

PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI CERVIA

VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO

COMPARTO SPECIALE DI ESPANSIONE C4.1 "PISIGNANO"

S.P. 32 VIA CROCIARONE

PISIGNANO - CERVIA

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Ravenna, Aprile 2016-

Dott. Geol. Paola Mingolini

**Dott. Geol. Paola Mingolini Viale G. Galilei, 27 48121 - Ravenna
Cell 335.5222350 e-mail p.mingolini@libero.it
C.F. MNGPLA65C61H199D P.I. 01273400398**

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE.....	7
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	10
4. ASSETTO IDRAULICO.....	13
5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI.....	16
6. ORIENTAMENTI GEOTECNICI	20
7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA.....	22
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	26

ALLEGATI

1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è l'indagine geologica, in conformità con il D.M. 11/03/88, relativa ai terreni interessati dalla Variante al Piano Particolareggiato - Comparto Speciale di espansione C.4.1 "Pisignano", localizzato sulla S.P. 32 Via Crociarone, a Pisignano, in Comune di Cervia (RA).

Nel comparto, evidenziato nella planimetria che segue, classificato dal P.R.G. del Comune, il Piano prevede la realizzazione di 20 lotti edificabili, nei quali si realizzeranno fabbricati residenziali di 2 e di 3 piani fuori terra, comunque con altezza massima di 8.60 metri, oltre alla nuova viabilità di lottizzazione.

La Variante riguarda esclusivamente la tipologia dei lotti appartenenti al secondo stralcio attuativo che diventeranno 20, invece dei 5 precedentemente approvati, di uguale superficie totale.

Si specifica che per il presente comparto è stata redatta una prima Relazione Geologica nel 2009, poi integrata nel 2010 nell'ambito dell'approvazione del Piano Particolareggiato, avvenuta con DCC 167/2011.

Su tale Relazione, così come integrata, è stato espresso parere favorevole in ordine agli aspetti sismici con prescrizioni, nella Delibera di Giunta Provinciale 239/2011.

In questo documento, atto a verificare la compatibilità della proposta con l'assetto geologico locale, dopo aver proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna, sono approfonditi gli aspetti geomorfologici, idrogeologici e geotecnici dei terreni in oggetto, come definito nel paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.2008.

Per quanto riguarda l'analisi geotecnica di dettaglio, sono state realizzate complessivamente 10 prove penetrometriche statiche, dalla Società GEOLOG S.r.l. di Ravenna, per ricostruire la struttura litostratigrafica puntuale, acquisire i parametri fisico-meccanici propri del substrato di fondazione e ricavare i parametri per la valutazione della pericolosità sismica.

L'ubicazione delle prove eseguite nell'area di lottizzazione, spinte ad una profondità massima di 30 m dal piano di campagna, è riportata in allegato con gli elaborati relativi alle stesse, presentati in diagramma ed in tabulato.

Riguardo al "rischio sismico" si rammenta che, con la DGR 2193/2015, è stato recentemente approvato un sostanziale aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica contenuti nella DAL 112/2007. Tali aggiornamenti hanno tenuto conto delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008), delle esperienze derivate da oltre 8 anni di applicazione della DAL e delle specifiche esperienze seguite agli eventi sismici italiani (L'Aquila 2009 e Pianura emiliana 2012).

Facendo pertanto riferimento alle norme vigenti relative alle problematiche sismiche, in particolare alla L.R. 30.10.2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" e alla recente DGR 2193/2015, sono stati svolti gli approfondimenti necessari a livello di Piano Particolareggiato, per l'ottenimento del parere da parte della Provincia competente (Art. 5) in merito alla compatibilità delle previsioni con le condizioni di pericolosità locale del territorio.

Per tale area, viste le indicazioni comunali e l'assetto stratigrafico, si è convenuto di procedere ad un approfondimento di II livello conoscitivo di approfondimento, finalizzato a quantificare gli effetti indotti da sisma.

Si specifica che tale studio non può essere considerato sostitutivo delle relazioni geotecniche prescritte, ai sensi della normativa vigente, per le fasi di progettazione e autorizzazione dei diversi edifici interni al Piano.

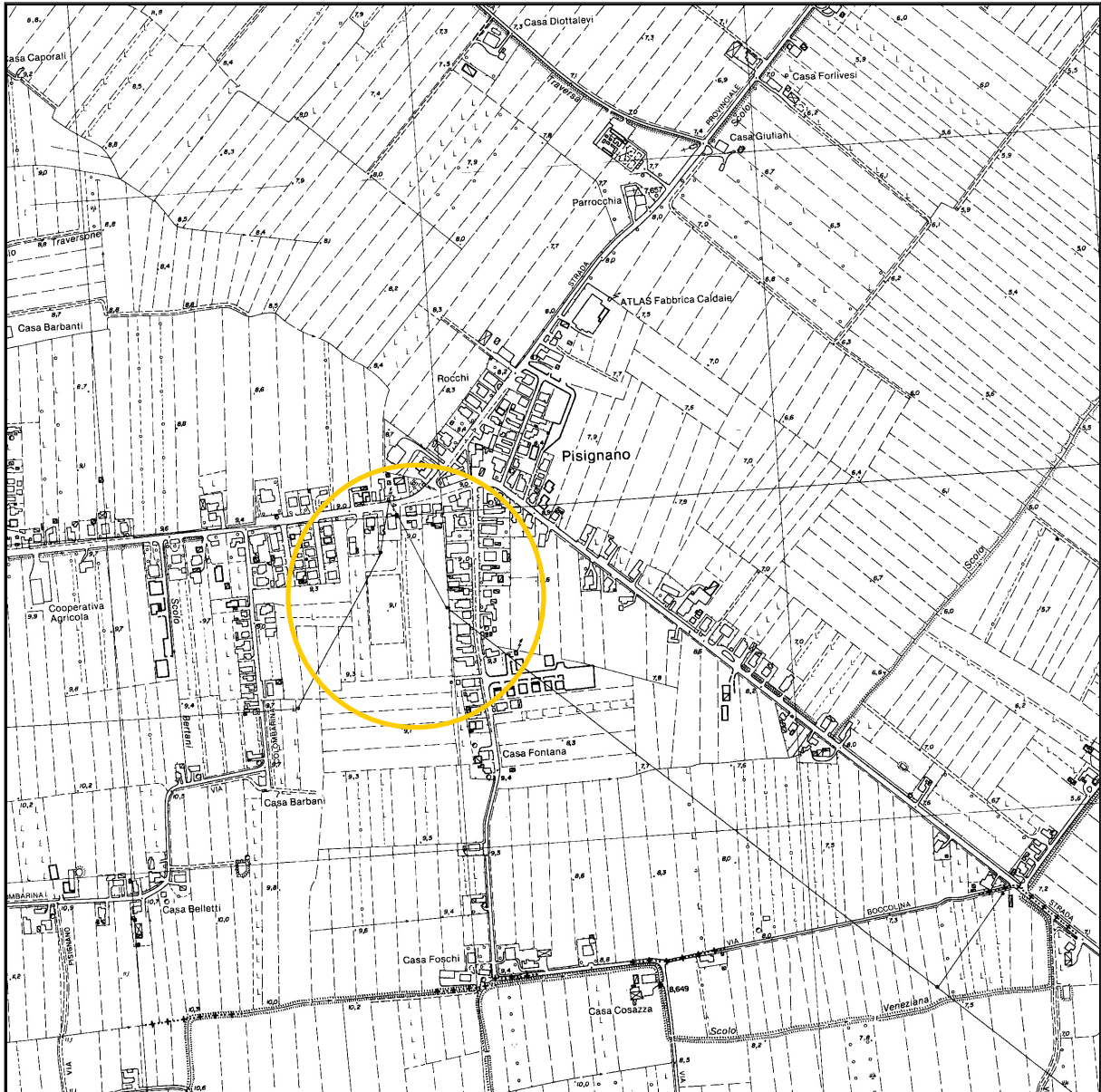
NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 16 Gennaio 1996 "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996".
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996".
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica":
 - ✓ Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici (Allegato 2),
 - ✓ Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni (Allegato 4).
- Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- D.G.R. 1667/2005 "Prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005 (pubblicato sul supplemento ordinario n. 159 alla GU n. 222 del 23 settembre 2005) recante 'Norme tecniche per le costruzioni'.
- "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 - Oggetto n. 2131 del 2 maggio 2007.
- Eurocodice 7: Progettazione geotecnica - Parti I-II-III.
- Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- D.M. 14.01.2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- L.R. 30 ottobre 2008, n.19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".
- D.P.R. 207/2010 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».
- D.G.R. 10/2010 "Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3, della L.R. n. 19 del 2008".
- Consiglio Nazionale dei Geologi - PROGETTO QUALITÀ 2010: Relazione Geologica: standard metodologici e di lavoro.
- D.M. 161/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".
- DGR 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato: Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica, di cui alla Deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

Corografia della zona in scala adattata

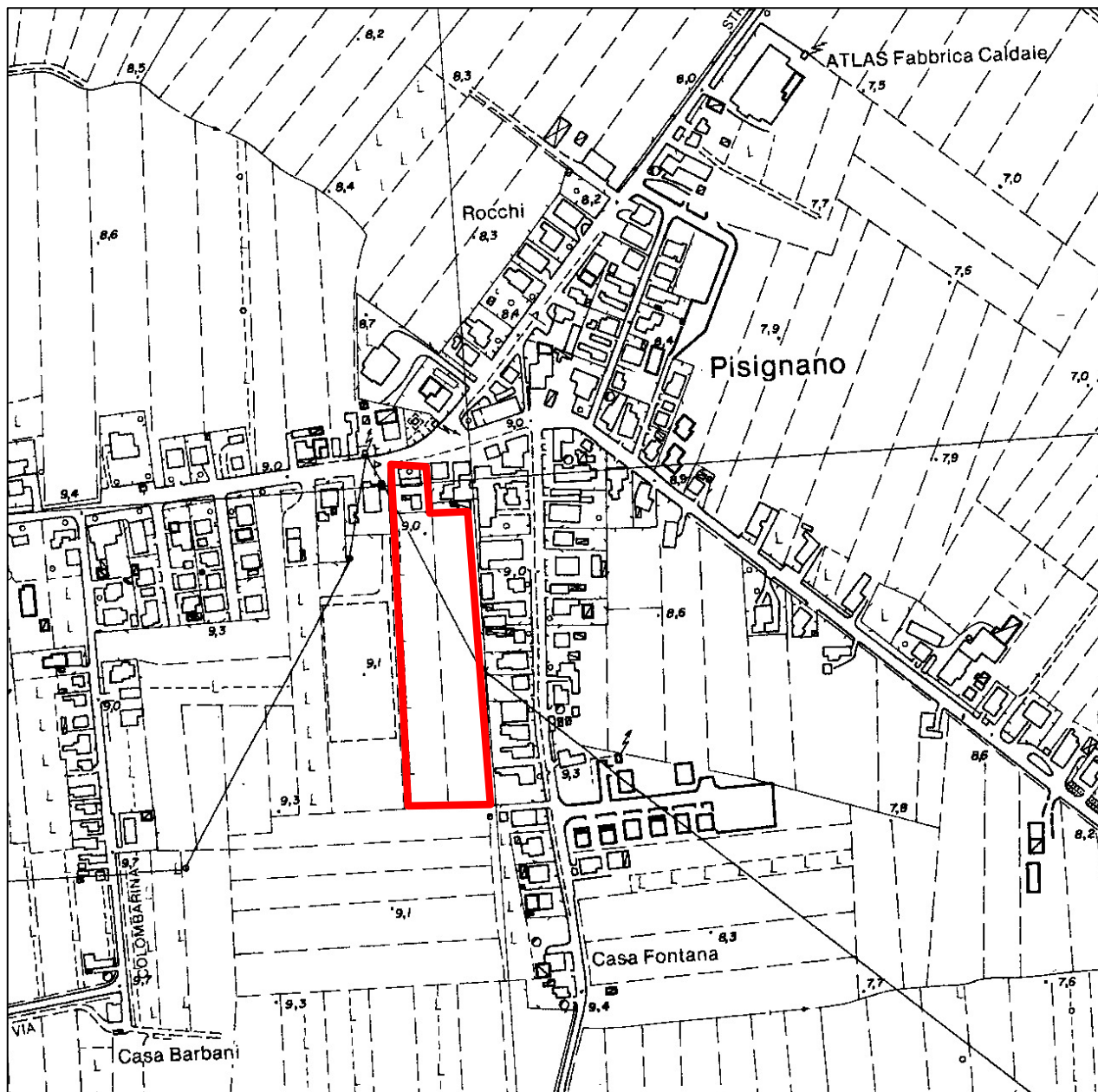


ubicazione area



Corografia - Scala 1:5.000

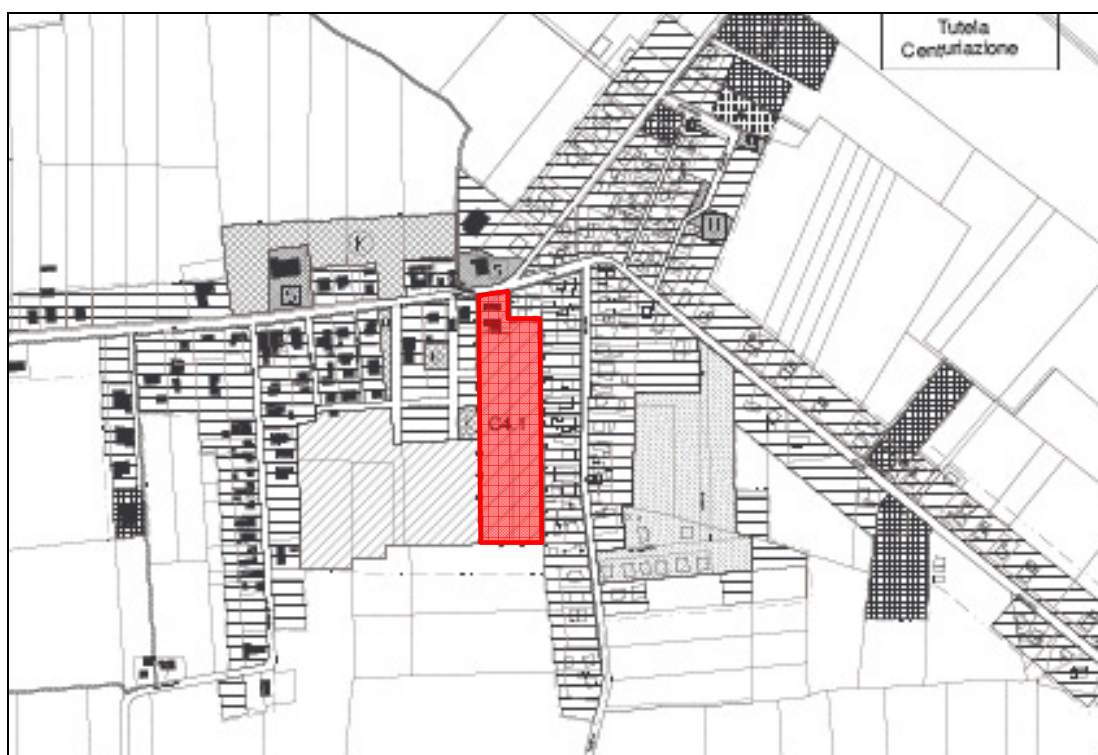
C.T.R. – Sezione 240160



Stralcio P.R.G. (scala adattata)



ubicazione Piano Particolareggiato



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

Il territorio del Comune di Cervia appartiene al settore romagnolo dell'ampio bacino sedimentario padano, formato da una successione di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-aternaria che poggia su un substrato caratterizzato da una complessa configurazione a pieghe e pieghe-faglie.

Gli elementi tettonici profondi, rilevati principalmente tramite le prospezioni geofisiche effettuate per la ricerca di idrocarburi, fanno parte delle pieghe adriatiche con asse parallelo alle principali linee strutturali appenniniche (NW-SE).

Tale geometria a pieghe condiziona la successiva sedimentazione di copertura, che, soprattutto nella parte inferiore, presenta spessori variabili, con massimi in corrispondenza delle depressioni (sino a 3000 m) e minimi sulle strutture positive (circa 1500 m). La potenza di questi sedimenti raggiunge i valori più elevati, nell'ambito del bacino padano, proprio in corrispondenza del comprensorio di Ravenna, a dimostrazione che tale area è stata soggetta a fenomeni naturali di subsidenza, in gran parte di origine tettonica, fin da tempi geologici remoti.

Questa successione è il risultato di alterne vicende legate soprattutto ad avanzamenti ed arretramenti della linea di riva, determinati da diversi fattori quali alcuni processi geologici naturali irreversibili.

A causa della pluralità degli ambienti deposizionali, sia in senso spaziale sia temporale, il complesso sedimentario presenta un'elevata variabilità litologica degli strati, costituiti da sabbie, limi e argille e da miscele di tali litotipi.

In particolare, nella parte finale del Quaternario, la frequenza delle variazioni litologiche si accentuò in seguito a rilevanti movimenti eustatici del livello marino. Infatti, durante l'ultima glaciazione, il livello del mare si abbassò di un centinaio di metri rispetto a quello attuale (regressione Wurmiana, 60000-70000 anni fa); di conseguenza la linea di costa si spostò fino a sud di Ancona, lasciando emersa la parte settentrionale della piattaforma continentale e formando un'ampia pianura drenata dal prolungamento dei fiumi.

In seguito, circa 17000 anni fa, con l'innalzamento della temperatura media di alcuni gradi centigradi, ebbe inizio una trasgressione eustatica su scala mondiale, denominata trasgressione Flandriana. Durante il suo massimo avanzamento essa portò la linea di costa, in corrispondenza di Ravenna, una ventina di chilometri all'interno rispetto alla attuale, all'incirca parallela alla Strada Statale Adriatica.

Negli ultimi 3000 anni, infine, si è verificata sulla costa dell'alto Adriatico una nuova regressione, non più indotta da variazioni eustatiche ma di tipo deposizionale, che ha causato lo spostamento della vecchia linea di costa verso est, fino alla posizione attuale, dando luogo alla formazione dei depositi olocenici recenti.

L'area in oggetto, come risulta dallo stralcio allegato della ***Carta Geologica***, realizzata dalla Regione Emilia-Romagna, in scala 1:10.000, è localizzata su depositi appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo superiore - **Subsintema di Ravenna**, indicati con sigla **AES8**.

Il Subsistema di Ravenna (AES8) costituisce l'elemento sommitale di AES: è caratterizzato dalla presenza di ghiaie, sabbie, limi ed argille appartenenti a depositi di terrazzo alluvionale, conoide alluvionale e piana alluvionale; il suo spessore massimo è di circa 20 metri.

La base del Sistema Emiliano-Romagnolo superiore viene collocata ad una profondità compresa tra 200 – 250 m dal piano campagna (tratto da "Carta sismotettonica della Regione Emilia – Romagna", scala 1:250.000).

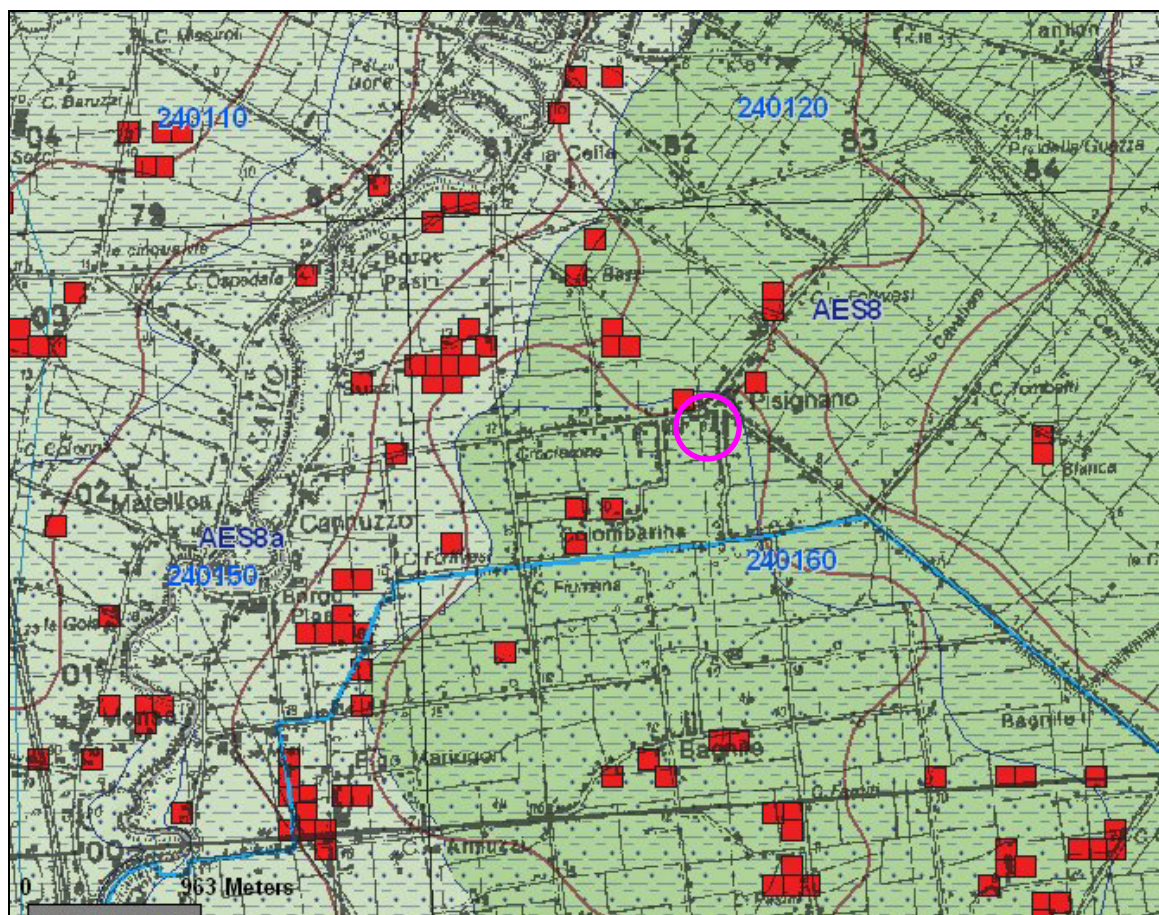
In particolare dall'esame dello stralcio della carta allegato, la cui scala è evidenziata in figura, l'intervento si colloca nell'ambiente di Piana alluvionale, legato alla dinamica del Fiume Savio, con tessitura data da limi argilloso sabbiosi (simbologia di colore blu). Del medesimo colore sono le tracce di paleoalveo con i relativi ventagli di rotta ed in azzurro l'idrografia superficiale attuale.

Dall'esame della cartografia aggiornata ed a grande scala non sono segnalate nella zona di interesse né paleoalvei, né elementi geomorfologici, quali dossi fluviali recenti o antichi.

Ad ovest, nella fascia parallela al fiume Savio, sono presenti depositi appartenenti all'Unità di Modena (AES8a), che costituisce la parte sommitale dell'Allomembro di Ravenna, rappresentata in colore verde chiaro, formata da sabbie argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico.

Carta Geologica, Regione Emilia-Romagna

○ Localizzazione comparto C4.1



3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'intervento è localizzato nella bassa pianura ravennate, in località Pisignano, in destra idrografica del Fiume Savio.

Questo territorio è assimilabile ad un piano debolmente inclinato con immersione verso E-NE, movimentato da lievi ondulazioni che si manifestano con ampie depressioni a fondo subpianeggiante, separate da strette zone in rilievo costituite dai dossi dei corsi d'acqua passati e recenti.

I processi morfogenetici caratteristici di questa zona sono principalmente di origine fluviale e, recentemente, antropica, in seguito agli interventi di bonifica attuati.

Infatti, tale territorio fa parte della Piana a Copertura Alluvionale nella quale i torrenti in occasione delle piene rompevano gli argini o tracimavano, spandendo le loro acque nelle aree basse adiacenti e modificando ripetutamente il loro corso.

I depositi sabbiosi ed i suoli a tessitura da media a moderatamente grossolana sono principalmente connessi con i paleoalvei e occupano le zone lungo i fianchi dei corsi d'acqua attivi o abbandonati, mentre i sedimenti a granulometria fine occupano generalmente le aree alluvionali in cui anche i suoli presentano una tessitura argillosa. Nelle aree di transizione si riconoscono suoli con tessitura da media a moderatamente fine.

Nello stralcio allegato, tratto dalla **"Carta Geomorfologica della Pianura Padana"** in scala 1:250.000 – C.N.R., sono stati cartografati l'idrografia superficiale in colore azzurro, le forme e i depositi fluviali in colore rosso e verde, le forme antropiche in nero. I simboli in marrone, riconducibili a morfologie litorali-eoliche, sono esterni alla zona in esame.

Si riconoscono gli originali lineamenti morfologici, quali gli alti topografici con andamento all'incirca parallelo al corso dei principali fiumi, riconducibili a dossi fluviali, alcuni dei quali non più attivi ma legati a paleopercorsi.

Nelle zone interfluviali e di interdosso sono presenti aree depresse subpianeggianti, con quote comunque superiori al livello del mare, indicate in colore verde e caratterizzate da sedimenti alluvionali fini. I puntini verdi indicano sedimenti superficiali sabbiosi.

I depositi alluvionali di origine fluviale passano inferiormente ad argille limose, spesso torbose di ambiente lagunare o palustre.

La zona in esame è caratterizzata da depositi di piana alluvionale a crescita verticale, connessi alla dinamica fluviale del Fiume Savio, del quale in questa zona è riconoscibile un dosso fluviale, in direzione est. L'area presenta quote superiori, attorno ai 9 m sul livello medio marino, rispetto all'ampia area subpianeggiante, delimitata in verde, che si sviluppa attorno.

Nel sottosuolo è presente una serie di orizzonti acquiferi permeabili in pressione, riconducibili ad un unico acquifero multistrato a scala regionale, soggetto ad emungimento intensivo per l'approvvigionamento idrico ed alimentato prevalentemente, per flusso sotterraneo, dalla retrostante pianura Padana.

L'acquifero freatico superficiale è alimentato dall'infiltrazione diretta e dalle perdite di subalveo del reticolo idrografico; solo localmente è soggetto a modesti emungimenti ed è regolato da una fitta rete di canali e scoli, per lo più facenti capo ad impianti idrovori.

Per quanto riguarda **l'assetto idrogeologico superficiale locale** si evidenzia che gli esiti tessiturali delle prove penetrometriche effettuate, dimostrano l'assenza di intervalli granulari (acquiferi) con caratteristiche idrogeologiche tali da poter ospitare attualmente una falda significativa per tutto l'intervallo di sottosuolo esaminato (30 metri).

La distanza di 2.5 Km dal Fiume Savio e le litologie riscontrate permettono di escludere interferenze del fiume nel primo sottosuolo della zona in cui si prevede il Piano in esame.

I fori lasciati aperti dalle aste penetrometriche hanno permesso di misurare un livello d'acqua a profondità variabili da -2.40 m a -1.90 m dal piano di campagna attuale, in funzione di locali variazioni della quota topografica.

Tali misure possono essere considerate indicative della piezometria locale e, vista la situazione meteorologica del periodo, si può ritenere che tali quote rappresentino condizioni medie o medio-alte della "falda superficiale".

Considerando che non è comunque ammessa la realizzazione di piani interrati, si può ritenere che per non si verificheranno interferenze con le strutture interrate.

Relativamente **all'idrogeologia** la zona ricade nel Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola, costituito da unità idrostratigrafiche definite sequenziali (UIS) nel lavoro della Regione Emilia-Romagna - ENI: "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna", 1998.

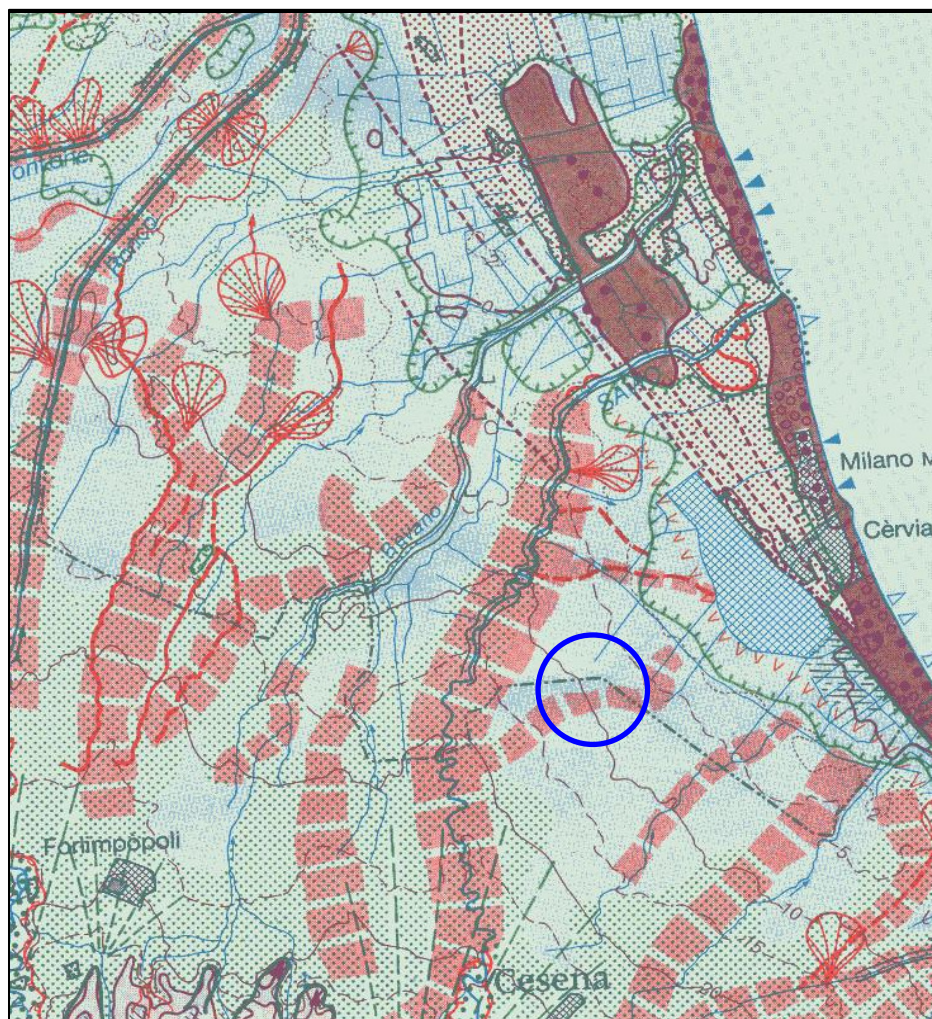
Ogni UIS rappresenta un corpo geologico complesso ed è isolata idraulicamente da quelle adiacenti. Le UIS fondamentali sono tre, informalmente definite Gruppo Acquifero A, B e C, a sua volta suddivise in 13 UIS gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi. Il loro limite inferiore è dato dall'Acquitardo Basale, formato da unità complessivamente impermeabili.

Per il presente studio riveste importanza il Gruppo Acquifero A (Pleistocene Sup. - Olocene), a sua volta suddiviso in 4 Complessi Acquiferi A1, A2, A3 e A4.

Il complesso A1 più superficiale presenta un sistema acquifero spesso mediamente 30 m e un sistema acquitardo spesso 50-70 m.

Carta geomorfologica della Pianura Padana scala adattata

○ ubicazione area in esame



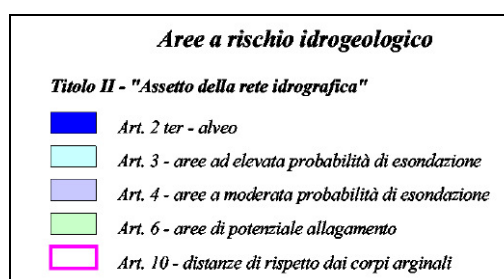
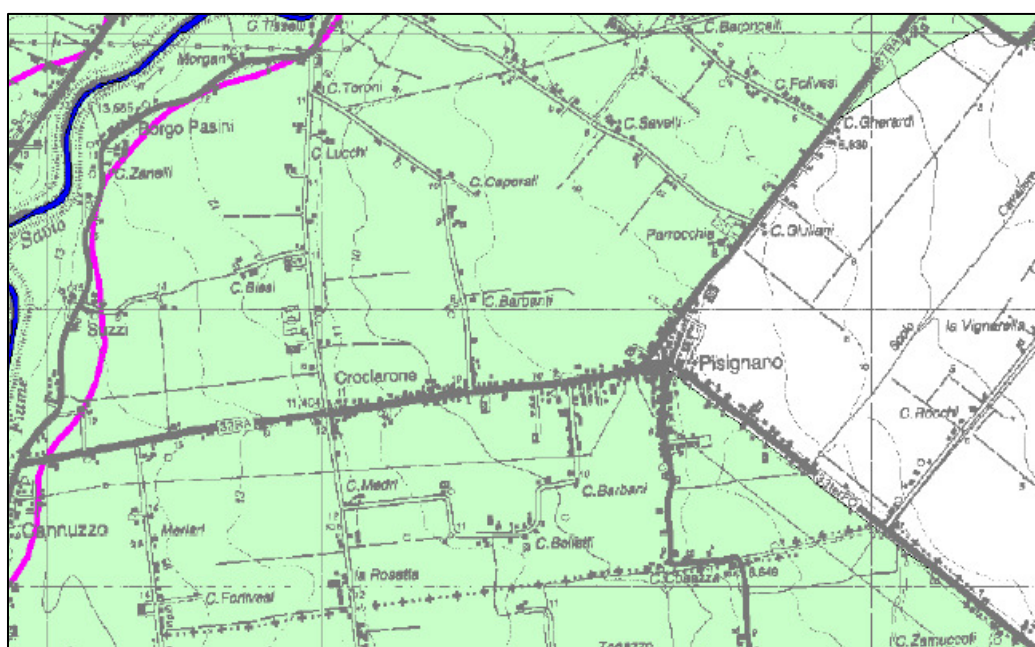
4. ASSETTO IDRAULICO

Il piano di riferimento è il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli è stato adottato dal Comitato Istituzionale con Del. n. 3/2 del 3 ottobre 2002 ed approvato dalla Regione Emilia-Romagna con DGR n. 350 del 17 marzo 2003.

Successivamente è stata approvata la "**Variante al Titolo II - Assetto della rete idrografica**" con DGR 1877/2011, pubblicata sul BURER del 29 febbraio 2012.

In linea generale, in pianura le aree soggette a potenziale allagamento (Art. 6) risultano, nella Variante approvata, significativamente incrementate in seguito all'involuppo con altre zone individuate con specifiche modellazioni dei percorsi di flusso su base morfologica.

Nella tavola "Perimetrazione aree a rischio idrogeologico", di cui si riporta uno stralcio con relativa legenda, emerge che la zona in cui si sviluppa il comparto è un'area di potenziale allagamento", normata dall'art. 6, . In particolare si colloca a in destra idraulica del fiume Savio.



Stralcio Tav. 240e "Perimetrazione aree a rischio idrogeologico"

In aree di pianura come quella in oggetto, in relazione ai livelli idrici attesi a seguito di allagamento, definiti dall'Autorità di Bacino con un'apposita Direttiva, dovrà essere attuato ogni sforzo per limitare i danni derivanti da allagamenti.

Nella **"Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica** definiti dal Piano stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano", vengono esplicitati all'art. 5 i *"Criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica"*, relativi agli interventi da realizzare in zone allagabili, come quella in esame, con lo scopo di dimostrare l'insussistenza di aggravio di rischi sul territorio in occasione delle piene.

Nella stessa Direttiva, all'art. 6 sono anche definiti i *"Tiranti idrici di riferimento e accorgimenti tecnico-costruttivi"*, come richiamati all'art. 6 comma 3 del Piano.

I tiranti idrici di riferimento sono i valori delle altezze d'acqua attesi a seguito di possibili esondazioni.

La determinazione del tirante idrico equivale alla definizione dei criteri di protezione passiva dei manufatti rispetto alle esondazioni, in quei territori nei quali gli allagamenti sono possibili per la naturale conformazione del terreno e per la presenza di insufficienze del reticolo idraulico.

È responsabilità del progettista garantire che gli interventi di qualunque natura siano compatibili con detti criteri di protezione passiva.

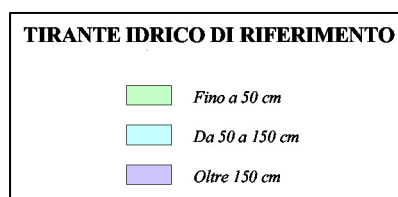
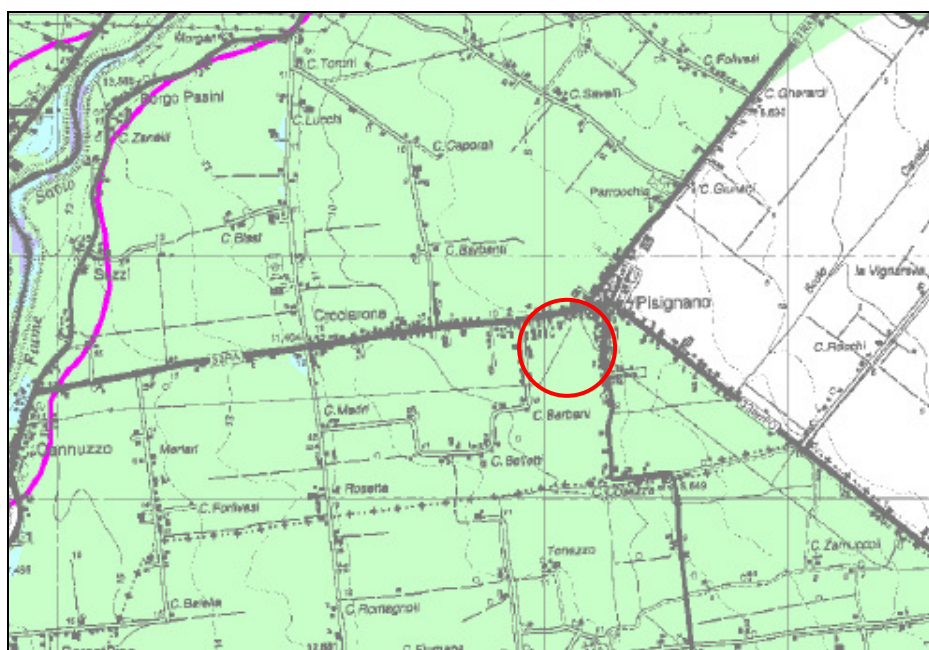
Facendo riferimento alla cartografia allegata alla Direttiva (Allegato 6 - Tav. 2 "Tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento"), definita sull'analisi del modello digitale del terreno e delle considerazioni di tipo morfologico ed idraulico, l'area oggetto di P.P. presenta un **tirante idrico atteso fino a 0,5 m** (vedi stralcio allegato).

In relazione al tirante idrico di riferimento, ferma restando la competenza dei Comuni a fornire le indicazioni specifiche nell'ambito dei propri regolamenti edilizi ed urbanistici, occorre garantire che non vi siano aperture dei vani utilizzati al di sotto del tirante idrico di riferimento al fine di evitare ogni situazione in cui possa verificarsi ingresso d'acqua in locali abitabili o comunque frequentabili.

È sempre lasciata al proponente la facoltà di realizzare a proprie spese gli interventi di adeguamento del reticolo idrografico in modo da rimuovere la causa delle possibili esondazioni con tempo di ritorno di 200 anni, previo parere vincolante l'Autorità idraulica competente.

In questo caso, con l'articolo 26.6 delle NTA, il P.R.G. del Comune di Cervia vieta in tale area la realizzazione di piani interrati, specificando che la realizzazione di piani terra o parzialmente interrati ad uso garage e/o cantina è consentita compatibilmente con quanto stabilito dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico.

Il presente P.P. propone edifici di 2-3 piani, senza piani interrati e con il piano di calpestio del piano terra posto a +0.5 m dal piano campagna attuale, in funzione del tirante idrico atteso (+ 0.5 m).



Stralcio Tav. 2 "Tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento"

Sempre lo stesso Piano definisce le norme per il calcolo **dell'invarianza idraulica** (art. 9), in modo che la trasformazione di un'area non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

Al fine di garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche, è prescritto di realizzare un volume minimo di invaso atto alla laminazione delle piene, da collocarsi a monte del punto di scarico nel corpo idrico recettore. Possono essere adottate soluzioni alternative a quella della realizzazione del volume d'invaso, purché si dimostri la pari efficacia in termini di mantenimento dei colmi di portata di piena ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Ai fini del rispetto della invarianza idraulica conseguente la trasformazione non viene modificato il sistema proposto nel Piano Particolareggiato approvato, ove il volume di invaso per la laminazione era stato reperito in parte in area pubblica, mediante il sovradimensionamento dei collettori fognari, ad oggi già attuato, e in parte in area privata, nei singoli lotti residenziali, mediante la predisposizione di vasche interrato, per ognuna delle quali è indicato il volume di laminazione, come richiesto nel parere esecutivo favorevole con prescrizioni di HERA spa (n. 90115 del 28.05.2012), nell'ambito del permesso di costruire relativo al secondo stralcio.

Il recapito delle vasche avverrà a gravità nella fognatura bianca già realizzata nel primo stralcio attuativo.

5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI

Sulla base di quanto concordato con la proprietà, considerato lo scopo del presente studio e vista l'estensione del Piano, si è ritenuta inizialmente adeguata l'esecuzione di 6 prove penetrometriche statiche (C.P.T.), spinte ad una profondità massima di 30 m dal piano di campagna attuale (CPT n. 2).

In fase di approvazione del PP sono state richieste dal Settore Ambiente della Provincia ulteriori prove penetrometriche: pertanto nel 2011 sono state realizzate 4 nuove CPT, di cui la n. 7 da 30 metri.

Le penetrometrie, la cui ubicazione è riportata di seguito, sono state eseguite dalla Ditta GEOLOG S.r.l. di Ravenna, utilizzando un penetrometro statico-dinamico Pagani da 10 ton, semovente cingolato e munito di sistema di ancoraggio a vitoni elicoidali.

Le C.P.T. standardizzate consistono nell'infiggere a pressione nel terreno, a velocità di avanzamento lenta e costante, la punta conica (modello Begemann), collegata alla superficie mediante una batteria d'aste, misurando la resistenza che incontra la punta stessa nell'avanzamento nel terreno (qc) e la resistenza per attrito laterale esercitata sul manicotto, posto sopra la punta, dai terreni attraversati in funzione della coesione (fs).

Le coppie di misure sono eseguite ad intervalli di 20 cm ed i loro valori sono espressi come pressioni in Kg/cm^2 , riferiti rispettivamente alla sezione della punta ed alla superficie del manicotto.

I dati elaborati sono forniti sia in tabulati sia in appositi diagrammi, nei quali si possono esaminare gli andamenti della resistenza alla punta e laterale.

Inoltre sono fornite valutazioni sulla litologia dei terreni tramite il rapporto $F=qc/fs$, in base alla teoria di Begemann.

Le 10 successioni stratigrafiche ricostruite presentano una buona uniformità laterale che permette di definire una sequenza di terreni rappresentativa dell'intera area di Piano.

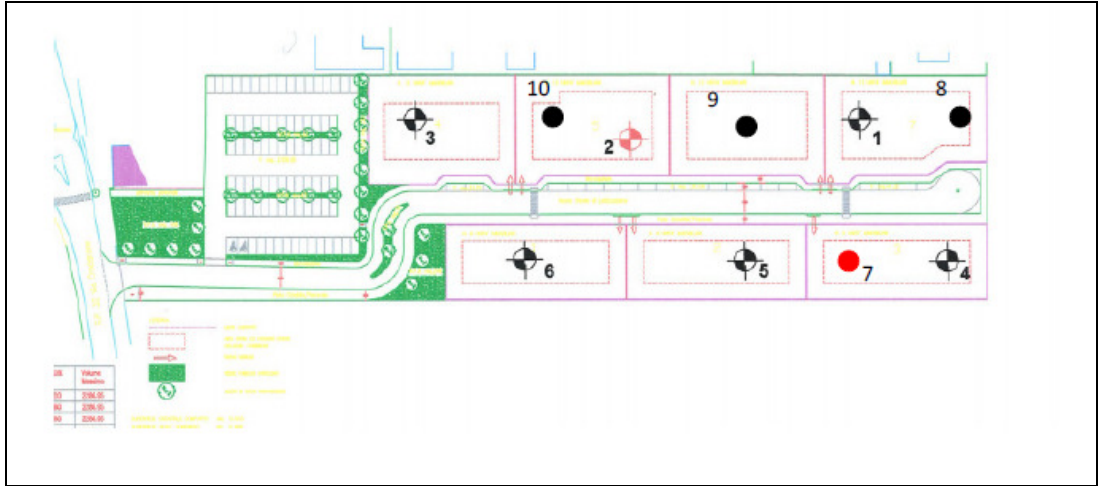
La stratigrafia "tipica" del substrato è costituita da terreni prevalentemente coesivi, limosi e/o argillosi, per uno spessore massimo indagato di 30 metri, con intercalazioni sia con un maggiore contenuto argilloso, localmente inglobanti sostanze organiche, sia con una significativa frazione limosa debolmente sabbiosa. In particolare si può osservare in tutte le prove, tra gli 8 e 10 m di profondità, un aumento del contenuto granulare.

Inoltre le CPT spinte a -30 metri evidenziano oltre i -15/18 m la presenza di terreni misti con locali picchi di resistenza alla punta superiori a $40 kg/cm^2$.

Il livello della falda freatica superficiale, misurato al termine delle indagini in sito, risulta superiore ai 2 m dal piano campagna attuale.

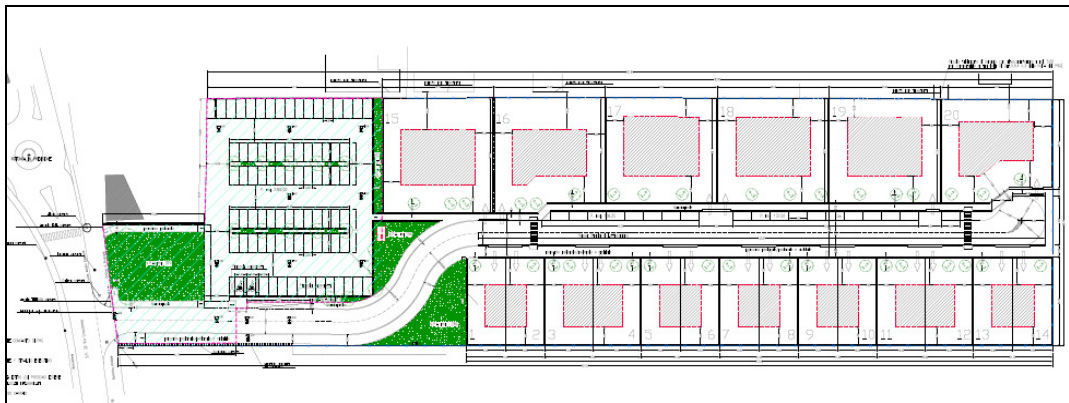
Nella planimetria che segue è riportata l'ubicazione delle prove geognostiche disponibili.

Ubicazione indagini geognostiche



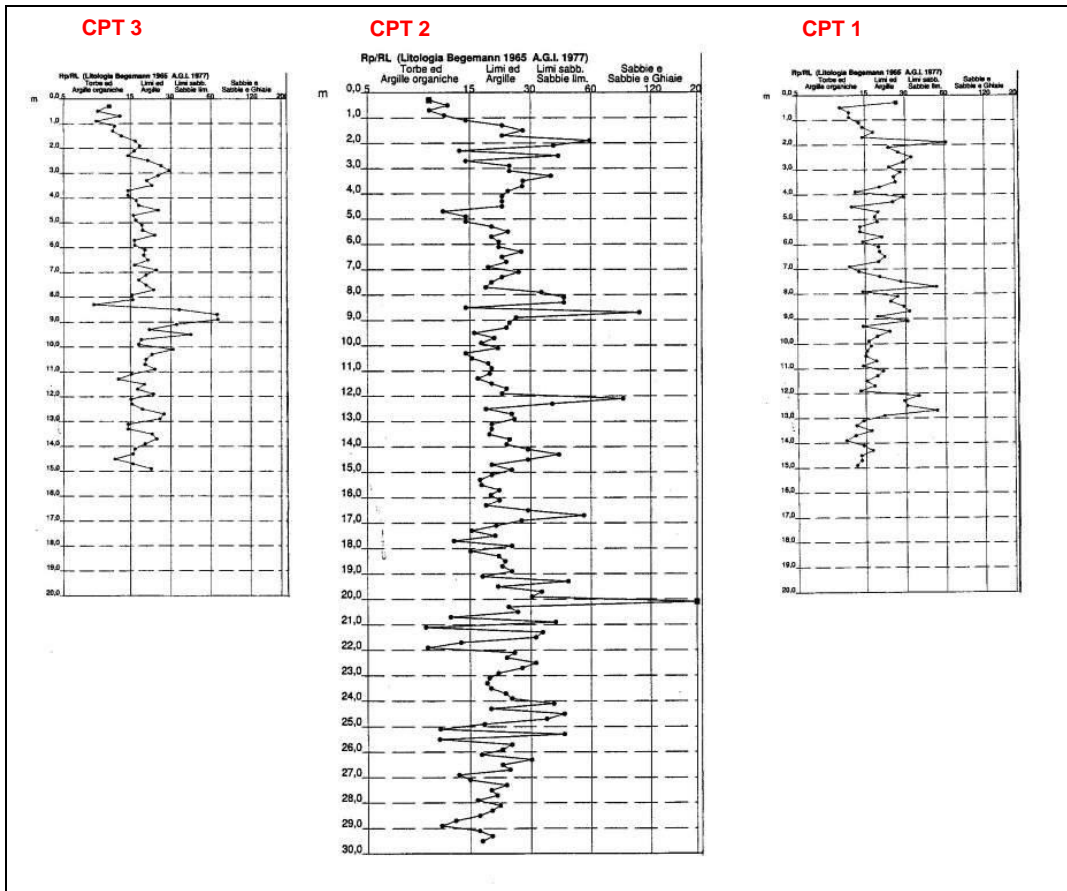
Nella tavola, in cui è visibile uno schema dell'area di lottizzazione, sono indicate in nero le prove penetrometriche statiche da 15 metri e in rosso le prove da 30 metri.

In basso si propone la nuova planimetria oggetto di Variante, in cui si osserva come unica variazione il maggiore numero dei lotti residenziali (20) in cui è suddivisa l'area complessiva.

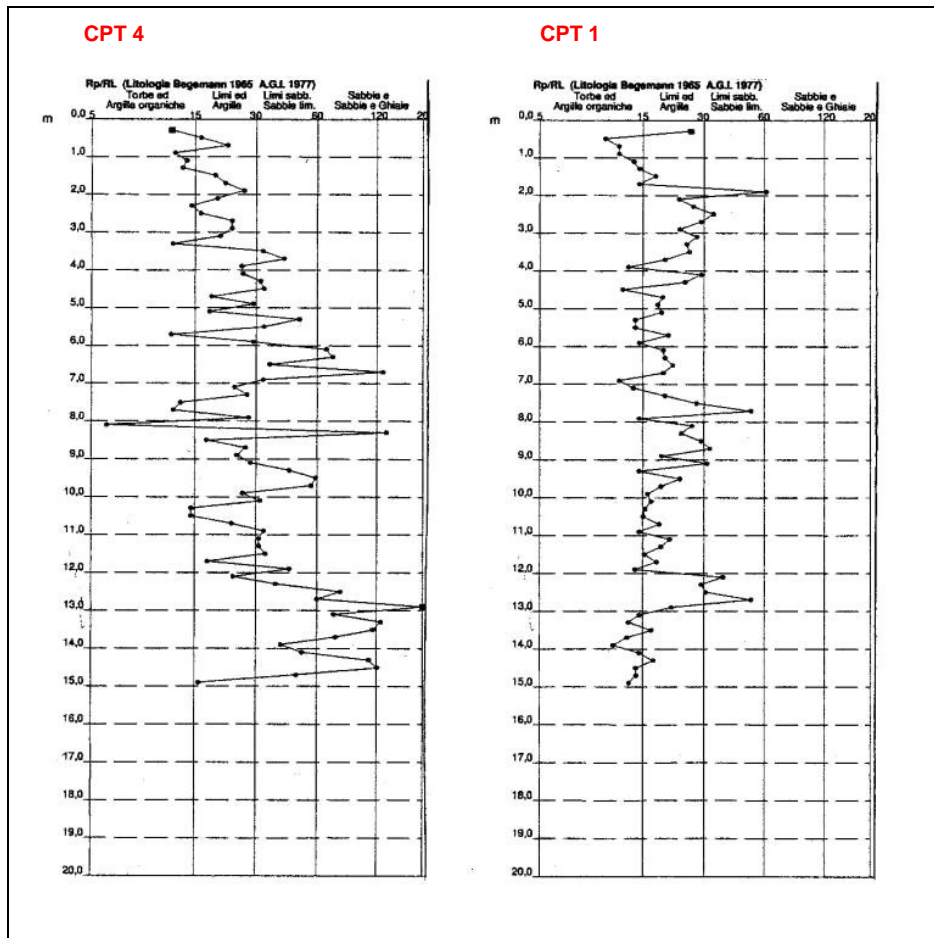


Si riportano di seguito **due sezioni litostratigrafiche** indicative del substrato del Piano, una in direzione N-S ed una SW-NE.

SEZIONE N - S (CPT 3, 2, 1)



SEZIONE SW - NE (CPT 4, 1)



6. ORIENTAMENTI GEOTECNICI

Per quanto riguarda le indicazioni di massima sulle capacità portanti del substrato locale, a titolo esemplificativo e in riferimento al D.M. 11/03/1988, con l'ausilio del programma di calcolo GEOSTRU LOADCAP 2008, si è presa come riferimento la **stratigrafia n. 2** spinta sino a -30 m e ritenuta rappresentativa della zona.

Di seguito si riporta, a scopo indicativo, in forma tabellare tale stratigrafia giudicata rappresentativa del substrato del comparto, con i relativi parametri geotecnici medi dei singoli strati.

E' anche riportata la **stratigrafia n. 4** in quanto differente rispetto alle altre verticali per la presenza di un livello sabbioso-limoso.

CPT 2/'09

Strati	DH (m)	Gam (Kg/m ³)	Gams (Kg/m ³)	Fi (°)	cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Ni
1	2,8	1850,0	2000,0	0,0	0,58	70,0	0,3
2	2,2	1900,0	2050,0	0,0	0,54	67,0	0,3
3	2,0	1900,0	2050,0	0,0	0,42	60,0	0,3
4	2,8	1900,0	2050,0	0,0	0,4	53,0	0,3
5	2,6	1900,0	2050,0	0,0	0,7	80,0	0,3
6	2,8	1900,0	2050,0	0,0	0,56	67,0	0,3
7	2,2	1900,0	2050,0	0,0	0,83	84,0	0,3
8	2,4	1900,0	2050,0	0,0	0,73	78,0	0,3
9	2,6	1900,0	2050,0	0,0	0,9	90,0	0,35
10	2,8	1950,0	2100,0	0,0	0,95	95,0	0,35
11	2,8	1950,0	2100,0	0,0	1,1	114,0	0,35
12	1,8	1950,0	2100,0	0,0	1,1	96,0	0,35

CPT 4/'09

Strati	DH (m)	Gam (Kg/m ³)	Gams (Kg/m ³)	Fi (°)	cu (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Ni
1	3,4	1850,0	2000,0	0,0	0,57	65,0	0,4
2	2,8	1900,0	2050,0	0,0	0,6	75,0	0,4
3	2,0	1900,0	2050,0	0,0	0,7	84,0	0,4
4	0,4	1900,0	2000,0	32,0	0,0	112,0	0,3
5	1,4	1900,0	2050,0	0,0	0,68	80,0	0,4
6	2,2	1900,0	2000,0	0,0	0,62	73,0	0,4
7	2,4	1900,0	2050,0	30,0	0,0	130,0	0,3

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; cu: Coesione non drenata; Ed: Modulo Edometrico; Ni:coeff. Poisson.

Tenendo conto che nel Piano sono previsti lotti edificabili con fabbricati costituiti da due/tre piani fuori terra, con altezza massima di 8.6 m dal piano di riferimento, in accordo con le indicazioni fornite dal progettista, le stime sono state effettuate sulla base delle scelte progettuali ipotizzate nella Tav. 3 del Piano approvato, con fondazioni dirette superficiali a platea spesse 40 cm:

- L = 16 m e B = 12 m (ipotesi A)
- L = 35 m e B = 20 m (ipotesi B)

Le stime sono state effettuate considerando il criterio di rottura generale di Terzaghi-Hansen. E' stata utilizzata la formula generale di Brinch-Hansen (1970), estensione dell'equazione di Terzaghi (1943), utilizzata anche nell'EuroCodice 8.

Le pressioni ammissibili ($q_a = q_{LIM}/F_s$) per le ipotesi progettuali sopra indicate, nei confronti della rottura per taglio del substrato di fondazione, sono state determinate considerando "condizioni non drenate" e calcolate secondo la media pesata delle stratificazioni, ponendo il coefficiente di sicurezza F_s è pari a 3.

Le stime sono state effettuate ipotizzando la soletta di fondazione a -0.4 m ed a -1.0 m dal piano campagna.

$Q_m = 0.35 \text{ kg/cmq}$	A		B	
Quota posa fondazione (m)	-0.4 da p.c	-1.0 da p.c.	-0.4 da p.c.	-1.0 da p.c.
Q_{amm} (kg/cmq)	1.1	1.1	1.0	1.05
S (cm)	4.0	2.7	5.0	3.7

Le stime effettuate evidenziano una pressione ammissibile di circa 1 Kg/cm².

Ipotizzando un carico medio trasmesso dalle platee di 0.35 kg/cmq, i risultati relativi ai possibili cedimenti edometrici (S), secondo il Metodo di consolidazione monodimensionale di Terzaghi, mettono in evidenza la necessità di realizzare fondazioni poste circa a -1 metro dal piano campagna di riferimento al fine di evitare assestamenti non ammissibili, dovuti alla deformabilità dei terreni coesivi che costituiscono il substrato interessato dalle sollecitazioni.

Anche le verifiche effettuate utilizzando nei primi 15 m i parametri emersi dalla CPT n. 4, confermano tale situazione.

$Q_m = 0.35 \text{ kg/cmq}$	CPT 4	
Quota posa fondazione (m)	-0.4 da p.c	-1.0 da p.c.
Q_{amm} (kg/cmq)	1.2	1.2
S (cm)	4.2	2.4

Si ritiene che l'intera area indagata abbia un comportamento geotecnico abbastanza uniforme, non essendo evidenziata la presenza di limiti o "confini" tra zone a diverso comportamento.

Dalle valutazioni effettuate emerge pertanto la **fattibilità** del Piano Particolareggiato in quanto l'assetto stratigrafico non preclude l'edificabilità dell'area: una volta noti i dettagli progettuali ed effettuate ulteriori indagini geognostiche puntuali, saranno dimensionate le adeguate soluzioni fondali superficiali. Sarà necessario approfondire le indagini geognostiche e le verifiche geotecniche, una volta definite le caratteristiche progettuali degli interventi, come peraltro prescritto dalla normativa vigente, attraverso la redazione delle Relazioni di carattere geologico-geotecnico e sismico necessarie per i rilasci dei permessi di costruire e per le autorizzazioni sismiche.

Per quanto riguarda la falda superficiale si segnala che, non essendo fattibili piani interrati, non si prevedono interferenze tra la "falda" e le strutture fondali.

7. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Per gli approfondimenti sismici è stata effettuata, nel Luglio 2010, entro il perimetro del Piano, un'indagine sismica di tipo MASW, al fine di valutare il parametro Vs30 caratteristico dell'area.

In allegato è fornita la Relazione geofisica, elaborata dallo Studio Envia di Bologna.

In base a quanto riscontrato con l'indagine sismica di tipo MASW, il valore del parametro Vs30 è stato stimato pari a 199.5 ± 4.8 m/s con il programma WaveEq e 198.01 ± 2.8 m/s con il programma SWAMI (vedi Relazione in allegato).

Ai sensi dell'art. 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, il sottosuolo in oggetto può essere classificato, unicamente sulla base del parametro Vs30, di **categoria C**: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*

Premesso che il presente studio è a corredo di uno strumento di pianificazione (P.P.), si deve tener conto che, a livello regionale, la Regione Emilia-Romagna ha definito per il proprio territorio gli *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, di cui alla Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 - Oggetto n. 2131 del 2 maggio 2007, con lo scopo di fornire criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio. La DAL n.112/2007 fornisce tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata (secondo livello) dell'amplificazione locale, dati che tengono conto delle caratteristiche sismiche riscontrate nel contesto regionale.

La recente approvazione della DGR n.2193/2015 costituisce un ulteriore aggiornamento degli indirizzi per la microzonazione sismica. Tali aggiornamenti hanno infatti tenuto conto delle successive Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/1/2008), delle ulteriori esperienze derivate da oltre otto anni di applicazione della DAL n.112/2007 e delle specifiche esperienze seguite agli eventi sismici italiani di L'Aquila 2009 e della pianura emiliana del 2012. In sintesi, le principali novità contenute nella la DGR n.2193/2015 consistono:

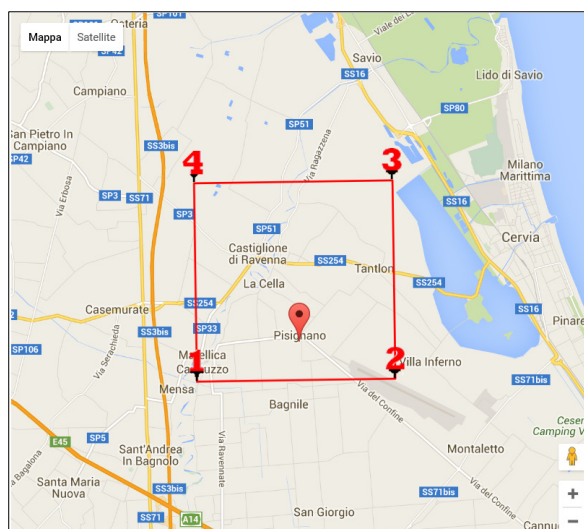
- nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate (secondo livello);
- nella definizione di un ulteriore parametro di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner (per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s);
- nella definizione dell'input sismico (ag al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a $0,05^\circ$ (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- nella predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (per gli studi territoriali di primo livello);
- nello stralcio degli approfondimenti di "livello 3" per la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Per quanto riguarda il Comune di Cervia in cui ricade il Piano, occorre evidenziare che il riferimento sismico locale è dato dalla **Tavola B.10 - Carta di sintesi della pericolosità sismica**, fornita nel QC del PSC di Cervia, dove l'area in esame ricade tra quelle che presentano scenari di pericolosità sismica locale e necessitano di analisi semplificata di II livello.

E' risultato quindi necessario affrontare la seconda fase di approfondimento, come definita nell'Atto regionale vigente (DGR 2193/2015), che prevede uno studio sismico che raggiunga il **secondo livello** di conoscenza, mediante **un'analisi semplificata** che ha lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale.

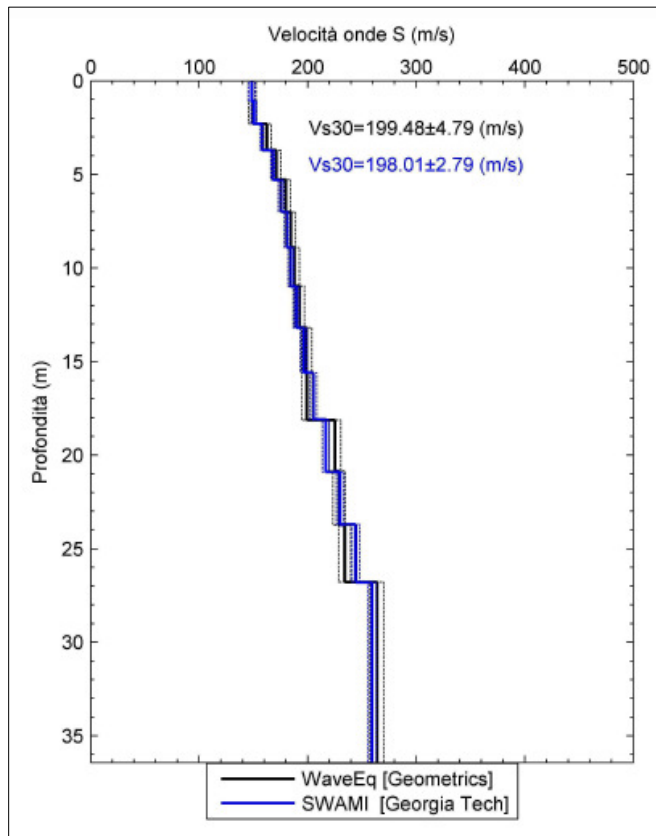
L'analisi della pericolosità locale, come richiesto, si è quindi basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e di dati relativi alla pericolosità sismica di base, anche su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di dettaglio.

La figura sottostante riporta i quattro punti del reticolo di pericolosità sismica INGV limitrofi all'area di studio. L'accelerazione al sito di riferimento ($a_{g,ref}$) risulta pari a 0,180g (per TR = 475 anni).



Reticolo INGV di pericolosità sismica. La figura riporta i punti della griglia limitrofi all'area di studio

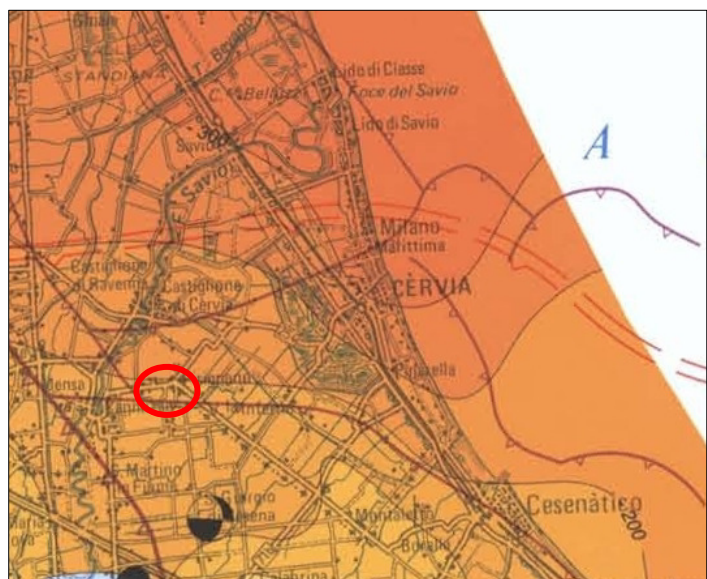
Per la stima della velocità delle onde di taglio sono state effettuate specifiche indagini geofisiche i cui risultati sono riportati in Allegato. In particolare, la prova MASW ha fornito esiti di Vs30 pari a circa 200 m/s (vedi figura).



Distribuzione delle Vs nel sottosuolo ottenute dalla prova MASW

Un ulteriore e importante riferimento conoscitivo per l'analisi della risposta sismica locale è fornito dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, pubblicata alla scala 1:250.000: essa colloca la base del Sintema AES nel territorio studiato a circa -200 metri. Tale limite, rappresenta un importante riflettore sismico ritenuto di riferimento per la modellazione di risposta sismica locale.

Stralcio della Carta Sismotettonica della R.E-R. L'intensità di colore indica la profondità della base del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore AES (le quote delle isobate si riferiscono al livello medio del mare)

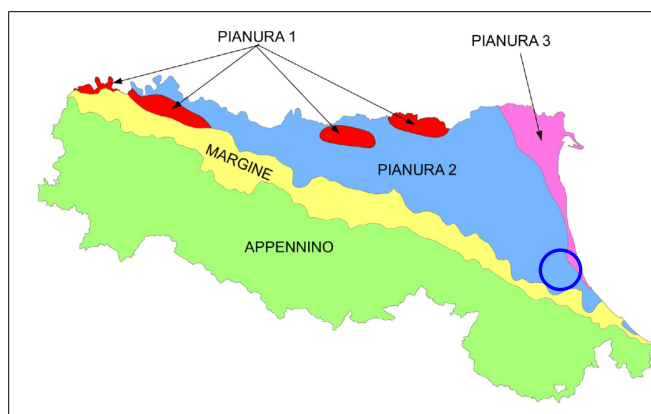


Sulla base di quanto indicato nella DGR 2193/2015 (allegato A2), l'area di interesse può essere ancora ascrivibile al macro contesto geologico sismico di "Pianura 2" (*settore di pianura con sedimenti fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.*). Di seguito sono riportati i nuovi parametri di RSL semplificata (secondo livello) attribuibili all'area di studio con:

- FA (PGA) → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ($a_{max,r}$) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ($a_{max,s}$) alla frequenza f . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- FA SI (Intensità spettrale di Housner) → indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità, nel nostro caso per i tre intervalli di frequenze, rispettivamente $0.1 < T_0 < 0.5$ s, $0.5 < T_0 < 1$ s e $0.5 < T_0 < 1,5$ s.

AMBIENTE "PIANURA 2"

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0



Abaco dei parametri di RSL semplificata (DGR 2193/2015, all. A2) riferito al macrocontesto "Pianura 2".

Le penetrometrie CPT eseguite nell'area di studio consentono, inoltre, la fondamentale analisi della suscettibilità locale alla liquefazione dei sedimenti investigati, attraverso la verifica delle tessiture predisponenti tale effetto cosismico. Le penetrometrie non evidenziano strati granulari di potenza significativa, potenzialmente liquefacibili. Un'unica eccezione si riscontra dalla C.P.T. 4 nella quale si trova un livello sabbioso-limoso tra i -12.4 e i -15 m dal piano campagna: tuttavia, si tratta di un intervallo ben confinato e con effetti di interazione (con manufatti di progetto) presumibilmente nulli se riferiti al piano campagna e/o alla quota di fondazioni dirette.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella presente relazione, redatta a corredo del Piano Particolareggiato, sono state messe in evidenza le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area di intervento. In particolare è stata svolta un'indagine geognostica per stabilire l'edificabilità di massima del comparto in cui sono previsti i nuovi insediamenti.

Analizzando i diversi aspetti sono emersi i seguenti elementi:

- l'area in oggetto è collocata a Pisignano (RA), ad una quota naturale di circa 9 m sul lmm;
- l'area si trova in corrispondenza di "Depositi alluvionali di piana", connessi al Fiume Savio localizzato più ad ovest;
- dal punto di vista geomorfologico il comparto è ubicato in destra idrografica, in corrispondenza di un dosso abbandonato del Savio;
- la prima falda, misurata all'interno dei fori delle prove eseguite, è individuata ad una profondità di circa - 2 m dal piano campagna attuale;
- dal punto di vista geotecnico, dall'esame della successione litologica ricostruita tramite le 10 prove penetrometriche realizzate, si è evidenziata la presenza di terreni coesivi che, pur non precludendo la scelta di fondazioni dirette superficiali, determineranno cedimenti non sempre trascurabili;
- è stato affrontato uno studio sismico che raggiunge il secondo livello di conoscenza, mediante un'analisi semplificata con lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale: l'accelerazione al sito di riferimento (agref) risulta pari a 0,180g (per TR = 475 anni);
- l'area può essere ancora ascrivibile al macro contesto geologico sismico di "Pianura 2";
- vista la natura coesiva dei primi 15 m di terreno non sussiste il rischio di liquefazione;
- saranno eseguiti gli allacciamenti sia alle reti fognarie sia, per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico, alla rete acquedottistica comunale evitando il prelievo di acqua dal sottosuolo, così da non gravare sul problema della subsidenza.

Sulla base dei dati raccolti è possibile esprimere parere positivo per la fattibilità geologica della Variante al Piano Particolareggiato, in conformità con il D.M. 11/03/88 e s.m.i., in quanto non sono emersi elementi tali da precluderne all'attuazione.

Si specifica comunque che tale studio non può essere in alcun modo esaustivo, né considerato sostitutivo delle indagini di maggior dettaglio e delle relazioni geotecniche prescritte, ai sensi della normativa vigente, per le fasi di progettazione e autorizzazione dei singoli interventi.

ALLEGATI

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,67	----	7,80	21,0	31,0	21,0	0,40	52,0
0,40	16,0	26,0	16,0	0,60	27,0	8,00	11,0	17,0	11,0	0,73	15,0
0,60	11,0	20,0	11,0	1,07	10,0	8,20	9,0	20,0	9,0	0,33	27,0
0,80	16,0	32,0	16,0	1,33	12,0	8,40	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0
1,00	20,0	40,0	20,0	1,67	12,0	8,60	8,0	13,0	8,0	0,27	30,0
1,20	16,0	41,0	16,0	1,13	14,0	8,80	11,0	15,0	11,0	0,33	33,0
1,40	16,0	33,0	16,0	1,07	15,0	9,00	9,0	14,0	9,0	0,47	19,0
1,60	18,0	34,0	18,0	1,00	18,0	9,20	17,0	24,0	17,0	0,53	32,0
1,80	15,0	30,0	15,0	1,00	15,0	9,40	9,0	17,0	9,0	0,60	15,0
2,00	29,0	44,0	29,0	0,47	62,0	9,60	11,0	20,0	11,0	0,47	24,0
2,20	28,0	35,0	28,0	1,20	23,0	9,80	14,0	21,0	14,0	0,73	19,0
2,40	11,0	29,0	11,0	0,40	27,0	10,00	11,0	22,0	11,0	0,67	16,0
2,60	16,0	22,0	16,0	0,47	34,0	10,20	16,0	26,0	16,0	0,93	17,0
2,80	20,0	27,0	20,0	0,67	30,0	10,40	16,0	30,0	16,0	1,00	16,0
3,00	11,0	21,0	11,0	0,47	24,0	10,60	22,0	37,0	22,0	1,40	16,0
3,20	19,0	26,0	19,0	0,67	28,0	10,80	20,0	41,0	20,0	1,07	19,0
3,40	17,0	27,0	17,0	0,67	25,0	11,00	11,0	27,0	11,0	0,73	15,0
3,60	14,0	24,0	14,0	0,53	26,0	11,20	14,0	25,0	14,0	0,67	21,0
3,80	12,0	20,0	12,0	0,60	20,0	11,40	14,0	24,0	14,0	0,73	19,0
4,00	8,0	17,0	8,0	0,60	13,0	11,60	18,0	29,0	18,0	1,13	16,0
4,20	10,0	19,0	10,0	0,33	30,0	11,80	23,0	40,0	23,0	1,27	18,0
4,40	15,0	20,0	15,0	0,60	25,0	12,00	22,0	41,0	22,0	1,53	14,0
4,60	10,0	19,0	10,0	0,80	12,0	12,20	28,0	51,0	28,0	0,73	38,0
4,80	13,0	25,0	13,0	0,67	19,0	12,40	38,0	49,0	38,0	1,27	30,0
5,00	16,0	26,0	16,0	0,87	18,0	12,60	21,0	40,0	21,0	0,67	31,0
5,20	18,0	31,0	18,0	0,93	19,0	12,80	21,0	31,0	21,0	0,40	52,0
5,40	22,0	36,0	22,0	1,53	14,0	13,00	10,0	16,0	10,0	0,47	21,0
5,60	22,0	45,0	22,0	1,53	14,0	13,20	8,0	15,0	8,0	0,53	15,0
5,80	18,0	41,0	18,0	0,87	21,0	13,40	8,0	16,0	8,0	0,60	13,0
6,00	11,0	24,0	11,0	0,73	15,0	13,60	8,0	17,0	8,0	0,47	17,0
6,20	17,0	28,0	17,0	0,87	20,0	13,80	7,0	14,0	7,0	0,53	13,0
6,40	16,0	29,0	16,0	0,80	20,0	14,00	9,0	17,0	9,0	0,80	11,0
6,60	16,0	28,0	16,0	0,73	22,0	14,20	13,0	25,0	13,0	0,87	15,0
6,80	17,0	28,0	17,0	0,87	20,0	14,40	21,0	34,0	21,0	1,20	17,0
7,00	12,0	25,0	12,0	1,00	12,0	14,60	26,0	44,0	26,0	1,80	14,0
7,20	15,0	30,0	15,0	1,07	14,0	14,80	28,0	55,0	28,0	1,93	14,0
7,40	20,0	36,0	20,0	1,00	20,0	15,00	25,0	54,0	25,0	1,87	13,0
7,60	19,0	34,0	19,0	0,67	28,0	15,20	22,0	50,0	22,0	----	----

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	0,73	----	10,20	20,0	36,0	20,0	0,93	21,0
0,40	6,0	17,0	6,0	0,60	10,0	10,40	15,0	29,0	15,0	1,00	15,0
0,60	9,0	18,0	9,0	0,73	12,0	10,60	15,0	30,0	15,0	0,93	16,0
0,80	10,0	21,0	10,0	1,00	10,0	10,80	18,0	32,0	18,0	0,93	19,0
1,00	15,0	30,0	15,0	1,27	12,0	11,00	16,0	30,0	16,0	0,80	20,0
1,20	17,0	36,0	17,0	1,13	15,0	11,20	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0
1,40	15,0	32,0	15,0	0,67	22,0	11,40	16,0	29,0	16,0	0,93	17,0
1,60	17,0	27,0	17,0	0,60	28,0	11,60	16,0	30,0	16,0	0,80	20,0
1,80	9,0	18,0	9,0	0,40	22,0	11,80	11,0	23,0	11,0	0,47	24,0
2,00	12,0	18,0	12,0	0,20	60,0	12,00	9,0	16,0	9,0	0,40	22,0
2,20	16,0	19,0	16,0	0,40	40,0	12,20	35,0	41,0	35,0	0,40	87,0
2,40	14,0	20,0	14,0	1,00	14,0	12,40	29,0	35,0	29,0	0,73	40,0
2,60	31,0	46,0	31,0	0,73	42,0	12,60	10,0	21,0	10,0	0,53	19,0
2,80	16,0	27,0	16,0	1,07	15,0	12,80	10,0	18,0	10,0	0,40	25,0
3,00	13,0	29,0	13,0	0,53	24,0	13,00	12,0	18,0	12,0	0,47	26,0
3,20	13,0	21,0	13,0	0,53	24,0	13,20	12,0	19,0	12,0	0,60	20,0
3,40	13,0	21,0	13,0	0,33	39,0	13,40	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0
3,60	17,0	22,0	17,0	0,60	28,0	13,60	13,0	22,0	13,0	0,67	19,0
3,80	15,0	24,0	15,0	0,53	28,0	13,80	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0
4,00	16,0	24,0	16,0	0,67	24,0	14,00	11,0	19,0	11,0	0,47	24,0
4,20	12,0	22,0	12,0	0,53	22,0	14,20	10,0	17,0	10,0	0,33	30,0
4,40	9,0	17,0	9,0	0,40	22,0	14,40	17,0	22,0	17,0	0,40	42,0
4,60	6,0	12,0	6,0	0,27	22,0	14,60	12,0	18,0	12,0	0,40	30,0
4,80	7,0	11,0	7,0	0,60	12,0	14,80	8,0	14,0	8,0	0,40	20,0
5,00	8,0	17,0	8,0	0,53	15,0	15,00	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0
5,20	6,0	14,0	6,0	0,40	15,0	15,20	16,0	22,0	16,0	0,80	20,0
5,40	8,0	14,0	8,0	0,40	20,0	15,40	21,0	33,0	21,0	1,20	17,0
5,60	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0	15,60	19,0	37,0	19,0	1,07	18,0
5,80	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0	15,80	29,0	45,0	29,0	1,33	22,0
6,00	13,0	19,0	13,0	0,60	22,0	16,00	29,0	49,0	29,0	1,47	20,0
6,20	13,0	22,0	13,0	0,60	22,0	16,20	32,0	54,0	32,0	1,47	22,0
6,40	13,0	22,0	13,0	0,47	28,0	16,40	25,0	47,0	25,0	1,33	19,0
6,60	12,0	19,0	12,0	0,53	22,0	16,60	22,0	42,0	22,0	0,73	30,0
6,80	11,0	19,0	11,0	0,47	24,0	16,80	15,0	26,0	15,0	0,27	56,0
7,00	9,0	16,0	9,0	0,47	19,0	17,00	13,0	17,0	13,0	0,47	28,0
7,20	9,0	16,0	9,0	0,33	27,0	17,20	21,0	28,0	21,0	1,00	21,0
7,40	6,0	11,0	6,0	0,27	22,0	17,40	17,0	32,0	17,0	1,07	16,0
7,60	4,0	8,0	4,0	0,20	20,0	17,60	18,0	34,0	18,0	0,87	21,0
7,80	5,0	8,0	5,0	0,27	19,0	17,80	14,0	27,0	14,0	1,07	13,0
8,00	7,0	11,0	7,0	0,20	35,0	18,00	20,0	36,0	20,0	0,80	25,0
8,20	6,0	9,0	6,0	0,13	45,0	18,20	20,0	32,0	20,0	1,27	16,0
8,40	6,0	8,0	6,0	0,13	45,0	18,40	23,0	42,0	23,0	1,07	22,0
8,60	6,0	8,0	6,0	0,40	15,0	18,60	17,0	33,0	17,0	0,73	23,0
8,80	7,0	13,0	7,0	0,07	105,0	18,80	12,0	23,0	12,0	0,53	22,0
9,00	14,0	15,0	14,0	0,53	26,0	19,00	10,0	18,0	10,0	0,40	25,0
9,20	13,0	21,0	13,0	0,53	24,0	19,20	18,0	24,0	18,0	1,00	18,0
9,40	11,0	19,0	11,0	0,47	24,0	19,40	22,0	37,0	22,0	0,47	47,0
9,60	11,0	18,0	11,0	0,67	16,0	19,60	20,0	27,0	20,0	0,93	21,0
9,80	11,0	21,0	11,0	0,53	21,0	19,80	14,0	28,0	14,0	0,40	35,0
10,00	19,0	27,0	19,0	1,07	18,0	20,00	48,0	54,0	48,0	1,53	31,0

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 2

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
20,20	56,0	79,0	56,0	0,13	420,0	25,20	27,0	45,0	27,0	2,40	11,0
20,40	45,0	47,0	45,0	1,87	24,0	25,40	39,0	75,0	39,0	0,87	45,0
20,60	32,0	60,0	32,0	1,20	27,0	25,60	29,0	42,0	29,0	2,60	11,0
20,80	27,0	45,0	27,0	2,13	13,0	25,80	68,0	107,0	68,0	2,73	25,0
21,00	49,0	81,0	49,0	1,20	41,0	26,00	48,0	89,0	48,0	2,13	22,0
21,20	23,0	41,0	23,0	2,40	10,0	26,20	51,0	83,0	51,0	2,87	18,0
21,40	33,0	69,0	33,0	0,93	35,0	26,40	56,0	99,0	56,0	1,80	31,0
21,60	24,0	38,0	24,0	0,73	33,0	26,60	33,0	60,0	33,0	1,47	22,0
21,80	17,0	28,0	17,0	1,20	14,0	26,80	52,0	74,0	52,0	2,13	24,0
22,00	15,0	33,0	15,0	1,53	10,0	27,00	24,0	56,0	24,0	1,73	14,0
22,20	24,0	47,0	24,0	0,93	26,0	27,20	24,0	50,0	24,0	1,53	16,0
22,40	22,0	36,0	22,0	0,93	24,0	27,40	36,0	59,0	36,0	1,53	23,0
22,60	24,0	38,0	24,0	0,73	33,0	27,60	37,0	60,0	37,0	1,87	20,0
22,80	28,0	39,0	28,0	1,00	28,0	27,80	38,0	66,0	38,0	1,80	21,0
23,00	33,0	48,0	33,0	1,53	22,0	28,00	34,0	61,0	34,0	2,00	17,0
23,20	35,0	58,0	35,0	1,80	19,0	28,20	35,0	65,0	35,0	1,60	22,0
23,40	29,0	56,0	29,0	1,53	19,0	28,40	32,0	56,0	32,0	1,60	20,0
23,60	29,0	52,0	29,0	1,47	20,0	28,60	29,0	53,0	29,0	1,67	17,0
23,80	31,0	53,0	31,0	1,33	23,0	28,80	24,0	49,0	24,0	1,80	13,0
24,00	25,0	45,0	25,0	1,00	25,0	29,00	19,0	46,0	19,0	1,67	11,0
24,20	32,0	47,0	32,0	0,80	40,0	29,20	37,0	62,0	37,0	2,13	17,0
24,40	33,0	45,0	33,0	1,67	20,0	29,40	36,0	68,0	36,0	1,80	20,0
24,60	24,0	49,0	24,0	0,53	45,0	29,60	37,0	64,0	37,0	2,07	18,0
24,80	69,0	77,0	69,0	1,87	37,0	29,80	37,0	68,0	37,0	-----	----

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,80	----	7,80	20,0	34,0	20,0	0,87	23,0
0,40	8,0	20,0	8,0	0,73	11,0	8,00	15,0	28,0	15,0	0,93	16,0
0,60	9,0	20,0	9,0	1,00	9,0	8,20	13,0	27,0	13,0	0,80	16,0
0,80	14,0	29,0	14,0	1,07	13,0	8,40	14,0	26,0	14,0	1,67	8,0
1,00	14,0	30,0	14,0	1,60	9,0	8,60	19,0	44,0	19,0	0,53	36,0
1,20	16,0	40,0	16,0	1,33	12,0	8,80	36,0	44,0	36,0	0,53	67,0
1,40	17,0	37,0	17,0	1,47	12,0	9,00	41,0	49,0	41,0	0,60	68,0
1,60	17,0	39,0	17,0	1,27	13,0	9,20	43,0	52,0	43,0	1,27	34,0
1,80	17,0	36,0	17,0	1,00	17,0	9,40	33,0	52,0	33,0	1,53	22,0
2,00	11,0	26,0	11,0	0,60	18,0	9,60	29,0	52,0	29,0	0,67	43,0
2,20	10,0	19,0	10,0	0,60	17,0	9,80	15,0	25,0	15,0	0,80	19,0
2,40	7,0	16,0	7,0	0,47	15,0	10,00	18,0	30,0	18,0	1,00	18,0
2,60	7,0	14,0	7,0	0,33	21,0	10,20	17,0	32,0	17,0	0,53	32,0
2,80	14,0	19,0	14,0	0,53	26,0	10,40	21,0	29,0	21,0	0,93	22,0
3,00	12,0	20,0	12,0	0,40	30,0	10,60	19,0	33,0	19,0	0,93	20,0
3,20	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0	10,80	16,0	30,0	16,0	0,80	20,0
3,40	11,0	17,0	11,0	0,53	21,0	11,00	22,0	34,0	22,0	0,93	24,0
3,60	12,0	20,0	12,0	0,53	22,0	11,20	19,0	33,0	19,0	1,20	16,0
3,80	11,0	19,0	11,0	0,73	15,0	11,40	17,0	35,0	17,0	1,33	13,0
4,00	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0	11,60	25,0	45,0	25,0	1,27	20,0
4,20	15,0	26,0	15,0	0,87	17,0	11,80	20,0	39,0	20,0	1,13	18,0
4,40	12,0	25,0	12,0	0,67	18,0	12,00	23,0	40,0	23,0	1,00	23,0
4,60	20,0	30,0	20,0	0,80	25,0	12,20	20,0	35,0	20,0	1,27	16,0
4,80	11,0	23,0	11,0	0,67	16,0	12,40	16,0	35,0	16,0	1,00	16,0
5,00	16,0	26,0	16,0	0,93	17,0	12,60	14,0	29,0	14,0	0,73	19,0
5,20	19,0	33,0	19,0	1,00	19,0	12,80	11,0	22,0	11,0	0,40	27,0
5,40	18,0	33,0	18,0	0,93	19,0	13,00	24,0	30,0	24,0	0,93	26,0
5,60	22,0	36,0	22,0	0,93	24,0	13,20	10,0	24,0	10,0	0,67	15,0
5,80	19,0	33,0	19,0	1,13	17,0	13,40	12,0	22,0	12,0	0,80	15,0
6,00	18,0	35,0	18,0	1,07	17,0	13,60	9,0	21,0	9,0	0,40	22,0
6,20	16,0	32,0	16,0	0,80	20,0	13,80	13,0	19,0	13,0	0,53	24,0
6,40	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0	14,00	12,0	20,0	12,0	0,60	20,0
6,60	14,0	27,0	14,0	0,67	21,0	14,20	9,0	18,0	9,0	0,53	17,0
6,80	19,0	29,0	19,0	1,13	17,0	14,40	13,0	21,0	13,0	0,80	16,0
7,00	21,0	38,0	21,0	0,87	24,0	14,60	12,0	24,0	12,0	1,00	12,0
7,20	19,0	32,0	19,0	0,93	20,0	14,80	13,0	28,0	13,0	0,80	16,0
7,40	18,0	32,0	18,0	1,00	18,0	15,00	28,0	40,0	28,0	1,27	22,0
7,60	19,0	34,0	19,0	0,93	20,0	15,20	25,0	44,0	25,0	-----	----

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,15 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	---	---	--	0,80	----	7,80	18,0	36,0	18,0	1,47	12,0
0,40	8,0	20,0	8,0	0,67	12,0	8,00	19,0	41,0	19,0	0,67	28,0
0,60	10,0	20,0	10,0	0,60	17,0	8,20	11,0	21,0	11,0	1,87	6,0
0,80	12,0	21,0	12,0	0,53	22,0	8,40	106,0	134,0	106,0	0,80	132,0
1,00	15,0	23,0	15,0	1,20	12,0	8,60	89,0	101,0	89,0	5,00	18,0
1,20	18,0	36,0	18,0	1,27	14,0	8,80	11,0	86,0	11,0	0,40	27,0
1,40	19,0	38,0	19,0	1,40	14,0	9,00	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0
1,60	26,0	47,0	26,0	1,33	19,0	9,20	31,0	37,0	31,0	1,07	29,0
1,80	16,0	36,0	16,0	0,73	22,0	9,40	21,0	37,0	21,0	0,47	45,0
2,00	9,0	20,0	9,0	0,33	27,0	9,60	12,0	19,0	12,0	0,20	60,0
2,20	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0	9,80	19,0	22,0	19,0	0,33	57,0
2,40	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	10,00	16,0	21,0	16,0	0,60	27,0
2,60	10,0	16,0	10,0	0,60	17,0	10,20	28,0	37,0	28,0	0,87	32,0
2,80	11,0	20,0	11,0	0,47	24,0	10,40	11,0	24,0	11,0	0,73	15,0
3,00	11,0	18,0	11,0	0,47	24,0	10,60	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0
3,20	11,0	18,0	11,0	0,53	21,0	10,80	11,0	22,0	11,0	0,47	24,0
3,40	13,0	21,0	13,0	1,07	12,0	11,00	18,0	25,0	18,0	0,53	34,0
3,60	20,0	36,0	20,0	0,60	33,0	11,20	17,0	25,0	17,0	0,53	32,0
3,80	31,0	40,0	31,0	0,73	42,0	11,40	17,0	25,0	17,0	0,53	32,0
4,00	14,0	25,0	14,0	0,53	26,0	11,60	16,0	24,0	16,0	0,47	34,0
4,20	16,0	24,0	16,0	0,60	27,0	11,80	12,0	19,0	12,0	0,67	18,0
4,40	13,0	22,0	13,0	0,40	32,0	12,00	12,0	22,0	12,0	0,27	45,0
4,60	9,0	15,0	9,0	0,27	34,0	12,20	8,0	12,0	8,0	0,33	24,0
4,80	10,0	14,0	10,0	0,53	19,0	12,40	18,0	23,0	18,0	0,47	39,0
5,00	18,0	26,0	18,0	0,60	30,0	12,60	58,0	65,0	58,0	0,73	79,0
5,20	11,0	20,0	11,0	0,60	18,0	12,80	61,0	72,0	61,0	1,00	61,0
5,40	10,0	19,0	10,0	0,20	50,0	13,00	54,0	69,0	54,0	0,27	202,0
5,60	9,0	12,0	9,0	0,27	34,0	13,20	49,0	53,0	49,0	0,67	73,0
5,80	8,0	12,0	8,0	0,67	12,0	13,40	50,0	60,0	50,0	0,40	125,0
6,00	16,0	26,0	16,0	0,53	30,0	13,60	61,0	67,0	61,0	0,53	114,0
6,20	18,0	26,0	18,0	0,27	67,0	13,80	35,0	43,0	35,0	0,47	75,0
6,40	29,0	33,0	29,0	0,40	72,0	14,00	49,0	56,0	49,0	1,20	41,0
6,60	12,0	18,0	12,0	0,33	36,0	14,20	31,0	49,0	31,0	0,60	52,0
6,80	34,0	39,0	34,0	0,27	127,0	14,40	58,0	67,0	58,0	0,53	109,0
7,00	29,0	33,0	29,0	0,87	33,0	14,60	88,0	96,0	88,0	0,73	120,0
7,20	26,0	39,0	26,0	1,07	24,0	14,80	68,0	79,0	68,0	1,40	49,0
7,40	28,0	44,0	28,0	1,00	28,0	15,00	24,0	45,0	24,0	1,47	16,0
7,60	16,0	31,0	16,0	1,20	13,0	15,20	27,0	49,0	27,0	----	----

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,10 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	---	---	--	0,67	---	7,80	21,0	28,0	21,0	0,40	52,0
0,40	5,0	15,0	5,0	0,60	8,0	8,00	21,0	27,0	21,0	0,73	29,0
0,60	8,0	17,0	8,0	0,87	9,0	8,20	14,0	25,0	14,0	0,27	52,0
0,80	13,0	26,0	13,0	1,13	11,0	8,40	24,0	28,0	24,0	0,73	33,0
1,00	16,0	33,0	16,0	1,60	10,0	8,60	15,0	26,0	15,0	0,67	22,0
1,20	16,0	40,0	16,0	1,47	11,0	8,80	15,0	25,0	15,0	0,27	56,0
1,40	15,0	37,0	15,0	1,07	14,0	9,00	15,0	19,0	15,0	0,60	25,0
1,60	16,0	32,0	16,0	1,00	16,0	9,20	13,0	22,0	13,0	0,40	32,0
1,80	15,0	30,0	15,0	0,87	17,0	9,40	10,0	16,0	10,0	0,13	75,0
2,00	11,0	24,0	11,0	0,60	18,0	9,60	14,0	16,0	14,0	0,47	30,0
2,20	8,0	17,0	8,0	0,47	17,0	9,80	12,0	19,0	12,0	0,33	36,0
2,40	10,0	17,0	10,0	0,33	30,0	10,00	15,0	20,0	15,0	0,47	32,0
2,60	8,0	13,0	8,0	0,53	15,0	10,20	10,0	17,0	10,0	0,53	19,0
2,80	15,0	23,0	15,0	0,73	20,0	10,40	12,0	20,0	12,0	0,60	20,0
3,00	17,0	28,0	17,0	0,67	25,0	10,60	24,0	33,0	24,0	0,53	45,0
3,20	15,0	25,0	15,0	0,93	16,0	10,80	9,0	17,0	9,0	0,20	45,0
3,40	19,0	33,0	19,0	0,60	32,0	11,00	9,0	12,0	9,0	0,27	34,0
3,60	13,0	22,0	13,0	0,40	32,0	11,20	8,0	12,0	8,0	0,40	20,0
3,80	10,0	16,0	10,0	0,47	21,0	11,40	7,0	13,0	7,0	0,40	17,0
4,00	7,0	14,0	7,0	0,47	15,0	11,60	9,0	15,0	9,0	0,40	22,0
4,20	8,0	15,0	8,0	0,53	15,0	11,80	11,0	17,0	11,0	0,27	41,0
4,40	11,0	19,0	11,0	0,60	18,0	12,00	10,0	14,0	10,0	0,33	30,0
4,60	9,0	18,0	9,0	0,53	17,0	12,20	10,0	15,0	10,0	0,33	30,0
4,80	6,0	14,0	6,0	0,60	10,0	12,40	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0
5,00	10,0	19,0	10,0	0,53	19,0	12,60	10,0	15,0	10,0	0,40	25,0
5,20	15,0	23,0	15,0	0,67	22,0	12,80	12,0	18,0	12,0	0,40	30,0
5,40	21,0	31,0	21,0	0,87	24,0	13,00	14,0	20,0	14,0	0,60	23,0
5,60	23,0	36,0	23,0	1,00	23,0	13,20	15,0	24,0	15,0	0,67	22,0
5,80	24,0	39,0	24,0	1,00	24,0	13,40	14,0	24,0	14,0	0,67	21,0
6,00	15,0	30,0	15,0	0,87	17,0	13,60	16,0	26,0	16,0	0,80	20,0
6,20	15,0	28,0	15,0	0,73	20,0	13,80	13,0	25,0	13,0	0,60	22,0
6,40	14,0	25,0	14,0	0,60	23,0	14,00	9,0	18,0	9,0	0,33	27,0
6,60	10,0	19,0	10,0	0,53	19,0	14,20	11,0	16,0	11,0	0,67	16,0
6,80	13,0	21,0	13,0	1,00	13,0	14,40	12,0	22,0	12,0	0,47	26,0
7,00	36,0	51,0	36,0	0,73	49,0	14,60	11,0	18,0	11,0	0,47	24,0
7,20	17,0	28,0	17,0	0,93	18,0	14,80	9,0	16,0	9,0	0,67	13,0
7,40	15,0	29,0	15,0	0,47	32,0	15,00	21,0	31,0	21,0	0,40	52,0
7,60	17,0	24,0	17,0	0,47	36,0	15,20	14,0	20,0	14,0	---	---

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 6

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,67	----	7,80	8,0	18,0	8,0	0,33	24,0
0,40	7,0	17,0	7,0	0,60	12,0	8,00	5,0	10,0	5,0	0,53	9,0
0,60	7,0	16,0	7,0	0,67	10,0	8,20	7,0	15,0	7,0	0,47	15,0
0,80	9,0	19,0	9,0	0,93	10,0	8,40	31,0	38,0	31,0	0,33	93,0
1,00	14,0	28,0	14,0	1,20	12,0	8,60	10,0	15,0	10,0	0,60	17,0
1,20	16,0	34,0	16,0	1,00	16,0	8,80	9,0	18,0	9,0	0,40	22,0
1,40	16,0	31,0	16,0	1,13	14,0	9,00	11,0	17,0	11,0	0,67	16,0
1,60	15,0	32,0	15,0	1,00	15,0	9,20	15,0	25,0	15,0	0,87	17,0
1,80	15,0	30,0	15,0	0,73	20,0	9,40	13,0	26,0	13,0	0,73	18,0
2,00	12,0	23,0	12,0	0,87	14,0	9,60	15,0	26,0	15,0	0,60	25,0
2,20	13,0	26,0	13,0	0,47	28,0	9,80	12,0	21,0	12,0	0,53	22,0
2,40	9,0	16,0	9,0	0,60	15,0	10,00	10,0	18,0	10,0	0,53	19,0
2,60	15,0	24,0	15,0	0,53	28,0	10,20	13,0	21,0	13,0	1,00	13,0
2,80	11,0	19,0	11,0	0,47	24,0	10,40	13,0	28,0	13,0	0,87	15,0
3,00	11,0	18,0	11,0	0,47	24,0	10,60	22,0	35,0	22,0	1,80	12,0
3,20	13,0	20,0	13,0	0,53	24,0	10,80	21,0	48,0	21,0	0,93	22,0
3,40	12,0	20,0	12,0	0,67	18,0	11,00	27,0	41,0	27,0	1,33	20,0
3,60	11,0	21,0	11,0	0,60	18,0	11,20	20,0	40,0	20,0	1,00	20,0
3,80	13,0	22,0	13,0	0,60	22,0	11,40	16,0	31,0	16,0	1,20	13,0
4,00	11,0	20,0	11,0	0,80	14,0	11,60	25,0	43,0	25,0	0,80	31,0
4,20	11,0	23,0	11,0	0,73	15,0	11,80	29,0	41,0	29,0	0,93	31,0
4,40	16,0	27,0	16,0	0,53	30,0	12,00	22,0	36,0	22,0	1,00	22,0
4,60	11,0	19,0	11,0	0,80	14,0	12,20	33,0	48,0	33,0	1,67	20,0
4,80	14,0	26,0	14,0	0,87	16,0	12,40	36,0	61,0	36,0	2,00	18,0
5,00	21,0	34,0	21,0	1,00	21,0	12,60	18,0	48,0	18,0	1,13	16,0
5,20	21,0	36,0	21,0	1,07	20,0	12,80	11,0	28,0	11,0	0,73	15,0
5,40	22,0	38,0	22,0	1,07	21,0	13,00	10,0	21,0	10,0	0,80	12,0
5,60	18,0	34,0	18,0	0,93	19,0	13,20	8,0	20,0	8,0	0,73	11,0
5,80	13,0	27,0	13,0	0,67	19,0	13,40	10,0	21,0	10,0	0,53	19,0
6,00	11,0	21,0	11,0	0,67	16,0	13,60	7,0	15,0	7,0	0,40	17,0
6,20	13,0	23,0	13,0	0,73	18,0	13,80	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0
6,40	17,0	28,0	17,0	0,73	23,0	14,00	7,0	12,0	7,0	0,47	15,0
6,60	12,0	23,0	12,0	0,53	22,0	14,20	14,0	21,0	14,0	1,53	9,0
6,80	11,0	19,0	11,0	0,53	21,0	14,40	21,0	44,0	21,0	1,33	16,0
7,00	16,0	24,0	16,0	0,73	22,0	14,60	30,0	50,0	30,0	1,07	28,0
7,20	14,0	25,0	14,0	0,87	16,0	14,80	28,0	44,0	28,0	1,47	19,0
7,40	13,0	26,0	13,0	0,80	16,0	15,00	26,0	48,0	26,0	1,93	13,0
7,60	13,0	25,0	13,0	0,67	19,0	15,20	25,0	54,0	25,0	-----	----

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

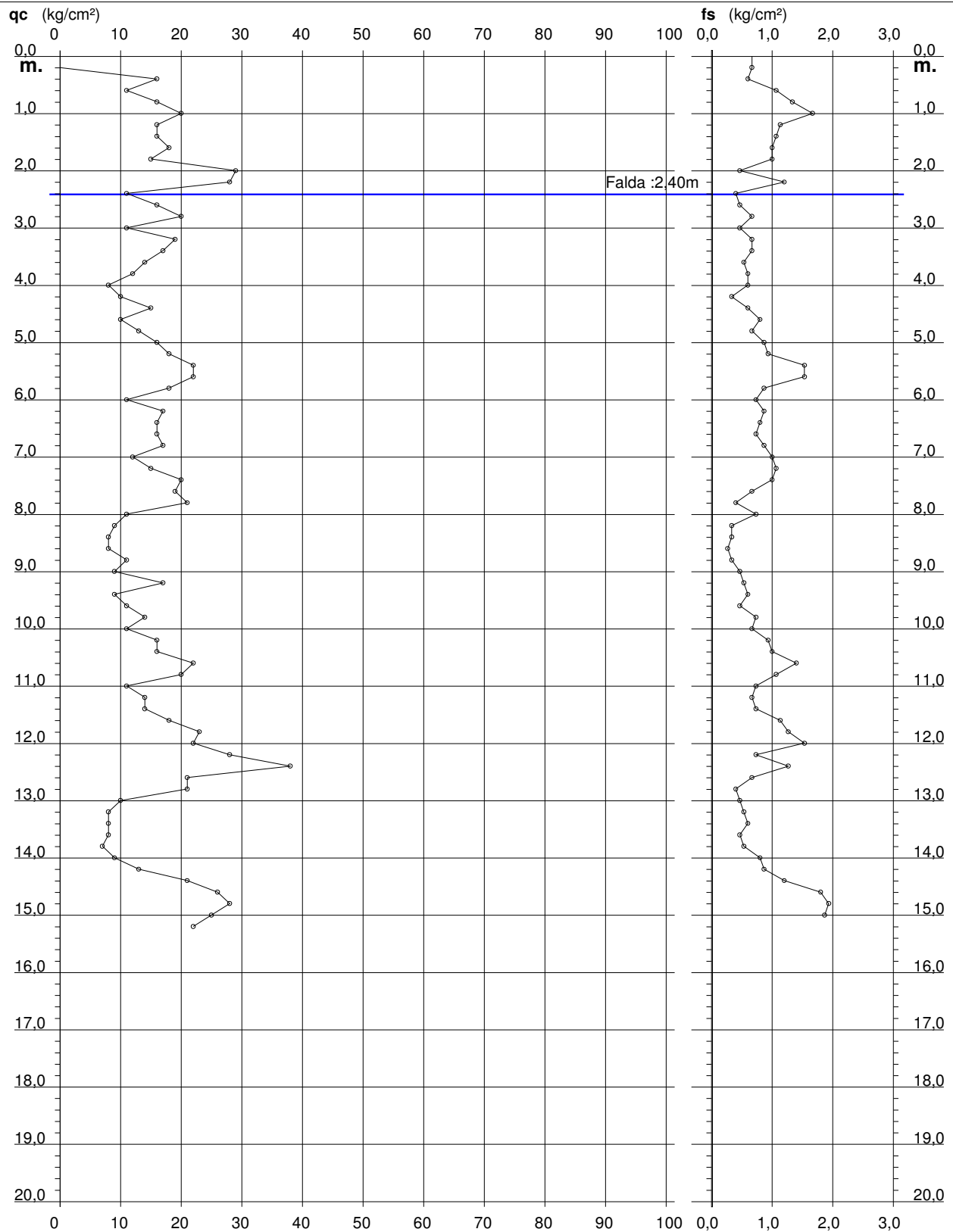
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



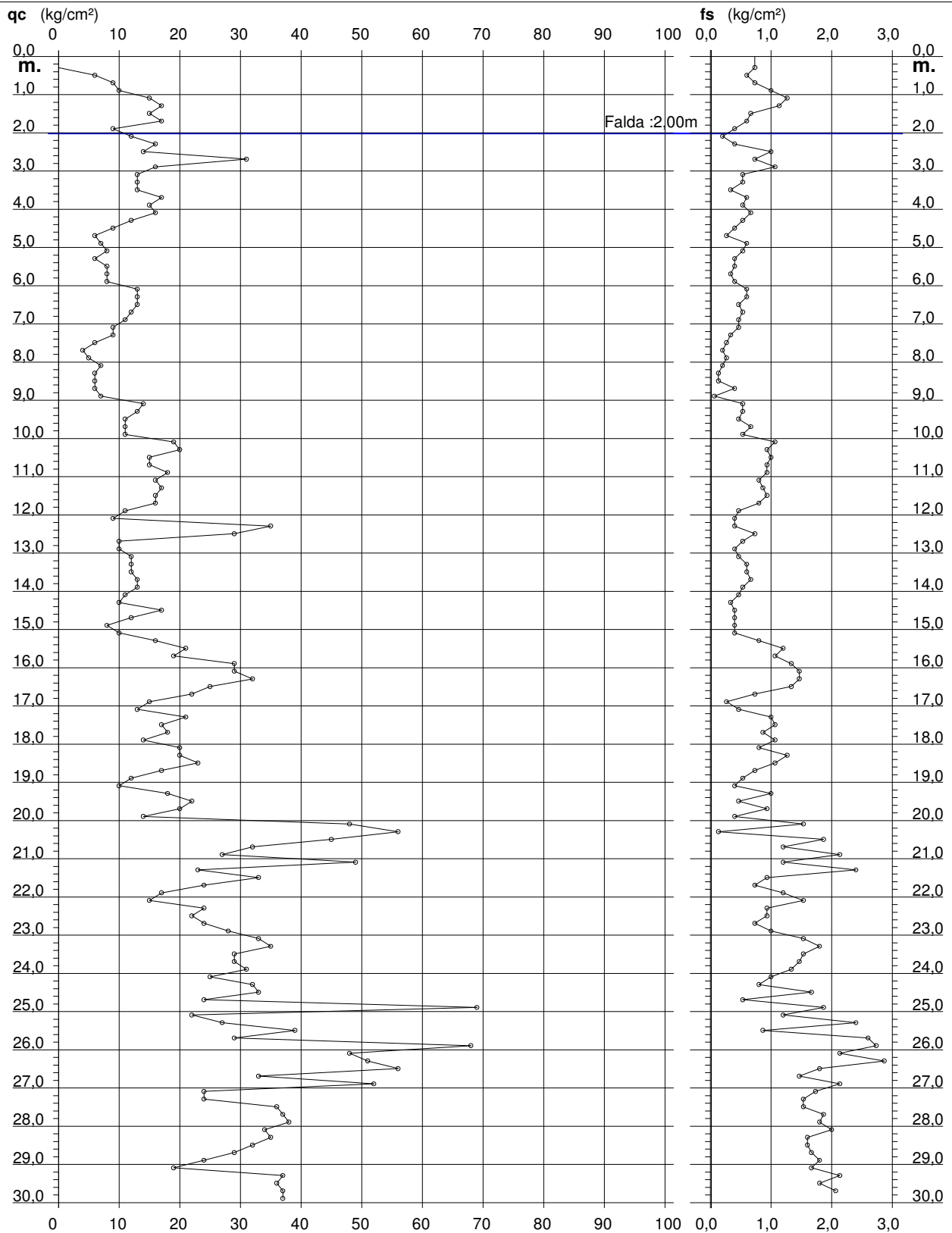
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



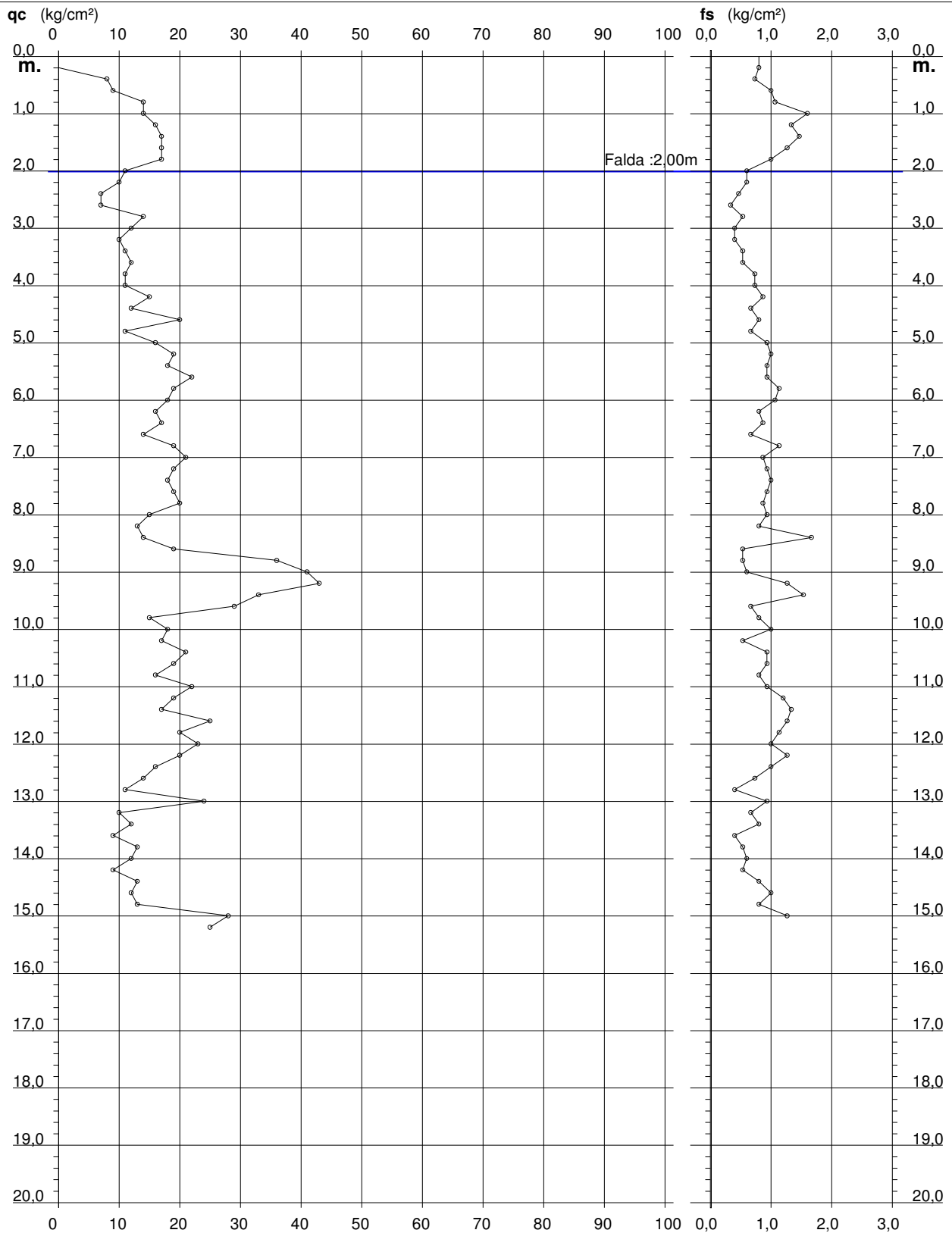
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



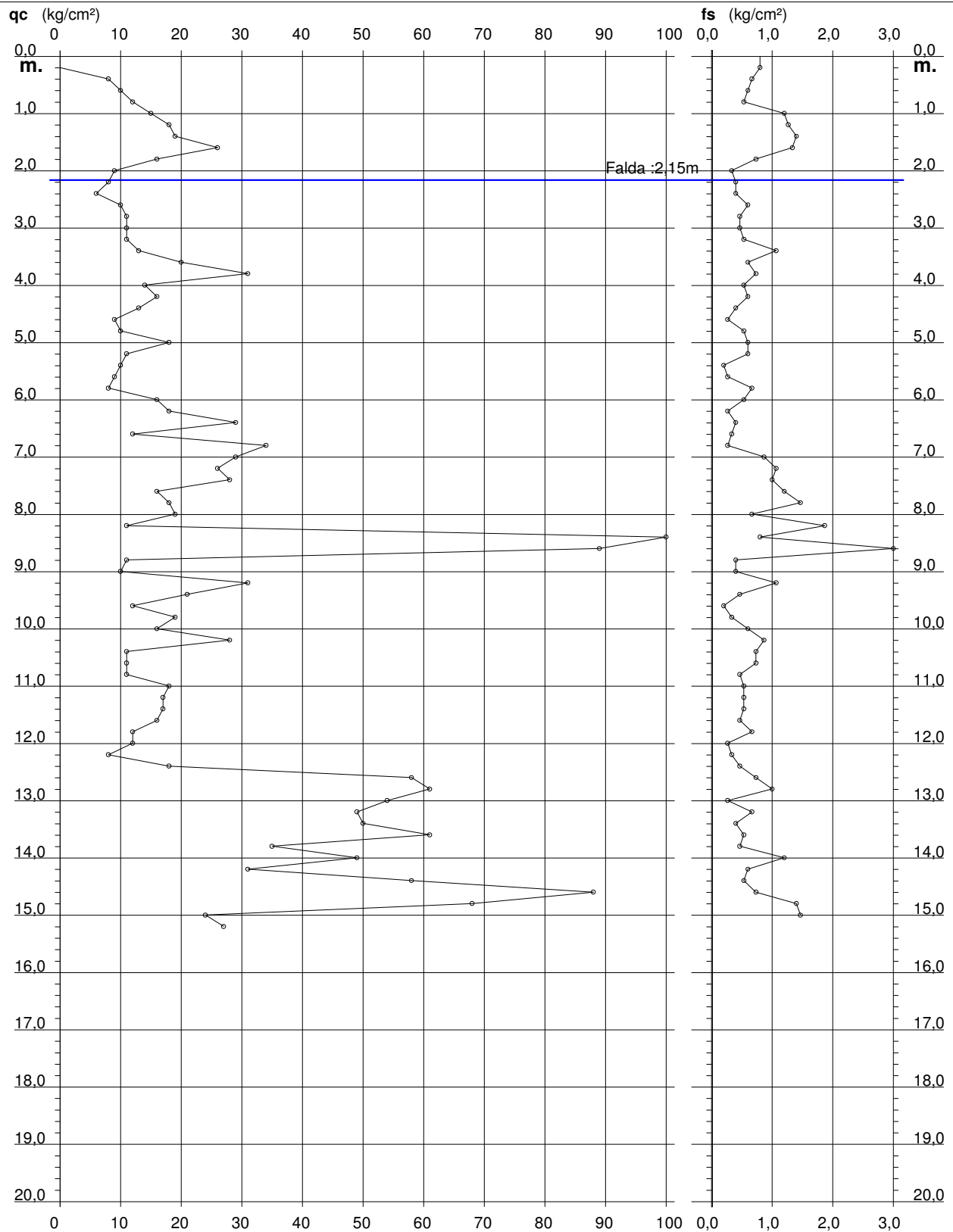
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,15 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



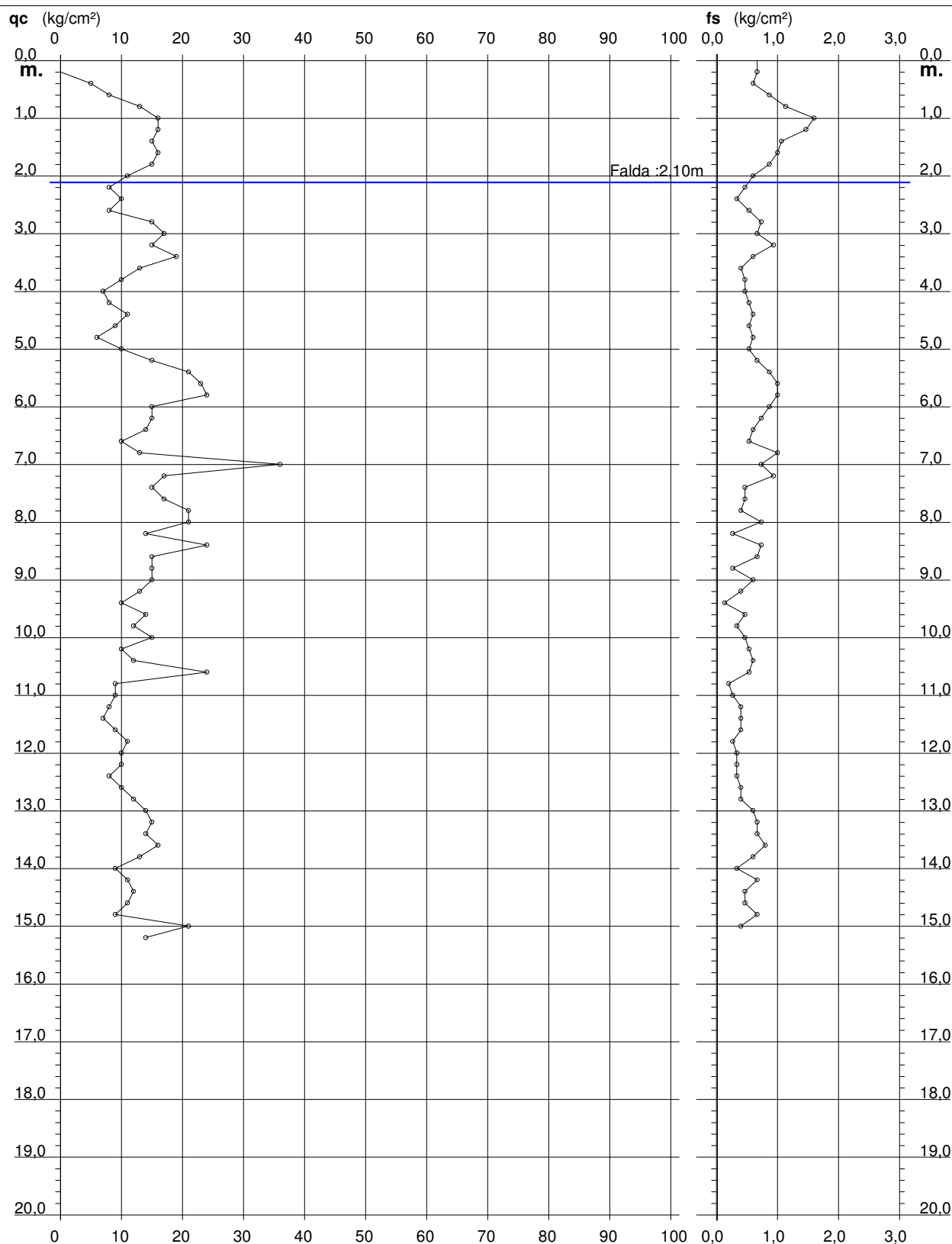
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



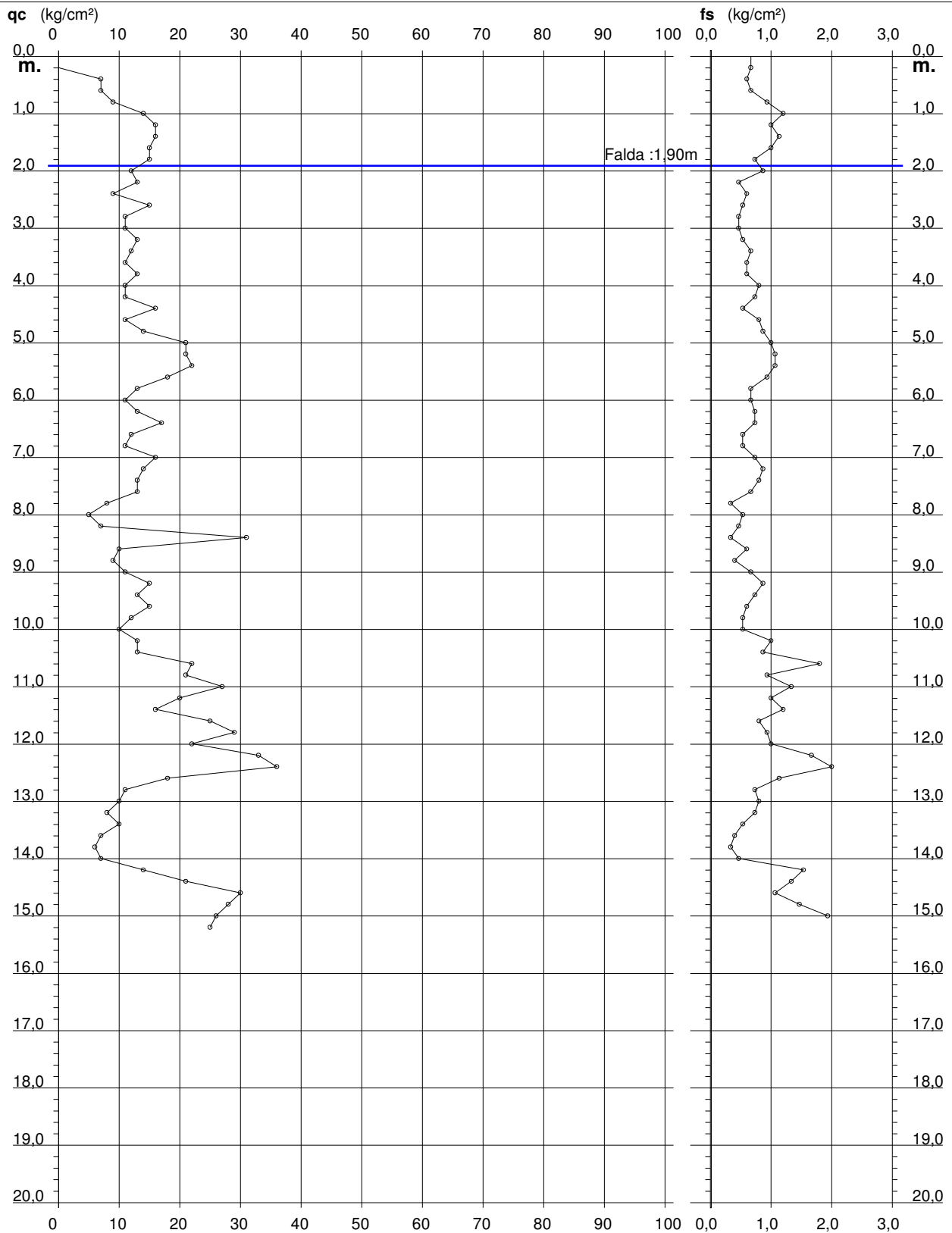
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



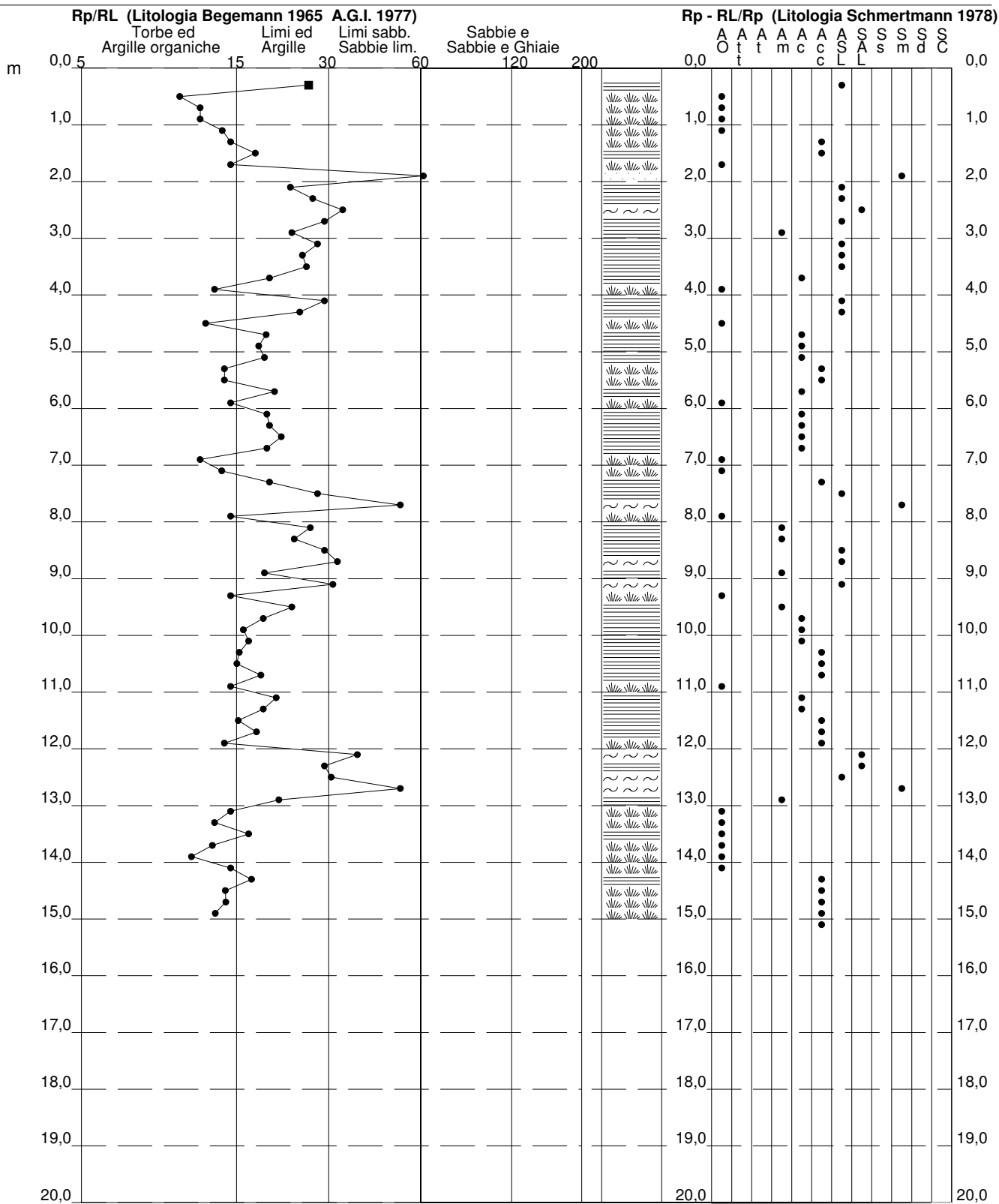
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



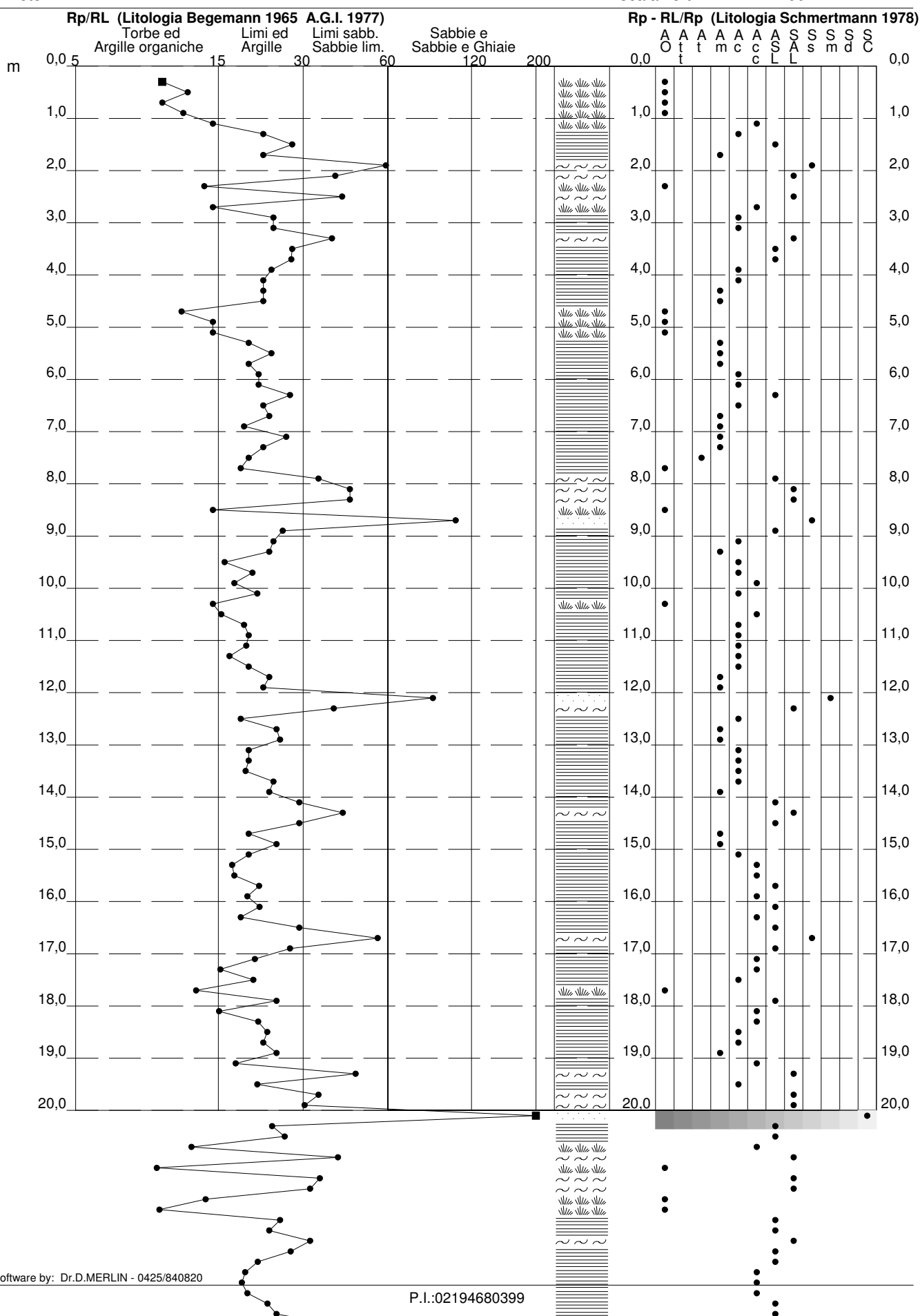
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
 - lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
 - località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
 - note :

- data : 20/01/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



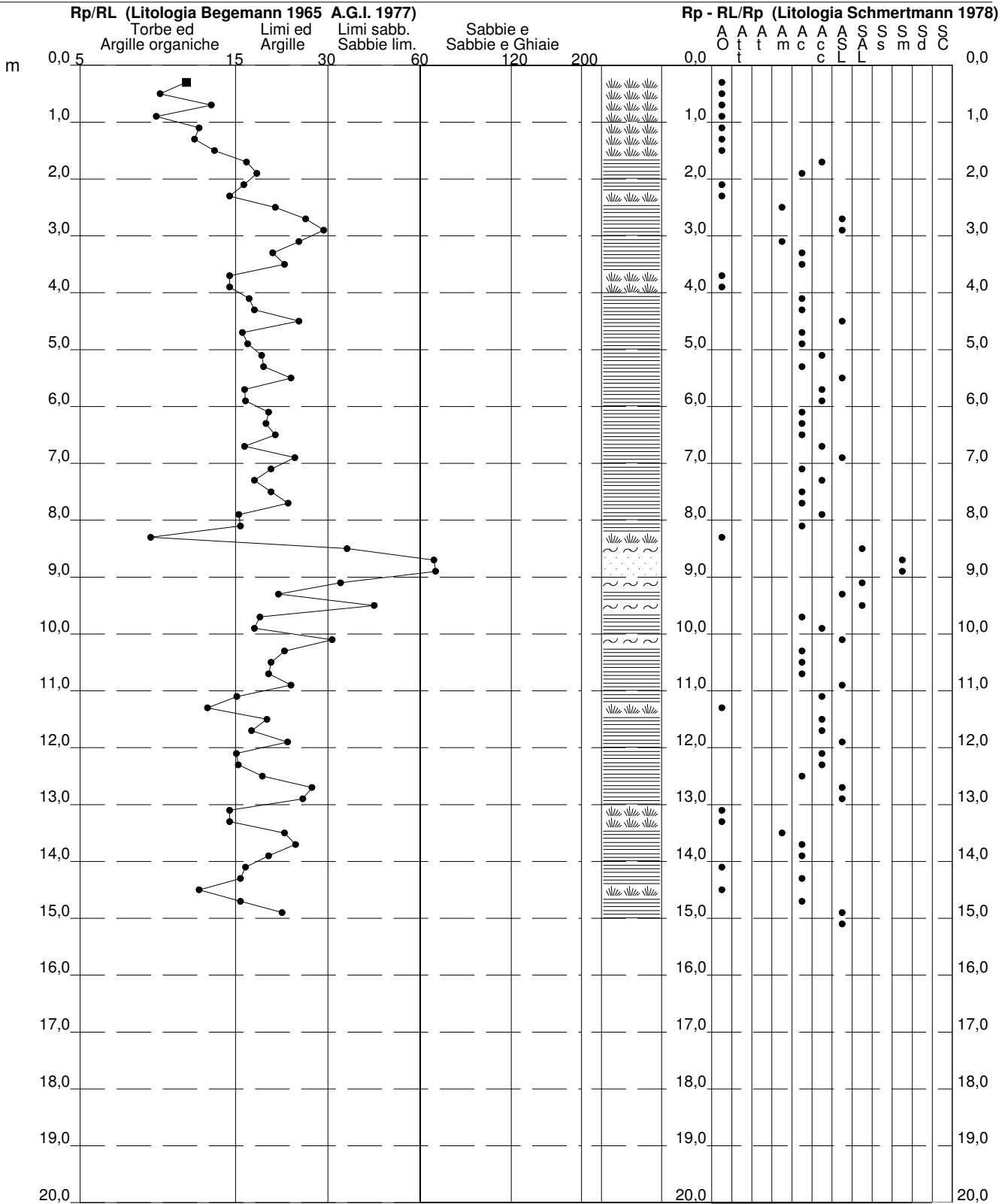
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
 - lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
 - località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
 - note :

- data : 20/01/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



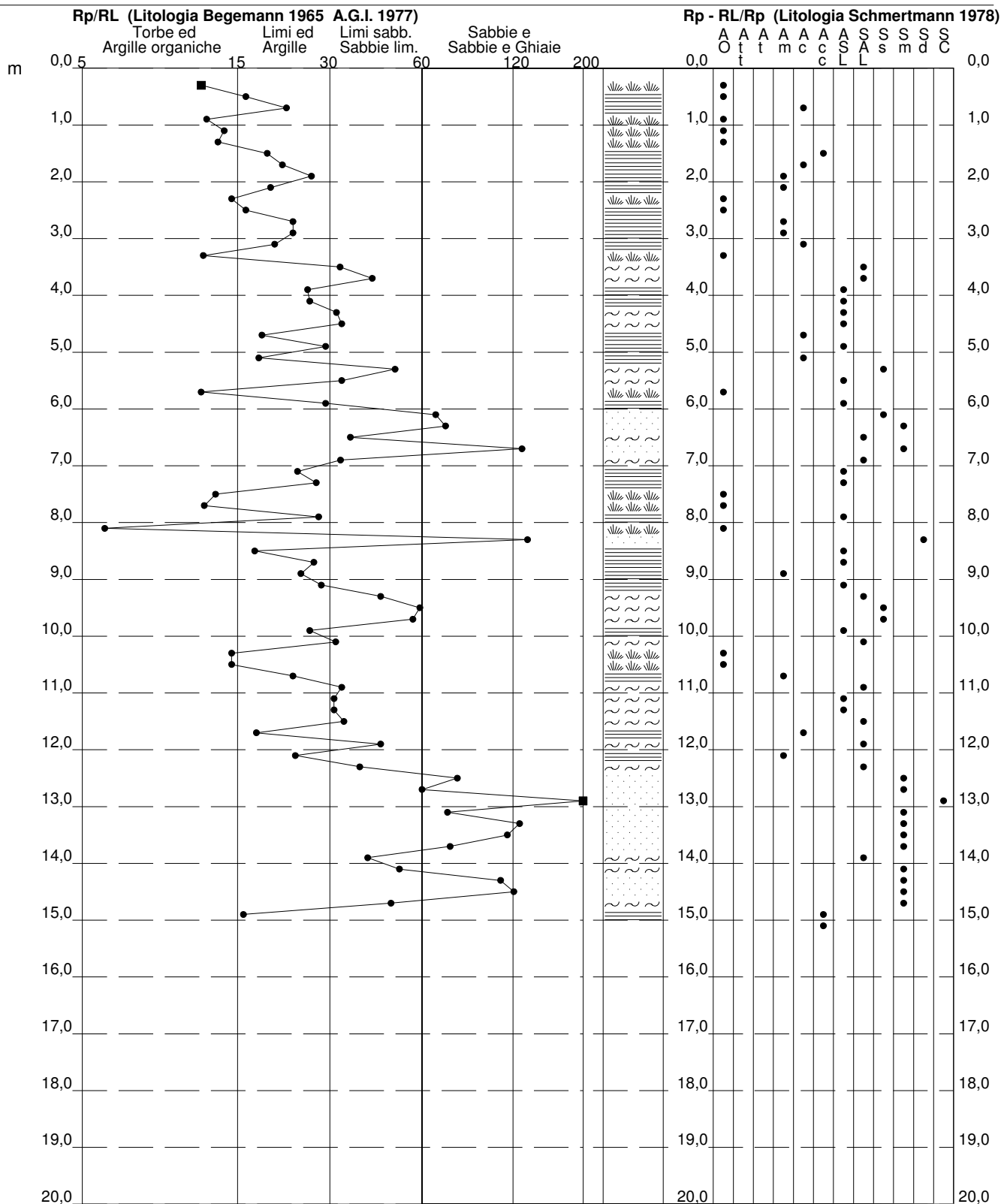
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 4

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
 - lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
 - località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
 - note :

- data : 20/01/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,15 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



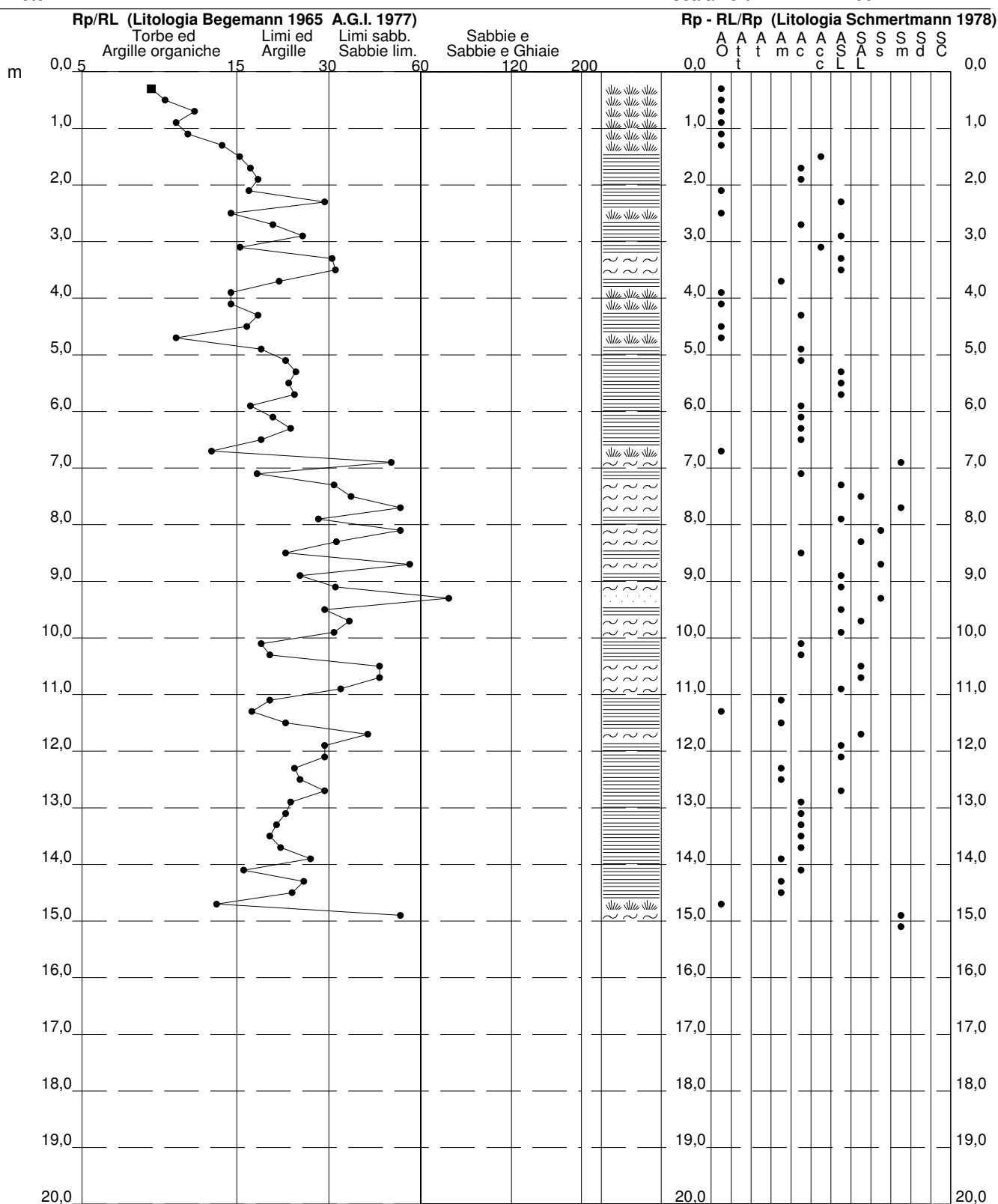
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 5

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



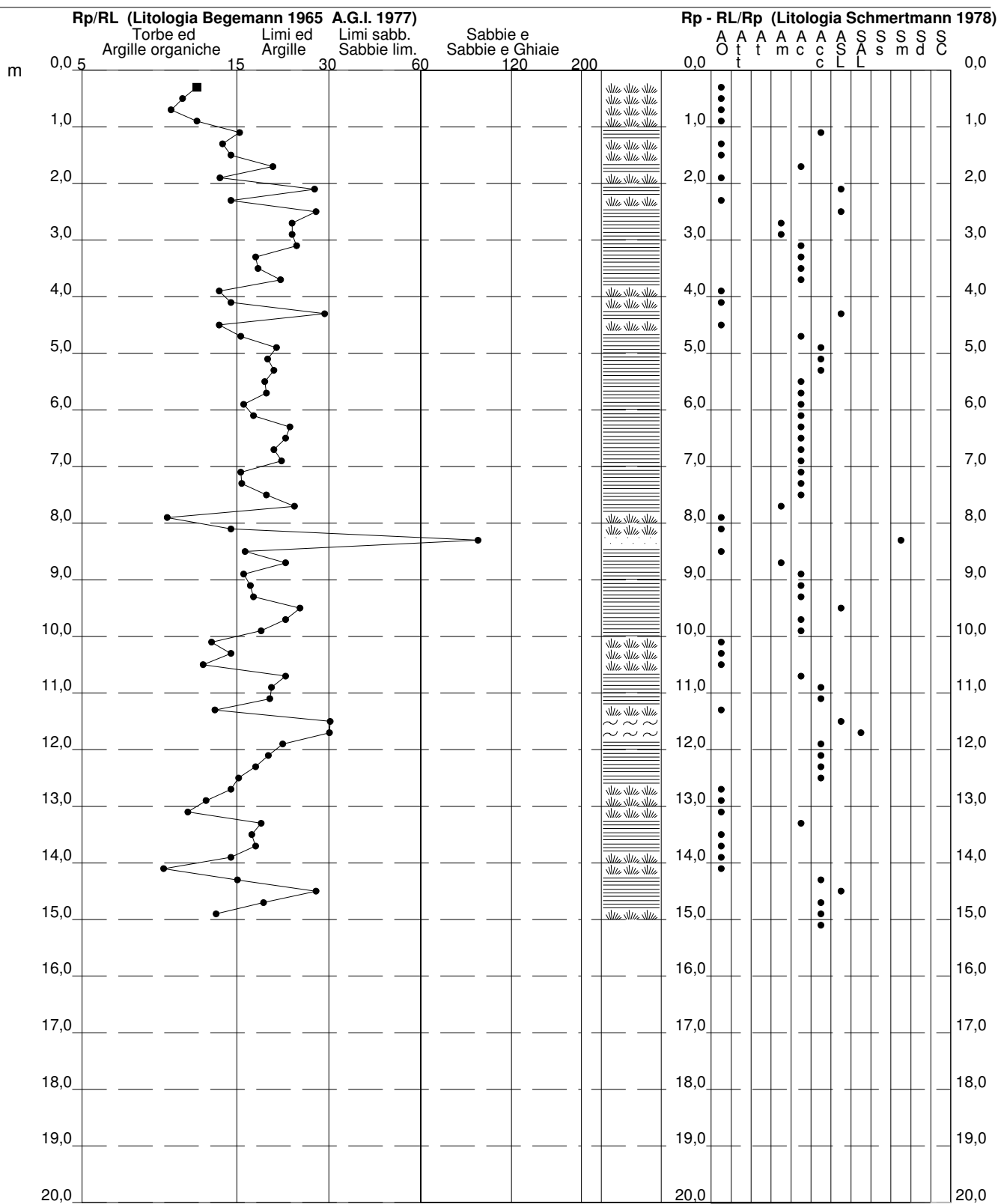
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 6

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



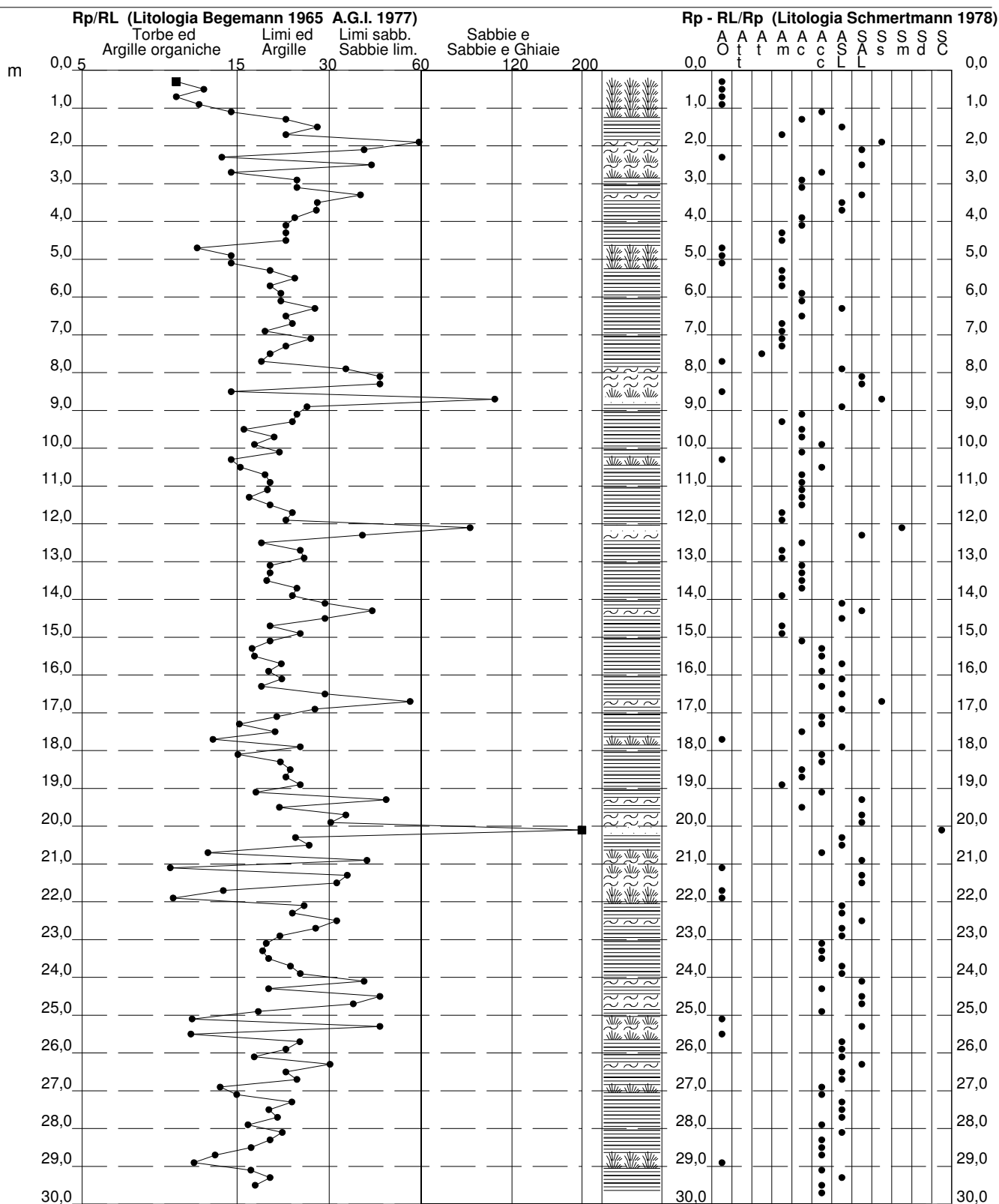
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-049

- committente : Dr. Geologo Paola Mingolini
- lavoro : Piano Particolareggiato comparto di espans. C.4.1
- località : Pisignano (Cervia - RA), Via Crociarone 32
- note :

- data : 20/01/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 7

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,55 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	1,07	----	10,20	8,0	18,0	8,0	0,53	15,0
0,40	28,0	44,0	28,0	1,40	20,0	10,40	9,0	17,0	9,0	0,53	17,0
0,60	41,0	62,0	41,0	1,73	24,0	10,60	12,0	20,0	12,0	0,73	16,0
0,80	47,0	73,0	47,0	2,60	18,0	10,80	17,0	28,0	17,0	1,00	17,0
1,00	47,0	86,0	47,0	3,47	14,0	11,00	14,0	29,0	14,0	0,87	16,0
1,20	43,0	95,0	43,0	3,27	13,0	11,20	11,0	24,0	11,0	0,60	18,0
1,40	31,0	80,0	31,0	2,87	11,0	11,40	12,0	21,0	12,0	0,47	26,0
1,60	20,0	63,0	20,0	2,27	9,0	11,60	18,0	25,0	18,0	1,00	18,0
1,80	14,0	48,0	14,0	0,93	15,0	11,80	20,0	35,0	20,0	1,40	14,0
2,00	8,0	22,0	8,0	0,73	11,0	12,00	20,0	41,0	20,0	1,47	14,0
2,20	12,0	23,0	12,0	0,40	30,0	12,20	17,0	39,0	17,0	1,13	15,0
2,40	9,0	15,0	9,0	0,47	19,0	12,40	12,0	29,0	12,0	0,80	15,0
2,60	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0	12,60	7,0	19,0	7,0	0,53	13,0
2,80	13,0	20,0	13,0	0,80	16,0	12,80	4,0	12,0	4,0	0,40	10,0
3,00	11,0	23,0	11,0	0,60	18,0	13,00	8,0	14,0	8,0	0,47	17,0
3,20	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0	13,20	8,0	15,0	8,0	0,60	13,0
3,40	21,0	30,0	21,0	0,60	35,0	13,40	8,0	17,0	8,0	0,47	17,0
3,60	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0	13,60	7,0	14,0	7,0	0,40	17,0
3,80	13,0	22,0	13,0	0,73	18,0	13,80	7,0	13,0	7,0	0,47	15,0
4,00	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0	14,00	9,0	16,0	9,0	0,67	13,0
4,20	13,0	24,0	13,0	0,73	18,0	14,20	14,0	24,0	14,0	0,87	16,0
4,40	9,0	20,0	9,0	0,73	12,0	14,40	22,0	35,0	22,0	1,07	21,0
4,60	10,0	21,0	10,0	0,60	17,0	14,60	24,0	40,0	24,0	1,47	16,0
4,80	32,0	41,0	32,0	0,87	37,0	14,80	24,0	46,0	24,0	1,40	17,0
5,00	8,0	21,0	8,0	0,47	17,0	15,00	23,0	44,0	23,0	1,40	16,0
5,20	6,0	13,0	6,0	0,27	22,0	15,20	24,0	45,0	24,0	1,33	18,0
5,40	5,0	9,0	5,0	0,33	15,0	15,40	23,0	43,0	23,0	1,53	15,0
5,60	4,0	9,0	4,0	0,33	12,0	15,60	20,0	43,0	20,0	1,60	12,0
5,80	13,0	18,0	13,0	0,27	49,0	15,80	21,0	45,0	21,0	1,27	17,0
6,00	20,0	24,0	20,0	0,67	30,0	16,00	27,0	46,0	27,0	1,60	17,0
6,20	8,0	18,0	8,0	0,33	24,0	16,20	28,0	52,0	28,0	1,67	17,0
6,40	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0	16,40	20,0	45,0	20,0	1,47	14,0
6,60	4,0	9,0	4,0	0,27	15,0	16,60	13,0	35,0	13,0	0,93	14,0
6,80	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	16,80	12,0	26,0	12,0	0,80	15,0
7,00	13,0	17,0	13,0	0,73	18,0	17,00	22,0	34,0	22,0	1,13	19,0
7,20	12,0	23,0	12,0	0,53	22,0	17,20	16,0	33,0	16,0	1,13	14,0
7,40	11,0	19,0	11,0	0,60	18,0	17,40	13,0	30,0	13,0	0,93	14,0
7,60	8,0	17,0	8,0	0,60	13,0	17,60	14,0	28,0	14,0	0,73	19,0
7,80	7,0	16,0	7,0	0,53	13,0	17,80	17,0	28,0	17,0	0,87	20,0
8,00	7,0	15,0	7,0	0,73	10,0	18,00	19,0	32,0	19,0	1,07	18,0
8,20	7,0	18,0	7,0	0,40	17,0	18,20	11,0	27,0	11,0	0,87	13,0
8,40	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0	18,40	12,0	25,0	12,0	0,27	45,0
8,60	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0	18,60	15,0	19,0	15,0	0,80	19,0
8,80	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0	18,80	17,0	29,0	17,0	0,80	21,0
9,00	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0	19,00	21,0	33,0	21,0	0,67	31,0
9,20	11,0	15,0	11,0	0,40	27,0	19,20	21,0	31,0	21,0	0,87	24,0
9,40	7,0	13,0	7,0	0,47	15,0	19,40	13,0	26,0	13,0	0,73	18,0
9,60	8,0	15,0	8,0	0,40	20,0	19,60	19,0	30,0	19,0	0,93	20,0
9,80	7,0	13,0	7,0	0,40	17,0	19,80	15,0	29,0	15,0	0,80	19,0
10,00	12,0	18,0	12,0	0,67	18,0	20,00	15,0	27,0	15,0	0,93	16,0

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 7

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,55 m da quota inizio
- pagina : 2

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
20,20	48,0	62,0	48,0	0,87	55,0	25,20	167,0	184,0	167,0	1,73	96,0
20,40	19,0	32,0	19,0	0,80	24,0	25,40	41,0	67,0	41,0	1,07	38,0
20,60	125,0	137,0	125,0	2,13	59,0	25,60	54,0	70,0	54,0	1,07	51,0
20,80	26,0	58,0	26,0	1,13	23,0	25,80	27,0	43,0	27,0	1,40	19,0
21,00	27,0	44,0	27,0	0,53	51,0	26,00	25,0	46,0	25,0	1,60	16,0
21,20	23,0	31,0	23,0	0,80	29,0	26,20	25,0	49,0	25,0	1,47	17,0
21,40	20,0	32,0	20,0	0,67	30,0	26,40	25,0	47,0	25,0	1,87	13,0
21,60	22,0	32,0	22,0	0,73	30,0	26,60	28,0	56,0	28,0	1,33	21,0
21,80	22,0	33,0	22,0	0,93	24,0	26,80	26,0	46,0	26,0	1,53	17,0
22,00	25,0	39,0	25,0	1,13	22,0	27,00	25,0	48,0	25,0	1,53	16,0
22,20	26,0	43,0	26,0	1,33	19,0	27,20	25,0	48,0	25,0	1,73	14,0
22,40	18,0	38,0	18,0	0,93	19,0	27,40	24,0	50,0	24,0	1,60	15,0
22,60	23,0	37,0	23,0	0,93	25,0	27,60	24,0	48,0	24,0	1,60	15,0
22,80	21,0	35,0	21,0	0,87	24,0	27,80	23,0	47,0	23,0	1,53	15,0
23,00	20,0	33,0	20,0	0,87	23,0	28,00	28,0	51,0	28,0	0,67	42,0
23,20	13,0	26,0	13,0	0,87	15,0	28,20	62,0	72,0	62,0	2,00	31,0
23,40	13,0	26,0	13,0	1,33	10,0	28,40	27,0	57,0	27,0	1,40	19,0
23,60	84,0	104,0	84,0	0,20	420,0	28,60	26,0	47,0	26,0	1,07	24,0
23,80	38,0	41,0	38,0	1,07	36,0	28,80	23,0	39,0	23,0	1,53	15,0
24,00	47,0	63,0	47,0	1,40	34,0	29,00	24,0	47,0	24,0	1,27	19,0
24,20	70,0	91,0	70,0	1,53	46,0	29,20	28,0	47,0	28,0	1,33	21,0
24,40	39,0	62,0	39,0	1,27	31,0	29,40	24,0	44,0	24,0	1,73	14,0
24,60	66,0	85,0	66,0	4,40	15,0	29,60	28,0	54,0	28,0	1,40	20,0
24,80	119,0	185,0	119,0	1,47	81,0	29,80	34,0	55,0	34,0	-----	----

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 8

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,85 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,60	----	7,80	14,0	27,0	14,0	1,00	14,0
0,40	12,0	21,0	12,0	0,67	18,0	8,00	25,0	40,0	25,0	0,80	31,0
0,60	27,0	37,0	27,0	1,67	16,0	8,20	28,0	40,0	28,0	0,27	105,0
0,80	39,0	64,0	39,0	3,07	13,0	8,40	27,0	31,0	27,0	0,87	31,0
1,00	30,0	76,0	30,0	3,00	10,0	8,60	12,0	25,0	12,0	0,33	36,0
1,20	23,0	68,0	23,0	2,27	10,0	8,80	17,0	22,0	17,0	0,40	42,0
1,40	23,0	57,0	23,0	2,20	10,0	9,00	11,0	17,0	11,0	0,53	21,0
1,60	21,0	54,0	21,0	1,80	12,0	9,20	6,0	14,0	6,0	0,33	18,0
1,80	18,0	45,0	18,0	1,07	17,0	9,40	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0
2,00	18,0	34,0	18,0	0,80	22,0	9,60	8,0	14,0	8,0	0,60	13,0
2,20	15,0	27,0	15,0	0,73	20,0	9,80	16,0	25,0	16,0	0,60	27,0
2,40	14,0	25,0	14,0	0,47	30,0	10,00	12,0	21,0	12,0	0,80	15,0
2,60	13,0	20,0	13,0	0,47	28,0	10,20	12,0	24,0	12,0	0,67	18,0
2,80	13,0	20,0	13,0	0,53	24,0	10,40	14,0	24,0	14,0	0,60	23,0
3,00	14,0	22,0	14,0	0,53	26,0	10,60	17,0	26,0	17,0	1,00	17,0
3,20	16,0	24,0	16,0	0,27	60,0	10,80	19,0	34,0	19,0	1,20	16,0
3,40	49,0	53,0	49,0	0,53	92,0	11,00	24,0	42,0	24,0	1,47	16,0
3,60	16,0	24,0	16,0	0,53	30,0	11,20	16,0	38,0	16,0	1,07	15,0
3,80	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0	11,40	16,0	32,0	16,0	0,73	22,0
4,00	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0	11,60	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0
4,20	9,0	16,0	9,0	0,40	22,0	11,80	22,0	33,0	22,0	1,47	15,0
4,40	17,0	23,0	17,0	0,47	36,0	12,00	26,0	48,0	26,0	1,87	14,0
4,60	11,0	18,0	11,0	0,73	15,0	12,20	29,0	57,0	29,0	1,80	16,0
4,80	13,0	24,0	13,0	0,60	22,0	12,40	32,0	59,0	32,0	2,27	14,0
5,00	14,0	23,0	14,0	0,80	17,0	12,60	20,0	54,0	20,0	1,67	12,0
5,20	15,0	27,0	15,0	0,93	16,0	12,80	11,0	36,0	11,0	0,73	15,0
5,40	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0	13,00	8,0	19,0	8,0	0,80	10,0
5,60	17,0	32,0	17,0	1,00	17,0	13,20	8,0	20,0	8,0	0,80	10,0
5,80	18,0	33,0	18,0	0,73	25,0	13,40	9,0	21,0	9,0	0,80	11,0
6,00	14,0	25,0	14,0	0,60	23,0	13,60	10,0	22,0	10,0	0,67	15,0
6,20	13,0	22,0	13,0	0,60	22,0	13,80	8,0	18,0	8,0	0,47	17,0
6,40	14,0	23,0	14,0	0,80	17,0	14,00	8,0	15,0	8,0	0,60	13,0
6,60	15,0	27,0	15,0	0,73	20,0	14,20	11,0	20,0	11,0	0,87	13,0
6,80	18,0	29,0	18,0	1,20	15,0	14,40	20,0	33,0	20,0	1,47	14,0
7,00	15,0	33,0	15,0	1,00	15,0	14,60	25,0	47,0	25,0	1,60	16,0
7,20	16,0	31,0	16,0	1,00	16,0	14,80	21,0	45,0	21,0	1,33	16,0
7,40	15,0	30,0	15,0	1,00	15,0	15,00	22,0	42,0	22,0	-----	----
7,60	16,0	31,0	16,0	0,87	18,0						

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 9

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,60 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	0,93	----	7,80	13,0	28,0	13,0	1,20	11,0
0,40	23,0	37,0	23,0	1,47	16,0	8,00	18,0	36,0	18,0	0,67	27,0
0,60	39,0	61,0	39,0	2,80	14,0	8,20	14,0	24,0	14,0	0,53	26,0
0,80	35,0	77,0	35,0	2,53	14,0	8,40	14,0	22,0	14,0	0,40	35,0
1,00	38,0	76,0	38,0	3,73	10,0	8,60	9,0	15,0	9,0	0,40	22,0
1,20	26,0	82,0	26,0	2,80	9,0	8,80	11,0	17,0	11,0	0,33	33,0
1,40	19,0	61,0	19,0	2,20	9,0	9,00	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0
1,60	17,0	50,0	17,0	0,93	18,0	9,20	5,0	11,0	5,0	0,47	11,0
1,80	16,0	30,0	16,0	0,87	18,0	9,40	7,0	14,0	7,0	0,47	15,0
2,00	18,0	31,0	18,0	0,67	27,0	9,60	9,0	16,0	9,0	0,60	15,0
2,20	13,0	23,0	13,0	0,67	19,0	9,80	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0
2,40	9,0	19,0	9,0	0,47	19,0	10,00	24,0	33,0	24,0	0,60	40,0
2,60	14,0	21,0	14,0	0,47	30,0	10,20	17,0	26,0	17,0	0,47	36,0
2,80	19,0	26,0	19,0	0,40	47,0	10,40	13,0	20,0	13,0	0,53	24,0
3,00	14,0	20,0	14,0	0,40	35,0	10,60	11,0	19,0	11,0	0,53	21,0
3,20	15,0	21,0	15,0	0,53	28,0	10,80	10,0	18,0	10,0	0,73	14,0
3,40	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0	11,00	10,0	21,0	10,0	0,67	15,0
3,60	14,0	21,0	14,0	0,73	19,0	11,20	15,0	25,0	15,0	0,67	22,0
3,80	9,0	20,0	9,0	0,53	17,0	11,40	19,0	29,0	19,0	1,13	17,0
4,00	6,0	14,0	6,0	0,53	11,0	11,60	15,0	32,0	15,0	0,93	16,0
4,20	9,0	17,0	9,0	0,47	19,0	11,80	14,0	28,0	14,0	0,87	16,0
4,40	11,0	18,0	11,0	0,67	16,0	12,00	12,0	25,0	12,0	0,87	14,0
4,60	10,0	20,0	10,0	0,67	15,0	12,20	11,0	24,0	11,0	0,73	15,0
4,80	18,0	28,0	18,0	0,73	25,0	12,40	19,0	30,0	19,0	1,20	16,0
5,00	15,0	26,0	15,0	1,13	13,0	12,60	18,0	36,0	18,0	1,07	17,0
5,20	16,0	33,0	16,0	1,13	14,0	12,80	22,0	38,0	22,0	1,20	18,0
5,40	18,0	35,0	18,0	0,93	19,0	13,00	22,0	40,0	22,0	1,20	18,0
5,60	19,0	33,0	19,0	1,27	15,0	13,20	17,0	35,0	17,0	1,07	16,0
5,80	14,0	33,0	14,0	0,87	16,0	13,40	15,0	31,0	15,0	0,80	19,0
6,00	17,0	30,0	17,0	1,00	17,0	13,60	18,0	30,0	18,0	0,80	22,0
6,20	15,0	30,0	15,0	0,67	22,0	13,80	15,0	27,0	15,0	0,93	16,0
6,40	14,0	24,0	14,0	0,73	19,0	14,00	16,0	30,0	16,0	0,93	17,0
6,60	14,0	25,0	14,0	0,67	21,0	14,20	12,0	26,0	12,0	0,80	15,0
6,80	15,0	25,0	15,0	0,93	16,0	14,40	12,0	24,0	12,0	0,93	13,0
7,00	14,0	28,0	14,0	0,87	16,0	14,60	21,0	35,0	21,0	1,00	21,0
7,20	16,0	29,0	16,0	0,93	17,0	14,80	22,0	37,0	22,0	1,20	18,0
7,40	18,0	32,0	18,0	0,93	19,0	15,00	20,0	38,0	20,0	-----	----
7,60	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0						

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 10

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	1,13	----	7,80	9,0	13,0	9,0	0,60	15,0
0,40	31,0	48,0	31,0	1,33	23,0	8,00	7,0	16,0	7,0	0,20	35,0
0,60	42,0	62,0	42,0	1,07	39,0	8,20	10,0	13,0	10,0	0,33	30,0
0,80	42,0	58,0	42,0	2,20	19,0	8,40	16,0	21,0	16,0	0,27	60,0
1,00	47,0	80,0	47,0	3,13	15,0	8,60	5,0	9,0	5,0	0,20	25,0
1,20	44,0	91,0	44,0	4,07	11,0	8,80	5,0	8,0	5,0	0,20	25,0
1,40	34,0	95,0	34,0	2,93	12,0	9,00	3,0	6,0	3,0	0,13	22,0
1,60	22,0	66,0	22,0	2,07	11,0	9,20	4,0	6,0	4,0	0,13	30,0
1,80	17,0	48,0	17,0	1,20	14,0	9,40	4,0	6,0	4,0	0,27	15,0
2,00	12,0	30,0	12,0	0,67	18,0	9,60	10,0	14,0	10,0	0,40	25,0
2,20	12,0	22,0	12,0	0,67	18,0	9,80	11,0	17,0	11,0	0,47	24,0
2,40	11,0	21,0	11,0	0,60	18,0	10,00	15,0	22,0	15,0	0,53	28,0
2,60	13,0	22,0	13,0	0,60	22,0	10,20	14,0	22,0	14,0	0,73	19,0
2,80	10,0	19,0	10,0	0,53	19,0	10,40	16,0	27,0	16,0	0,93	17,0
3,00	11,0	19,0	11,0	0,33	33,0	10,60	18,0	32,0	18,0	1,07	17,0
3,20	12,0	17,0	12,0	0,33	36,0	10,80	21,0	37,0	21,0	1,13	19,0
3,40	17,0	22,0	17,0	0,67	25,0	11,00	20,0	37,0	20,0	1,07	19,0
3,60	14,0	24,0	14,0	0,80	17,0	11,20	16,0	32,0	16,0	1,27	13,0
3,80	15,0	27,0	15,0	1,27	12,0	11,40	16,0	35,0	16,0	1,20	13,0
4,00	62,0	81,0	62,0	0,40	155,0	11,60	24,0	42,0	24,0	1,07	22,0
4,20	55,0	61,0	55,0	1,20	46,0	11,80	26,0	42,0	26,0	1,40	19,0
4,40	13,0	31,0	13,0	0,53	24,0	12,00	19,0	40,0	19,0	1,07	18,0
4,60	8,0	16,0	8,0	0,33	24,0	12,20	14,0	30,0	14,0	0,80	17,0
4,80	9,0	14,0	9,0	0,40	22,0	12,40	10,0	22,0	10,0	0,87	12,0
5,00	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0	12,60	36,0	49,0	36,0	0,53	67,0
5,20	10,0	15,0	10,0	0,27	37,0	12,80	41,0	49,0	41,0	0,87	47,0
5,40	13,0	17,0	13,0	0,33	39,0	13,00	12,0	25,0	12,0	0,60	20,0
5,60	12,0	17,0	12,0	0,60	20,0	13,20	11,0	20,0	11,0	0,47	24,0
5,80	9,0	18,0	9,0	0,67	13,0	13,40	13,0	20,0	13,0	0,60	22,0
6,00	10,0	20,0	10,0	0,33	30,0	13,60	10,0	19,0	10,0	0,60	17,0
6,20	10,0	15,0	10,0	0,27	37,0	13,80	10,0	19,0	10,0	0,80	12,0
6,40	11,0	15,0	11,0	-----	----	14,00	14,0	26,0	14,0	1,00	14,0
6,60	11,0	5,0	11,0	0,33	33,0	14,20	17,0	32,0	17,0	0,93	18,0
6,80	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0	14,40	21,0	35,0	21,0	1,20	17,0
7,00	4,0	8,0	4,0	0,27	15,0	14,60	23,0	41,0	23,0	1,60	14,0
7,20	4,0	8,0	4,0	0,27	15,0	14,80	22,0	46,0	22,0	1,47	15,0
7,40	4,0	8,0	4,0	0,27	15,0	15,00	23,0	45,0	23,0	-----	----
7,60	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0						

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

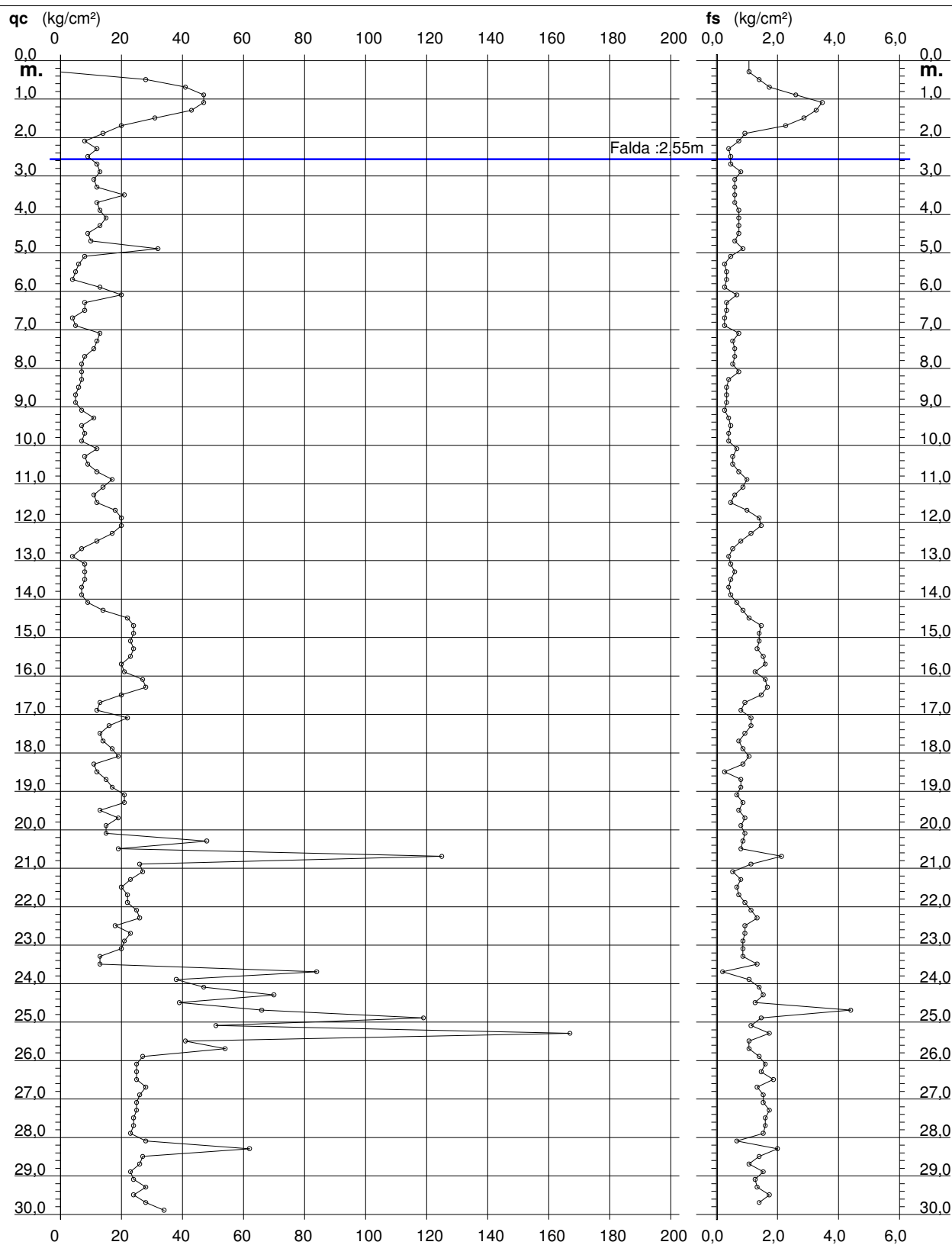
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 7

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,55 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



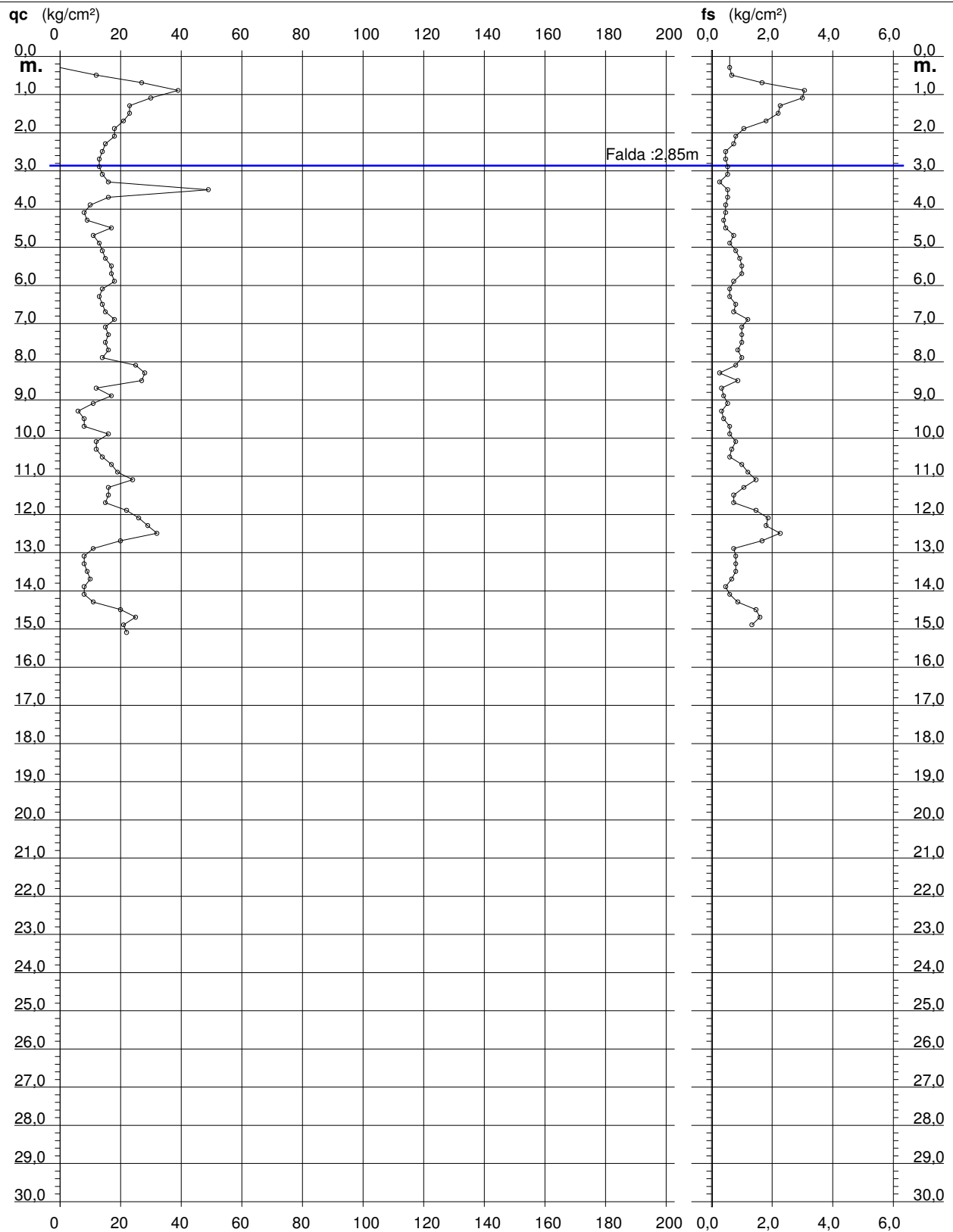
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 8

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,85 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



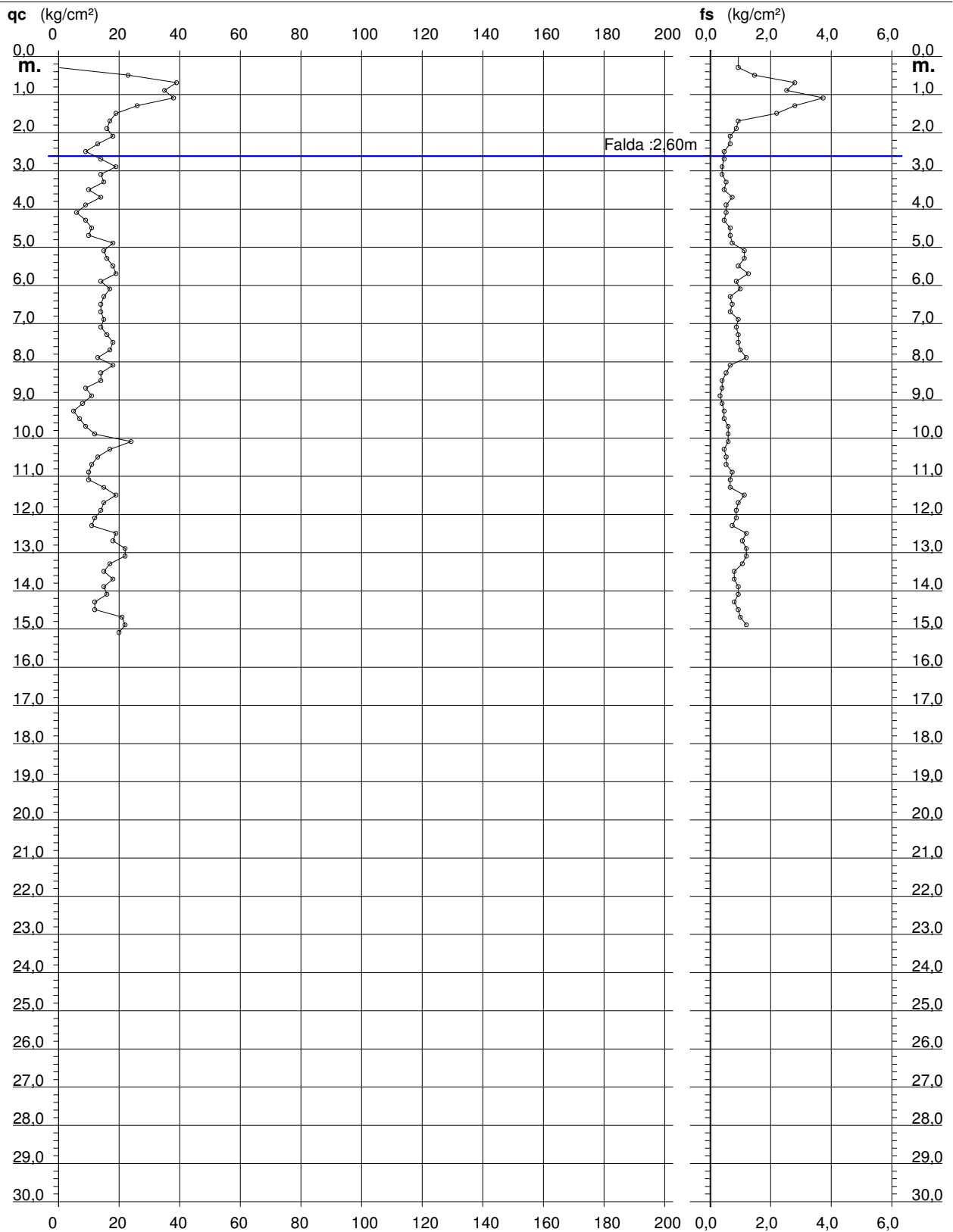
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 9

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



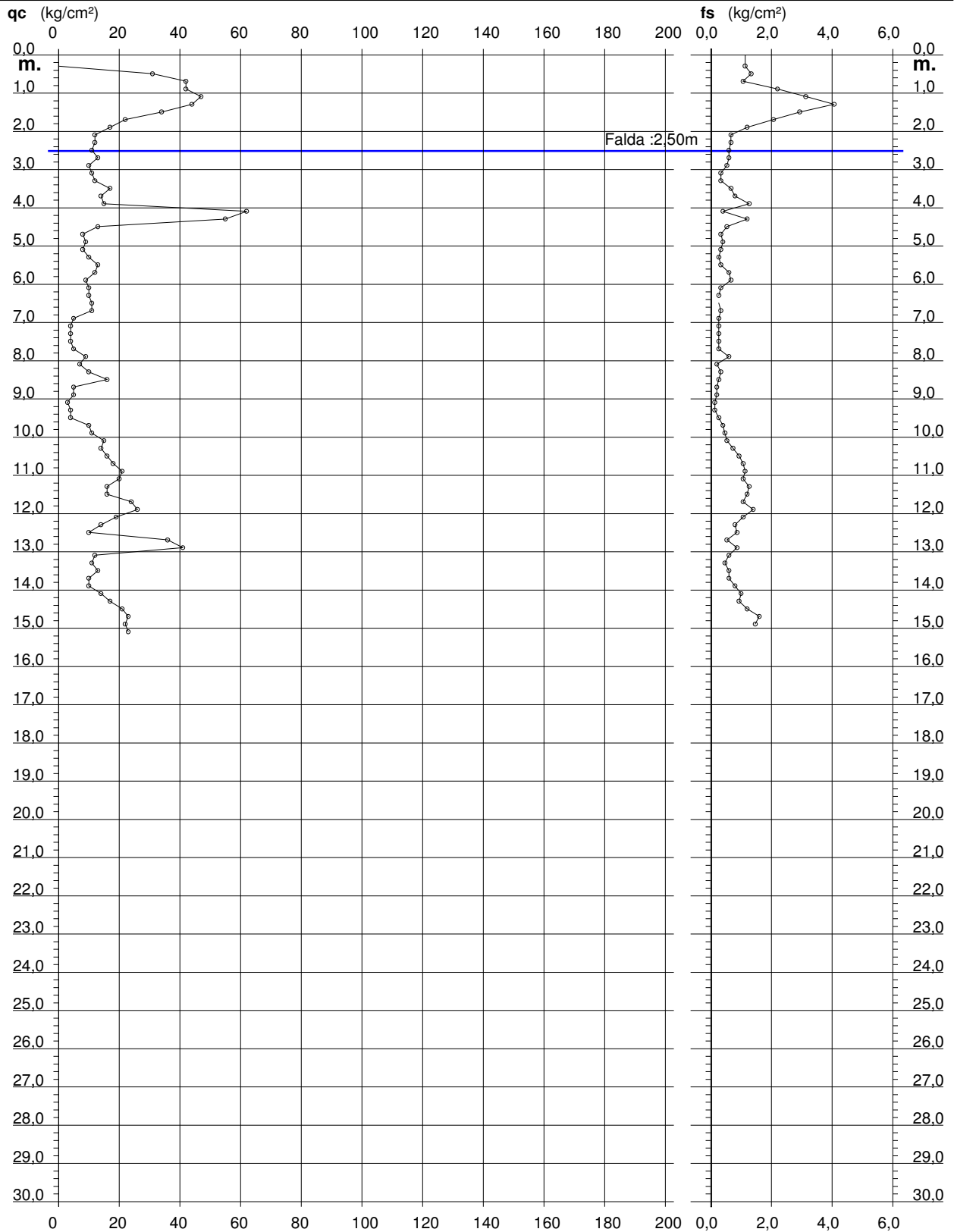
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 10

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



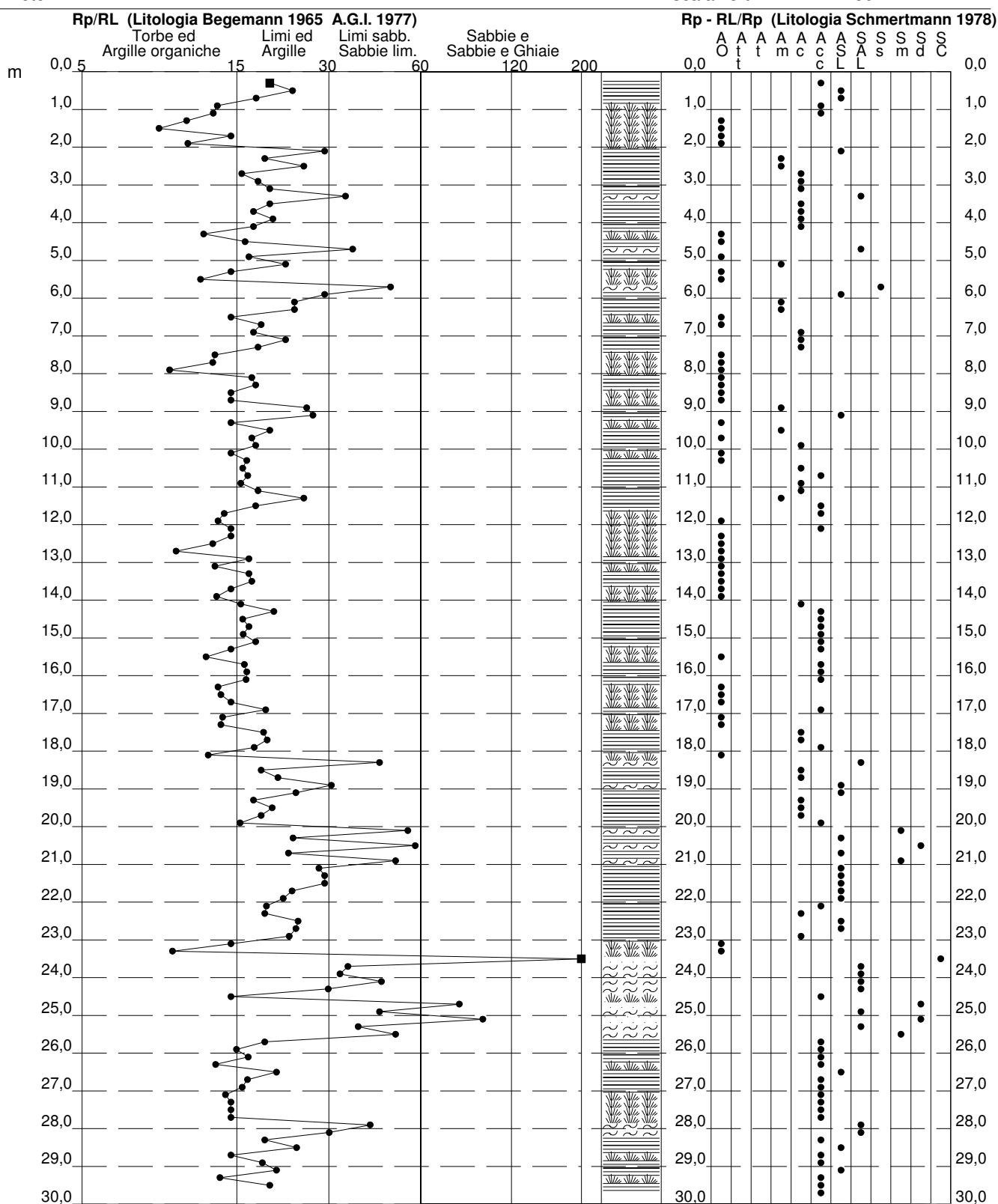
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 7

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,55 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



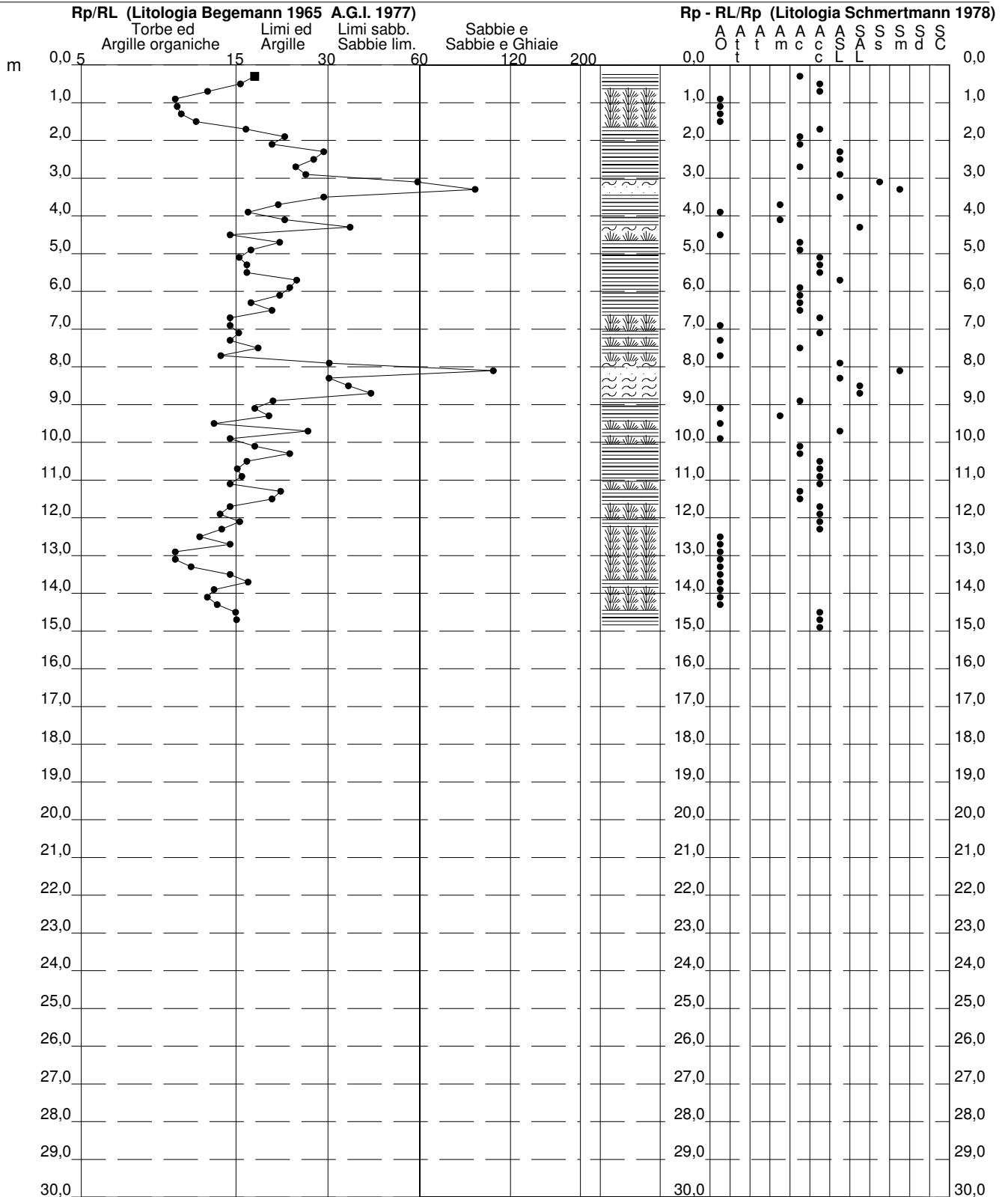
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 8

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
- lavoro :
- località : Pisignano (RA)
- note :

- data : 13/10/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,85 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150

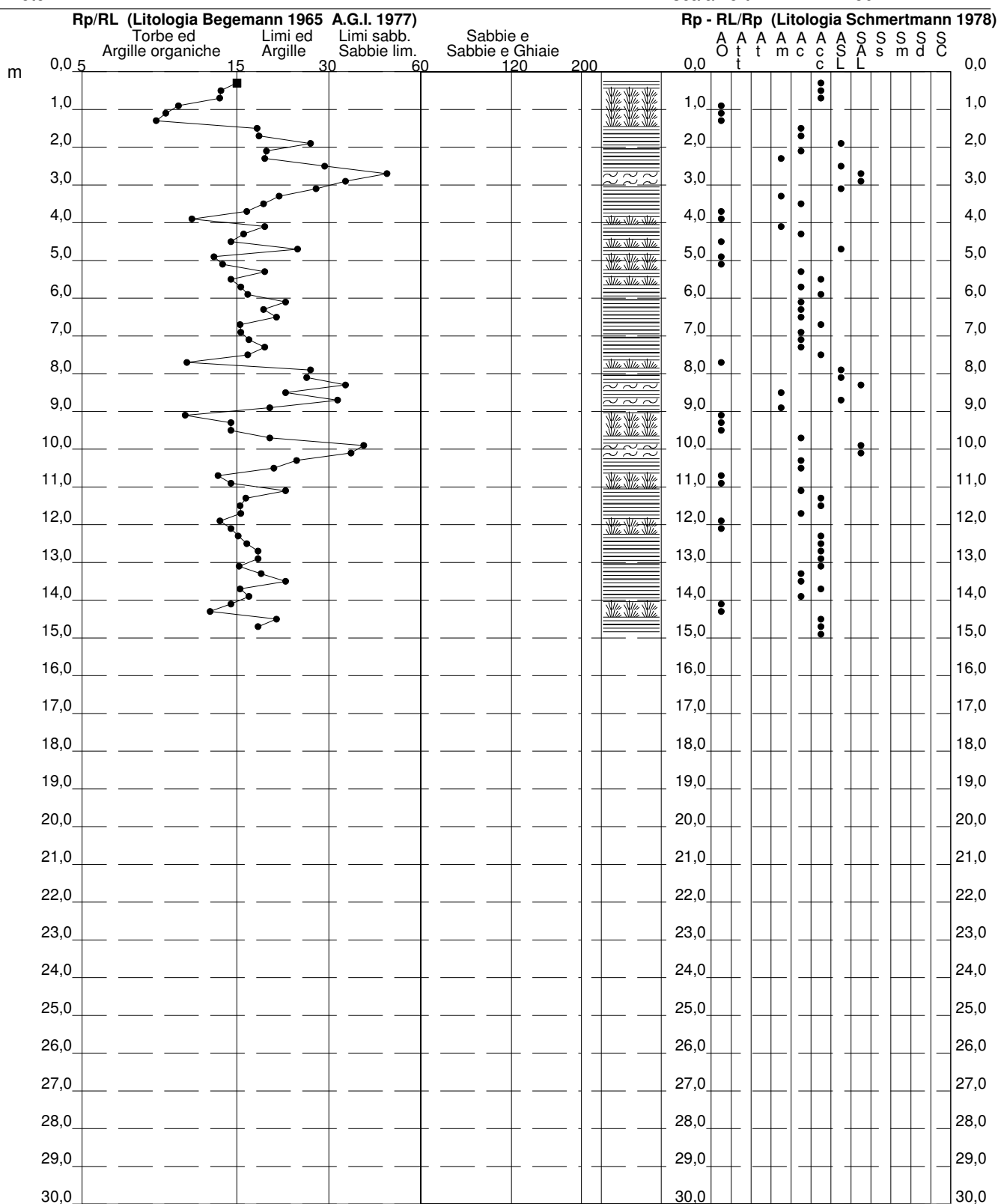


PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
 - lavoro :
 - località : Pisignano (RA)
 - note :

- data : 13/10/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,60 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 150

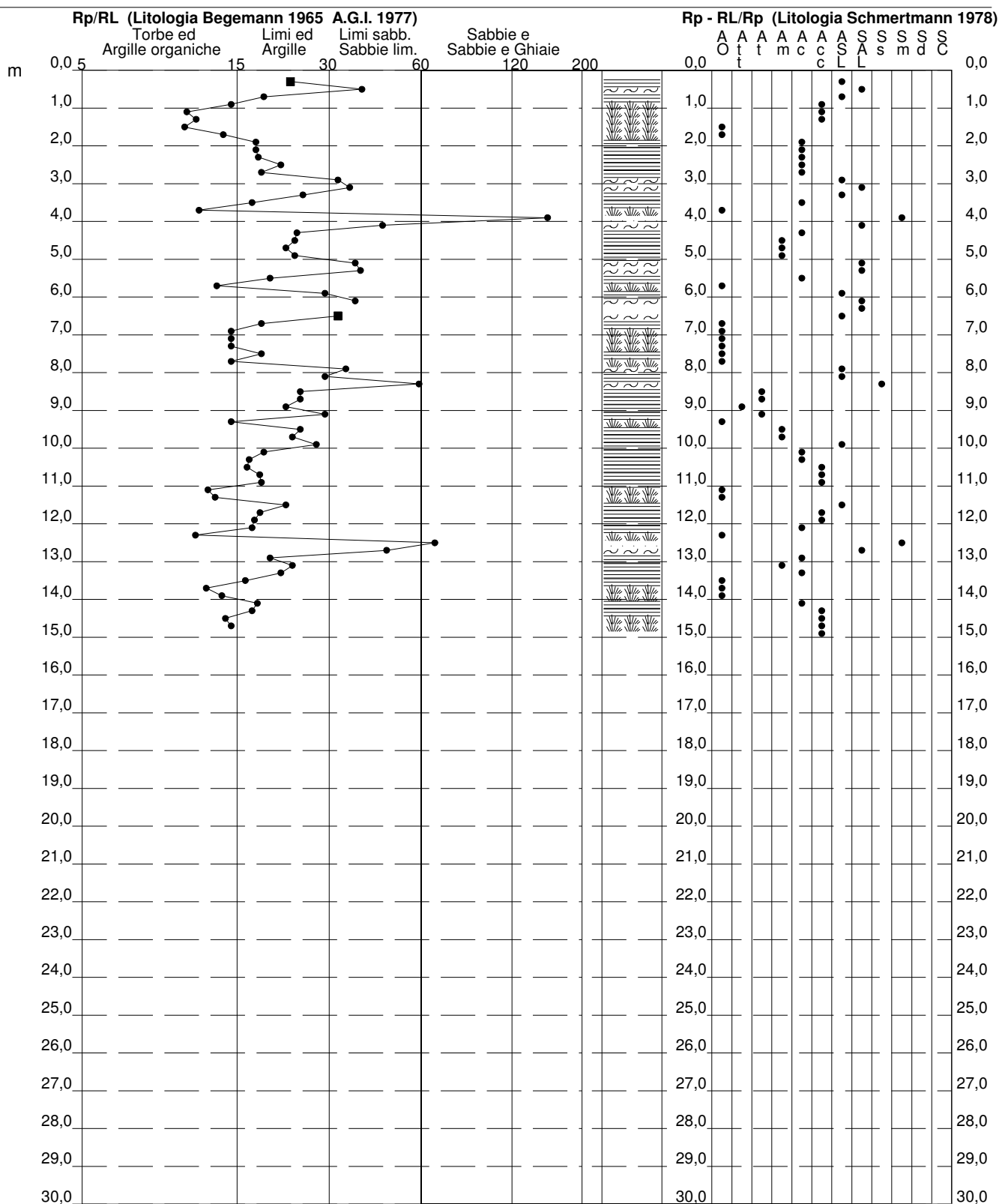


PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

2.01PG05-049

- committente : Geol. P. Mingolini
 - lavoro :
 - località : Pisignano (RA)
 - note :

- data : 13/10/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,50 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 150



PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI CERVIA

Località PISIGNANO

COMMITTENTE:

Dott. Geol. Paola Mingolini
via Galileo Galilei, 27 - 48100 Ravenna

PROGETTO:

Indagine MASW per la valutazione del
parametro Vs30
DM 14/01/2008

RELAZIONE GEOFISICA

dott. geol. Paolo Durante
Ordine dei Geologi della
Regione Abruzzo n.511



dott. geol. Giulio Dal Forno
Ordine dei Geologi della Regione
Emilia Romagna n.1294



Envia Studio Associato di Geologia e Geofisica
di Durante, Dal Forno e Rispoli
via F. Enriques 8/a - 40139 Bologna
www.envia.it

Data:5/07/2010

Rif. Commessa:C98-2010

Ed.: Finale

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI - Questo documento è di proprietà esclusiva di ENVIA Studio Associato, non può essere copiato, riprodotto o divulgato ad altri senza autorizzazione

INDICE

1.	Premessa.....	2
2.	Normativa di riferimento.....	2
3.	Il metodo MASW.....	4
4.	Risultati dell'indagine MASW	5
5.	Bibliografia	7

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1- Documentazione fotografica

Allegato 2- Sismogrammi

Allegato 3- Curve di dispersione apparente

Allegato 4- Velocità onde S in funzione della profondità



1. Premessa

Su richiesta del Dott. Geol. Paola Mingolini, è stata effettuata un'indagine sismica di tipo MASW presso un'area sita in località Pisignano nel Comune di Cervia (RA), al fine di valutare il parametro V_{s30} caratteristico dell'area, ovvero la media pesata delle velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità dal piano campagna, come prescritto dall'art. 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

Di seguito verrà brevemente illustrato il parametro indagato, il metodo di acquisizione dei dati e l'elaborazione degli stessi; verranno poi discussi i risultati ottenuti, attribuendo quindi al suolo in questione una classe di appartenenza secondo il D.M. 14/01/2008.

2. Normativa di riferimento

Il D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" prevede che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (cfr. tabella 1-2). Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 metri di profondità dal piano fondale. La stima della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, il sito può essere classificato sulla base dei valori di N_{SPT} o della C_u . Le tabelle sotto riportate, oltre a una breve descrizione delle classi di sottosuolo, indicano gli intervalli dei tre parametri che individuano ciascuna di esse.

	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V_{s30} (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$C_{u,30}$ (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di</i>	360-800	> 50	> 250



	Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)			
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	180–360	15-50	70–250
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 Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	< 180	< 15	< 70
E	Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800m/s)			

Tabella 1 – Classificazione dei suoli secondo il D.M. 14 gennaio 2008 “Testo Unico, Norme Tecniche per le Costruzioni” (3.2II).

	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$C_{u,30}$ (kPa)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10-20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o di qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tabella 2 – Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tabella 3.2III D.M. 14 gennaio 2008 “Testo Unico, Norme Tecniche per le Costruzioni”).

Il valore del parametro Vs30, secondo la normativa, è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n h_i / v_i} \text{ m/s}$$

Dove h_i e v_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di n strati presenti nei 30 metri al di sotto del piano fondale.

3. Il metodo MASW

Per mezzo della tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*, Park et al., 1999), e quindi dello studio delle onde superficiali che comunemente dominano una porzione considerevole dei sismogrammi nelle indagini sismiche (sia per ampiezza relativa che per durata del segnale), è possibile ottenere delle stime del profilo di velocità delle onde S.

Le onde superficiali sono onde sismiche che si propagano parallelamente alla superficie del terreno, la cui ampiezza diminuisce esponenzialmente con la profondità e la cui energia si propaga in una fascia superficiale corrispondente a circa una lunghezza d'onda λ . In un mezzo reale, caratterizzato da proprietà meccaniche variabili con la profondità, le onde superficiali, in funzione di λ , penetrano strati con diverse caratteristiche e quindi la loro propagazione ne risulta influenzata in termini di velocità e tempi di arrivo: onde con λ differente si propagano a velocità di fase c_f differente e pertanto si separano lungo il loro tragitto. Tale fenomeno è noto come dispersione.

L'idea su cui si fonda il metodo MASW, come altre metodologie che analizzano le onde superficiali, è quella di utilizzare il fenomeno della dispersione per derivare informazioni indirette sulle proprietà fisiche e reologiche del terreno, tra cui la densità, i parametri elastici e le velocità delle onde di taglio. A partire dall'intero campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale *velocità di fase – frequenza* ($c_f - f$), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Tale curva si può ottenere seguendo differenti metodologie di elaborazione del campo d'onda; nel presente studio è applicata un procedimento che prevede una trasformata *tempo di ritardo – slowness* ($\tau - p$) e una trasformata di Fourier dal dominio τ a quello della frequenza. Il risultato è una nuova rappresentazione del campo d'onda dal dominio spazio-tempo a quello frequenza-slowness o frequenza-velocità di fase (la *slowness* è infatti il reciproco della velocità). Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza-velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale.



In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Un miglioramento nell'interpretazione degli spettri può essere ottenuto dalla comparazione tra spettro osservato e, in sovrapposizione, le curve di dispersione teoriche per i diversi modi di un modello ritenuto plausibile per l'area in esame (Dal Moro, 2008). Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale risulta predominante a tutte le frequenze. Tuttavia esistono diverse stratigrafie, con strati rigidi compresi tra strati soffici o strati soffici compresi tra strati rigidi o con variazioni brusche di rigidità con la profondità, in cui i modi superiori al primo diventano predominanti in certi intervalli di frequenza (Roma, 2006). Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Nell'elaborazione dei dati acquisiti nella campagna di indagine di cui all'oggetto della presente relazione si sono utilizzati due differenti programmi di inversione - SWAMI del *Georgia Institute of Technology* e WaveEq della *Geometrics* - allo scopo di non fornire una stima univoca, ma di effettuare un confronto tra diverse procedure di calcolo.

4. Risultati dell'indagine MASW

Allo scopo di ottenere i dati necessari al calcolo del parametro V_{s30} è stato utilizzato un sismografo "Echo 24/2002" a 24 canali prodotto da Ambrogeo (Piacenza) connesso a 24 geofoni verticali con frequenza propria pari a 4,5 Hz, interspaziati tra loro di 3 m per un totale di 69 m (vedi documentazione fotografica in allegato 1). I dati sono stati acquisiti e salvati da un PC portatile alimentato a batteria.

La sorgente sismica utilizzata è una mazza battente di 8 kg, posta ad una distanza di 1 m dal geofono 1. I sismogrammi registrati da ognuno dei geofoni sono riportati in allegato 2. Lo spettro frequenza-velocità di fase e la curva di dispersione ottenuta dalla procedura di elaborazione sono riportati in allegato 3; sono sovrimposti allo spettro il *picking* del modo fondamentale (crocette nere), le curve di dispersione sintetiche del modo fondamentale (linea continua in magenta) e dei modi superiori (linee tratteggiate in nero) per il modello statisticamente migliore ottenuto dall'inversione.



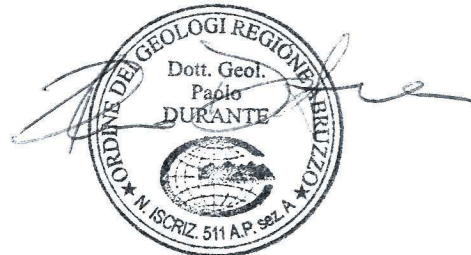
Come si evince dal profilo delle velocità riportato in allegato 4, il **valore del parametro Vs30** è stato stimato pari a **199.5±4.8 m/s** con il programma WaveEq e **198.01±2.8 m/s** con il programma SWAMI. Ai sensi dell'art. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008, il sottosuolo in oggetto può essere classificato come di **categoria C**, unicamente sulla base del parametro Vs30. Il progettista, definite le condizioni specifiche del sito e delle strutture, dovrà valutare se approfondire l'indagine per la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica mediante studi specifici sulla risposta sismica locale, come indicato all'art. 7.11.3 del D.M. 14/01/2008.

Bologna, 5 luglio 2010

Dott. Geol. Giulio Dal Forno



Dott. Geol. Paolo Durante



5. Bibliografia

Dal Moro, G., 2008 – *Tre divagazioni: il mito dell'inversione, MASW in Friuli, esempio di studio congiunto MASW-rifrazione* - Giornata di studio sul "Monitoraggio dinamico per la valutazione della sicurezza sismica dei ponti", Centro Internazionale di Scienze Meccaniche (CISM), Udine, 18 aprile 2008.

PARK, C.B., MILLER, R.D., and XIA J., 1999- *Multichannel Analysis of surface waves* - *Geophysics*, 64, 800-808.

ROMA, V., 2006 – *Caratterizzazione sismica dei suoli con Il metodo MASW (Multichannel Analysis of surface waves)*- http://www.masw.it/downloads/Opuscolo_MASW_22_Gen_2007.pdf.



Allegato 1 – Documentazione fotografica

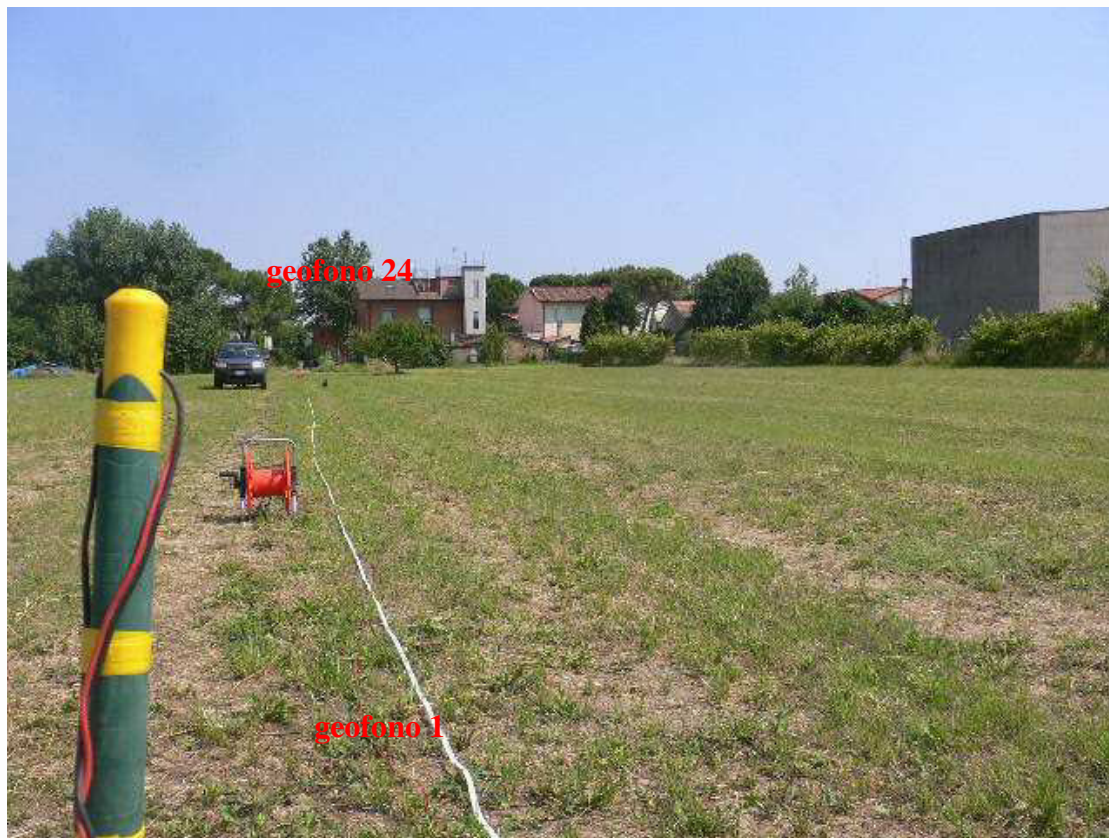
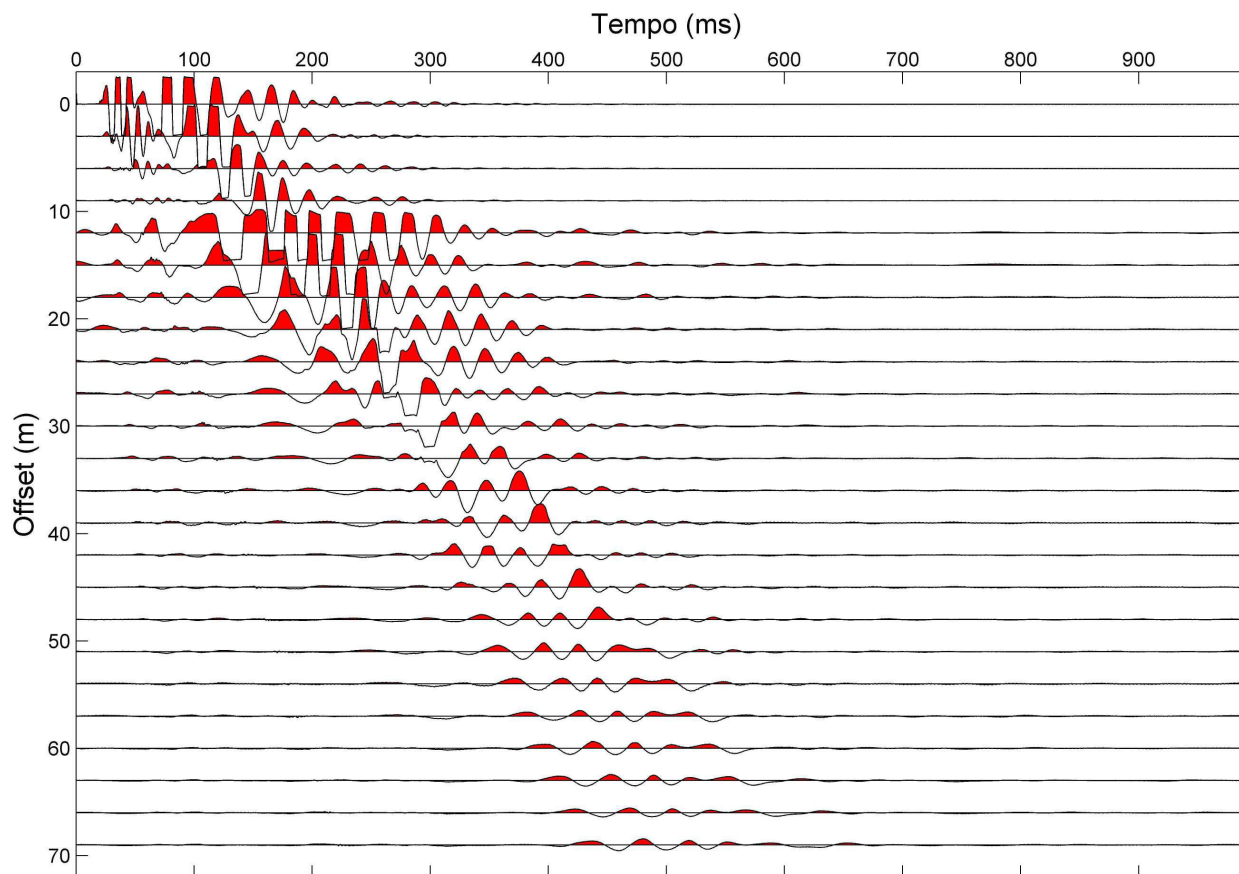


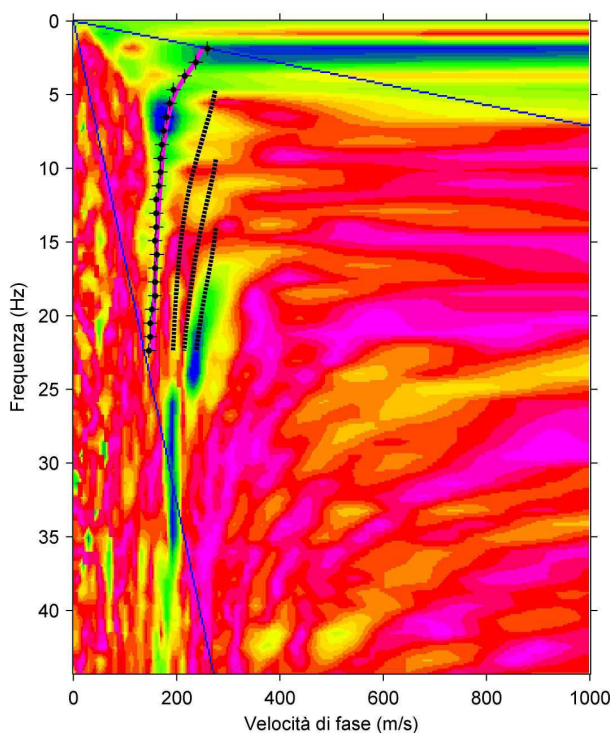
Foto 1 – Profilo sismico

Allegato 2 - Sismogrammi



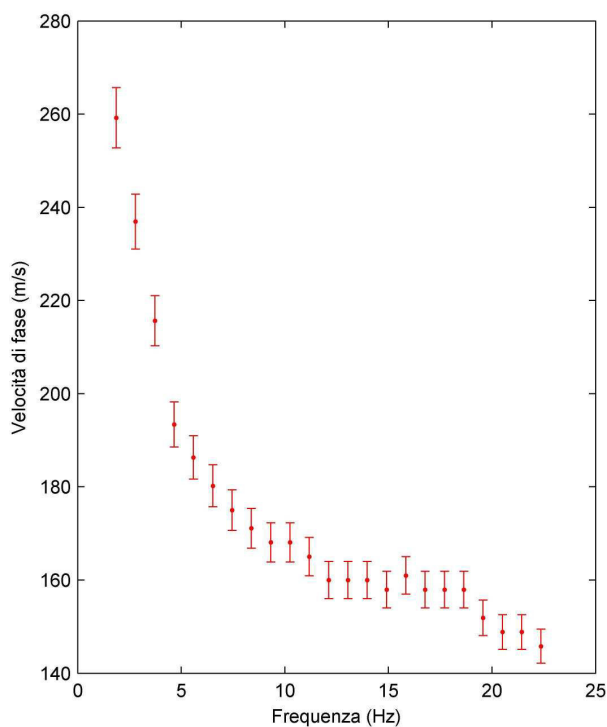
Sismogrammi acquisiti dai 24 geofoni durante l'indagine. La sorgente è posta ad una distanza di 7 m dal geofono 1.
La spaziatura tra i geofoni è di 3 m.

Allegato 3 – Curve di dispersione apparente

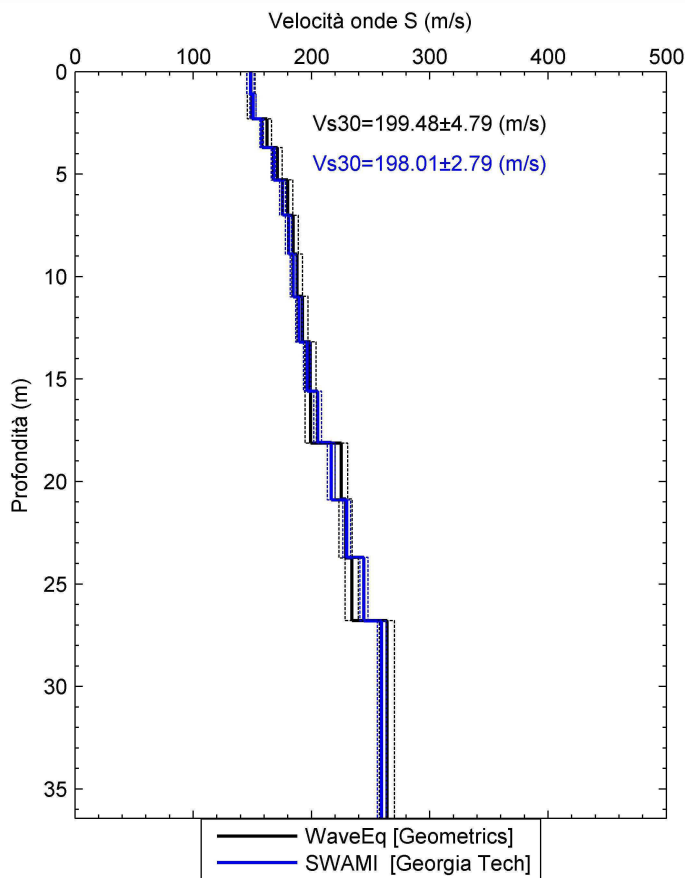


in alto: Spettro frequenza-velocità di fase dei dati acquisiti durante l'indagine. Sovrimposti allo spettro sono il picking del modo fondamentale (crocette nere) e le curve di dispersione sintetiche del modo fondamentale (linea continua in magenta) e dei modi superiori (linee tratteggiate in nero).

in basso: Curva di dispersione apparente delle onde superficiali: rappresenta la velocità di fase associata ai massimi di densità spettrale per ogni frequenza delle onde superficiali.



Allegato 4 – Velocità onde S in funzione della profondità



Andamento della velocità delle onde S in funzione della profondità da Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). In nero sono riportati i valori ottenuti con il programma WaveEq (Geometrics) comprensivi della deviazione standard (tratteggio in nero). In blu sono invece rappresentati i valori derivati con il programma SWAMI (Georgia Institute of Technology) e le relative deviazione standard (tratteggio in blu).

Valori di velocità delle onde S alle diverse profondità. La prima colonna riporta la profondità del tetto dello strato considerato e la seconda quella del letto. La terza e la quarta contengono velocità e deviazione standard ottenute utilizzando WaveEq. Nella quinta e nella sesta colonna quelle stimate attraverso SWAMI.

Prof. Tetto (m)	Prof. Letto (m)	Vs WaveEq (m/s)	DvSt WaveEq (m/s)	Vs SWAMI (m/s)	DvSt SWAMI (m/s)
0.0	1.1	148.9	3.6	148.4	3.0
1.1	2.3	149.5	3.6	150.6	2.6
2.3	3.7	162.4	3.9	158.0	1.5
3.7	5.3	171.2	4.1	167.8	1.8
5.3	7.0	179.8	4.3	175.6	2.5
7.0	8.9	184.5	4.4	180.6	2.5
8.9	11.0	187.8	4.5	184.6	2.5
11.0	13.2	192.4	4.6	189.4	2.7
13.2	15.6	199.0	4.8	196.2	3.0
15.6	18.1	199.3	4.8	205.3	3.3
18.1	20.9	225.3	5.4	216.7	3.3
20.9	23.7	228.9	5.5	229.9	3.3
23.7	26.8	234.1	5.6	244.3	3.4
26.8	36.4	263.8	6.3	259.4	3.8