 0.77 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.05 |
| 75 | 15,40 | 2,14 | 3,51 | 0.76 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.03 |
| 76 | 15,60 | 2,16 | 3,55 | 0.76 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 0.97 |
| 77 | 15,80 | 2,18 | 3,59 | 0.75 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.00 |
| 78 | 16,00 | 2,20 | 3,63 | 0.75 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 0.98 |
| 79 | 16,20 | 2,22 | 3,67 | 0.74 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.12 |
| 80 | 16,40 | 2,24 | 3,71 | 0.74 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.00 |
| 81 | 16,60 | 2,26 | 3,75 | 0.73 | 1.94 | 0.07 | 0.07 | 1.05 |
| 82 | 16,80 | 2,28 | 3,79 | 0.73 | 1.94 | 0.09 | 0.07 | 1.40 |
| 83 | 17,00 | 2,30 | 3,83 | 0.72 | 1.94 | 0.09 | 0.06 | 1.45 |
| 84 | 17,20 | 2,32 | 3,87 | 0.71 | 1.94 | 0.16 | 0.06 | 2.50 |
| 85 | 17,40 | 2,34 | 3,91 | 0.71 | 1.94 | 0.11 | 0.06 | 1.66 |
| 86 | 17,60 | 2,36 | 3,95 | 0.70 | 1.94 | 0.11 | 0.06 | 1.74 |
| 87 | 17,80 | 2,38 | 3,99 | 0.70 | 1.94 | 0.08 | 0.06 | 1.30 |
| 88 | 18,00 | 2,40 | 4,03 | 0.69 | 1.94 | 0.08 | 0.06 | 1.22 |
| 89 | 18,20 | 2,42 | 4,07 | 0.69 | 1.94 | 0.08 | 0.06 | 1.32 |
| 90 | 18,40 | 2,44 | 4,11 | 0.68 | 1.94 | 0.09 | 0.06 | 1.40 |
| 91 | 18,60 | 2,46 | 4,15 | 0.68 | 1.94 | 0.08 | 0.06 | 1.31 |
| 92 | 18,80 | 2,48 | 4,19 | 0.67 | 1.94 | 0.07 | 0.06 | 1.06 |
| 93 | 19,00 | 2,50 | 4,23 | 0.67 | 1.94 | 0.06 | 0.06 | 1.01 |
| 94 | 19,20 | 2,52 | 4,27 | 0.66 | 1.94 | 0.07 | 0.06 | 1.22 |
| 95 | 19,40 | 2,54 | 4,31 | 0.66 | 1.94 | 0.09 | 0.06 | 1.56 |
| 96 | 19,60 | 2,56 | 4,35 | 0.65 | 1.94 | 0.09 | 0.06 | 1.44 |
| 97 | 19,80 | 2,58 | 4,39 | 0.65 | 1.94 | 0.08 | 0.06 | 1.28 |
| 98 | 20,00 | 2,60 | 4,43 | 0.64 | 1.94 | 0.09 | 0.06 | 1.57 |

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.): **0.85**

Rischio di liquefazione: **basso**