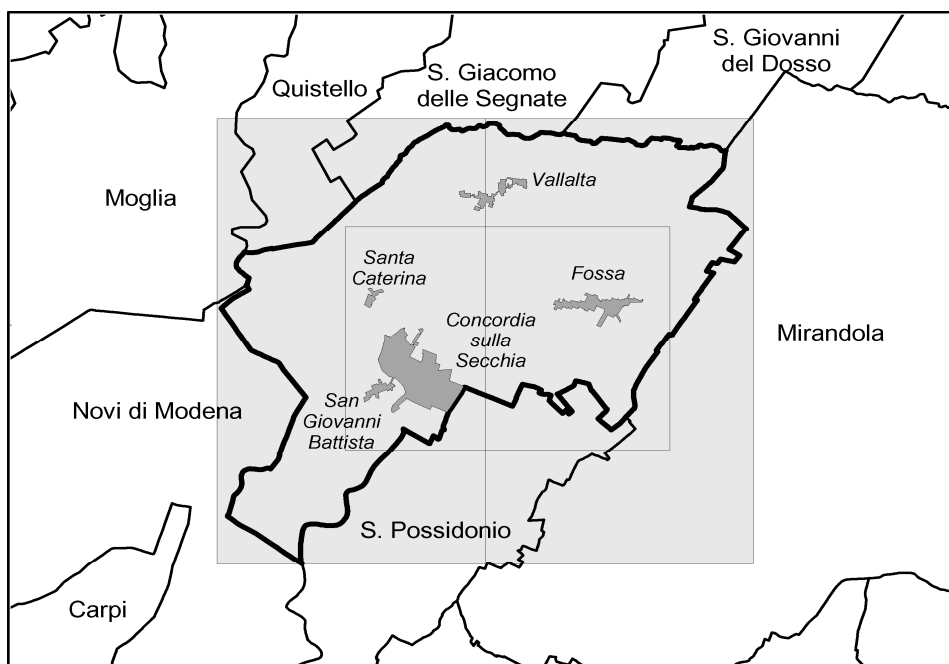




P.S.C.

Piano Strutturale Comunale



RELAZIONE GEOLOGICA INERENTE GLI AMBITI DEL PSC

Progettisti

Arch. MAURIZIO TARANTOLA

Arch. PAOLO SORZIA

Adottato con delibera di CC n. 22 del 31/03/2008

Controdedotto con delibera di CC n. 8 del 03/03/2009

Approvato con delibera di CC n. 23 del 20/04/2009

Aprile 2009

Analisi geologiche ed ambientali

Studio Geologico Ambientale Arkigeo

Dott. Geol. Giorgio Gasparini

Analisi su rumore, traffico e mobilità

Studio A di Santunione Maurizio

Consulenza ed elaborazioni GIS

Quadrante s.r.l.



Il Sindaco
Carlo Marchini

L'Assessore all'Urbanistica
Sergio Puviani

Il Responsabile Area Tecnica
Elisabetta Dotti

PSC

RELAZIONE GEOLOGICA
INERENTE GLI AMBITI DEL PSC

TESTO COORDINATO

con le modifiche apportate alla versione adottata in sede di controdeduzioni

COMUNE DI CONCORDIA SULLA SECCHIA

Piano Strutturale Comunale (PSC)

RELAZIONE GEOLOGICA INERENTE GLI AMBITI DEL PSC

1. PREMESSA

Nel contesto della redazione del Piano Strutturale Comunale si è provveduto alla stesura della presente relazione che descrive l'indagine di approfondimento geologico nelle aree indicate congiuntamente dal progettista e dal Comune, elencate nella Tabella 1 e ubicate come da Figura 1.

Sono state eseguite ricerche bibliografiche e rilevamenti geologico-geomorfologici di dettaglio, nonché prove penetrometriche e rilievi sismici.

Il presente studio è stato condotto facendo riferimento alla normativa vigente e più in particolare a:

- DM 11.3.1988 - *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. Istruzioni per l'applicazione;*
- Norme di attuazione del PTCP - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (comprese le varianti) della Provincia di Modena;

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 (s.m.i.)¹ del 20 marzo 2003 - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica* (Per quanto attiene la classificazione sismica del territorio italiano);
- D.M. 14 settembre 2005-*Norme tecniche per le costruzioni*;
- D.G.R. n. 1677 del 24 ottobre 2005 - *Prime indicazioni applicative in merito al Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 (Pubblicato sul Supplemento Ordinario N. 159 alla Gazzetta Ufficiale N. 222 del 23 Settembre 2005) recante 'Norme Tecniche per le costruzioni'*;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519/2006 - *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*;
- Deliberazione della Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007 – *Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica*.

Il Comune di Concordia è incluso nell'elenco dei comuni sismici classificati in zona 3 dall'Allegato n. 1 alla Ordinanza² del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 (s.m.i) del 20 Marzo 2003.

La presente indagine descrive gli aspetti inerenti la geologia, la geomorfologia, la geotecnica, l'idrogeologia e la stabilità delle aree di pertinenza degli ambiti di PSC e di un loro intorno significativo, tenendo conto delle trasformazioni previste.

Per gli aspetti geologici generali si è fatto riferimento anche agli studi eseguiti per il *Quadro Conoscitivo Preliminare* del PSC.

A livello di indagini geognostiche sono stati eseguiti profili sismici con metodologia MASW (Allegato n. 1) e prove penetrometriche statiche (Allegato n. 2).

¹ Con l'entrata in vigore del DM 24 settembre 2005 l'OPCM 3274/2003 ha cessato di validità con l'esclusione della parte relativa alla classificazione sismica dei Comuni, come esplicitamente chiarito nella DGR 1677/2005.

² Cfr nota precedente.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Concordia sulla Secchia è posto nella bassa Pianura Modenese e si estende per gran parte sulla destra idrografica del Fiume Secchia, che qui scorre in un alveo pensile posto a una quota di circa 10 m più alta rispetto la circostante campagna (Figura 1).

Il territorio comunale ha un'estensione di circa 41,19 km² e confina a N e a NO con la Provincia di Mantova, a O e a SO con il Comune di Novi di Modena, a S e a SE con il Comune di S. Possidonio e a E e a SE con il Comune di Mirandola; le quote sul livello del mare, se si escludono le sommità arginali del fiume Secchia, variano dai 12 ai 20 m, con le più basse che sono localizzate nel settore NE, mentre quelle maggiori in prossimità del Secchia e conseguentemente dell'abitato di Concordia.

In generale l'andamento altimetrico evidenzia strette fasce territoriali, allungate secondo una direzione ovest-est, di quota relativamente più elevata rispetto alle zone circostanti ("dossi"), che degradano verso più ampie aree depresse ("valli") corrispondenti alle aree storicamente soggette a esondazione.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. *Geologia strutturale e stratigrafia*

Il territorio di Concordia è compreso nel settore appenninico della Pianura Padana, uno dei più grandi bacini subsidenti plio-pleistocenici. La copertura sedimentaria continentale pliocenica e olocenica è costituita dalle alluvioni del Po e dei corsi d'acqua appenninici, che in quest'area sono il Secchia e il Crostolo.

Dal punto di vista geologico, la Pianura Padana può essere descritta come un bacino sedimentario caratterizzato dalla presenza di strutture di raccorciamento, sepolte al di sotto della copertura sedimentaria plio-pleistocenica, tra le principali si possono ricordare (Figura 2) le così dette *Pieghe Emiliane* e *Pieghe Ferraresi-Romagnole* (Pieri & Groppi, 1981). Queste ultime attraversano, nel sottosuolo, l'area in studio costituendo il sistema tettonico posto più a nord dell'Appennino Settentrionale.

Si tratta di un sistema di faglie inverse e fronti di accavallamento che formano un fascio arcuato di strutture che si dipartono dapprima in senso SO-NE, a nord di Reggio Emilia, poi virano a O-E da Novi verso Mirandola e il ferrarese (Figura 2). Le *Pieghe Ferraresi-Romagnole* (note in letteratura anche con il termine di *Dorsale Ferrarese*) attraversano il territorio di Concordia a nord del capoluogo, dove la loro presenza determina un innalzamento del substrato sedimentario marino di età pliocenica che è posto ad profondità di poche decine di metri a differenza di altre aree della provincia dove sedimenti della stessa età si rinvenivano a profondità di diverse centinaia di metri (Figura 3).

Se si analizza infatti la struttura del sottosuolo della pianura a nord di Modena secondo una sezione disposta sostanzialmente sud-nord, il substrato marino pliocenico (o più antico) è posto a una profondità che varia all'incirca tra i 400 m di Bomporto e i 50-80 m della zona di Concordia a Mirandola) (Figura 3). La variabilità dello spessore dei depositi continentali pleistocenici è dovuta alla presenza di due importanti da due elementi strutturali descritti in letteratura come sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia e la Dorsale Ferrarese (anticlinale) (Figure 2 e 3). Come già accennato, il sottosuolo della Pianura Padana, se si immagina di togliere idealmente la copertura sedimentaria continentale, non è piatto, ma formato da fasce rilevate arcuate che si delineano grossomodo da ovest verso est alternate a zone depresse. Le aree rilevate corrispondono alle zone di culminazione di fronti di

accavallamento sepolti (anticlinali di rampa), mentre le aree depresse corrispondono invece alla porzione retrostante gli accavallamenti medesimi (o se si vuole alla fascia compresa tra due fronti di accavallamento).



Figura 2 - Assetto geologico-strutturale della Pianura Padana (Pieri & Groppi, 1981; estratto con modifiche da Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

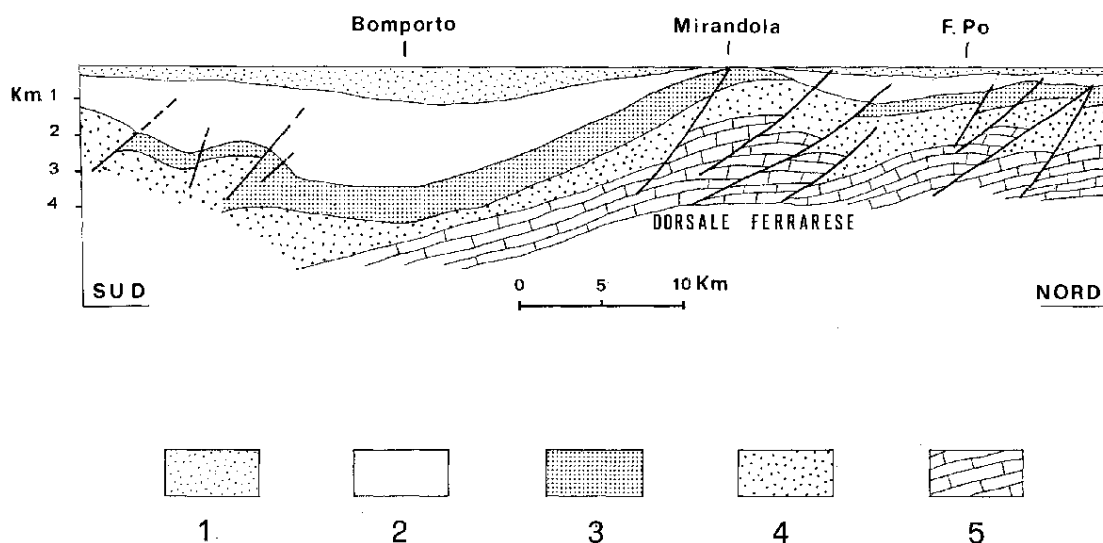


Figura 3 - Sezione geologica schematica della bassa pianura modenese (estratto da Gasperi G. e Pellegrini M., 1981).
LEGENDA: 1) depositi alluvionali, 2) sedimenti marini del Pliocene superiore e Quaternario, 3) sedimenti marini del Pliocene inferiore, 4) sedimenti marini del Paleogene-Miocene, 5) formazioni calcaree marine del Mesozoico.

Le grandi strutture geologiche appena descritte non sono visibili in superficie in quanto ricoperte dai depositi continentali pleistocenici e attuali, la cui sedimentazione, seppure condizionata dall'attività sismogenetica e tettonica delle medesime strutture, ha comportato l'appiattimento delle forme colmando le

depressioni fino ad arrivare a ricoprire anche le culminazioni³. Per tale motivo in affioramento e nel sottosuolo per almeno alcune decine di metri sono presenti esclusivamente depositi alluvionali rilasciati nel tempo dal fiume Po e dai suoi affluenti.

Nel territorio comunale di Concordia si individuano in superficie tre tipologie principali di depositi alluvionali così descrivibili (Regione Emilia-Romagna, 1999) (Figura 4):

- a) sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositati di canale e argine proximale;
- b) limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositati di argine distale;
- c) argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concrezioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.

Le prime due tipologie sono presenti principalmente nelle zone rilevate (dossi di pianura), mentre la terza costituisce il primo substrato delle aree depresse poste alle quote inferiori.

Più in particolare la prima tipologia (terreni prevalentemente sabbiosi) la si rinviene principalmente nel settore centrale e sudorientale del territorio comunale, nei pressi del dosso percorso dalla Strada Provinciale delle Valli e sul quale sorge l'abitato di Fossa e al di sopra del dosso sul quale sorgono gli abitati di Vallalta e Ghetto e Via Rocca, Via Cò de Belli e parte di Via Trinca (in successione) (Figura 4).

Dette coperture sedimentarie superficiali presentano spessori variabili da pochi metri a poco più di una decina e sono interpretabili come depositi alluvionali del F. Secchia e del Torrente Crostolo⁴; esse ricoprono in discordanza i più continui depositi sabbioso-limosi attribuibili al F. Po, di età più antica.

³ In pratica la velocità di apporto e deposizione dei sedimenti è stata più alta della velocità di sollevamento relativo delle strutture tettoniche sepolte.

⁴ L'attribuzione al Crostolo dei depositi sedimentari di alcune porzioni del territorio comunale è dubbia.

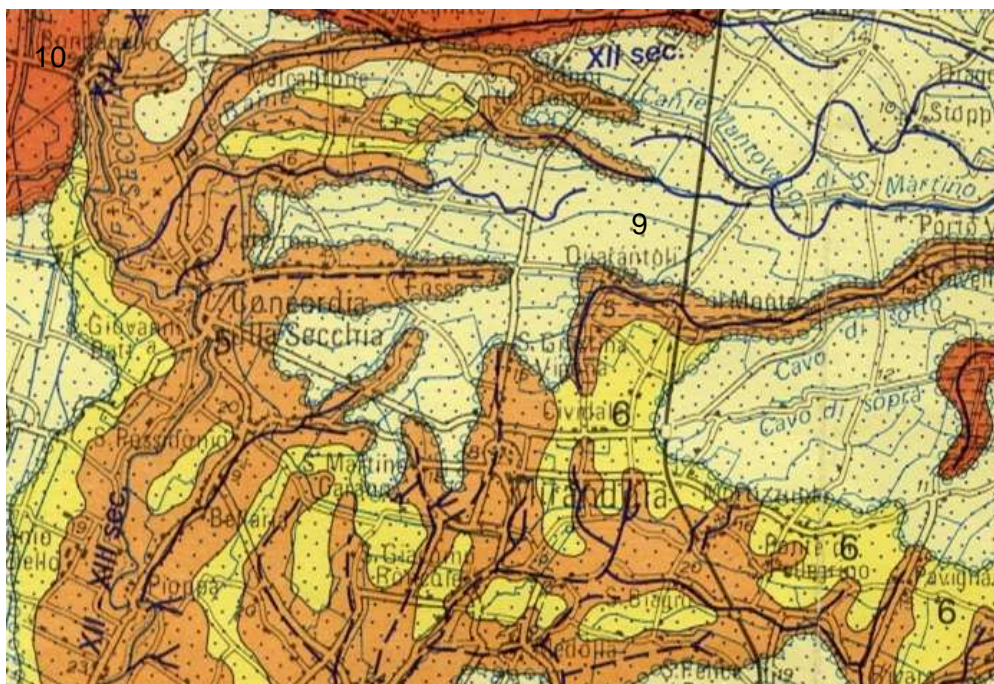


Figura 4 - Estratto da Carta Geologica di pianura dell'Emilia-Romagna, Edizione 1999 (Scala originale 1:250.000, ingrandimento 150% dell'originale. LEGENDA: 5-a) Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale; 6-Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale; 9- c) Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concrezioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude; 10-Sabbie medie e grossolane, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri.

3.2. Geomorfologia

Gli agenti morfogenetici più attivi, attualmente e nel recente passato storico, in questo settore della Pianura Modenese sono i corsi d'acqua e l'uomo (Pellegrini, 1969; 1990; Fazzini et al., 1976; Castaldini et al., 1979; Cremaschi et al., 1980; Cremonini, 1985; Gasperi & Pellegrini, 1981; Gasperi et al., 1989; AA.VV., 1993; 1997; ecc.).

In linea generale il paesaggio del territorio di Concordia è pressoché pianeggiante con dislivelli generalmente poco accentuati se si esclude l'alveo del F. Secchia che scorre pensile ad una quota di circa 10 m più alta rispetto la campagna circostante.

Come già descritto in precedenza, attraverso l'analisi del microrilievo e della litologia superficiale è comunque possibile distinguere fasce strette, allungate in direzione O-E, relativamente più rilevate (dossi) alternate a fasce più ampie e depresse denominate localmente come "valli".

Tale andamento generale delle forme del paesaggio si interrompe bruscamente contro il Fiume Secchia, nella zona occidentale del territorio comunale, che come già descritto scorre verso nord all'interno di un alveo pensile decisamente rilevato rispetto la campagna circostante.

Di fatto l'alveo pensile del Secchia rappresenta l'elemento morfologico più evidente e rilevante di tutta la bassa pianura modenese occidentale.

3.3. Idrogeologia

L'area in esame si colloca nella bassa pianura modenese; questo settore è caratterizzato dalla presenza nel sottosuolo dei depositi alluvionali limo-sabbiosi del F. Po (Gasperi G. et al., 1981), ricoperti in superficie da alcuni metri di depositi più fini (dalle sabbie dei dossi fino alle argille delle valli) attribuibili al Secchia o ad altri corsi d'acqua minori, nonché, in taluni casi, a depositi di palude.

Le alluvioni sabbiose del PO sono spesso sature e ospitano le falde idriche più produttive presenti in area. Si tratta di falde confinate, semiconfinate o spesso freatiche, essendo in continuità con la falda idrica superficiale, formate tuttavia quasi sempre di acque di scarsa qualità, non adatte ai consumi umani e che spesso presentano caratteristiche idrochimiche poco adeguate anche per l'agricoltura e/o gli usi industriali.

Anche i depositi superficiali, che ricoprono le alluvioni del Po, sono saturi e ospitano una falda freatica alimentata principalmente dalle infiltrazioni superficiali e dai canali di bonifica. Anche queste acque sono di scarsa qualità e non sono utilizzabili per scopi alimentari. I valori di soggiacenza della falda freatica sono generalmente modesti (dell'ordine di 1-3 m dal p.c.) e variano con l'andamento delle stagioni.

3.4. Sismicità e pericolosità sismica

In seguito all'entrata in vigore (23 ottobre 2005) del D.M. 14 settembre 2005 (*Norme tecniche per le costruzioni*) la Regione Emilia-Romagna ha emanato la D.G.R. n. 1677 del 24 ottobre 2005 (*Prime indicazioni applicative [...]*) che prevede, tra le altre cose, quanto segue:

- per effetto dell'entrata in vigore del Decreto ministeriale cessa di avere efficacia (fatti salvi i profili indicati successivamente) la normativa tecnica dettata [...] dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003 [...];

- [...] si deve ritenere che a decorrere dal 23 ottobre 2005 continui a trovare applicazione la classificazione sismica di tutti i Comuni della Regione, stabilita, in via di prima applicazione, ai sensi del punto 3. dell'Allegato 1 dell'Ordinanza n. 3274/2003;
- anche per la normativa tecnica prevista dal Decreto ministeriale è stabilita una fase di prima applicazione, della durata di 18 mesi* a decorrere dal 23 ottobre 2005. Per tale periodo è data la facoltà agli interessati di applicare, in alternativa, o la normativa tecnica prevista dal Decreto ministeriale, ovvero la normativa precedente sulla medesima materia di cui alla legge n. 1086/1971 e alla legge n. 64/1974** e ai relativi decreti di attuazione. Si osserva che [...] il soggetto interessato [...] potrà soltanto scegliere quale normativa tecnica applicare, sempre avendo riguardo alla nuova classificazione sismica del Comune.

* La legge 26 febbraio 2007 n. 17 proroga al 31.12.2007 la scadenza del periodo transitorio di 18 mesi per l'applicazione, in alternativa, delle norme tecniche previgenti ovvero delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" allegate al D.M. 14.19.2005.

** [...] In attuazione dell'art. 3 della legge n. 64/1974 è stato emanato quale ultimo aggiornamento di normativa tecnica il D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 5 febbraio 1996, n. 29 supplemento).

- [...] confermando [...] un precedente indirizzo già assunto con altra delibera della Giunta regionale n. 2329/2004, per l'utilizzo del D.M. 16 gennaio 1996 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche vanno considerate le specifiche di "sismicità media" (S = 9) per i Comuni in "zona 2" e di "sismicità bassa" (S = 6) per i Comuni sia in "zona 3" che in "zona 4".

Ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza n. 3274/2003 il Comune di Concordia è classificato sismico di 3^a categoria.

Dal punto di vista della sismicità (pericolosità regionale) il territorio Comunale si colloca, come già accennato in precedenza, in corrispondenza della così detta *Dorsale Ferrarese*, struttura geologica sepolta, sismogenetica, responsabile dei movimenti tellurici che si registrano nell'area compresa tra Correggio, in Provincia di Reggio Emilia, e Ferrara. Si tratta di terremoti generalmente di intensità media o bassa, sebbene meno di frequente si siano avute, anche in un recente passato(1996), sequenze sismiche con episodi che hanno raggiunto e superato la magnitudo 5.

La Provincia di Modena con Del. di G. P. n. 68 del 27 febbraio 2007 ha approvato, nell'ambito della definizione del Quadro Conoscitivo Preliminare per la Variante Generale al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, la cartografia relativa alle *Aree Potenzialmente Soggette ad effetti locali per eventi sismici* Figura 5. Tale cartografia descrive le aree (e le motivazioni per le quali) dove in caso di

evento sismico ci si attendono effetti locali di amplificazione o instabilità maggiori rispetto a quelli attesi in un sito di riferimento pianeggiante e con substrato rigido che venisse colpito dallo stesso terremoto preso in considerazione.

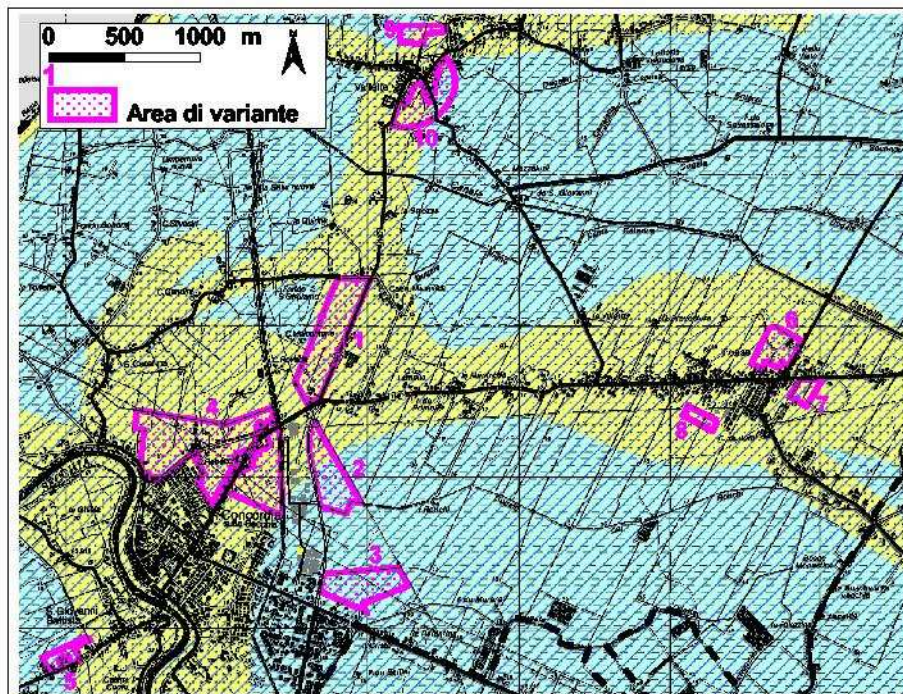


Figura 5 - Estratto dalla Tavola 8a.2 (*Aree Potenzialmente Soggette ad effetti locali per eventi sismici*) approvata dalla Provincia di Modena con Del. di G.P. n. 68 del 27 febbraio 2007. Per la Legenda cfr. Figura 6. Sono stati individuati gli ambiti previsti dal PSC.

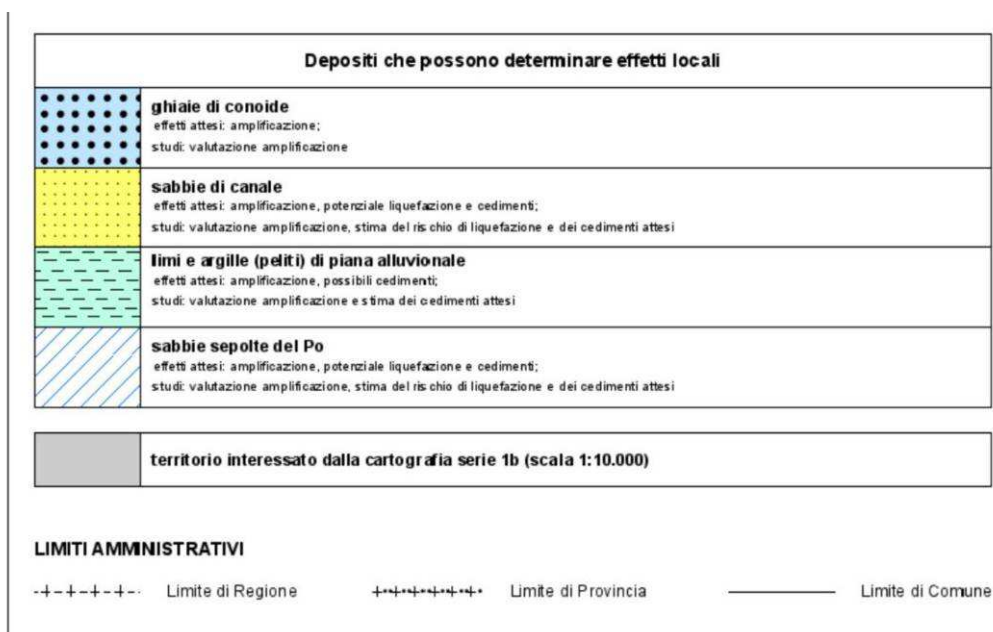


Figura 6 - Legenda della Carta di cui alla Figura 5 (stessa fonte).

Come si evince dalla Figura 5, tutto il territorio comunale è caratterizzato da condizioni che potrebbero determinare effetti sismici locali, per gran parte correlati con la presenza di sedimenti sabbiosi (del Po e, sui dossi di pianura, del Secchia) sotto falda e che pertanto potrebbero essere suscettibili di fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche⁵.

Come richiesto dalla Delibera n. 112 dell'Assemblea legislativa regionale del 2 maggio 2007 si è provveduto ad ulteriori approfondimenti relativi alla carta provinciale delle *Aree Potenzialmente Soggette ad effetti locali per eventi sismici* basando l'approfondimento sui dati geognostici disponibili da archivio (prove penetrometriche dal PRG vigente) e appositamente realizzati per il presente studio (prove penetrometriche e stendi menti sismici). Il risultato degli approfondimenti conferma i contenuti e le perimetrazioni della carta provinciale, come cartograficamente evidenziato nella tavola n. 4 di P.S.C..

Avendo l'approfondimento confermato i contenuti della carta provinciale si è proceduto pertanto, in via preliminare, a una valutazione della pericolosità da liquefazione attraverso l'applicazione di una metodologia semplificata (AA.VV., 2005) per le aree dei diversi ambiti di PSC laddove i risultati delle indagini geognostiche hanno segnalato la presenza nel primo sottosuolo di terreni sabbioso-limosi sotto falda.

⁵ Occorre ricordare che la sola presenza di terreni sotto falda a composizione sabbioso-limosa, ben classati e contenenti una bassa percentuale di argilla non è condizione sufficiente all'instaurarsi di fenomeni di liquefazione (AA.VV., 2005). In bibliografia si afferma che se il terremoto è di bassa durata, oppure se le accelerazioni massime sono inferiori a 0,1g, è presente una frazione di materiale fine significativa (variabile a seconda del valore dell'Indice di plasticità) , il fenomeno della fluidificazione è molto improbabile (AA.VV., 2005).

4. AREE DI VARIANTE

Vengono qui di seguito analizzati e descritti gli aspetti geologici pertinenti la fattibilità geologica degli interventi pianificatori proposti per gli ambiti di PSC individuati nella Figura 1 ed elencati nella Tabella 1.

Per ciascuna delle aree si è proceduto:

- alla disamina dei dati geognostici disponibili (contenuti in indagini realizzate in occasione di precedenti varianti al PRG);
- all'esecuzione di sopralluoghi diretti;
- all'esecuzione di stendimenti sismici con metodologia MASW (Allegato 1) e di prove penetrometriche (Allegato n. 2);
- all'analisi dei dati e alla formulazione di un giudizio di fattibilità condizionato, quando necessario, a prescrizioni sia relative agli approfondimenti da eseguire nelle fasi successive della progettazione (a livello di POC e/o di PUA o esecutiva) sia relative al suggerimento di adozione/esclusione di eventuali soluzioni tecniche.

Nei capitoli che seguono verranno descritti singolarmente i diversi ambiti, prestando particolare attenzione alle caratteristiche litotecniche e, in generale, al modello geologico del sottosuolo.

Ci si soffermerà invece di meno sugli aspetti morfologici, in quanto, tutte le aree sono subpianeggianti e presentano elementi morfologici poco significativi.

La normativa alla quale si è principalmente fatto riferimento è data da⁶:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| – D.M. 18.03.1988; | – Circ. Reg. 1288 del 11.02.1983; |
| – D.M. 14.09.2005; | – P.T.P.R. e P.T.C.P. vigenti; |
| – Circ. LL.PP. 24.10.1988; | – P.A.I. |
| – L.R. 47/78; | |

⁶ Al momento della redazione della presente relazione non è ancora stato pubblicato il decreto ministeriale con le Norme tecniche per le costruzioni che dovrebbe sostituire il DM 14.9.2005. Il decreto è stato firmato dal *Ministro delle infrastrutture* in data 14 gennaio 2008.

4.1. Ambito di PSC n. 1 - Concordia nord - Malcantone

4.1.1. Generalità

L'ambito n. 1 comprende un'area di campagna posta a nord del Capoluogo (Figura 1), ha una morfologia pianeggiante e un substrato formato dapprima da depositi alluvionali medio-fini poi dalle sabbie del Po (Figure 7 e 8; Tabella 2).



Figura 7 - Ambito di PSC n. 1 (panoramica vista da sud ovest).

L'attuale destinazione d'uso dell'ambito, che è delimitato a nord dal canale di Santa Caterina (Figura 8), è agricola a seminativo prevalente (Figura 7); il PSC prevede l'inserimento di un *Ambito produttivo di nuovo insediamento con attuazione convenzionata o accordata*.

4.1.2. Indagini geognostiche

Per una migliore comprensione delle caratteristiche del primo sottosuolo sono stati eseguiti uno stendimento sismico con metodologia MASW (Allegato n. 1- Stendimento Concor1.dat) e due prove penetrometriche statiche (Allegato n. 2- Prove nn. 1 e 2). Le indagini sono ubicate come da Figura 8.

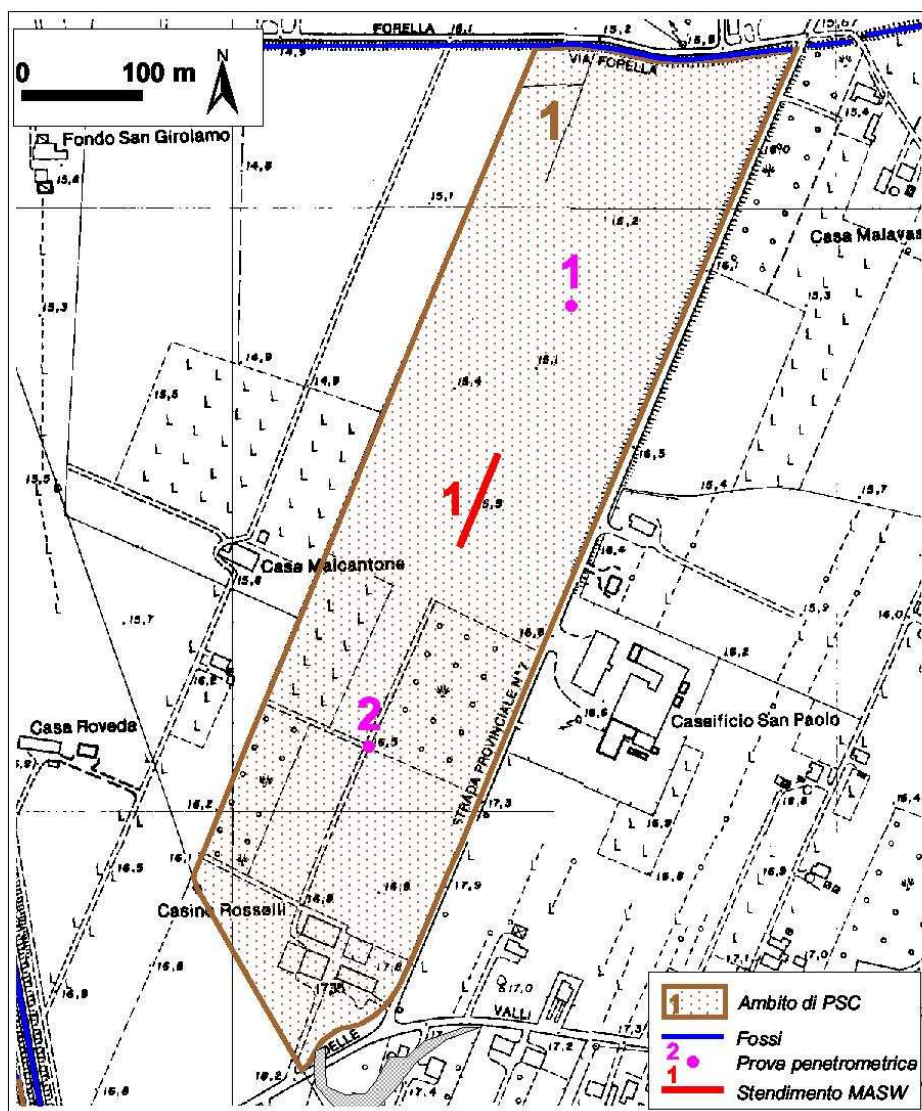


Figura 8 Ambito di PSC n. 1 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

4.1.2.1. Stendimenti MASW

Lo stendimento Concor1.dat (Allegato 1) è stato realizzato nella zona centrale dell'ambito in parola. Il profilo di velocità ricavato attraverso l'elaborazione delle misure indica la presenza di terreni con valori medi di Vs dell'ordine dei 150 m/s fino alla profondità di circa 8,5 m dal p.c., profondità alla quale si ha un leggero aumento dei valori di Vs a circa 200 m/s fino alla profondità di circa 20 m dal p.c. dove si rileva un ulteriore, e più significativo, incremento dei valori di Vs che raggiungono circa i 380 m/s.

Complessivamente il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media

delle onde “s” nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a 237 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.1.2.2. Prove penetrometriche

Nell'Ambito n. 1 sono state eseguite due prove penetrometriche statiche che hanno raggiunto la profondità di 20 m (Allegato n. 2, prove nn. 1 e 2). L'interpretazione dei dati ha portato alla definizione dei modelli geologici (che sostanzialmente si equivalgono) riportati nella Tabella 2.

Prova n. 1

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|----------|-------------|----------|------------|-------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-1,60 | 2,4975 | 1,20816 | 104,4925 | 23,17883 | Limi e argille |
| 2 | 1,60-5,40 | 0,862105 | 0,283717 | 50,59895 | 22,37896 | Limi prevalenti |
| 3 | 5,40-20 | 9,922055 | 4,571473 | 230,73 | 105,2883 | Sabbie prevalenti |

Prova n. 2

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-3 | 1,81 | 0,51 | 94,47 | 17,20 | Limi e argille |
| 2 | 3-4,60 | 0,78 | 0,20 | 67,74 | 11,11 | Limi prevalenti |
| 3 | 4,60-20 | 10,30 | 5,51 | 251,51 | 121,71 | Sabbie prevalenti |

Tabella 2 - Modello geologico interpretato a partire dalle prove penetrometriche nn. 1 e 2, in ordine dall'alto verso il basso.. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Sulla base delle prove penetrometriche nel primo sottosuolo si riconoscono tre strati caratterizzati da valori di resistenza diversi:

- un primo strato superficiale di spessore variabile tra 1,6 e 3 m a resistenza medio alta probabilmente di limi e argille (il valore medio della resistenza laterale fs è attorno ai 100 KPa);
- un secondo strato che raggiunge la profondità di circa 5 m, caratterizzato da valori di Rp ed fs relativamente più bassi nel quale prevale probabilmente la componente limosa;
- un terzo orizzonte, che si sviluppa fino a 20 m di profondità, caratterizzato da valori di resistenza da alta a molto alta che, nonostante le oscillazioni, tendono a crescere linearmente con la profondità e che è riconducibile ai

copri sabbiosi sotterranei depositati dal Po. Da notare alla profondità di circa 18 m dal p.c. la presenza di un sottile strato a bassa resistenza, che potrebbe essere interpretato come l'evidenza di un episodio di sedimentazione in acque ferme all'interno di un panorama generalizzato di ambiente piuttosto dinamico.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche si è verificata la presenza di acqua libera nel sottosuolo a profondità di circa 3,20-3,30 m dal p.c., confermando quanto osservato in un pozzo posto in località Casino Rosselli.

4.1.3. Considerazioni sui dati geognostici

Il modello geologico del sottosuolo evidenzia quindi la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche da discrete a mediocri nei primi cinque metri di profondità (fondazioni superficiali), e molto buone oltre i 5 m dal p.c. (fondazioni profonde).

Tenuto conto che le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza della falda freatica a partire dalla profondità di circa 3,2 m e di terreni dapprima prevalentemente limosi poi sabbiosi si è proceduto ad una valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione dei terreni adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005) (Tabella 2). Si è assunto come riferimento il modello geologico elaborato a partire dalla prova n. 2, verificando separatamente lo strato 2 (composto prevalentemente da limi) e lo strato 3 (composto da sabbie prevalenti) fino alla profondità di 20 m, oltre la quale secondo la letteratura specialistica la probabilità di liquefazione è molto bassa. considerata la soggiacenza relativamente bassa della falda freatica si è ipotizzato⁷ che anche i terreni fuori falda (superficiali) siano saturi e che il peso⁸ di volume saturo (γ saturo) sia mediamente uguale per tutta la colonna stratigrafica del primo sottosuolo (argille, limi e sabbie) e pari a 1900 kg/m³ con conseguente valore del peso di volume immerso pari a 900 Kg/m³.

⁷ Dette ipotesi sono state assunte anche per le verifiche della suscettibilità a liquefazione eseguite nelle altre aree di variante. La magnitudo di 5.2 utilizzata nei calcoli è quella del sismogramma dell'evento sismico del 15.10.1996, che ha colpito la pianura reggiana e modenese, registrato presso la stazione ENEL di Novellara e pubblicato sul sito web del *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli* della Regione Emilia-Romagna.

⁸ Il foglio elettronico sul quale è stato implementato il metodo semplificato di verifica alla liquefazione adotta le unità di misura del sistema pratico (Kg/m³ per i pesi di volume, Kg/cm² per le pressioni).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|---|-------------------------|
| <u>Committente:</u> Comune di Concordia | <u>Prova n.</u> | 2 |
| <u>Cantiere:</u> Ambito del PSC n. 1 | <u>Strato n.</u> | 2 |
| <u>Località:</u> | <u>Prof.</u> | 3,8 m |
| | <u>q_c</u> | 7,8 kg/cm ² |
| | <u>f_s</u> | 0,67 kg/cm ² |
| <u>Data:</u> gennaio 2008 | <u>Falda</u> | -3,3 m da p.c. |
| | <u>Rif.</u> | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,099 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma'_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a _{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g | |
| g | è l'accelerazione di gravità: | |
| s _v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 7220 kg/m ² | |
| s' _v | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 6720 kg/m ² | |
| r _d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,74 | |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,164 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q _{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 10,7 kg/m ² | |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | |
| | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | |
| | | 3,0 |

Tabella 3 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 2 di cui al modello geologico della Tabella 2 (Prova n. 2).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|--|-------------------------|
| <u>Committente:</u> Comune di Concordia | <u>Prova n.</u> | 2 |
| <u>Cantiere:</u> Ambito del PSC n. 1 | <u>Strato n.</u> | 3 |
| <u>Località:</u> | <u>Prof.</u> | 12,3 m |
| | <u>q_c</u> | 103 kg/cm ² |
| | <u>f_s</u> | 2,51 kg/cm ² |
| | <u>Falda</u> | -3,3 m da p.c. |
| <u>Data:</u> gennaio 2008 | <u>Rif.</u> | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,153 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a _{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g | |
| g | è l'accelerazione di gravità: | |
| s _v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 23370 kg/m ² | |
| s' _v | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 14370 kg/m ² | |
| r _d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,76 | |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,316 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q _{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 89,9 kg/m ² | |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | |
| | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | |
| | | 3,7 |

Tabella 4 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 3 di cui al modello geologico della Tabella 2 (Prova n. 2).

Dalla verifica alla liquefazione sono stati ricavati valori dei coefficienti di sicurezza piuttosto alti che indicano in via preliminare che gli strati presi in esame non sono liquefacibili in condizioni sismiche (Tabelle 3 e 4).

4.1.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 1.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

4.2. Ambito di PSC n. 2 - Concordia est - C. Dugale

4.2.1. Generalità

L'ambito n. 2 è posto in un'area di campagna a oriente del capoluogo immediatamente ad est della nuova strada di circonvallazione che delimita l'attuale zona produttiva e artigianale (Figure 1 e 10). Si tratta un area pianeggiante caratterizzata lungo i suoi bordi SO e S dalla presenza del canale Dugale Ronchi (Figure 9 e 10) lungo le cui sponde sono localmente stati osservati cedimenti gravitativi di tipo rototraslazionale in evidente stato di attività (Figura 10).



Figura 9 - Ambito di PSC n. 2. A sinistra: panoramica vista da sud; a destra: cedimenti lungo le sponde del fosso Dugale Ronchi.

L'area attualmente è ad uso agricolo, mentre il PSC prevede l'inserimento di un *ambito produttivo di nuovo insediamento*.

4.2.2. Indagini geognostiche

Per la definizione delle principali caratteristiche stratigrafiche del primo sottosuolo sono stati rilevati uno stendimento sismico con metodologia MASW (Allegato 1, Stendimento CONCOR2.DAT) e una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 3), ubicati come da Figura 10.

4.2.2.1. Stendimento MASW

Lo stendimento sismico (Allegato n. 1, stendimento CONCOR2.DAT) è stato rilevato nella porzione centrale dell'area di Ambito (Figura 1). Fino alla profondità di circa 7,5 m dal p.c. sono stati rilevati valori di Vs dell'ordine di 130-150 m/s, con valori più bassi nello strato inferiore (a partire da 2 fino a circa 7,5 m dal p.c. A

profondità maggiore si assiste ad un primo piccolo incremento della Vs che si attesta attorno ai 180 m/s fino alla profondità di 15 m, oltre la quale si ha un incremento più pronunciato con valori pressoché doppi (circa 340 m/s). Complessivamente il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde “s” nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a 245 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

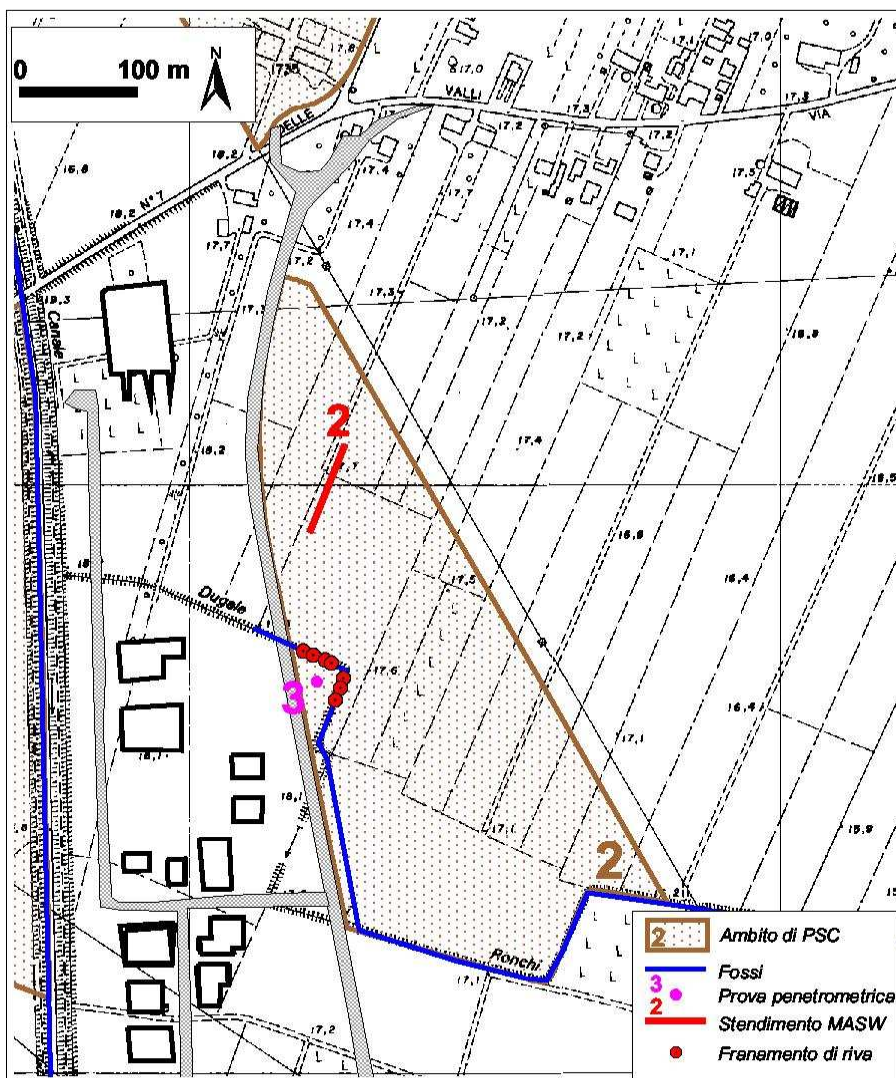


Figura 10 - Ambito di PSC n. 2 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

4.2.2.2. Prova Penetrometrica

L'interpretazione dei dati derivanti dalla prova penetrometrica (Allegato n. 1, Prova n. 3) è sostanzialmente coerente con quanto dedotto sulla base dello stendimento MASW (Tabella 5).

Si distingue infatti fino alla profondità di circa 7,8 m dal p.c. una successione formata da terreni a composizione mista limo argillosa caratterizzati da valori di resistenza alla punta attorno a 1 MPa (Tabella 5, strati 1, 2 e 3), al di sotto della quale compaiono i depositi sabbiosi del Po, caratterizzati da valori di resistenza alla punta da alti a molto alti che aumentano subito in maniera piuttosto repentina e si mantengono poi molto alti "oscillando" attorno al valore medio.

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-----------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-5 | 1,07 | 0,32 | 40,85 | 13,49 | Limi argillosi |
| 2 | 5-7 | 1,72 | 0,44 | 79,09 | 18,53 | Argille e limi |
| 3 | 7-7,8 | 0,93 | 0,20 | 60,52 | 16,37 | Limi prevalenti |
| 4 | 7,8-20 | 10,91 | 3,02 | 209,26 | 67,78 | Sabbie |

Tabella 5 - Modello geologico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 3. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Nel foro di sondaggio è stata rilevata la falda freatica ad una profondità di circa 2 m dal p.c.

4.2.3. Considerazioni sui dati geognostici

Il modello geologico del sottosuolo, ricostruito attraverso i sondaggi geognostici, evidenzia la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche discrete nei primi sette-otto metri di profondità (fondazioni superficiali), e molto buone a profondità maggiore (fondazioni profonde).

Tenuto conto che le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza della falda freatica a partire dalla profondità di circa 2 m si è proceduto alla valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione dell'orizzonte di terreni sabbiosi (Tabella 6), adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

L'alto valore del coefficiente di sicurezza (2.6) ricavato con la verifica alla liquefazione (Tabella 6) permette di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

| | | |
|--|-----------|--------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 3 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 2 | Strato n. | 4 |
| Località: | Prof. | 13,9 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c | 100,9 kg/cm ² |
| | f_s | 2,09 kg/cm ² |
| | Falda | -2 m da p.c. |
| | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,172 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | | |
| σ_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | | 26410 kg/m ² |
| σ'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | | 14510 kg/m ² |
| r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | | 0,76 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,251 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | | 87,6 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | 2,6 |

Tabella 6 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 4 di cui al modello geologico della Tabella 5.

4.2.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 2.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione. In fase di progettazione esecutiva occorrerà provvedere alla redazione di un progetto di ripristino e di sistemazione dei cedimenti di riva individuati lungo il canale Dugale Ronchi, qualora non già affrontato con la progettazione di POC.

4.3. Ambito di PSC n. 3 - Concordia est - F. Dugarola

4.3.1. Generalità

L'ambito n. 3 è posto in un'area di campagna a oriente del capoluogo immediatamente ad est della nuova strada di circonvallazione che delimita l'attuale zona produttiva e artigianale (Figure 1 e 12). Si tratta un area pianeggiante delimitata lungo il bordo dal fosso Dugarola (Figure 11 e 12).



Figura 11 - Ambito di PSC n. 3 (panoramica vista da nord est).

L'area attualmente è ad uso agricolo, mentre il PSC prevede l'inserimento di un *ambito produttivo di nuovo insediamento*.

4.3.2. Indagini geognostiche

Per la definizione della stratigrafia del primo sottosuolo sono stati rilevati uno stendimento sismico con metodologia MASW (Allegato 1, Stendimento CONCOR3.DAT) e una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 4), ubicati come da Figura 12.

4.3.2.1. Stendimento MASW

Dall'interpretazione dei dati elaborati a partire dalle registrazioni sismiche dello stendimento MASW (Allegato n. 1, stendimento CONCOR3.DAT) si evince che il primo sottosuolo è formato da almeno 4-5 orizzonti sismostratigrafici principali.

Fino alla profondità di circa 9,2 m dal p.c. si riconoscono due strati con velocità delle onde s (V_s) simili che passa da circa 155 m/s (primi 3 m di profondità) a circa 165 m/s più in profondità.

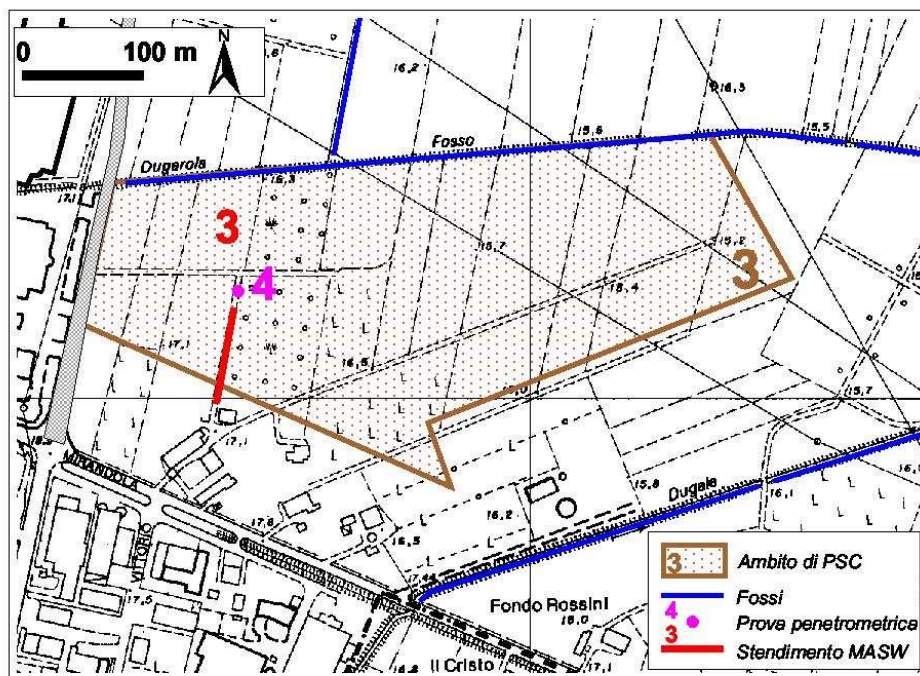


Figura 12 - Ambito di PSC n. 3 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

Tra le profondità di 9,2 e 15,5 m dal p.c. il valore della V_s aumenta ancora a circa 210 m/s, per poi passare tra 15,5 e 21 m circa a 235 m/s. A profondità più elevate si riscontra un incremento più significativo dei valori di V_s che passano mediamente a circa 320-330 m/s.

Nel complesso, il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a 230 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.3.2.2. Prova Penetrometrica

Il modello geologico derivato dall'interpretazione delle misurazioni effettuate

durante la prova penetrometrica (Allegato n. 2, prova n. 4) conferma sostanzialmente quanto dedotto sulla base dell'interpretazione del profilo della velocità delle onde S ricavato con lo stendimento MASW (Tabella 7).

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|---------------------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-3,4 | 1,61 | 0,63 | 108,78 | 35,40 | Limi e argille |
| 2 | 3,4-10,8 | 1,85 | 0,52 | 99,75 | 34,98 | Argille e limi |
| 3 | 10,8-15,20 | 5,68 | 2,47 | 99,75 | 34,98 | Sabbie prevalenti |
| 4 | 15,2-20 | 13,79 | 4,85 | 181,13 | 99,11 | Sabbie prevalenti più addensate |

Tabella 7 - Modello geologico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 4. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Fino alla profondità di circa 10,8 m dal p.c. sono presenti terreni limo-argillosi e/o argilloso-limosi caratterizzati da valori medi di resistenza alla punta dell'ordine di 1,60-1,80 MPa (Tabella 7) corrispondenti ai due strati a bassa velocità rilevati con la MASW. Oltre la profondità di 10,8 m dal p.c. s'individuano dei potenti corpi sedimentari sabbiosi all'interno dei quali si riconosce un primo orizzonte fino a 15,2 m dal p.c., caratterizzato da valori medi di resistenza alla punta dell'ordine di 5,68 MPa (strato con Vs di 210 m/s della MASW), ed un secondo orizzonte (probabilmente più addensato) caratterizzato da valori medi di resistenza alla punta molto più alti, dell'ordine di 13,8 MPa (strato con Vs 235 m/s rilevato con la MASW).

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stata ravvisata la presenza di acque libere nel sottosuolo a partire dalla profondità di circa 4,7 m dal p.c.

4.3.3. Considerazioni sui dati geognostici

I dati derivanti dai sondaggi geognostici, evidenziano la presenza di terreni con valori di resistenza medio-alti nei primi dieci-undici metri di profondità (fondazioni superficiali e profonde) e molto alti a profondità superiori (fondazioni profonde).

Tenuto conto che le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza della falda freatica a partire dalla profondità di circa 4,7 m, si è proceduto alla valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione del primo orizzonte di terreni sabbiosi (Tabella 7, strato 3), adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

L'alto valore del coefficiente di sicurezza (1,7) ricavato con la verifica alla liquefazione (Tabella 8) permette di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|-----------|-------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 4 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 3 | Strato n. | 3 |
| Località: | Prof. | 13 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c | 56,8 kg/cm ² |
| | f_s | 0,99 kg/cm ² |
| | Falda | -4,7 m da p.c. |
| | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,142 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | | |
| σ_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | | 24700 kg/m ² |
| σ'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | | 16400 kg/m ² |
| r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | | 0,76 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,133 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | | 43,4 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | |
| | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | |
| | | 1,7 |

Tabella 8 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 4 di cui al modello geologico della Tabella 7.

4.3.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 3.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

4.4. Ambito di PSC n. 4 - Concordia nord - St. Palmieri - C. Rebecchi

4.4.1. Generalità

L'ambito di PSC n. 4 comprende una vasta area posta nella zona nord del capoluogo, compresa tra le località Stabilimento Palmieri, la Corbella e Casa Rebecchi (Figure 1, 13 e 14).



Figura 13 - Ambito di PSC n. 4. A sinistra: panoramica parziale del settore orientale (loc. Corbella); a destra: panoramica parziale del settore occidentale (loc. St. Palmieri).

Si tratta di un insieme di aree agricole o di aree marginali addossate o intercluse tra zone residenziali, nuclei abitati e case sparse, nelle quali il PSC prevede l'inserimento di un *Ambito per nuovi insediamenti*.

L'ambito n. 4 è delimitato a nord da un fosso che dal Dugale Rame si porta dentro il Canale Sabbioncello, e a est dal Canale Sabbioncello medesimo (Figura 14).

4.4.2. Indagini geognostiche

Data la relativa vastità dell'ambito, per meglio definire le caratteristiche del primo sottosuolo, sono stati eseguiti due stendimenti sismici MASW (Allegato n. 1, stendimenti CONCOR4.DAT e CONCOR5.DAT) e quattro prove penetrometriche (Allegato n. 2, prove nn. 5, 6, 7 e 8).

Le indagini sono ubicate come da Figura 14.

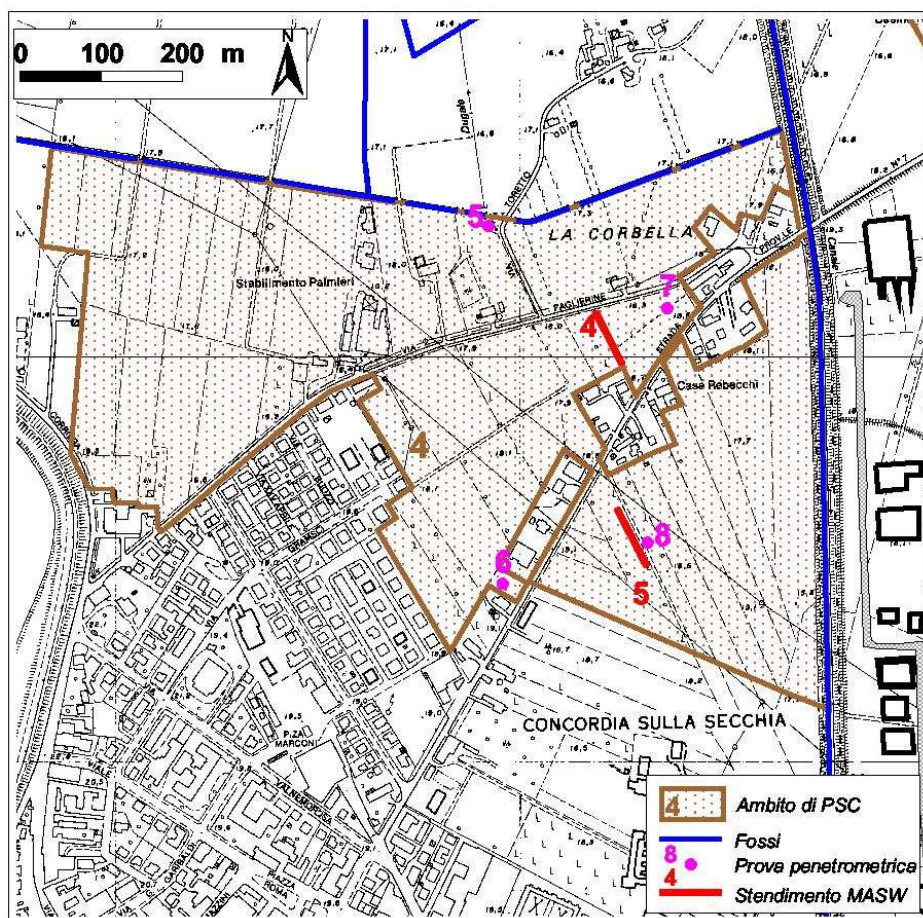


Figura 14 Ambito di PSC n. 4 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

4.4.2.1. Stendimenti MASW

I due stendimenti MASW (Allegato n. 1, stendimenti CONCOR4.DAT E CONCOR5.DAT) hanno dato risultati sostanzialmente paragonabili l'uno all'altro fino almeno alla profondità di 12-13 m dal p.c., oltre la quale si notano alcune discrepanze, comunque non molto marcate, tra i due profili di velocità. Si distinguono dapprima due orizzonti superficiali dello spessore rispettivamente (dall'alto al basso) di circa 2.5 m e 6, m caratterizzati da valori di V_s dell'ordine mediamente di 145 m/s (lo strato più superficiale) e 155 m/s. Tra circa 8,5 e 12-13 m dal p.c. sono presenti terreni caratterizzati da valori di V_s un po' più alti, attorno ai 200-205 m/s. Oltre i 12 m di profondità dal p.c. lo stendimento CONCOR4.DAT ha evidenziato la presenza di uno strato con V_s dell'ordine di 230 m/s fino alla profondità di circa 17-18 m dal p.c., profondità ove è stato registrato un brusco aumento della V_s che raggiunge valori poco inferiori ai 400 m/s.

Lo stendimento CONCOR.DAT oltre i 12-13 m ha evidenziato invece valori di Vs che si sono mantenuti sui 200-210 m/s fino circa alla profondità di 19 m/s, oltre la quale si è manifestato il brusco incremento di velocità (fino a circa 400 m/s) osservato per lo stendimento precedente.

Nel complesso, entrambi gli stendimenti hanno fornito stime simili per quanto riguarda il valore della VS_{30} che è risultato rispettivamente pari a 271 m/s e 257 m/s, valori che corrispondono, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, a terreni di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS_{30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.4.2.2. Prova Penetrometrica

Sono state eseguite quattro prove penetrometriche statiche (Allegato n. 2, Prove nn. 5, 6, 7 e 8). Al di là della normale variabilità che ci si deve aspettare in un contesto sedimentario di pianura, considerando aree così vaste, si osserva comunque la generale presenza delle sabbie del Po individuate in tutte le prove a una profondità generalmente superiore ai 10-12 m (Tabella 9), con la sola esclusione della prova n. 7 in corrispondenza della quale il tetto del corpo sabbioso principale è stato attraversato già alla profondità di circa 8,6 m, preceduto da uno strato di sabbie argillose già presenti alla profondità di 6,8 m dal p.c.

I depositi sabbiosi del Po sono sovrastati da una successione di sedimenti limo-argillosi entro la quale si intercalano localmente anche strati con caratteristiche di resistenza tipici delle sabbie "sporche"⁹. La presenza di interstrati sabbiosi a minore profondità sembrerebbe in linea generale più frequente nella parte orientale dell'ambito (prove n. 6 e 8), rispetto quella occidentale (prove nn. 5 e 7).

In linea generale i terreni che costituiscono i primi metri del sottosuolo sono caratterizzati da valori di resistenza dell'ordine di 1-1,5 MPa. La prova n. 6, tra le profondità di 4,2 e 5,2 m, ha tuttavia attraversato uno strato a debole resistenza (0,57 MPa). Non è pertanto possibile generalizzare l'andamento dei valori di resistenza su tutto l'ambito così che nella tabella 9 sono riportati i modelli geologici dedotti interpretando i dati di tutte le prove che, seppure simili, presentano alcune differenze, quasi mai sostanziali.

⁹ Con componente significativa limo-argillosa.

Prova n. 5

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|------|-------------|--------|------------|--------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-6 | 1,98 | 0,69 | 87,32 | 39,46 | Argille e limi |
| 2 | 6-12,8 | 1,85 | 0,52 | 99,75 | 34,98 | Argille prevalenti |
| 3 | 12,8-20 | 9,91 | 5,63 | 128,73 | 92,44 | Sabbie prevalenti |

Prova n. 6

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-----------------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-1,6 | 6,01 | 8,29 | 153,74 | 82,13 | Argille e limi |
| 2 | 1,6-4,2 | 1,86 | 1,05 | 46,59 | 21,72 | Sabbie e limi argillosi |
| 3 | 4,2-5,2 | 0,57 | 0,13 | 29,01 | 9,98 | Limi e argille (con torba?) |
| 4 | 5,2-8,8 | 1,51 | 0,48 | 69,69 | 21,13 | Argille e limi |
| 5 | 8,8-14 | 1,52 | 0,93 | 42,18 | 20,66 | Sabbie e limi argillosi |
| 6 | 14-20 | 14,87 | 9,54 | 231,14 | 130,3 | Sabbie prevalenti |

Prova n. 7

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-5 | 1,06 | 0,24 | 39,20 | 12,11 | Limi prevalenti |
| 2 | 5-6,8 | 1,68 | 0,31 | 77,64 | 16,83 | Limi e argille |
| 3 | 6,8-8,6 | 2,09 | 0,58 | 44,10 | 14,94 | Sabbie argillose |
| 4 | 8,6-20 | 11,23 | 4,12 | 238,63 | 98,96 | Sabbie prevalenti |

Prova n. 8

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|------|-------------|--------|------------|-------------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-2,2 | 1,90 | 0,58 | 48,55 | 15,18 | Limi sabbioso argillosi |
| 2 | 2,2-3,8 | 1,05 | 0,19 | 41,77 | 8,50 | Limi sabbiosi |
| 3 | 3,8-6,6 | 1,88 | 0,59 | 97,44 | 28,26 | Argille prevalenti |
| 4 | 6,6-10,2 | 1,18 | 0,33 | 50,09 | 15,05 | Limi e argille |
| 5 | 10,2-20 | 8,79 | 3,24 | 195,27 | 63,44 | Sabbie prevalenti |

Tabella 9 - Modello geologico interpretato a partire dalle Prove penetrometriche nn. 5, 6, 7 e 8 in ordine a partire dall'alto. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Per quanto riguarda la resistenza dei corpi di sabbie riferibili alla deposizione del Po, i valori medi registrati sono sempre risultati da alti ad elevati (Tabella 9).

Nei fori di tutte le prove penetrometriche è stata individuata la presenza della falda freatica a profondità oscillante tra i 2,20 m e i 2,60 m dal p.c., in tutti eccetto che nella prova n. 5 per la quale il foro si è richiuso prima che fosse possibile effettuare la misura del livello freatico.

4.4.3. Considerazioni sui dati geognostici

I dati derivanti dai sondaggi geognostici evidenziano la presenza di terreni con valori di resistenza discreti nei primi 8-10 metri di profondità (fondazioni superficiali e profonde) e molto alti a profondità superiori (fondazioni profonde). Localmente

tuttavia si individuano anche strati deboli a profondità relativamente bassa (Tabella 9, prova n. 6, dalla profondità di 4,2 m fino a 5,2 m dal p.c.). Il sottosuolo appare, dal punto di vista litologico variabile, lateralmente all'interno dell'ambito che comunque è piuttosto esteso.

Le indagini penetrometriche sembrano evidenziare la presenza più frequente di interstrati a componente sabbiosa significativa posti a bassa profondità nei settori più orientali dell'ambito.

Considerata la presenza della falda freatica alla profondità compresa tra 2,2 e 2,6 m, si è proceduto in via preliminare, alla valutazione della suscettibilità alla liquefazione degli strati (Tabella 9): n. 2 della prova n. 6, limitatamente alla porzione sotto falda; n. 3 della prova n. 7; n. 2 della prova n. 8 (si escluso dalla verifica lo strato n. 1 fuori falda).

A titolo esemplificativo è stato inoltre verificato lo strato n. 4 della prova n. 7 come rappresentativo delle sabbie del Po. Per la verifica si è adottata la già citata metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | |
|--|---|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. 6 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 4 | Strato n. 2 |
| Località: | Prof. 3,3 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c 18,6 kg/cm ² |
| | f_u 0,466 kg/cm ² |
| | Falda 2,4 m da p.c. |
| | Rif. D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR: 0,107 | |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} r_d$ | |
| dove: | |
| a_{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g |
| g | è l'accelerazione di gravità: |
| σ'_v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 6270 kg/m ² |
| σ'_{v0} | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 5370 kg/m ² |
| r_d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,74 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,128 | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | |
| dove: | |
| q_{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 27,6 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF: 1,8 | |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : 2,1 | |

Tabella 10 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 2 di cui al modello geologico ricavato attraverso l'interpretazione della prova penetrometrica n.6 (Allegato n. 2).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|---|----------------------|-------------------------|
| <u>Committente:</u> Comune di Concordia | <u>Prova n.</u> | 7 |
| | <u>Strato n.</u> | 3 |
| <u>Cantiere:</u> Ambito del PSC n. 4 | <u>Prof.</u> | 7,7 m |
| | <u>q_c</u> | 20,9 kg/cm ² |
| <u>Località:</u> | <u>f_s</u> | 0,44 kg/cm ² |
| | <u>Falda</u> | 2,6 m da p.c. |
| <u>Data:</u> gennaio 2008 | <u>Rif.</u> | D.M. 14 settembre 2005 |

| | | |
|---|---|--------------|
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | 0,143 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a _{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g | |
| g | è l'accelerazione di gravità: | |
| s _v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 14630 kg/m ² | |
| s' _v | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 9530 kg/m ² | |
| r _d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,75 | |

| | |
|--|---|
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,116 | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | |
| dove: | |
| q _{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 21,6 kg/m ² |

| | |
|--|------------|
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | 1,8 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | 1,5 |
|---|------------|

Tabella 11 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 3 di cui al modello geologico ricavato attraverso l'interpretazione della prova penetrometrica n. 7 (Allegato n. 2).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|---|----------------------|--------------------------|
| <u>Committente:</u> Comune di Concordia | <u>Prova n.</u> | 8 |
| | <u>Strato n.</u> | 2 |
| <u>Cantiere:</u> Ambito del PSC n. 4 | <u>Prof.</u> | 3 m |
| | <u>q_c</u> | 10,5 kg/cm ² |
| <u>Località:</u> | <u>f_s</u> | 0,418 kg/cm ² |
| | <u>Falda</u> | 2,2 m da p.c. |
| <u>Data:</u> gennaio 2008 | <u>Rif.</u> | D.M. 14 settembre 2005 |

| | | |
|---|---|--------------|
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | 0,107 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a _{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g | |
| g | è l'accelerazione di gravità: | |
| s _v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 5700 kg/m ² | |
| s' _v | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 4900 kg/m ² | |
| r _d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,74 | |

| | |
|--|---|
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,127 | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | |
| dove: | |
| q _{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 17,5 kg/m ² |

| | |
|--|------------|
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | 1,8 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | 2,1 |
|---|------------|

Tabella 12- Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 2 di cui al modello geologico ricavato attraverso l'interpretazione della prova penetrometrica n. 8 (Allegato n. 2).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|-----------|--------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 7 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 4 | Strato n. | 4 |
| Località: | Prof. | 14,3 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c | 112,3 kg/cm ² |
| | f_s | 2,38 kg/cm ² |
| | Falda | 2,6 m da p.c. |
| | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,166 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | | |
| σ_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | | 27170 kg/m ² |
| σ'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | | 15470 kg/m ² |
| r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | | 0,77 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,299 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | | 96,1 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | |
| | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | |
| | | 3,2 |

Tabella 13 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 4 (sabbie del Po) di cui al modello geologico ricavato attraverso l'interpretazione della prova penetrometrica n. 7 (Allegato n. 2).

Come si evince dalle tabelle 10,11, 12 e 13 sono sempre stati ricavati valori alti coefficiente di sicurezza (sempre >1,5) che permettono di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati..

4.4.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 4.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

4.5. Ambito di PSC n. 5 - San Giovanni est

4.5.1. Generalità

L'ambito n. 5 si colloca nei pressi della frazione di San Giovanni Battista, in sinistra idraulica del Secchia (Figure 1, 15 e 16); esso è formato da alcuni terreni marginali e a destinazione agricola interclusi tra ambiti residenziali edificati posti lungo la strada per Mirandola (Figure 15 e 16); è previsto l'inserimento di ambiti per nuovi insediamenti (Tabella 1).



Figura 15 - Ambito di PSC n. 5 (panoramica vista da sud).

4.5.2. Indagini geognostiche

Per la definizione del modello geologico del sottosuolo sono stati eseguiti uno stendimento sismico MASW (Allegato n. 1, stendimento Concor6.DAT) e una prova penetrometrica statica spinta fino a 20 m dal p.c. (Allegato n. 2, prova n. 9). I sondaggi geognostici sono ubicati come da Figura 16.

4.5.2.1. Stendimento MASW

Lo stendimento sismico (Allegato n. 1, stendimento CONCOR6.DAT) è stato eseguito nel settore est dell'Ambito in oggetto (Figura 16).

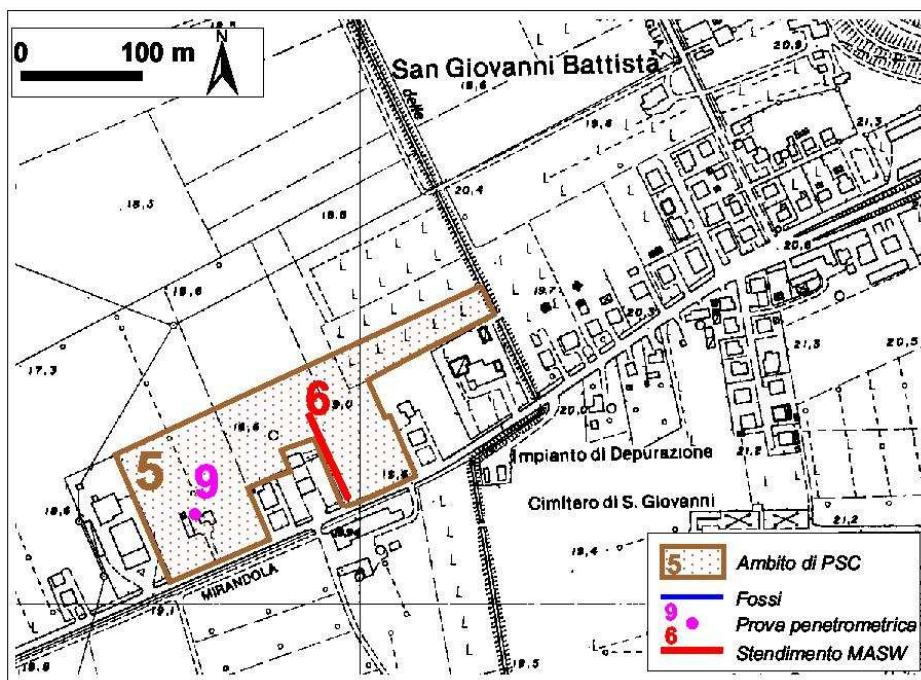


Figura 16 Ambito di PSC n. 5 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

Esso ha permesso di distinguere un profilo di velocità con la profondità formato da cinque strati diversi.

Lo strato superficiale, di circa 4 m di spessore, presenta un valore medio di V_s dell'ordine di 147 m/s. Esso è seguito da un altro orizzonte, fino a circa 10 m dal p.c. caratterizzato da V_s pari a circa 186 m/s. Segue un terzo sismostrato caratterizzato da valori di V_s di circa 205 m/s che presenta la base posta oltre i 16 m dal p.c. Tra i 16 e circa 23 m di profondità il valore della V_s aumenta leggermente fino a 217 m/s per poi subire un brusco incremento e raggiungere circa i 370 m/s. Nel complesso, il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a circa 250 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.5.2.2. Prova Penetrometrica

La prova penetrometrica n. 9 (Allegato n. 2) è stata eseguita nel settore occidentale dell'Ambito n. 5 (Figura 16). Essa ha dato risultati (Allegato n. 2, prova

n. 9 e Tabella 14) interpretabili in coerenza con quanto derivato dall'interpretazione dello stendimento sismico MASW.

Si distinguono infatti (Tabella 14) un primo orizzonte superficiale, di circa 2,2 m di spessore di terreni prevalentemente argillosi caratterizzati da valori medi della resistenza alla punta dell'ordine di 2,11 MPa, seguito da un secondo orizzonte, fino alla profondità di circa 10,8 m dato da argille e limi con valori di Rp medio dell'ordine di 1,5 MPa. Tali strati corrispondono nella sostanza ai primi due sismostrati riconosciuti attraverso lo stendimento MASW.

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|--------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-2,2 | 2,11 | 0,67 | 99,78 | 38,75 | Argille prevalenti |
| 2 | 2,2-10,8 | 1,51 | 0,35 | 70,97 | 18,33 | Argille e limi |
| 3 | 10,8-15,2 | 0,93 | 0,35 | 41,92 | 15,38 | Limi prevalenti |
| 4 | 15,2-20 | 10,21 | 6,07 | 154,58 | 72,67 | Sabbie prevalenti |

Tabella 14 - Modello geologico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 9. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Seguono altri due strati di circa 4 e di circa 5 m di spessore caratterizzati il primo da Rp medio di circa 0,93 MPa, probabilmente formato da limi prevalenti, ed il secondo da valori di Rp molto alti (circa 10 MPa) corrispondente alle sabbie del Po. Tali strati corrispondono verosimilmente al terzo e quarto strato riconosciuti attraverso lo stendimento sismico MASW.

Durante l'esecuzione della prova si è verificata la presenza di acqua nel sottosuolo ad una profondità di circa 5,7 m dal p.c.

4.5.3. Considerazioni sui dati geognostici

Le indagini geognostiche hanno evidenziato la presenza di terreni caratterizzati a resistenza medio-alta nei primi metri di sottosuolo (fondazioni superficiali) che si mantiene tale anche a media profondità (fino circa 10 m) e che poi diventa elevata (fondazioni profonde). Tenuto conto che le prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza della falda freatica a partire dalla profondità di circa 5,7 m, si è proceduto alla valutazione, in via precauzionale¹⁰ e preliminare, della suscettibilità alla liquefazione del banco di sabbie del Po (Tabella 14, strato 4), adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

¹⁰ In bibliografia si afferma che il pericolo di liquefazione si riduce fortemente a profondità dall'ordine del 15-20 m (a seconda dei testi consultati).

L'alto valore del coefficiente di sicurezza (2,1) ricavato con la verifica alla liquefazione (Tabella 15) permette di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|-----------|--------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 9 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 5 | Strato n. | 4 |
| Località: | Prof. | 17,6 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c | 102,1 kg/cm ² |
| | f_u | 1,54 kg/cm ² |
| | Falda | 5,7 m da p.c. |
| | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR: | | |
| | | 0,148 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | | |
| σ_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | | 33440 kg/m ² |
| σ'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | | 21540 kg/m ² |
| r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | | 0,77 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,174 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | | 73,8 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF: | | |
| | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | |
| | | 2,1 |

Tabella 15 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni dello strato n. 4 di cui al modello geologico di tabella 14 (Allegato n. 2, prova penetrometrica n. 9, nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 5).

4.5.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 5.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

4.6. Ambito di PSC n. 6 - Fossa nord

4.6.1. Generalità

L'ambito n. 6 è un'area agricola posta nella zona nord della frazione di Fossa (Figure 1, 17 e 18) nella quale è previsto l'inserimento di *Ambiti per nuove residenze* (Tabella 1).



Figura 17 - Ambito di PSC n. 6 (panoramica vista da est).

4.6.2. Indagini geognostiche

Sono stati eseguiti uno stendimento sismico MASW (Allegato n. 1, stendimento CONCOR7.DAT) e una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 10) entrambi ubicati come da figura 18.

4.6.2.1. Stendimento MASW

Con l'esecuzione dello stendimento sismico MASW (Allegato n. 1, stendimento CONCOR7.DAT) è stato ricostruito il profilo dell'andamento della velocità delle onde S con la profondità.

Fino alla profondità di circa 8,8 m dal p.c. sono stati riconosciuti due sismostrati caratterizzati da valori di Vs non molto dissimili l'uno dall'altro. Il primo (da p.c. fino a circa 2,8 m di profondità) presenta un valore medio della Vs dell'ordine di 131 m/s; il secondo evidenzia valori di Vs dell'ordine di 149 m/s. Tra

8,8 e circa 23 m di profondità si è verificato un incremento, non comunque elevato, dei valori di velocità distinguendo anche in questo caso due sismostrati dei quali il uno (dalla profondità di circa 8,8 fino a 15,6 m dal p.c.) è caratterizzato da Vs pari a circa 183 m/s, mentre l'altro presenta valori di Vs leggermente più alti pari a circa 199 m/s. Alla profondità di circa 23 m dal p.c. si è verificato un brusco incremento della velocità che è salita a valori di circa 380 m/s.

4.6.3. Considerazioni conclusive

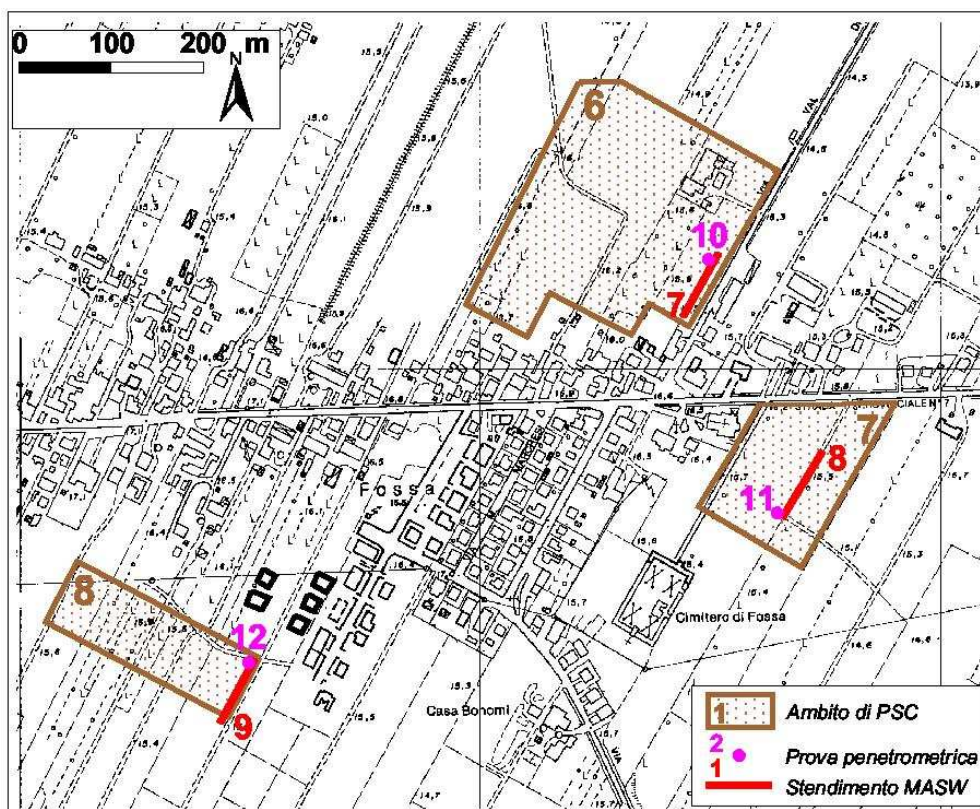


Figura 18 Ambiti di PSC nn. 6, 7 e 8 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

Nel complesso, il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a circa 233 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.6.3.1. Prova Penetrometrica

Il modello geologico del sottosuolo (Tabella 16) definito sulla base dell'interpretazione della prova penetrometrica n. 10 (Allegato 2) è sostanzialmente coerente con quanto evidenziato con l'interpretazione dello stendimento sismico MASW.

Si distingue infatti un primo strato fino alla profondità di circa 7,2 m dal p.c. formato da argille e limi e caratterizzato da valori medi della resistenza alla punta dell'ordine di 1,26 MPa. Tale banco sedimentario corrisponde ai primi due sismostrati identificati con la MASW.

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|------|-------------|--------|------------|-------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-7,2 | 1,26 | 0,42 | 58,42 | 19,23 | Argille e limi |
| 2 | 7,2-14 | 9,18 | 3,00 | 191,48 | 66,99 | Sabbie prevalenti |
| 3 | 14-14,6 | 2,38 | 0,49 | 122,17 | 16,29 | Argille e sabbie |
| 4 | 14,6-20 | 13,5 | 2,21 | 300,75 | 52,85 | Sabbie prevalenti |

Tabella 16 - Modello geologico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 10. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Alla profondità di circa 7,2 m sono stati intercettati terreni caratterizzati da valori di resistenza alla punta da molto alti ad elevati con media dell'ordine di 9,18 MPa.

Tra 14 e 14,6 m di profondità il diagramma penetrometrico (Allegato n. 2, prova n. 10) evidenzia un brusco calo di resistenza per uno spessore di pochi decimetri con valori che rimangono comunque superiori a 1,8 MPa).

Tale strato è interpretabile come dato da argille e sabbie che probabilmente corrispondono ad un episodio di sedimentazione in acque relativamente più calme. Oltre i 14,6 m dal p.c. sono presenti di nuovo sabbie del Po caratterizzate da valori di resistenza alla punta elevati (valore medio superiore a 13 MPa).

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stato misurato un valore di soggiacenza della falda freatica dell'ordine di 5,5 m dal p.c.

4.6.4. Considerazioni sui dati geognostici

I dati derivanti dai sondaggi geognostici evidenziano la presenza di terreni con valori di resistenza discreti nei primi 7 metri di profondità (fondazioni superficiali e profonde) e molto alti fino ad elevati a profondità superiori (fondazioni profonde).

Considerato che è stata verificata la presenza della falda freatica a partire dalla profondità di circa 5,5 m, si è proceduto alla valutazione preliminare della

suscettibilità alla liquefazione relativamente al banco più superficiale di sabbie attribuibili al sistema deposizionale del Po (Tabella 16, strato 2), adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

L'alto valore del coefficiente di sicurezza (3,1) ricavato con la verifica alla liquefazione (Tabella 17) permette di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|-----------|--------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 10 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 6 | Strato n. | 2 |
| Località: | Prof. | 10,6 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c | 91,8 kg/cm ² |
| | f_c | 1,915 kg/cm ² |
| | Falda | 5,5 m da p.c. |
| | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,125 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | | |
| σ_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | | 20140 kg/m ² |
| σ'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | | 15040 kg/m ² |
| r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | | 0,76 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,218 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | | 77,6 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | 3,1 |

Tabella 17 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni individuati attraverso la prova penetrometrica 10 (Allegato n. 2) a profondità compresa tra 7,2 e 14 m dal p.c. nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 6.

4.6.5. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 6.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

4.7. Ambito di PSC n. 7 - Fossa est

4.7.1. Generalità

L'ambito n. 7 è un'area agricola posta nella zona sud est della frazione di Fossa (Figure 1, 18 e 19) nella quale è previsto l'inserimento di *Ambiti per nuove residenze* (Tabella 1).



Figura 19 - Area di variante n 7 (panoramica vista da ovest).

4.7.2. Indagini geognostiche

Per la definizione del modello geologico del primo sottosuolo, sono stati eseguiti uno stendimento sismico MASW (Allegato n. 1, stendimento CONCOR8.DAT) e una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 11) entrambi ubicati come da figura 18.

4.7.2.1. Stendimenti MASW

Il profilo di velocità Vs con la profondità, ricavato con l'esecuzione dello stendimento sismico MASW è riportato nell'Allegato n. 1 (stendimento CONCOR8:DAT), esso è suddiviso in cinque porzioni caratterizzate da valori di Vs crescenti con la profondità. Si distingue infatti un primo orizzonte superficiale (fino a circa 2,6 m dal p.c.) caratterizzato da valori di Vs dell'ordine di 133 m/s; segue un secondo orizzonte (da 2,6 a 7,9 m dal p.c.) con Vs poco più alta e pari a circa 149 m/s, al quale succede un terzo sismostrato (tra 7,9 e 13,6 m dal p.c.) con velocità di

174 m/s ed un quarto sismostrato (tra 13,6 e 19,4 m dal p.c.) caratterizzato da valori di Vs dell'ordine dei 192 m/s. A profondità superiori ai 19,4 m si riscontra un brusco incremento della velocità delle onde s che sale a circa 320 m/s.

Nel complesso, il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a circa 220 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.7.2.2. Prova Penetrometrica

Dall'interpretazione della prova penetrometrica n. 11 è stato dedotto il modello geologico del sottosuolo riportato nella Tabella 18 che, tenuto conto delle incertezze interpretative ha fornito risultati simili a quanto determinato sulla base dello stendimento sismico.

Si distingue (Tabella 18) un primo orizzonte superficiale a resistenza relativamente alta (resistenza alla punta media di circa 2,69 MPa) formato probabilmente da argille e sabbie fino alla profondità di 1,8 m, al quale segue una sequenza di limi argillosi, argille limose, argille e limi con valori di resistenza alla punta dell'ordine di 1,3 MPa. Tra le profondità di 6,2 e 9,2 m dal p.c. è presente un banco limoso a resistenza relativamente bassa (valore medio della resistenza alla punta attorno ai 0,82 MPa), mentre più in profondità si individuano le sabbie del Po caratterizzate da valori medi di resistenza alla punta dell'ordine dei 5,89 MPa.

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|------|-------------|--------|------------|--------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-1,8 | 2,69 | 0,87 | 84,17 | 29,90 | Argille prevalenti |
| 2 | 1,8-6,2 | 1,36 | 0,49 | 55,77 | 15,80 | Argille e limi |
| 3 | 6,2-9,2 | 0,82 | 0,4 | 33,65 | 12,5 | Limi prevalenti |
| 4 | 9,2-20 | 5,89 | 2,06 | 115,02 | 44,78 | Sabbie prevalenti |

Tabella 18 - Modello geologico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 11. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

La falda freatica è stata intercettata nel foro di sondaggio ad una profondità di circa 5 m dal p.c.

4.7.3. Considerazioni sui dati geognostici

I dati geognostici evidenziano la presenza di terreni a resistenza medio alta nei primi 6 m dal p.c. (fondazioni superficiali), seguiti da uno strato relativamente più debole tra i 6 e i 9 m dal p.c. al di sotto dei quali sono presenti sabbie ad elevata resistenza (fondazioni profonde).

Tenuto conto che la falda freatica è stata individuata a partire dalla profondità di circa 5 m, si è proceduto alla valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione relativamente al banco limoso a minore resistenza (Tabella 18, strato 3) e dell'orizzonte di sabbie attribuibili al sistema deposizionale del Po (Tabella 18, strato 4), adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | |
|--|---|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. 11 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 7 | Strato n. 3 |
| Località: | Prof. 7,7 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c 8,2 kg/cm ² |
| | f_s 0,337 kg/cm ² |
| | Falda 5 m da p.c. |
| | Rif. D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | |
| 0,114 | |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | |
| dove: | |
| a _{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | |
| s _v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | 14630 kg/m ² |
| s' _v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | 11930 kg/m ² |
| r _d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | 0,75 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,111 | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | |
| dove: | |
| q _{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | 7,1 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | 1,8 |

Tabella 19 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni individuati tra le profondità di 6,2 e 9,2 m dal p.c. attraverso la prova penetrometrica 11 (Allegato n. 2) nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 7.

I valori relativamente alti del coefficiente di sicurezza (1,7 e 1,8) ottenuti nella verifica alla liquefazione (Tabella 19) permettono di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|----------------------------------|-----------|-------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 11 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 7 | Strato n. | 4 |
| Località: | Prof. | 14,6 m |
| | q_c | 58,9 kg/cm ² |
| | f_s | 1,15 kg/cm ² |
| | Falda | 5 m da p.c. |
| Data: gennaio 2008 | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |

| | | |
|---|--|--------------|
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | 0,145 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g | |
| g | è l'accelerazione di gravità: | |
| σ_v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 27740 kg/m ² | |
| σ'_v | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 18140 kg/m ² | |
| r_d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,77 | |

| | | |
|--|---|-------------|
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: | | 0,14 |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 42,5 kg/m ² | |

| | |
|--|------------|
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | 1,8 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | 1,7 |
|---|------------|

Tabella 20- Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni sabbiosi posti a superiore ai 9,2 m dal p.c. individuati con la prova penetrometrica 11 (Allegato n. 2) nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 7.

4.7.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 7.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione. L'indagine di approfondimento geognostico dovrà essere indirizzata, tra le altre cose, a definire con più precisione la reale estensione (sia laterale che in profondità) dello strato relativamente debole che è stato individuato attraverso la prova penetrometrica a profondità compresa tra 6,2 e 9,2 m.

4.8. Ambito di PSC n. 8 - Fossa sud

4.8.1. Generalità

L'ambito n. 8 si colloca nel settore sud della frazione di Fossa (Figure 1, 18 e 20), esso comprende dei terreni agricoli nei quali si prevede di inserire *Ambiti per nuove residenze* (Tabella 1).



Figura 20 - Ambito di PSC n 8 (panoramica vista da sud ovest).

4.8.2. Indagini geognostiche

Per la definizione del modello geologico del primo sottosuolo, sono stati eseguiti uno stendimento sismico MASW (Allegato n. 1, stendimento CONCOR9.DAT) e una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 12) entrambi ubicati come da figura 18.

4.8.2.1. Stendimento MASW

L'interpretazione dei dati dello stendimento MASW evidenzia un profilo dei valori della velocità Vs crescenti con la profondità (Allegato n.1, stendimento CONCOR9.DAT).

Si individua dapprima un orizzonte superficiale di circa 3,3 m di spessore caratterizzato da valori di VS dell'ordine dei 124 m/s che sovrasta un secondo sismostrato con valori di Vs di circa 163 m/s e con base posta alla profondità di circa

9,4 m dal p.c.. Segue un terzo orizzonte (fino alla profondità di 15,8 m dal p.c.) caratterizzato da Vs pari a 180 m/s al quale segue un quarto strato con Vs di 217 m/s e con base posta a circa 23,3 m, profondità alla quale si registra un brusco incremento della Vs con valori più che raddoppiati (circa 520 m/s).

Complessivamente il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a circa 256 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.8.2.2. Prova Penetrometrica

L'andamento del grafico della prova penetrometrica è alquanto monotono fino alla profondità di oltre 12 metri (Allegato n. 2, prova 12 e Tabella 21) in quanto sono stati registrati valori di resistenza alla punta compresi tra 0,1 e 0,30 Mpa, con l'esclusione di un paio di massimi relativi (uno nel primo metro di profondità e l'altro a circa 7,5 m dal p.c.). Si tratta di terreni prevalentemente limosi a resistenza tendenzialmente bassa.

Alla profondità di circa 12,4 m si verifica un repentino incremento dei valori di resistenza alla punta per la presenza dei primi banchi di sabbie attribuibili al sistema deposizionale del fiume Po.

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica non è stato possibile rilevare la profondità della falda freatica in quanto il foro di sondaggio si è richiuso subito dopo l'estrazione della colonna d'aste.

4.8.3. Considerazioni sui dati geognostici

I dati derivanti dalla prova penetrometrica mettono in evidenza la presenza di terreni a bassa resistenza fino alla profondità di oltre 12 m dal p.c. che sembrerebbero indicare l'impossibilità di ricorrere a fondazioni superficiali. Il dato sembrerebbe confermato dalle prove penetrometriche eseguite in aree limitrofe¹¹ in occasione della variante generale del PRG vigente e indicherebbero la presenza di

¹¹ Una delle prove eseguite, nel 1989 sotto la direzione del Dott. G.P. Mazzetti, è localizzata all'interno dell'ambito in parola.

terreni superficiali a bassa resistenza, con le sabbie poste a profondità di circa 12 m, decrescente verso nord.

Le prove penetrometriche del PRG indicherebbero inoltre un valore di soggiacenza per la falda freatica variabile da est verso ovest da 2,5 a 3,5 m rispetto il p.c.

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|--------------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-12,4 | 0,33 | 0,28 | 18,87 | 10,86 | Limi e argille organiche |
| 2 | 12,4-20 | 13,69 | 7,28 | 282,35 | 198,41 | Sabbie prevalenti |

Tabella 21 - Modello geotecnico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 12. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Nell'ipotesi che la falda freatica si posizioni a 2,5 m dal p.c. si è proceduto ad una verifica preliminare della liquefacibilità delle sabbie del Po il cui tetto sarebbe posto, sulla base della prova penetrometrica n. 12, a circa 12,4 m dal p.c., adottando la metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|--|--------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 12 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 8 | Strato n. | 2 |
| Località: | Prof. | 16,2 m |
| | q _c | 136,9 kg/cm ² |
| | f _s | 2,824 kg/cm ² |
| | Falda | 2,5 m da p.c. |
| Data: gennaio 2008 | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,171 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a _{max} | è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g | |
| g | è l'accelerazione di gravità: | |
| σ _v | è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 30780 kg/m ² | |
| σ' _v | è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 17080 kg/m ² | |
| r _d | è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,77 | |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,458 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q _{c1N} | è la resistenza penetrometrica normalizzata: 116,2 kg/m ² | |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | |
| | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | |
| | | 4,8 |

Tabella 22 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni individuati attraverso la prova penetrometrica 12 (Allegato n. 2) a profondità superiore a 12,4 m dal p.c. nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 8.

I valori alti del coefficiente di sicurezza (4,8) ottenuti nella verifica alla liquefazione (Tabella 19) permettono di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

4.8.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 8.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione. L'indagine di approfondimento geognostico dovrà essere indirizzata, tra le altre cose, a verificare l'esistenza e l'estensione del banco formato da terreni a debole resistenza che la prova penetrometrica ha attraversato a partire dal piano campagna fino alla profondità di circa 10-12 m. Si sottolinea che il dato geognostico è puntuale e pertanto esprime una realtà localizzata che dovrà essere verificata. Siffatte situazioni, qualora confermate, per le caratteristiche di bassa resistenza e cedevolezza dei terreni superficiali (bassi valori dell'angolo di attrito interno e della coesione nonché elevata compressibilità) sono solitamente risolvibili attraverso l'adozione di fondazioni profonde.

4.9. Ambito di PSC n. 9 - Vallalta nord

4.9.1. Generalità

L'ambito è posto nella zona nord della frazione di Vallalta (Figure 1 e 21) e comprende delle aree agricole poste a ridosso dell'abitato nelle quali si prevede di inserire *Ambiti per nuove residenze* (Tabella 1).

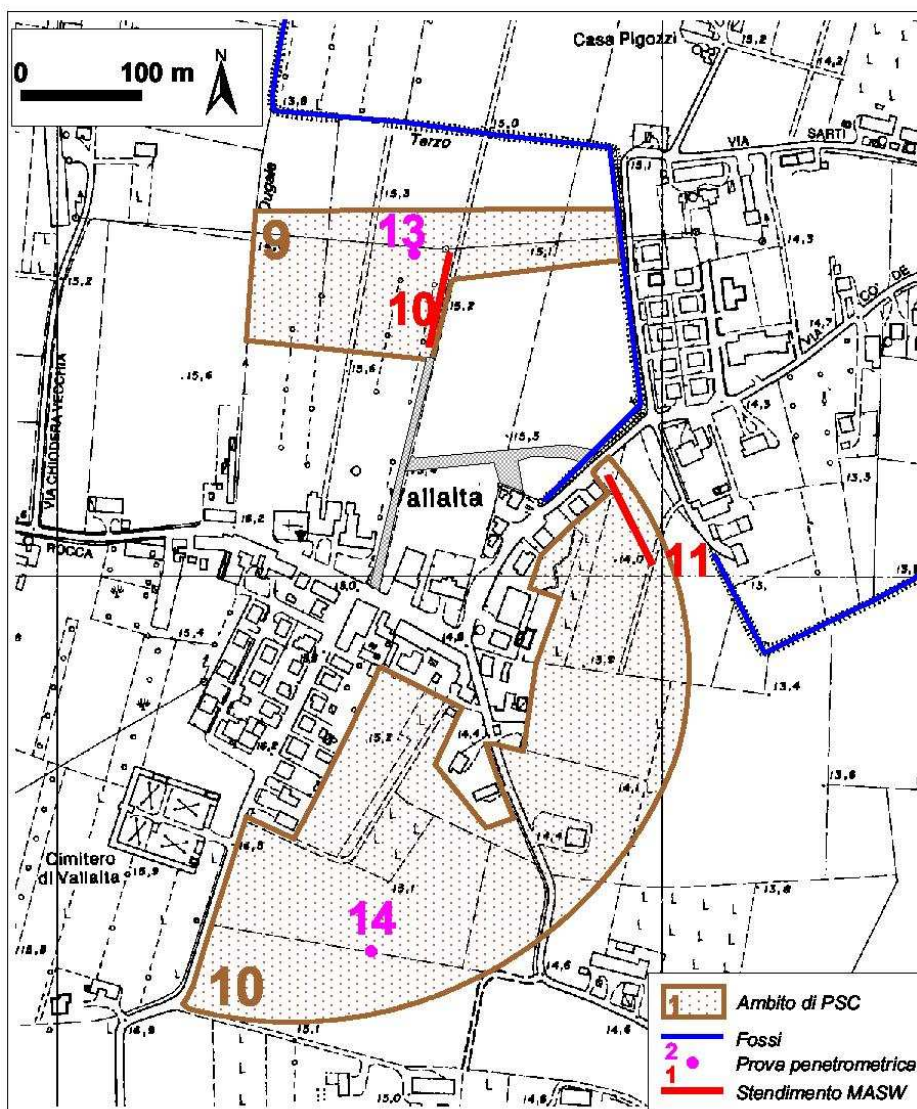


Figura 21 Ambiti di PSC nn. 9 e 10 - Inquadramento morfologico di dettaglio con ubicazione indagini geognostiche (base topografica: estratto da CTR della Regione Emilia-Romagna).

4.9.2. Indagini geognostiche

Per una migliore comprensione della stratigrafia del primo sottosuolo si è proceduto con l'esecuzione di uno stendimento sismico MASW (Allegato n.1, stendimento CONCOR10.DAT) e di una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 13). L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata nella Figura 21.

4.9.2.1. Stendimenti MASW

Il profilo dell'andamento della velocità delle onde S con la profondità (Allegato n. 1, stendimento CONCOR10.DAT) mette in evidenza la presenza di tre strati principali nel primo sottosuolo, dei quali il secondo suddiviso in tre porzioni con velocità diverse e crescenti con la profondità, ma comunque paragonabili nei valori assoluti.

L'orizzonte più superficiale presenta un valore medio della Vs dell'ordine di 136 m/s e ha la base posta a circa 3 m dal p.c. Segue un insieme di tre strati che rispettivamente hanno velocità di 167, 183 e 197 m/s e che si spinge fino alla profondità di circa 22 m dal p.c., profondità alla quale si verifica un incremento brusco della Vs che raggiunge e supera i 350 m/s.

Nel complesso, il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a circa 222 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.9.2.2. Prova Penetrometrica

La prova penetrometrica n. 13 (Allegato n. 2) ha attraversato terreni caratterizzati da valori di resistenza generalmente alti, tanto che non si è riusciti a raggiungere la profondità preventivata di 20 per la presenza tra i 17 e i 18 m dal p.c. di sedimenti con valori di resistenza alla punta superiori ai 20-25 MPa.

Il modello geologico del sottosuolo interpretato a partire dai dati penetrometrici è riportato nella Tabella 23.

Si distingue dapprima un orizzonte superficiale (fino alla profondità di 4,6 m dal p.c.) formato da limi argillosi con componente sabbiosa caratterizzato da valori

medi della resistenza alla punta di circa 1,30 MPa (e bassi valori di resistenza laterale). Segue un orizzonte sabbioso di circa un metro di spessore con valori medi di resistenza alla punta pari a circa 3,18 MPa, al quale succede una successione formata prevalentemente da limi e argille caratterizzata da valori medi di resistenza alla punta pari a circa 1,37 MPa. Tra le profondità di 11,8 e 13,2 m dal p.c. sono presenti sedimenti sabbioso argillosi ad alta resistenza (2,77 MPa) ai quali seguono i banchi delle sabbie del Po che qui paiono particolarmente addensati tanto da evidenziare valori medi di resistenza alla punta dell'Ordine dei 16 MPa ma con picchi che raggiungono i 25 MPa e che hanno determinato il rifiuto strumentale alla penetrazione.

| Strato | Profondità m | qc MPa | dev.st (qc) MPa | fs KPa | dev.st(fs) KPa | Litologia |
|--------|-----------------|-----------|--------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | 0-4,6 | 1,30 | 0,46 | 47,99 | 18,22 | Limi e sabbie |
| 2 | 4,6-5,6 | 3,18 | 1,09 | 54,88 | 24,69 | Sabbie prevalenti |
| 3 | 5,6-11,8 | 1,37 | 0,52 | 54,97 | 29,07 | Limi e argille |
| 4 | 11,8-13,2 | 2,77 | 0,66 | 133,56 | 30,15 | Argille e sabbie |
| 5 | 13,2-18 | 16,18 | 5,72 | 338,91 | 158,03 | Sabbie prevalenti |

Tabella 23 - Modello geotecnico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 13. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

Durante l'esecuzione della prova non è stato possibile rilevare il livello della falda freatica in quanto il foro di sondaggio si è richiuso subito dopo l'estrazione delle aste. Dalla consultazione dei dati geognostici contenuti nella relazione geologica allegata alla variante generale del vigente piano regolatore si evince che il livello statico della falda si attestava al momento¹² dell'esecuzione delle prove a circa 2,8 m dal p.c.

4.9.3. Considerazioni sui dati geognostici

I dati relativi al modello geologico del sottosuolo (Tabella 23) evidenziano la presenza di terreni caratterizzati da buone caratteristiche di resistenza sia a bassa (fondazioni superficiali) che ad alta profondità (fondazioni profonde).

La successione, fino a circa 12 m dal p.c. è formata prevalentemente da argille e limi ai quali si intercalano tuttavia dei livelli sabbiosi, alcuni dei quali chiaramente evidenziabili nei diagrammi penetrometrici. (strato 2 di cui alla Tabella 23).

¹² 12 marzo 1990.

Si è pertanto proceduto, in via preliminare alla valutazione della suscettibilità alla liquefazione di uno di tali orizzonti sabbiosi, nell'ipotesi che la falda si trovi a 2,8 m dal p.c. come riportato nelle indagini geognostiche allegate alla variante generale del vigente PRG e avvalendosi della metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005)..

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|--|-----------|--------------------------|
| Committente: Comune di Concordia | Prova n. | 13 |
| Cantiere: Ambito del PSC n. 9 | Strato n. | 2 |
| Località: | Prof. | 5,1 m |
| Data: gennaio 2008 | q_c | 31,8 kg/cm ² |
| | f_c | 0,549 kg/cm ² |
| | Falda | 2,8 m da p.c. |
| | Rif. | D.M. 14 settembre 2005 |
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | | |
| | | 0,121 |
| $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$ | | |
| dove: | | |
| a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: | | 0,19 g |
| g è l'accelerazione di gravità: | | |
| σ_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: | | 9690 kg/m ² |
| σ'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: | | 7390 kg/m ² |
| r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: | | 0,75 |
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: 0,126 | | |
| $CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$ | | |
| dove: | | |
| q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: | | 37,8 kg/m ² |
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | | 1,8 |
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | | 1,9 |

Tabella 24 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni individuati attraverso la prova penetrometrica 13 (Allegato n. 2) a profondità compresa tra 4,6 e 5,6 m dal p.c. nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 9.

I valori relativamente alti del coefficiente di sicurezza (1,9) ottenuti nella verifica alla liquefazione (Tabella 19) permettono di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

4.9.4. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 9.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

4.10. Ambito di PSC n. 10 - Vallalta sud

L'ambito n. 10 comprende un'ampia area agricola posizionata a sud della frazione di Vallalta (Figure 1, 21 e 22) nella quale è previsto l'inserimento *Ambiti per nuove residenze* (Tabella 1)



Figura 22 - Ambito di PSC n 10 (panoramica vista da ovest).

4.10.1. Indagini geognostiche

Per definire la stratigrafia del primo sottosuolo si è proceduto con l'esecuzione di uno stendimento sismico MASW (Allegato n.1, stendimento CONCOR11.DAT) e di una prova penetrometrica statica (Allegato n. 2, prova n. 14). L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata nella Figura 21.

4.10.1.1. Stendimenti MASW

Il profilo dell'andamento della velocità V_s con la profondità ricavato con lo stendimento sismico MASW (Allegato n. 1, stendimento CONCOR11.DAT) mette in evidenza l'esistenza di quattro orizzonti litologici caratterizzati da contrasto di velocità crescente con la profondità.

Si distingue infatti un primo orizzonte superficiale, fino alla profondità di 3,1 m dal p.c. caratterizzato da valori di V_s dell'ordine di 145 m/s, seguito da un secondo sismostrato con base a circa 9 m dal p.c. e con V_s pari a circa 166 m/s.

Segue un potente banco litologico con base posta a profondità di circa 22-23

m dal p.c all'interno del quale il profilo di velocità (Allegato n. 1, stendimento CONCOR11.DAT) distingue due orizzonti i cui valori di Vs differiscono di molto poco (207 e 212 m/s).

A partire da circa 22-23 m di profondità si verifica un incremento di velocità repentino con valori che raggiungono e superano i 370 m/s.

Complessivamente il primo sottosuolo presenta un valore della velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}) pari a circa 233 m/s che corrisponde, secondo la classificazione di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005, ad un terreno di tipo C (*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).*

4.10.1.2. Prova Penetrometrica

Anche la prova penetrometrica n. 14, come la prova n. 13 (Allegato n. 2), non ha raggiunto la profondità d'indagine di 20 m che ci si era prefissata in seguito alla presenza di terreni, a partire dalla profondità di 16 m dal p.c., caratterizzati da valori di resistenza alla punta compresi tra i 20 ed i 30 MPa.

La prova ha attraversato dapprima un orizzonte superficiale prevalentemente argilloso sovraconsolidato, caratterizzato da alti valori di resistenza alla punta (valore medio 1,90 MPa).

Tra le profondità di 1,8 e 8 m dal p.c. è stata invece attraversata una successione di limi e argille (resistenza media alla punta di 0,89 MPa) seguita da uno strato di argille prevalenti (resistenza alla punta alta pari mediamente a 2,77 MPa accompagnata da alti valori di resistenza laterale)¹³ con base posta a 8,6 m dal p.c.

| Strato | Profondità | qc | dev.st (qc) | fs | dev.st(fs) | Litologia |
|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|------------------------|
| | m | MPa | MPa | KPa | KPa | |
| 1 | 0-1,8 | 1,90 | 0,65 | 103,77 | 33,11 | Argille prevalenti |
| 2 | 1,8-8 | 0,89 | 0,20 | 41,95 | 15,50 | Limi e argille |
| 3 | 8-8,6 | 2,77 | 0,93 | 87,22 | 27,07 | Argille prevalenti |
| 4 | 8,6-11,4 | 1,55 | 0,7 | 83,06 | 43,15 | Limi, argille e sabbie |
| 5 | 11,4-19,2 | 17,43 | 8,53 | 425,78 | 221,42 | Sabbie prevalenti |

Tabella 25 - Modello geologico interpretato a partire dalla Prova penetrometrica n. 14. (Legenda: qc - resistenza alla punta; fs - resistenza laterale; dev.st - deviazione standard).

¹³ Non si esclude anche la presenza di una componente sabbiosa significativa all'interno di tale strato.

A partire dalla profondità di 8,6 m dal p.c. si verifica un incremento pressoché lineare dei valori di resistenza con la profondità, probabilmente accompagnati da un aumento della componente sabbiosa.

La sommità dei banchi di sabbie del Po è stata interpretata a circa 11,4 m dal p.c. in corrispondenza di un brusco salto nel grafico della resistenza alla punta con valore che raddoppia quasi passando da 2,84 a 4,61 MPa.

Oltre tale profondità i valori di resistenza continuano ad aumentare pressoché linearmente (se si esclude un "calo" a 8,33 MPa alla profondità di 14,8 m).

Il valore medio di resistenza attribuito alle sabbie è pari a 17,43 MPa (Tabella 25).

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stata ravvisata la presenza della falda freatica nel sottosuolo a partire dalla profondità di circa 2,7 m dal p.c.

4.10.2. Considerazioni sui dati geognostici

Come evidenziato anche nella tabella 25 e nel diagramma penetrometrico (Allegato n.2, prova n. 14) nei primi 10-11 m di profondità (fondazioni superficiali e profonde) del sottosuolo dell'area in esame sono presenti terreni con caratteristiche geotecniche da discrete a buone.

Oltre gli undici metri di profondità sono presenti i corpi sedimentari sabbiosi attribuibili al sistema deposizionale del fiume Po che probabilmente sono particolarmente addensati avendo evidenziato valori di resistenza da molto alti ad elevati.

Considerati tali valori di resistenza si è preferito concentrare la verifica preliminare della suscettività alla liquefazione non tanto sulle sabbie del Po, ma piuttosto sullo strato 3 di cui al modello geologico descritto nella Tabella 25, avvalendosi della metodologia semplificata riportata in A.G.I. (2005).

I valori relativamente alti del coefficiente di sicurezza (1,9) ottenuti nella verifica alla liquefazione (Tabella 19) permettono di escludere in via preliminare l'eventuale liquefazione in condizioni sismiche dei terreni considerati.

Valutazione della suscettibilità alla liquefazione mediante metodo semplificato
(A.G.I. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - linee guida (Ed. provv. 2005) App. E)

| | | |
|---|----------------------|--------------------------|
| <u>Committente:</u> Comune di Concordia | <u>Prova n.</u> | 14 |
| <u>Cantiere:</u> Ambito del PSC n. 10 | <u>Strato n.</u> | 3 |
| <u>Località:</u> | <u>Prof.</u> | 8,3 m |
| | <u>q_c</u> | 27,7 kg/cm ² |
| | <u>f_s</u> | 0,872 kg/cm ² |
| | <u>Falda</u> | 2,7 m da p.c. |
| <u>Data:</u> gennaio 2008 | <u>Rif.</u> | D.M. 14 settembre 2005 |

| | |
|---|--------------|
| Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR : | 0,144 |
|---|--------------|

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$$

dove:

a_{max} è l'accelerazione di picco al piano campagna: 0,19 g

g è l'accelerazione di gravità:

s_v è la tensione totale verticale nel sottosuolo: 15770 kg/m²

s'_v è la tensione efficace verticale nel sottosuolo: 10170 kg/m²

r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica: 0,75

| | |
|---|--------------|
| Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR da prove CPT: | 0,159 |
|---|--------------|

$$CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

dove:

q_{c1N} è la resistenza penetrometrica normalizzata: 27,4 kg/m²

| | |
|--|------------|
| Fattore di scala per la magnitudo MSF : | 1,8 |
|--|------------|

| | |
|---|------------|
| Fattore di sicurezza alla liquefazione F_L : | 2,0 |
|---|------------|

Tabella 26 - Valutazione della suscettibilità a liquefazione per i terreni individuati attraverso la prova penetrometrica 14 (Allegato n. 2) a profondità compresa tra 8 8,6 m dal p.c. nel sottosuolo dell'Ambito di PSC n. 10.

4.10.3. Considerazioni conclusive

In base alle analisi effettuate non si ravvisano controindicazioni alla fattibilità geologica e sismica degli interventi proposti per l'ambito di PSC n. 10.

Per l'ambito valgono le prescrizioni generali riportate nel capitolo "Conclusioni" della presente relazione.

5. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati trattati gli aspetti geologici, litologici, geomorfologici, idrogeologici, e sismologici riguardanti il territorio del Comune di Concordia sulla Secchia con particolare riferimento ai dieci ambiti per nuovi insediamenti previsti dal progetto del Piano Strutturale Comunale.

Per ciascuna area d'ambito ci si è soffermati sulla descrizione delle caratteristiche morfologiche, idrogeologiche, stratigrafiche e sulle indagini geognostiche eseguite, verificando in via preliminare con approccio di tipo semplificato la suscettività a liquefazione degli orizzonti litologici interpretati come sabbiosi sotto falda.

Si elencano qui di seguito le prescrizioni di carattere generale, valide per tutti gli ambiti oggetto dell'indagine.

- ♦ Considerata la presenza di una falda freatica, alimentata dalla superficie, posta a bassa profondità (soggiacenza spesso dell'ordine dei 2 e 4 m da p.c.) e riconosciuta pressoché in gran parte del territorio comunale, qualora si preveda la realizzazione di interrati o seminterrati, si dovranno valutare le condizioni di stabilità delle pareti di scavo e si dovranno prevedere idonei sistemi di allontanamento delle acque di infiltrazione. Più in particolare dovranno adottarsi sistemi di impermeabilizzazione delle murature e di drenaggio delle acque. In caso di eventuale abbattimento delle acque di falda dovranno essere valutate preventivamente le possibili interferenze con gli edifici circostanti e i sistemi di minor impatto possibile (abbattimento minimo necessario) riconducibili ad esempio a tappeti drenanti, escludendo, se non per casi eccezionali e dietro dimostrazione dell'impossibilità di altre soluzioni, l'emungimento solo mediante pozzi.
- ♦ Dalle considerazioni fatte in merito all'elaborazione dei risultati delle indagini geognostiche si ritiene possibile l'adozione pressoché in quasi tutte le aree di variante di fondazioni superficiali sia continue che a plinto, con profondità di posa non inferiore a 0,8-1 m dal piano di campagna. Nel caso di interventi edilizi che comportino la trasmissione di elevati carichi sul terreno, è possibile il ricorso a fondazioni profonde, soprattutto nell'eventualità che gli approfondimenti geognostici evidenzino condizioni litotecniche non spazialmente omogenee.

- ◆ In fase esecutiva si dovrà provvedere ad un approfondimento geognostico sui singoli lotti di intervento per la determinazione della resistenza di progetto, nonché porre particolare attenzione ai cedimenti assoluti, differenziali e relative distorsioni.

Valgono inoltre le seguenti prescrizioni particolari per gli ambiti richiamati:

- Ambito n. 2: In fase di progettazione esecutiva occorrerà provvedere alla redazione di un progetto di ripristino e di sistemazione dei cedimenti di riva individuati lungo il canale Dugale Ronchi, qualora non già affrontato con la progettazione di POC;
- Ambito n. 7: L'indagine di approfondimento geognostico dovrà essere indirizzata, tra le altre cose, a definire con più precisione la reale estensione (sia laterale che in profondità) dello strato relativamente debole che è stato individuato attraverso la prova penetrometrica a profondità compresa tra 6,2 e 9,2 m;
- Ambito n. 8: L'indagine di approfondimento geognostico dovrà essere indirizzata, tra le altre cose, a verificare l'esistenza e l'estensione del banco formato da terreni a debole resistenza che la prova penetrometrica ha attraversato a partire dal piano campagna fino alla profondità di circa 10-12 m. Si sottolinea che il dato geognostico è puntuale e pertanto esprime una realtà localizzata che dovrà essere verificata. Siffatte situazioni, qualora confermate, per le caratteristiche di bassa resistenza e cedevolezza dei terreni superficiali (bassi valori dell'angolo di attrito interno e della coesione nonché elevata compressibilità) sono solitamente risolvibili attraverso l'adozione di fondazioni profonde.

Bastiglia, lì 26.01.2009

Dott. Geol. Giorgio Gasparini

. BIBLIOGRAFIA CITATA E CONSULTATA

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - (2005) *“Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - LINEE GUIDA”*, Appendice E, (Ed. provv. Marzo 2005) Pàtron Editore - Bologna.
- AA.VV. (1979) – *Lineamenti Idrogeologici della Pianura Padana*. I.R.S.A. Quad. n. 28.
- AA.VV. (1984) – *Cartografia Tematica per la valutazione del territorio del comprensorio della Bassa Modenese*. Tipografia Pivetti Mirandola, pp. 82.
- AA.VV. (1993) – *I suoli della Pianura modenese*. pp. 124.
- AA.VV. (1997) – *Carta Geomorfologica della Pianura Padana*. S.EL.CA., Firenze.
- Castellarin A., Eva C., Giglia G. & Vai G.B. (con contributo di Rabbi E., Pini G.A. & Crestana G.) (1985) – *Analisi strutturale del fronte appenninico padano*. Giornale di Geologia, Ser. 3, n. 47, 47-76.
- Cremaschi M., Bernabò Brea M., Tirabassi J., D'Agostini A., Dll'Aglia P.M., Magri S., Baracchi W., Marchesini A. & Nepoti S. (1980) – *L'evoluzione della pianura emiliana durante l'età del bronzo, l'età romana e l'alto medioevo: geomorfologia ed insediamenti*. In Padusa XVI (1-4), 53-158.
- Cremonini S. (1985) – *Analisi morfodinamica preliminare della pianura reggiano-modenese tra Crostolo e Secchia*. Quad. dell'Assessorato agli Istituti Culturali del Comune di Carpi, 14, 13-20.
- Fazzini P., Gasperi G. & Gelmini R. (1976) – *Litologia di superficie dell'alta e media pianura modenese*. Atti. Soc. Nat. e Mat. di Modena, 107, 53-66.
- Pieri M. & Groppi G. (1981) – *Subsurface geological structures of the Po Plain, Italy*. C.N.R. Prog. Finalizz. Geodinamica Pubbl. n. 414.
- Regione Emilia Romagna (1999) – *Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna*. Scala 1:250.000. S.EL.CA, Firenze.
- Regione Emilia Romagna, ENI-AGIP (1998) – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna*. A cura di G. Di Dio. S.EL.CA. (Firenze), 120 pp.

INDICE RELAZIONE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 1 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO | 4 |
| 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 5 |
| 3.1. <i>Geologia strutturale e stratigrafia</i> | 5 |
| 3.2. <i>Geomorfologia</i> | 8 |
| 3.3. <i>Idrogeologia.....</i> | 9 |
| 3.4. <i>Sismicità e pericolosità sismica</i> | 9 |
| 4. AREE DI VARIANTE | 13 |
| 4.1. <i>Ambito di PSC n. 1 - Concordia nord - Malcantone.....</i> | 14 |
| 4.1.1. <i>Generalità.....</i> | 14 |
| 4.1.2. <i>Indagini geognostiche.....</i> | 14 |
| 4.1.2.1. <i>Stendimenti MASW.....</i> | 15 |
| 4.1.2.2. <i>Prove penetrometriche</i> | 16 |
| 4.1.3. <i>Considerazioni sui dati geognostici.....</i> | 17 |
| 4.1.4. <i>Considerazioni conclusive</i> | 19 |
| 4.2. <i>Ambito di PSC n. 2 - Concordia est - C. Dugale</i> | 20 |
| 4.2.1. <i>Generalità.....</i> | 20 |
| 4.2.2. <i>Indagini geognostiche.....</i> | 20 |
| 4.2.2.1. <i>Stendimento MASW.....</i> | 20 |
| 4.2.2.2. <i>Prova Penetrometrica.....</i> | 22 |
| 4.2.3. <i>Considerazioni sui dati geognostici.....</i> | 22 |
| 4.2.4. <i>Considerazioni conclusive</i> | 23 |
| 4.3. <i>Ambito di PSC n. 3 - Concordia est - F. Dugarola.....</i> | 24 |
| 4.3.1. <i>Generalità.....</i> | 24 |
| 4.3.2. <i>Indagini geognostiche.....</i> | 24 |
| 4.3.2.1. <i>Stendimento MASW.....</i> | 24 |
| 4.3.2.2. <i>Prova Penetrometrica.....</i> | 25 |
| 4.3.3. <i>Considerazioni sui dati geognostici.....</i> | 26 |
| 4.3.4. <i>Considerazioni conclusive</i> | 27 |

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE

ARKIGEO

di Gasparini Dott. Geol. Giorgio

Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)

Tel. /Fax : 059 – 815262

e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»

C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

| | |
|--|----|
| 4.4. Ambito di PSC n. 4 - Concordia nord - St. Palmieri - C. Rebecchi..... | 28 |
| 4.4.1. Generalità..... | 28 |
| 4.4.2. Indagini geognostiche..... | 28 |
| 4.4.2.1. Stendimenti MASW..... | 29 |
| 4.4.2.2. Prova Penetrometrica..... | 30 |
| 4.4.3. Considerazioni sui dati geognostici..... | 31 |
| 4.4.4. Considerazioni conclusive..... | 34 |
| 4.5. Ambito di PSC n. 5 - San Giovanni est..... | 35 |
| 4.5.1. Generalità..... | 35 |
| 4.5.2. Indagini geognostiche..... | 35 |
| 4.5.2.1. Stendimento MASW..... | 35 |
| 4.5.2.2. Prova Penetrometrica..... | 36 |
| 4.5.3. Considerazioni sui dati geognostici..... | 37 |
| 4.5.4. Considerazioni conclusive..... | 38 |
| 4.6. Ambito di PSC n. 6 - Fossa nord..... | 39 |
| 4.6.1. Generalità..... | 39 |
| 4.6.2. Indagini geognostiche..... | 39 |
| 4.6.2.1. Stendimento MASW..... | 39 |
| 4.6.3. Considerazioni conclusive..... | 40 |
| 4.6.3.1. Prova Penetrometrica..... | 41 |
| 4.6.4. Considerazioni sui dati geognostici..... | 41 |
| 4.6.5. Considerazioni conclusive..... | 42 |
| 4.7. Ambito di PSC n. 7 - Fossa est..... | 43 |
| 4.7.1. Generalità..... | 43 |
| 4.7.2. Indagini geognostiche..... | 43 |
| 4.7.2.1. Stendimenti MASW..... | 43 |
| 4.7.2.2. Prova Penetrometrica..... | 44 |
| 4.7.3. Considerazioni sui dati geognostici..... | 45 |
| 4.7.4. Considerazioni conclusive..... | 46 |
| 4.8. Ambito di PSC n. 8 - Fossa sud..... | 47 |
| 4.8.1. Generalità..... | 47 |
| 4.8.2. Indagini geognostiche..... | 47 |
| 4.8.2.1. Stendimento MASW..... | 47 |
| 4.8.2.2. Prova Penetrometrica..... | 48 |
| 4.8.3. Considerazioni sui dati geognostici..... | 48 |
| 4.8.4. Considerazioni conclusive..... | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 4.9. Ambito di PSC n. 9 - Vallalta nord | 51 |
| 4.9.1. Generalità..... | 51 |
| 4.9.2. Indagini geognostiche..... | 52 |
| 4.9.2.1. Stendimenti MASW..... | 52 |
| 4.9.2.2. Prova Penetrometrica..... | 52 |
| 4.9.3. Considerazioni sui dati geognostici..... | 53 |
| 4.9.4. Considerazioni conclusive | 54 |
| 4.10. Ambito di PSC n. 10 - Vallalta sud..... | 55 |
| 4.10.1. Indagini geognostiche..... | 55 |
| 4.10.1.1. Stendimenti MASW | 55 |
| 4.10.1.2. Prova Penetrometrica | 56 |
| 4.10.2. Considerazioni sui dati geognostici..... | 57 |
| 4.10.3. Considerazioni conclusive | 58 |
| 5. CONCLUSIONI..... | 59 |
| . BIBLIOGRAFIA CITATA E CONSULTATA | 61 |

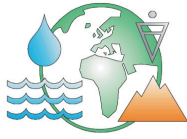
ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO N. 1 – Profili sismici MASW

ALLEGATO N. 2 – Diagrammi Prove Penetrometriche

PROFILI SISMICI MASW

(Eseguiti a Gennaio 2008)



DOTT. STEFANO RIGHETTI GEOLOGO

via G. Giacosa, 7
42100 Reggio Emilia (RE)
tel.: +39 0522 322516 - +39 340 8063931
Cod. fisc. RGH SFN 62T22 H294N P. IVA 01824240350

INDAGINI SISMICHE

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA:

- Sismografo PASI mod. 16SG24 a 24 canali;
- 24 geofoni verticali con sensibilità minima di 10 Hz per sismostratigrafia a rifrazione;
- 24 geofoni orizzontali con sensibilità minima di 10 Hz per determinazione della Vs30 con il metodo a rifrazione;
- 24 geofoni verticali con sensibilità minima di 4.5 Hz per determinazione della Vs30 con il metodo MASW;
- Software Winsism v. 8.0 per la determinazione della sismostratigrafia e della Vs30 con il metodo a rifrazione;
- Software WinMASW v. 1.5 per la determinazione della Vs30 con il metodo MASW.

CANTIERE:

Ambiti diversi - Comune di Concordia s/Secchia (MO)

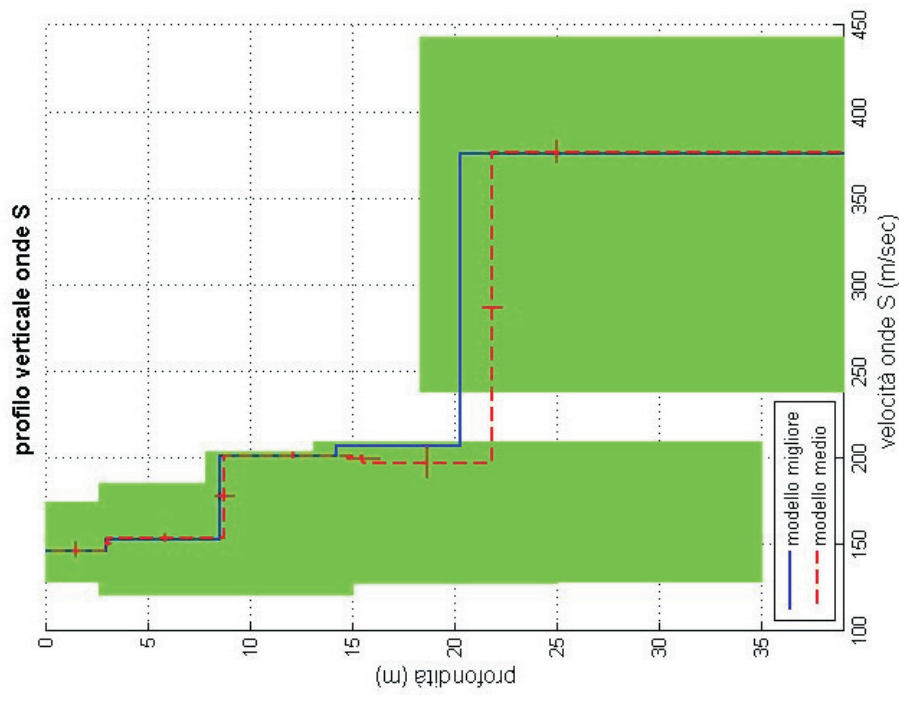
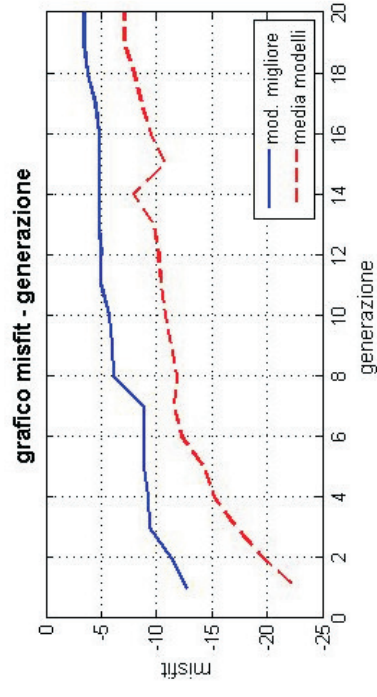
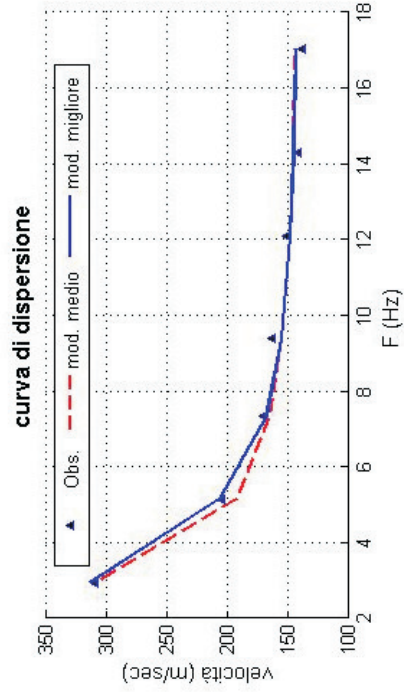
LOCALITÀ: Concordia s/Secchia (MO).

DATA: 21 Gennaio 2008.

COMMITTENTE:

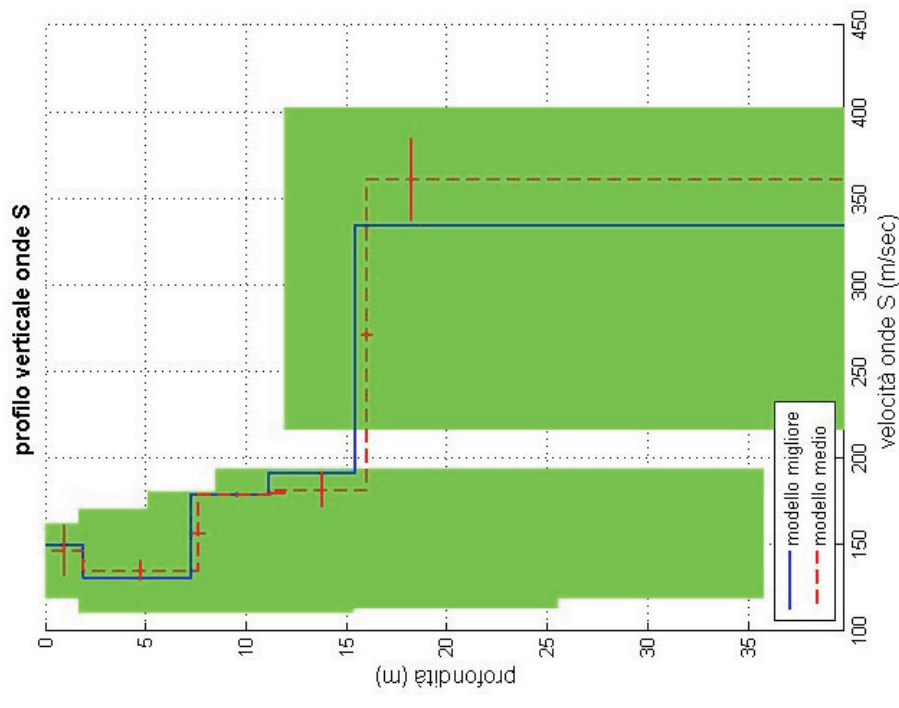
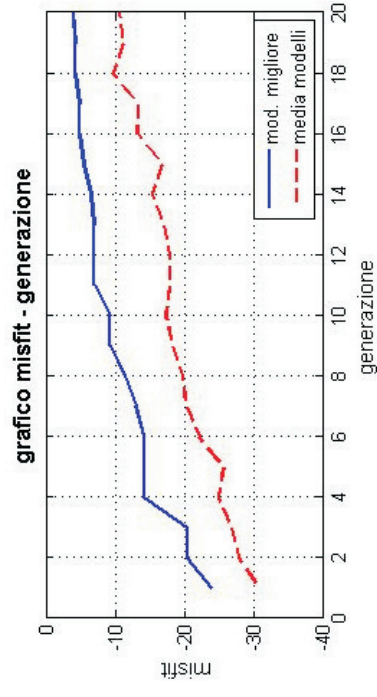
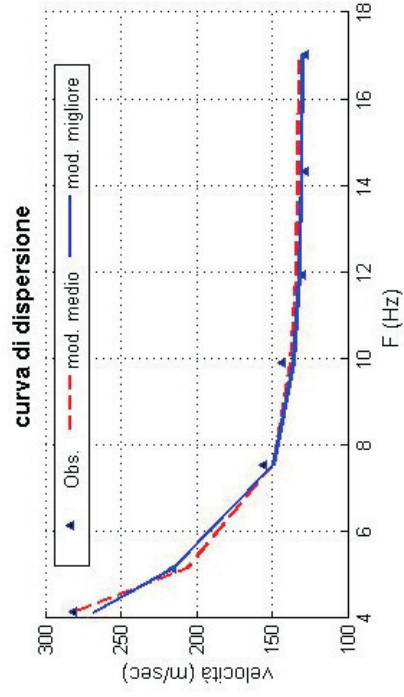
Nota: La determinazione della velocità delle onde di taglio Vs30 è realizzata ai sensi del D.M. 14/09/2005 e della Del. G.R. 112/2007.





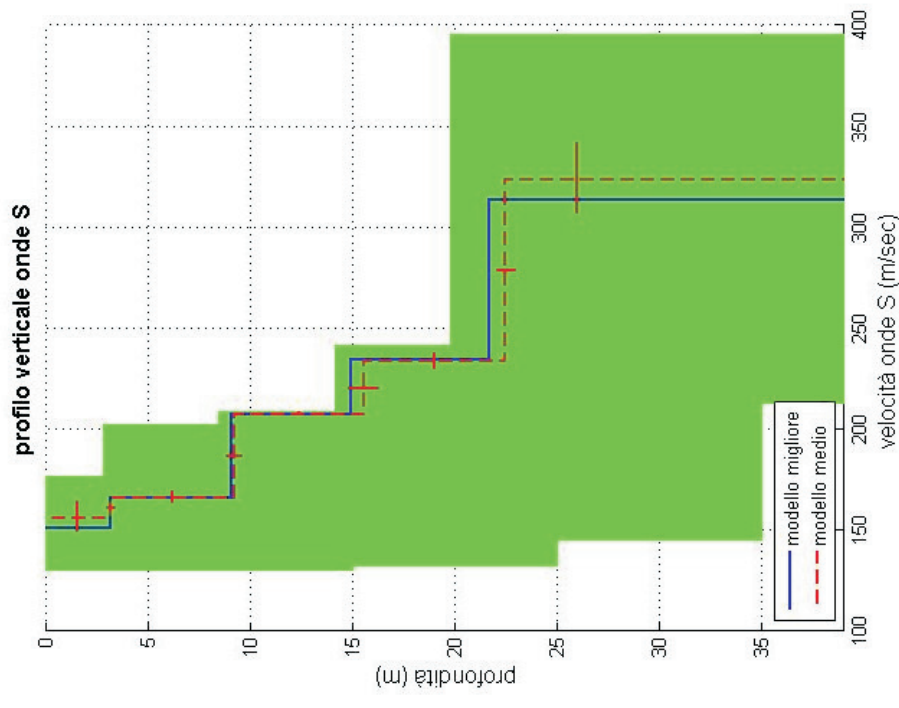
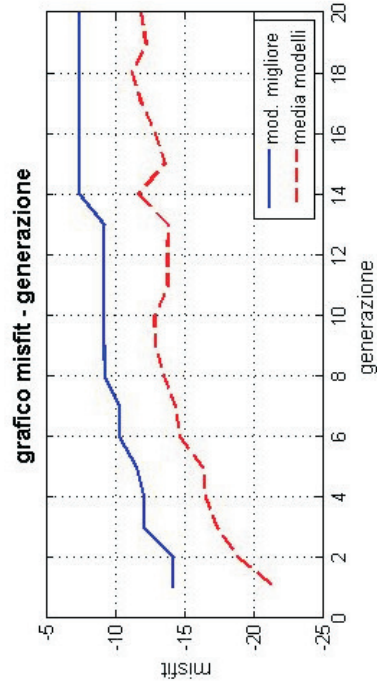
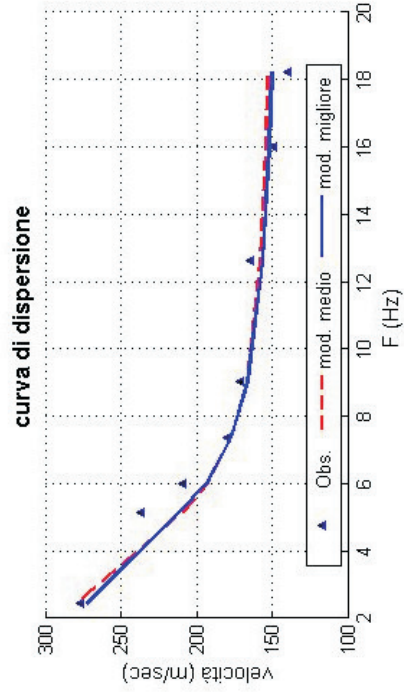
dataset: CONCOR1.DAT
 curva di dispersione: Concordia 1.txt
 modello migliore VS30: 244 m/sec
 modello medio VS30: 237 m/sec





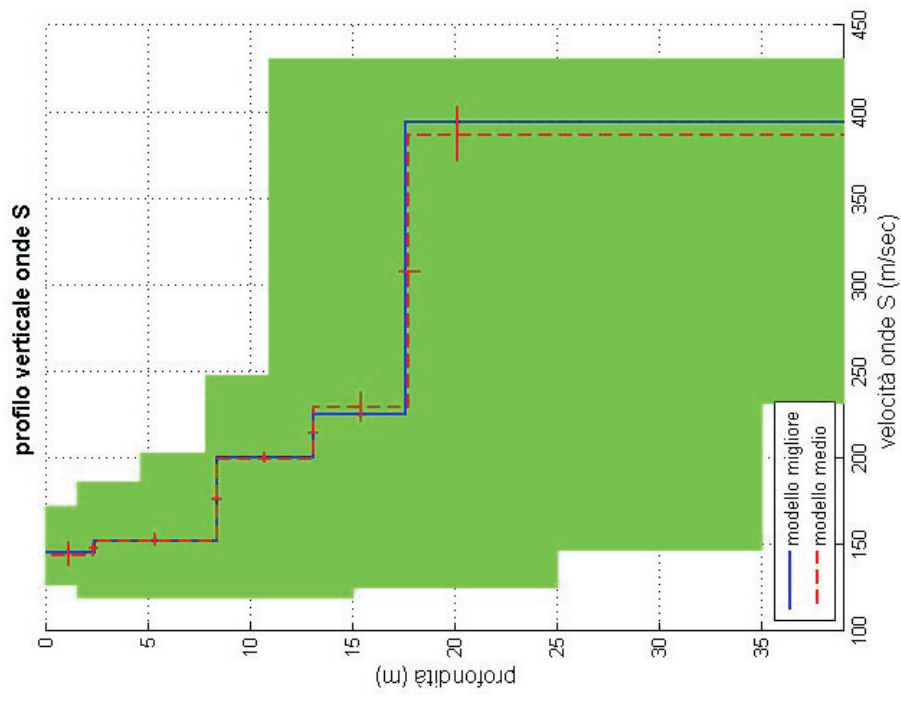
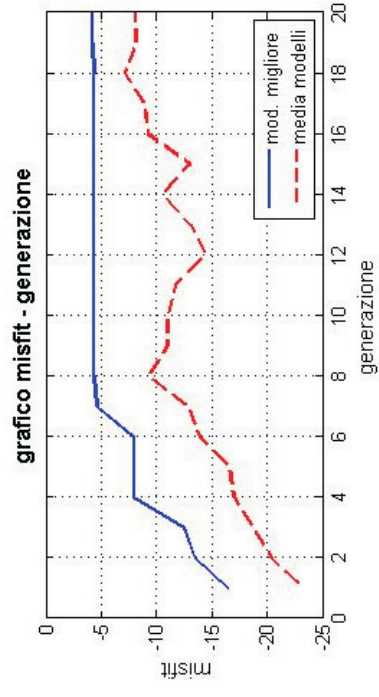
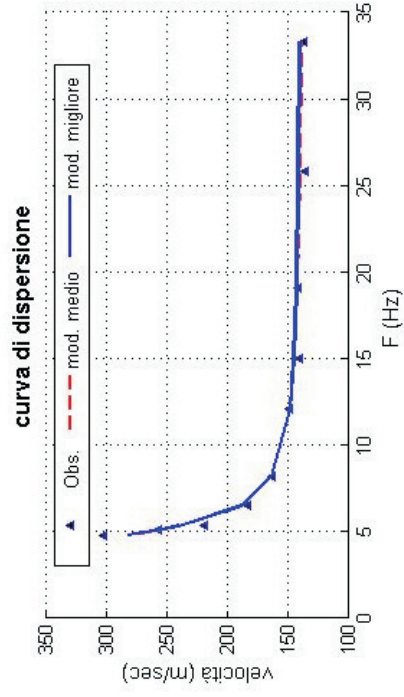
dataset: CONCOR2.DAT
 curva di dispersione: Concordia 2.txt
 modello migliore VS30: 245 m/sec
 modello medio VS30: 251 m/sec





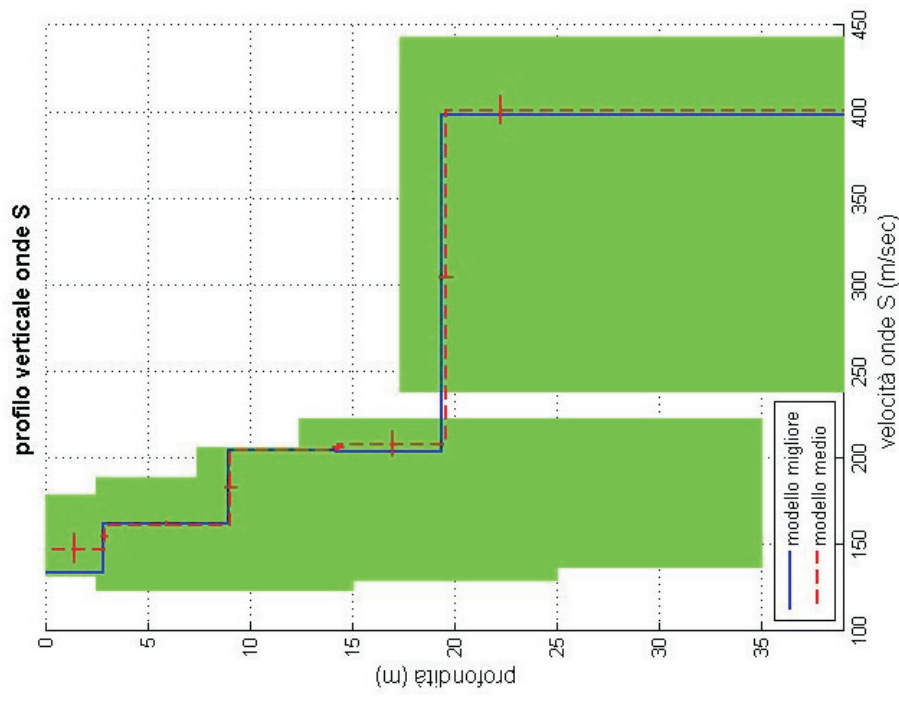
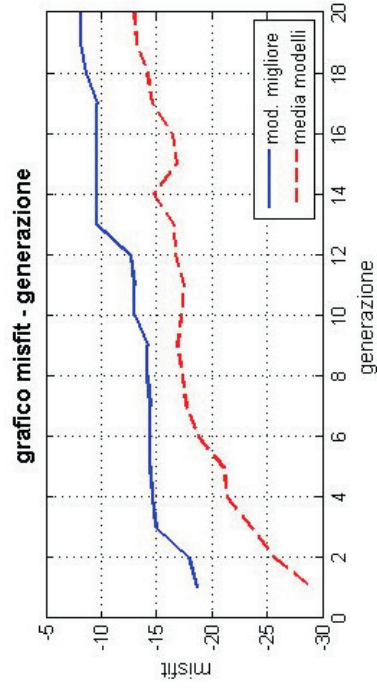
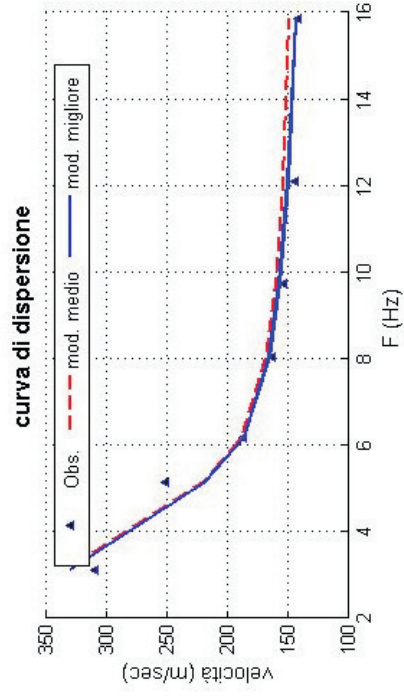
dataset: CONCOR3.DAT
 curva di dispersione: Concordia 3.txt
 modello migliore VS30: 230 m/sec
 modello medio VS30: 229 m/sec





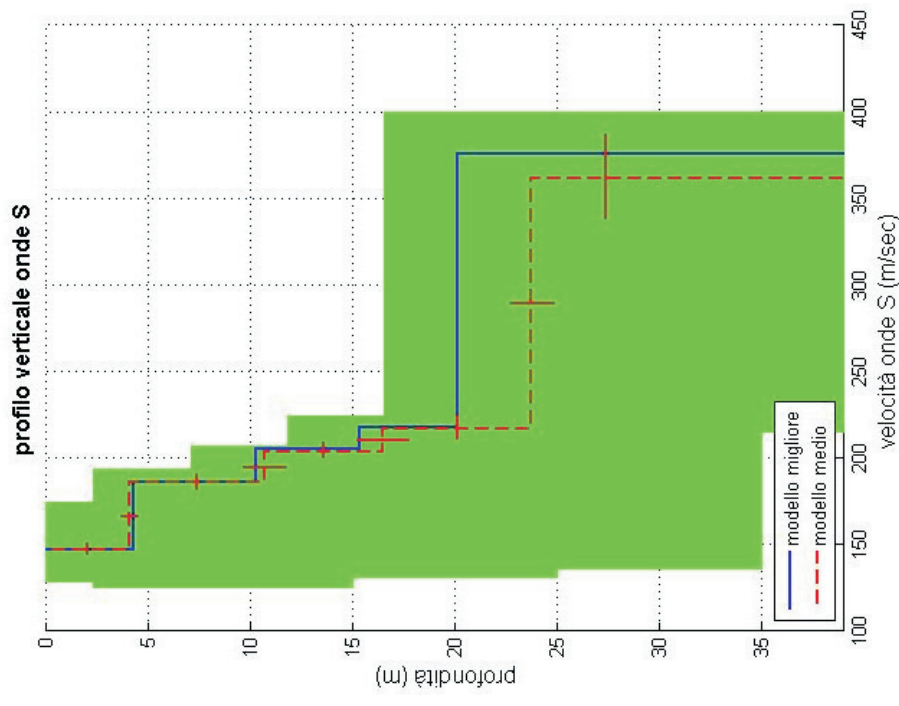
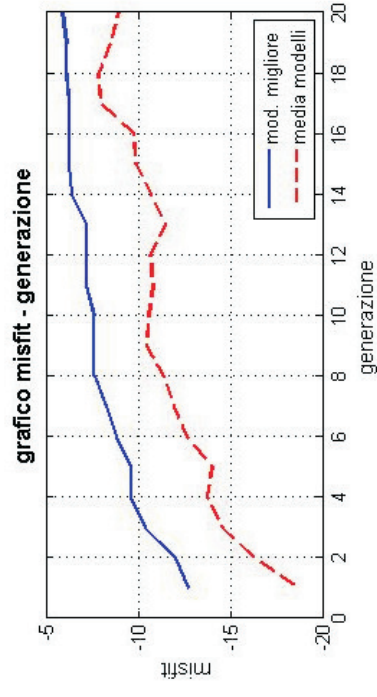
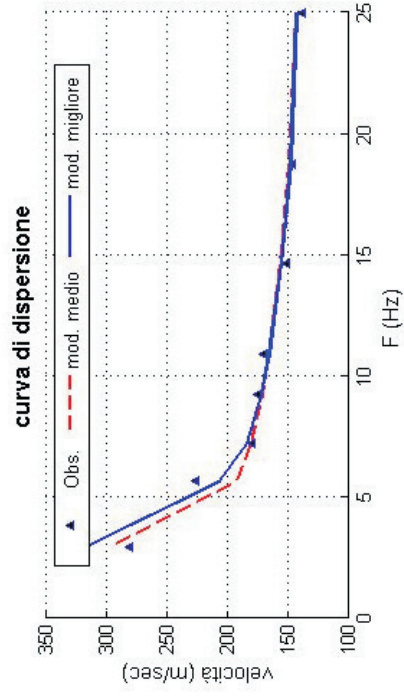
dataset: CONCOR4.DAT
curva di dispersione: Concordia 4.txt
modello migliore VS30: 271 m/sec
modello medio VS30: 268 m/sec





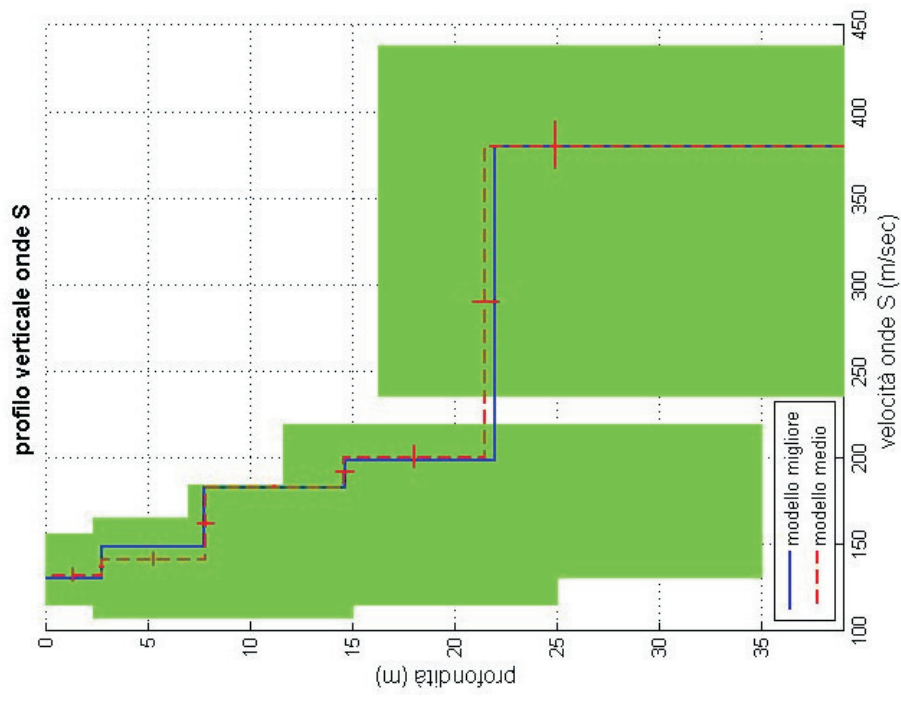
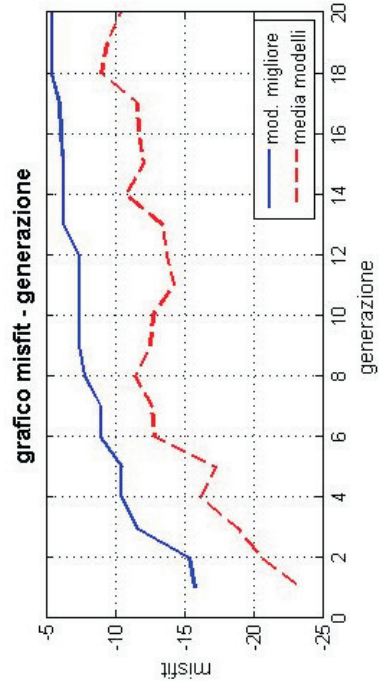
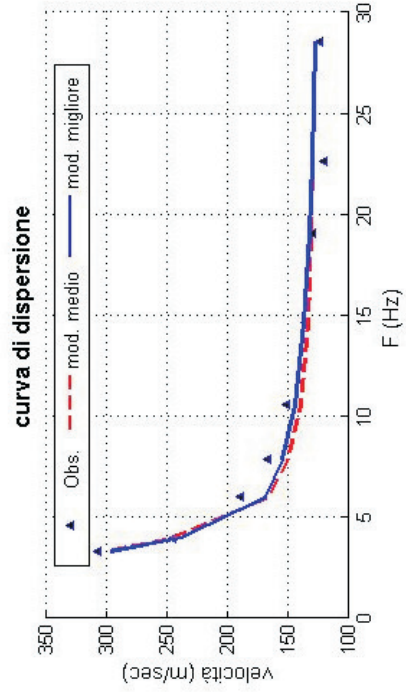
dataset: CONCOR5.DAT
 curva di dispersione: Concordia 5.txt
 modello migliore VS30: 257 m/sec
 modello medio VS30: 260 m/sec





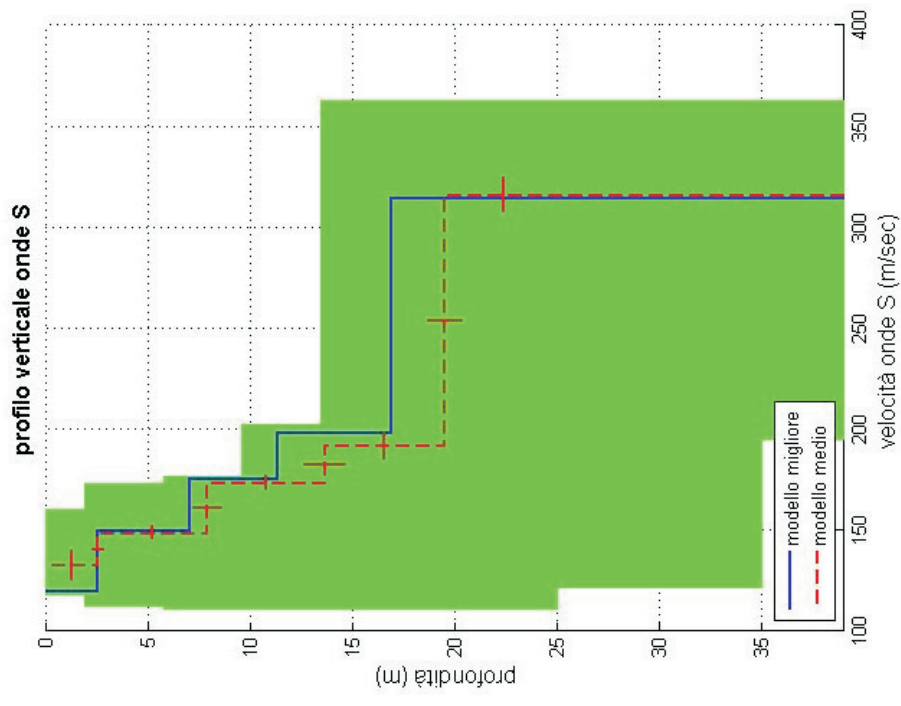
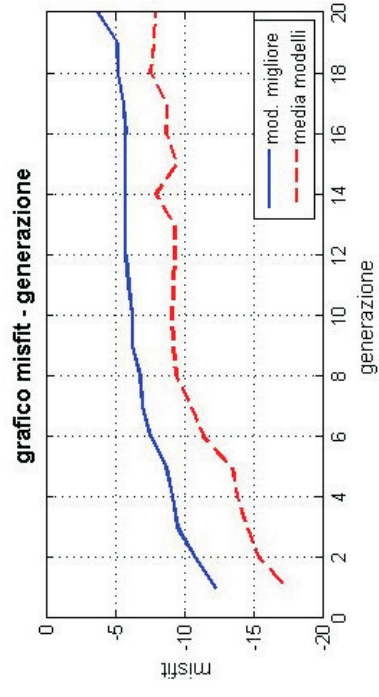
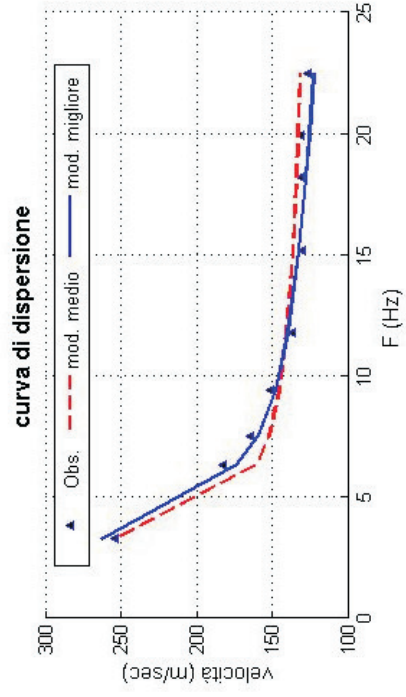
dataset: CONCOR6.DAT
 curva di dispersione: Concordia 6.txt
 modello migliore VS30: 250 m/sec
 modello medio VS30: 231 m/sec





dataset: CONCOR7.DAT
 curva di dispersione: Concordia 7.txt
 modello migliore VS30: 234 m/sec
 modello medio VS30: 233 m/sec





dataset: CONCOR8.DAT
 curva di dispersione: Concordia 8.txt
 modello migliore VS30: 233 m/sec
 modello medio VS30: 220 m/sec



curva di dispersione

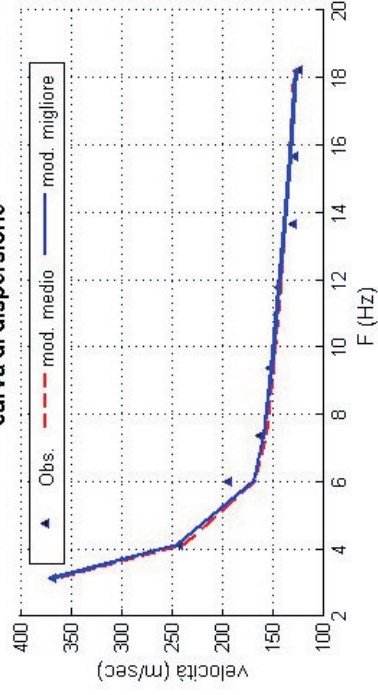
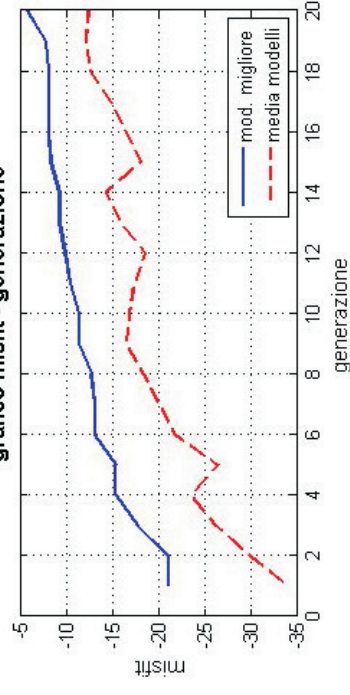
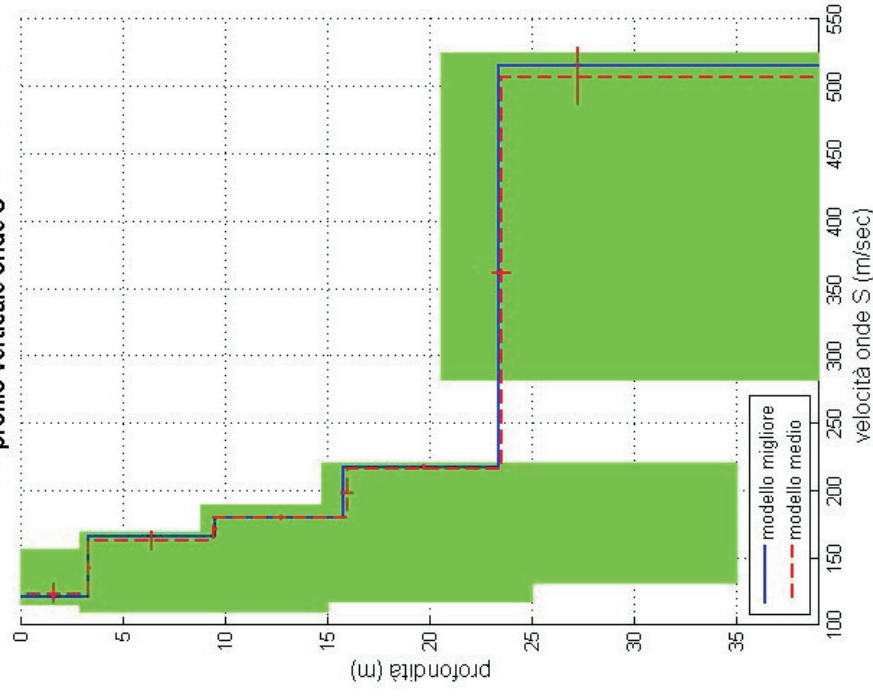


grafico misfit - generazione



profilo verticale onde S



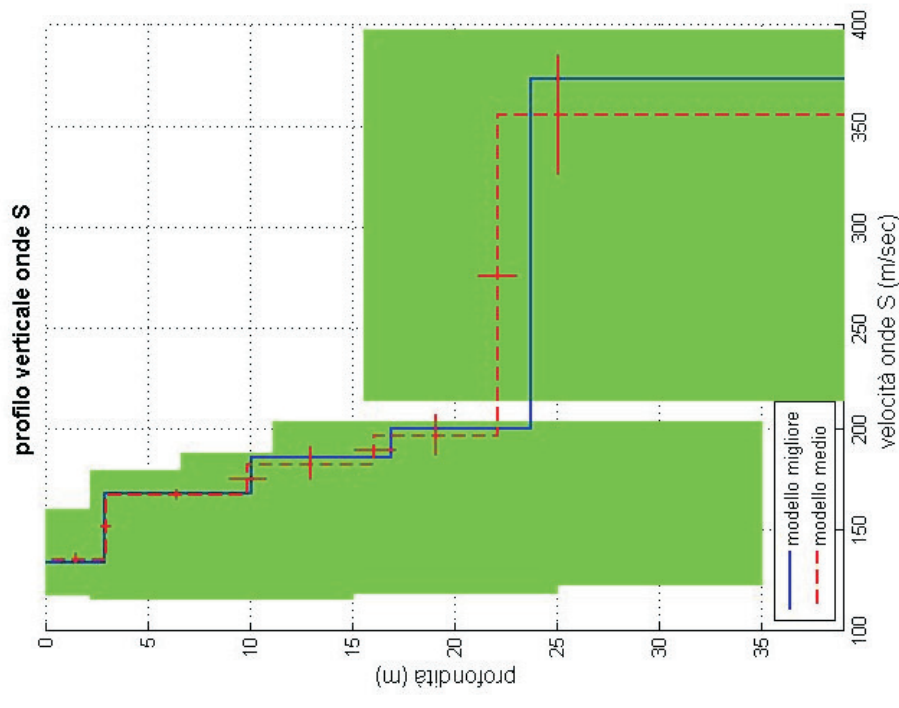
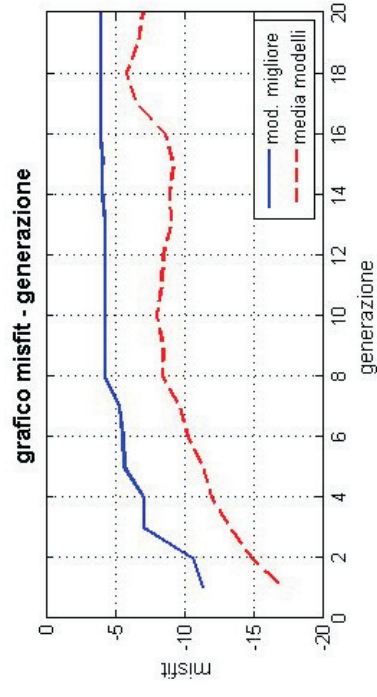
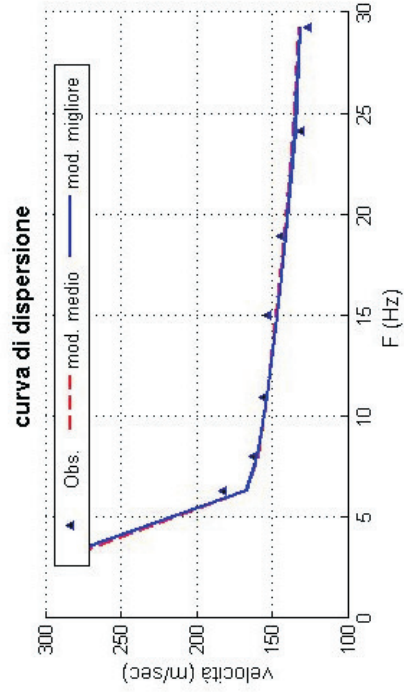
dataset: CONCOR9.DAT

curva di dispersione: Concordia 9.txt

modello migliore VS30: 256 m/sec

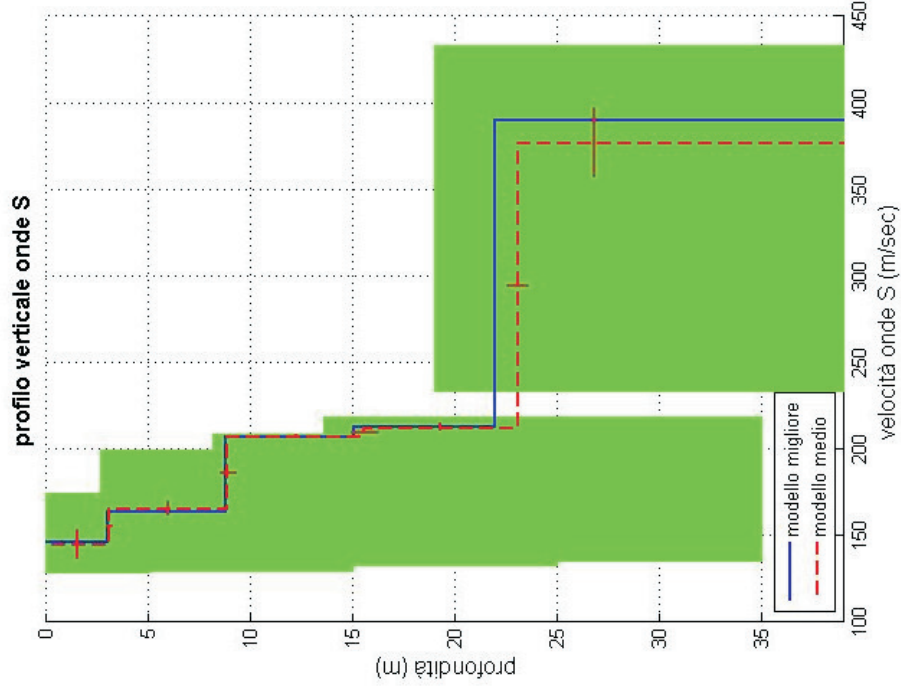
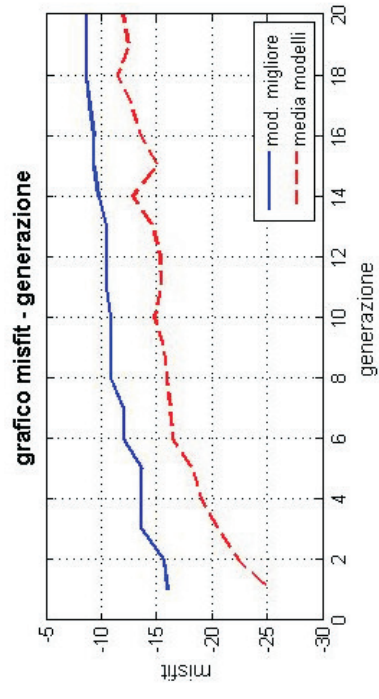
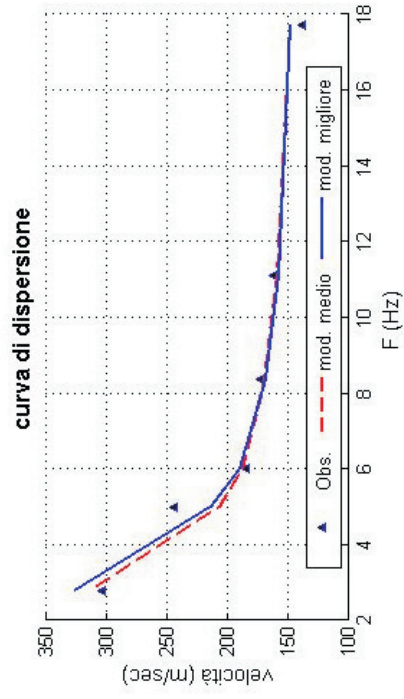
modello medio VS30: 253 m/sec





dataset: CONCOR10.DAT
 curva di dispersione: Concordia 10.txt
 modello migliore VS30: 222 m/sec
 modello medio VS30: 222 m/sec





dataset: CONCOR11.DAT
curva di dispersione: Concordia 11.txt
modello migliore VS30: 241 m/sec
modello medio VS30: 233 m/sec



DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

(eseguite a Gennaio 2008)

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
GOUDA 200 kN -

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $= 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing : 35.7 mm - h: 133 mm - A: 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm/sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $Q_c (\text{MPa}) = (\text{prima lettura}) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $F_s (\text{kPa}) = [(\text{seconda lettura}) - (\text{prima lettura})] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale: $R_t (\text{kPa}) = (\text{terza lettura}) \times CT$

$Q_c / F_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = $1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa}$ \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = $1 \text{ MN/m}^2 = 1.000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa}$ \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (Q_c / F_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

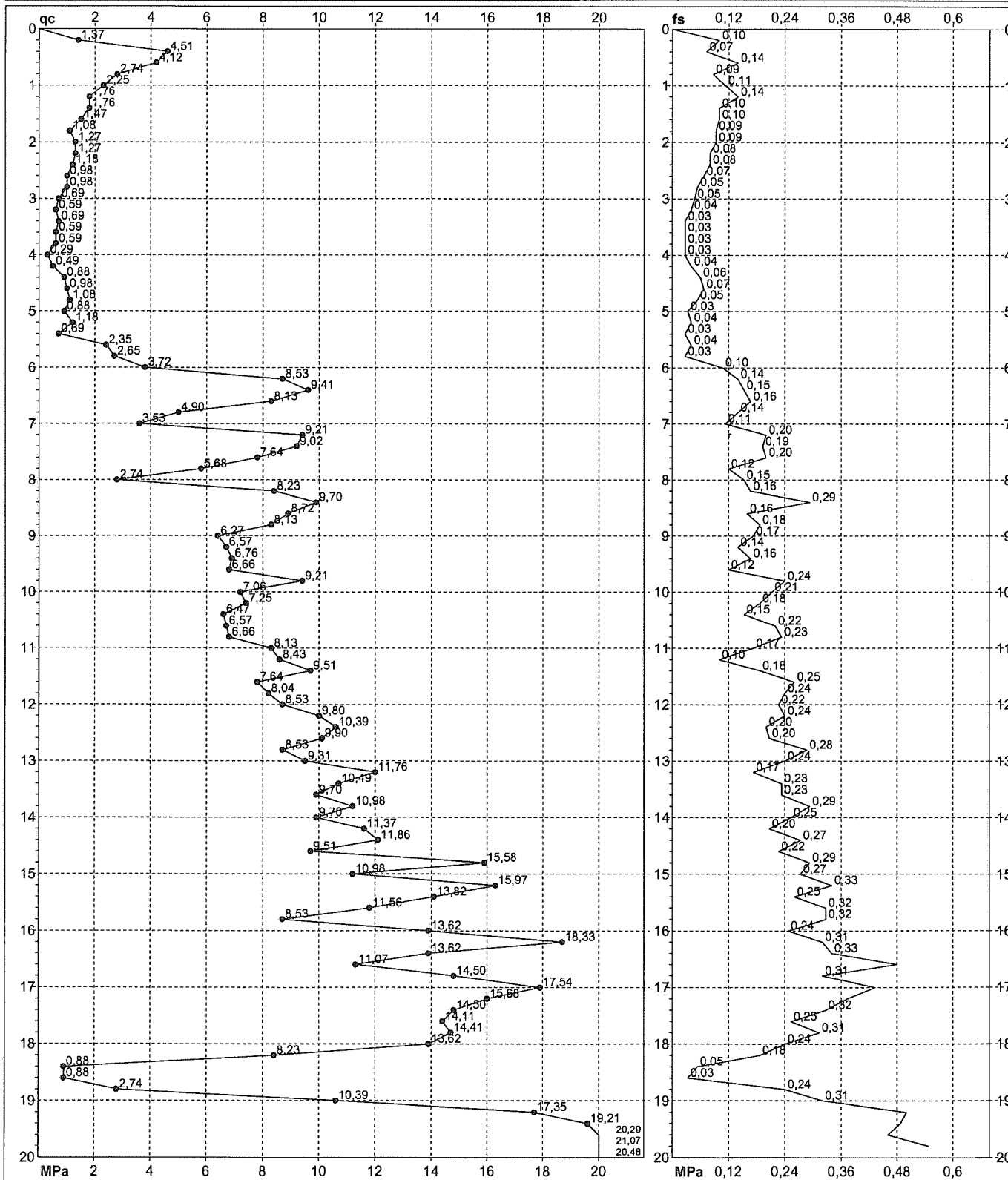
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 1 |
| certificato n° | 01216 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/01/2008**
Scala: **1:100** Data certificato: **14/01/2008**
Pagina: **2/2** Preforo: **m**
Elaborato: **Falda: -3.20 m**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

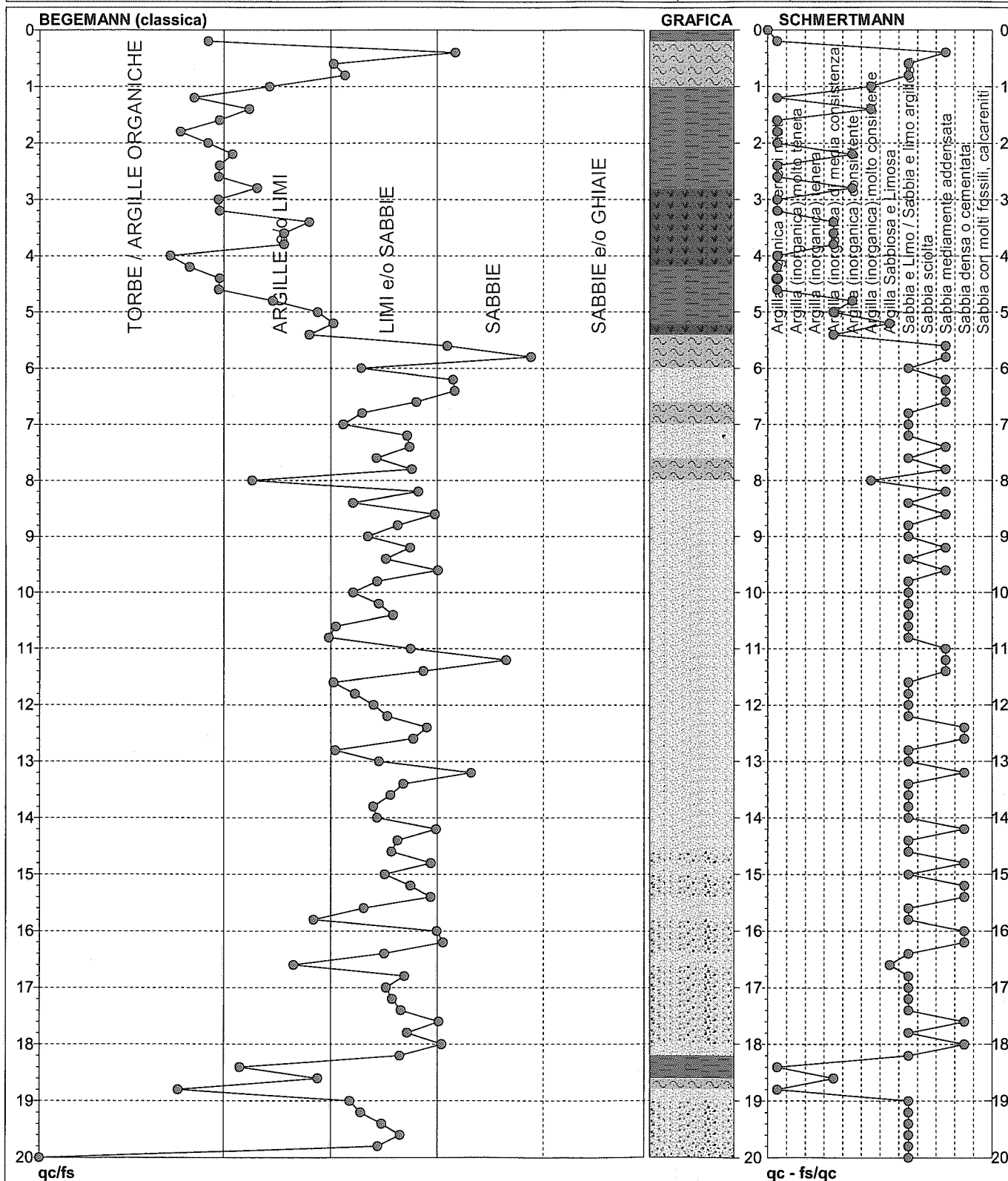
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 1

Committente: Studio geologico Arkigeo
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
 Scala: 1:100
 Pagina: 1
 Elaborato:
 Data eseg.: 11/01/2008
 Preforo: m
 Falda: -3.20 m



Torbe / Argille organiche 15 punti,
 Argille e/o Limi : 19 punti,
 Limi e/o Sabbie : 60 punti,
 Sabbie: 6 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 15 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 6 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 3 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 3 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 2 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 44 punti,
 Sabbia sciolta: 0 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 15 punti,
 Sabbia densa o cementata: 11 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

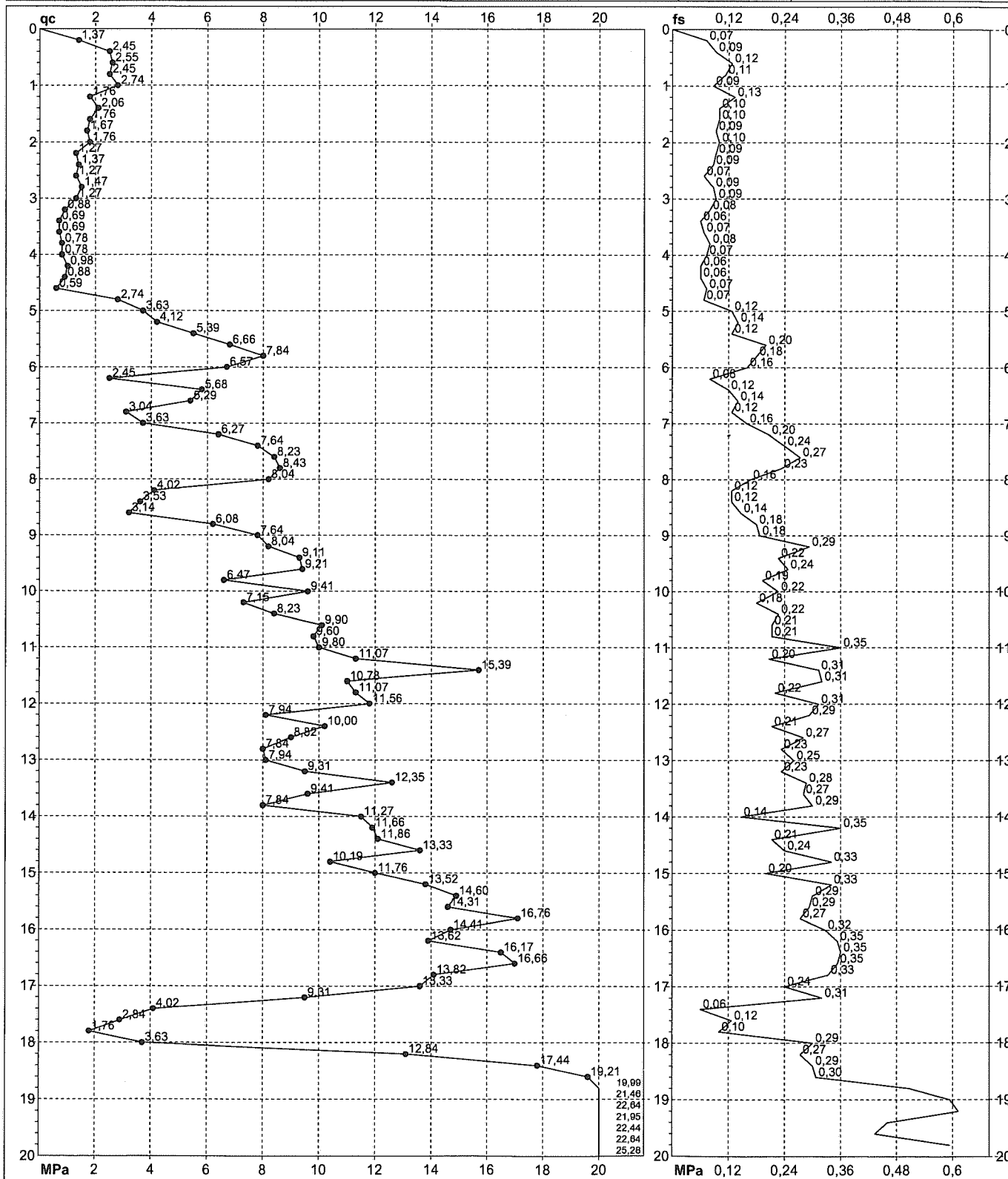
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|----------|
| n° | 2 |
| certificato n° | 01217 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec.: **11/01/2008**
Scala: **1:100** Data certificato: **14/01/2008**
Pagina: **2/2** Preforo: m
Elaborato: Falda: **-3.30 m**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: kN/ml

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°

2

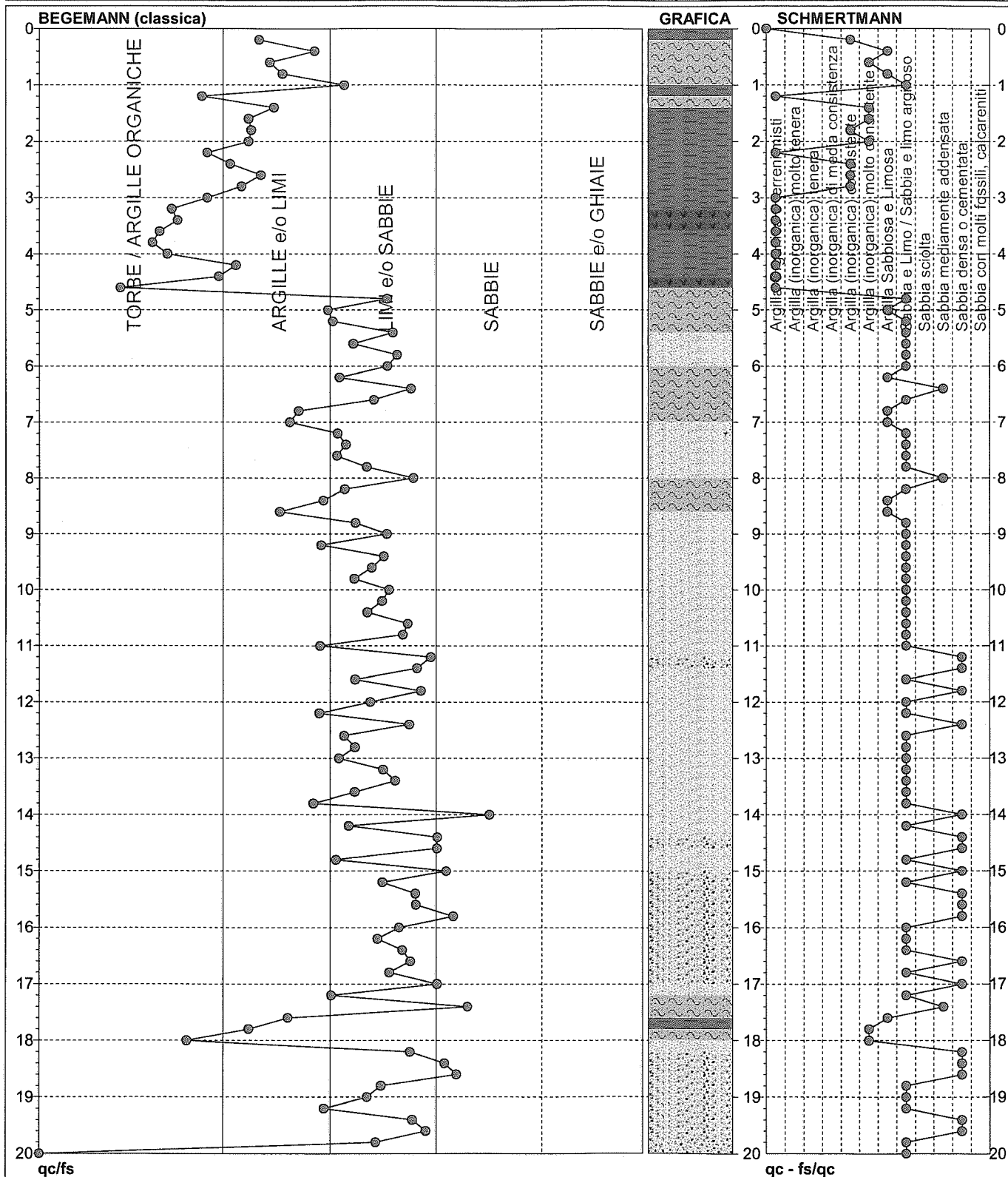
Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:

Data exec.: 11/01/2008

Preforo: m

Falda: -3.30 m



Torbe / Argille organiche 12 punti,
Argille e/o Limi : 26 punti,
Limi e/o Sabbie : 58 punti,
Sabbie: 4 punti,
Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 11 punti,
Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) media consistenza: 0 punti,
Argilla (inorganica) consistente: 5 punti,
Argilla (inorganica) molto consistente: 6 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 9 punti,
Sabbia e Limi / Sabbia e limo argill.: 47 punti,
Sabbia sciolta: 0 punti,
Sabbia mediamente addensata: 3 punti,
Sabbia densa o cementata: 18 punti,
Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

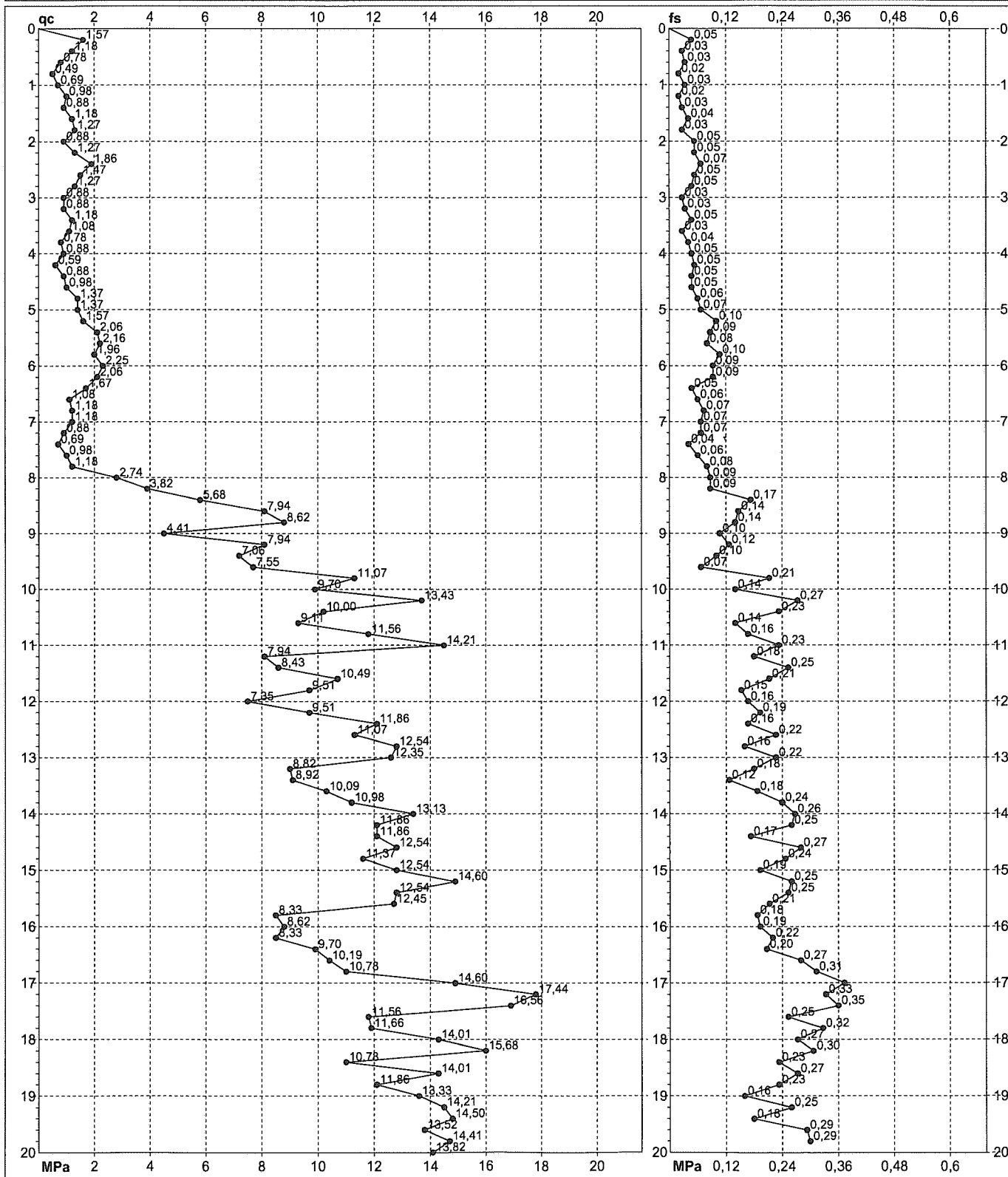
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 3 |
| certificato n° | 01224 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/2**
Elaborato:
Data eseg.: **15/01/2008**
Data certificato: **15/01/2008**
Preforo: **m**
Falda: **-2.0 m**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

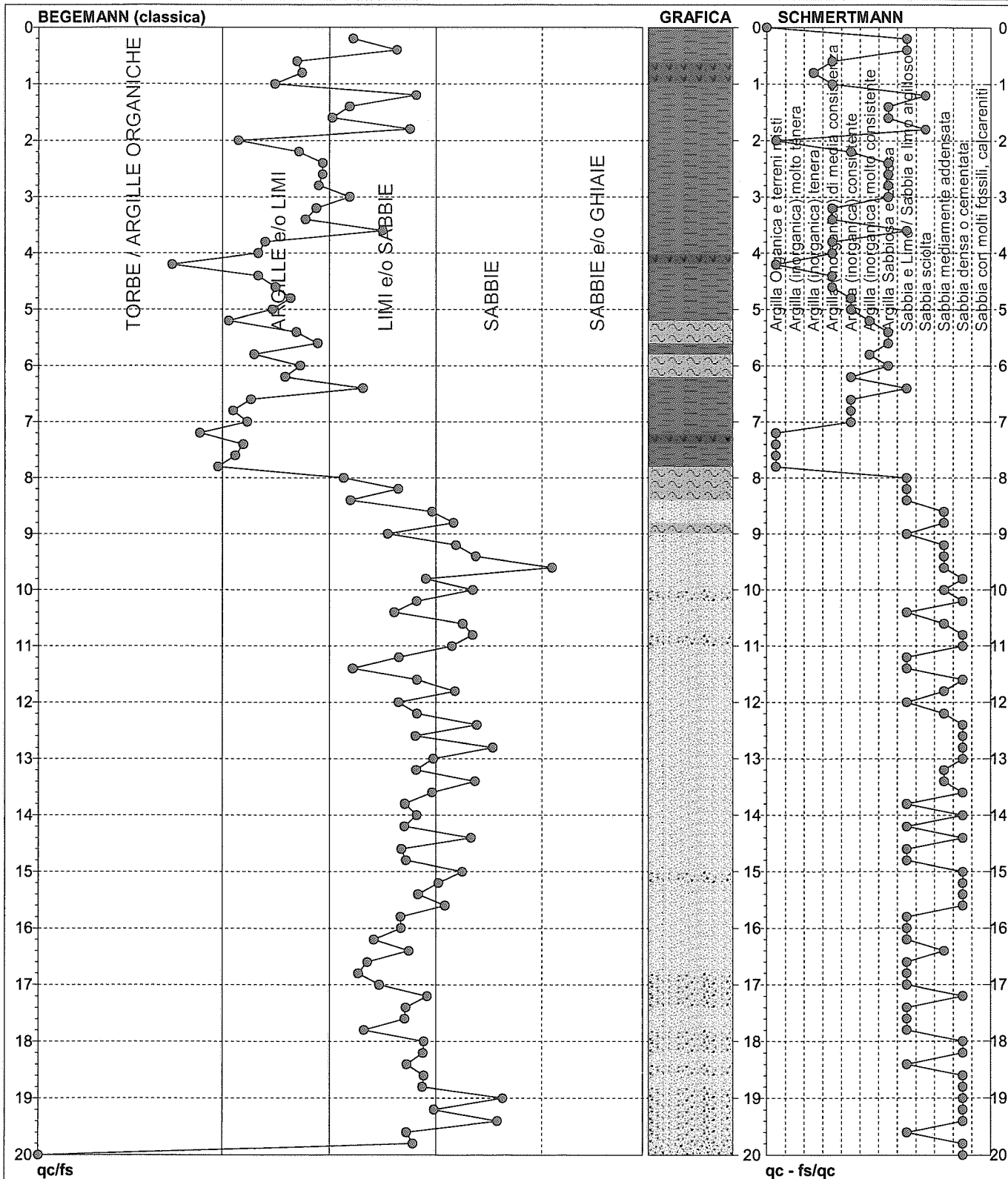
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 3

Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:
Data exec.: 15/01/2008
Preforo: m
Falda: -2.0 m



Torbe / Argille organiche : 4 punti,
Argille e/o Limi : 28 punti,
Limi e/o Sabbie : 52 punti,
Sabbie: 16 punti,
Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 6 punti,
Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) tenera: 1 punti,
Argilla (inorganica) media consistenza: 8 punti,
Argilla (inorganica) consistente: 7 punti,
Argilla (inorganica) molto consistente: 2 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 9 punti,
Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 27 punti,
Sabbia sciolta: 2 punti,
Sabbia mediamente addensata: 12 punti,
Sabbia densa o cementata: 25 punti,
Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

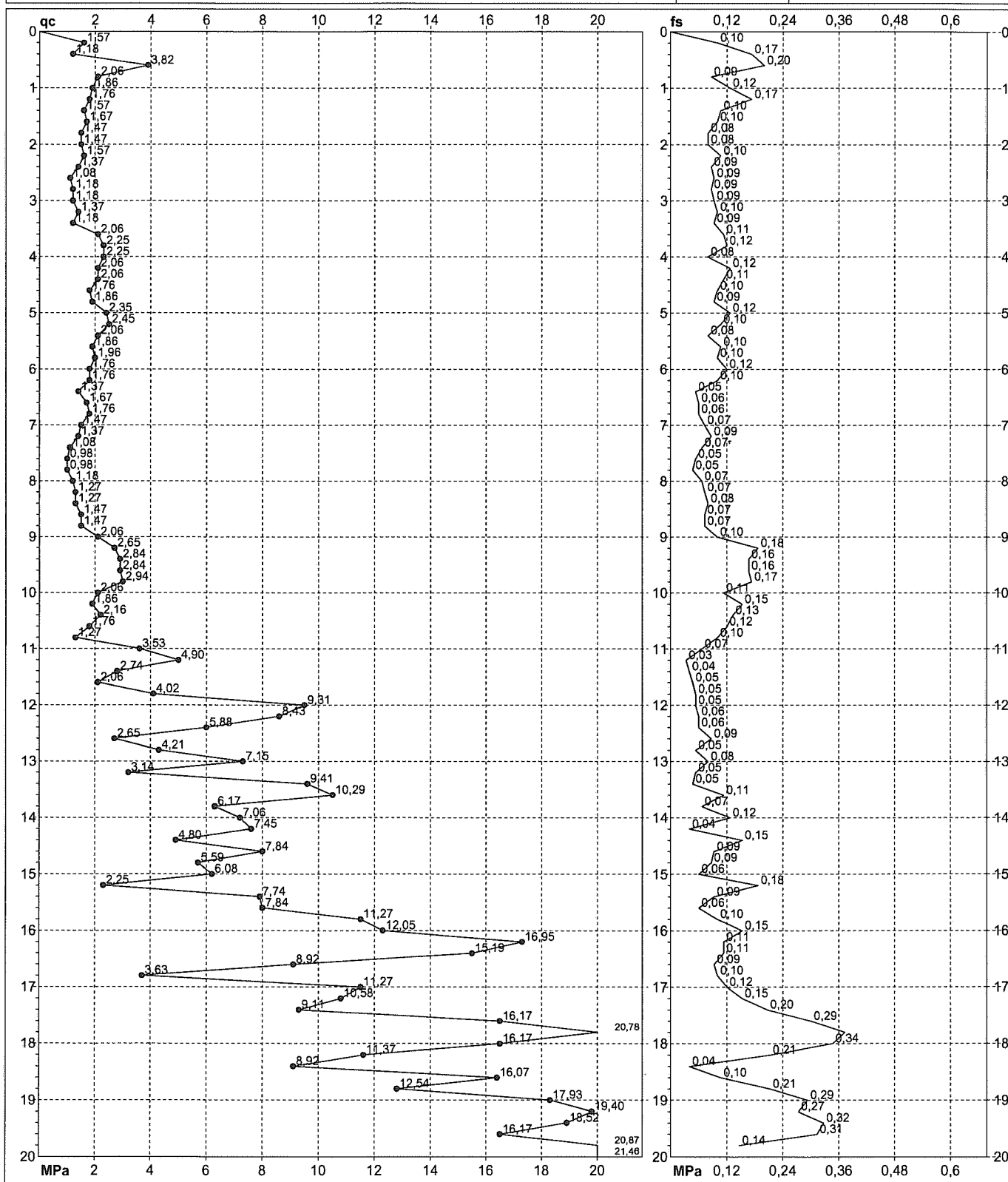
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|----------|
| n° | 4 |
| certificato n° | 01225 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

| | |
|--------------|------------------------------|
| U.M.: MPa | Data esec.: 15/01/2008 |
| Scala: 1:100 | Data certificato: 15/01/2008 |
| Pagina: 2/2 | Preforo: m |
| Elaborato: | Falda: -4.70 m |



| | |
|---------------|------------------------|
| Penetrometro: | GOUDA 200 kN |
| Responsabile: | Dott. Giuseppe Colucci |
| Assistente: | |

Quota ass.:
Corr.astine: kN/ml

Lo sperimentatore: Dott. Giuseppe Colucci
Il direttore laboratorio: Dott. geol. Pier Luigi Dallari

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

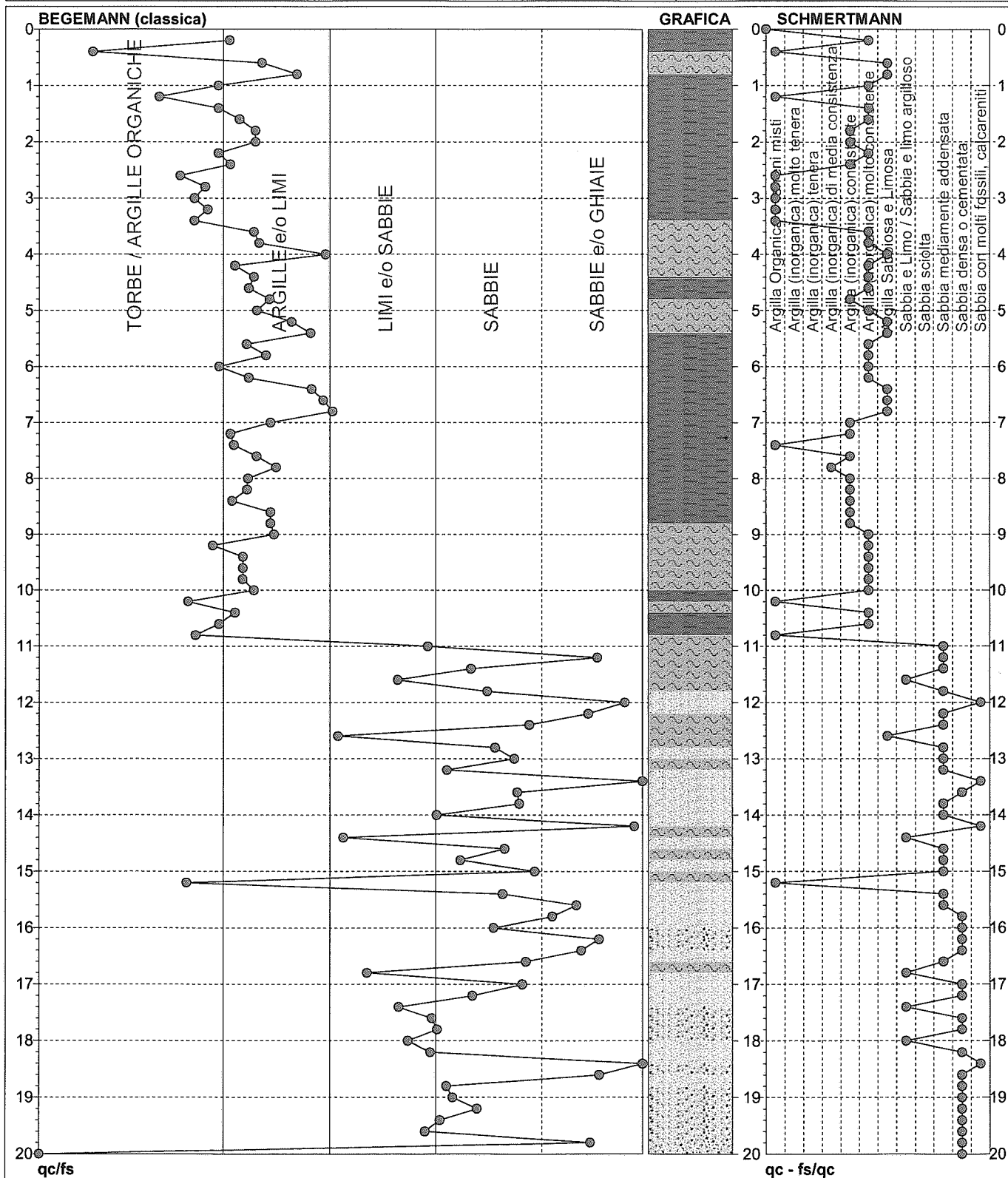
n° 4

Committente: Studio geologico Arkigeo
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
 Scala: 1:100
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data exec.: 15/01/2008

Preforo: m
 Falda: -4.70 m



Torbe / Argille organiche 17 punti,
 Argille e/o Limi : 39 punti,
 Limi e/o Sabbie : 13 punti,
 Sabbie: 20 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 11 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 11 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 1 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 12 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 23 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 9 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso: 5 punti,
 Sabbia sciolta: 0 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 17 punti,
 Sabbia densa o cementata: 17 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 4 punti,

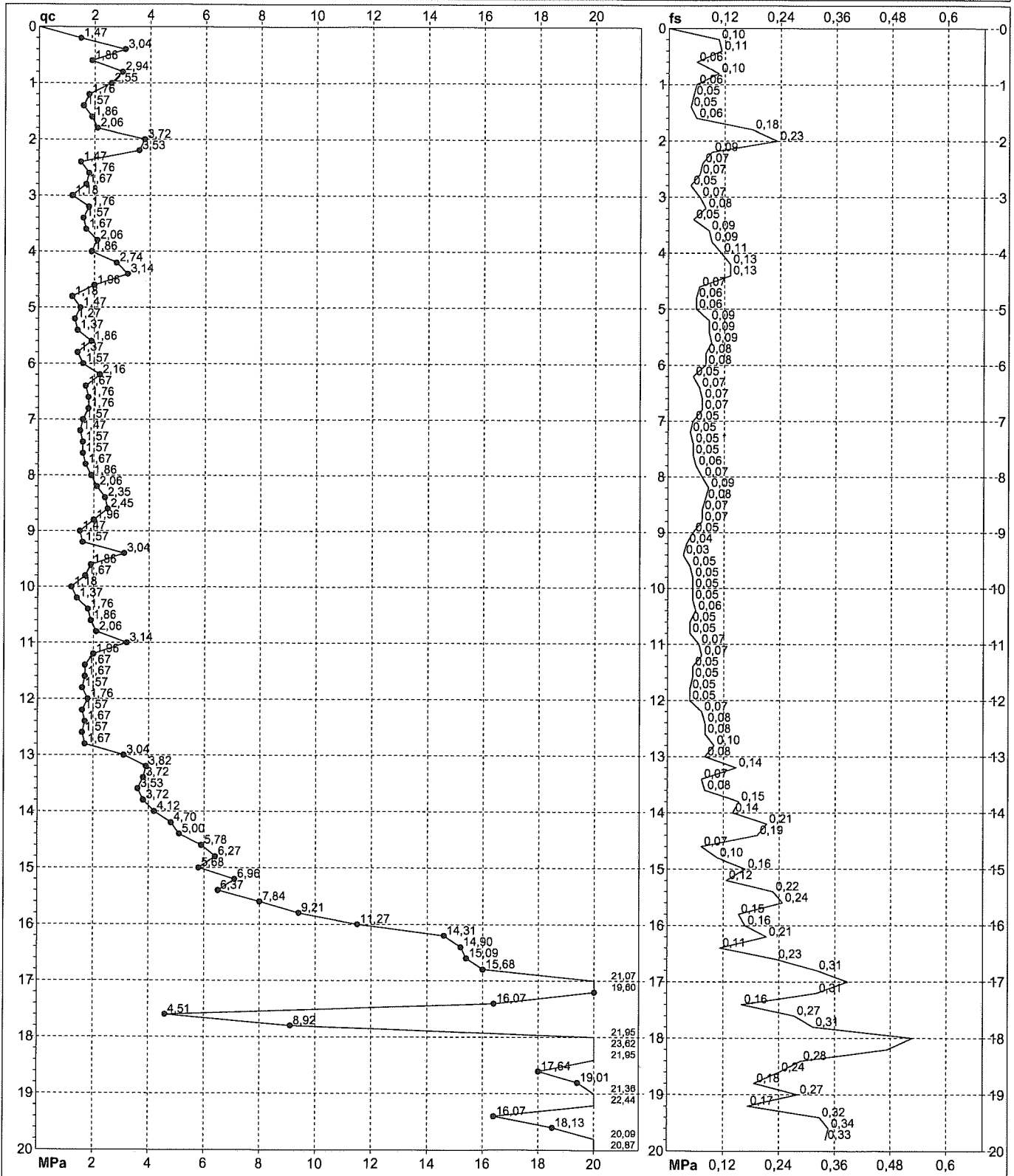
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|----------|
| n° | 5 |
| certificato n° | 01228 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/2**
Elaborato:
Data exec.: **16/01/2008**
Data certificato: **17/01/2008**
Preforo: **m**
Falda: **Foro chiuso**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**
Il direttore laboratorio: **Dott. geo. Pier Luigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

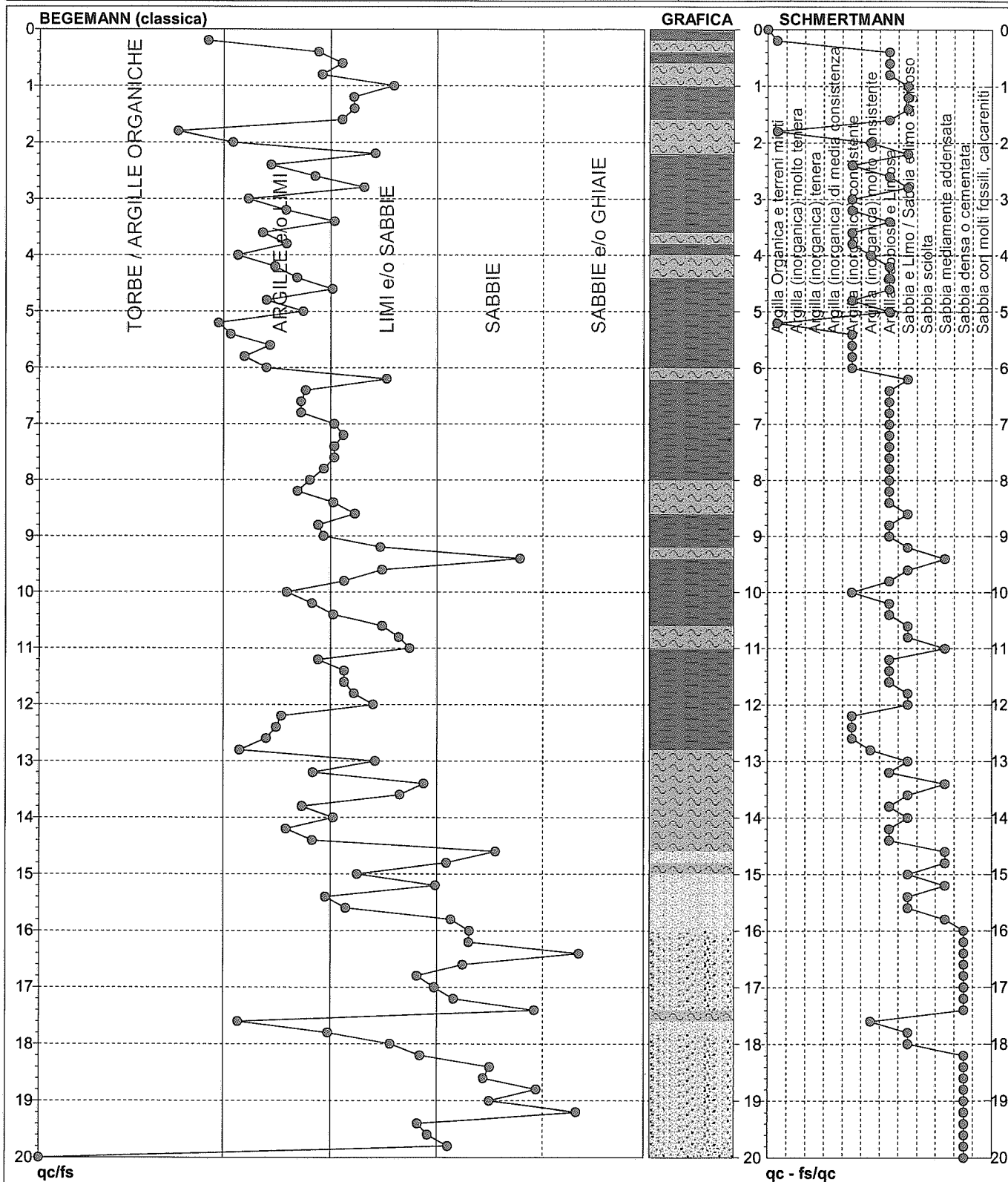
DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 5

Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:

Data exec.: 16/01/2008
Preforo: m
Falda: Foro chiuso



Torbe / Argille organiche : 4 punti,
Argille e/o Limi : 44 punti,
Limi e/o Sabbie : 37 punti,
Sabbie: 13 punti,
Sabbie e/o Ghiaie : 2 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 3 punti,
Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) media consistenza: 0 punti,
Argilla (inorganica) consistente: 14 punti,
Argilla (inorganica) molto consistente: 4 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 33 punti,
Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 21 punti,
Sabbia sciolta: 0 punti,
Sabbia mediamente addensata: 7 punti,
Sabbia densa o cementata: 17 punti,
Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

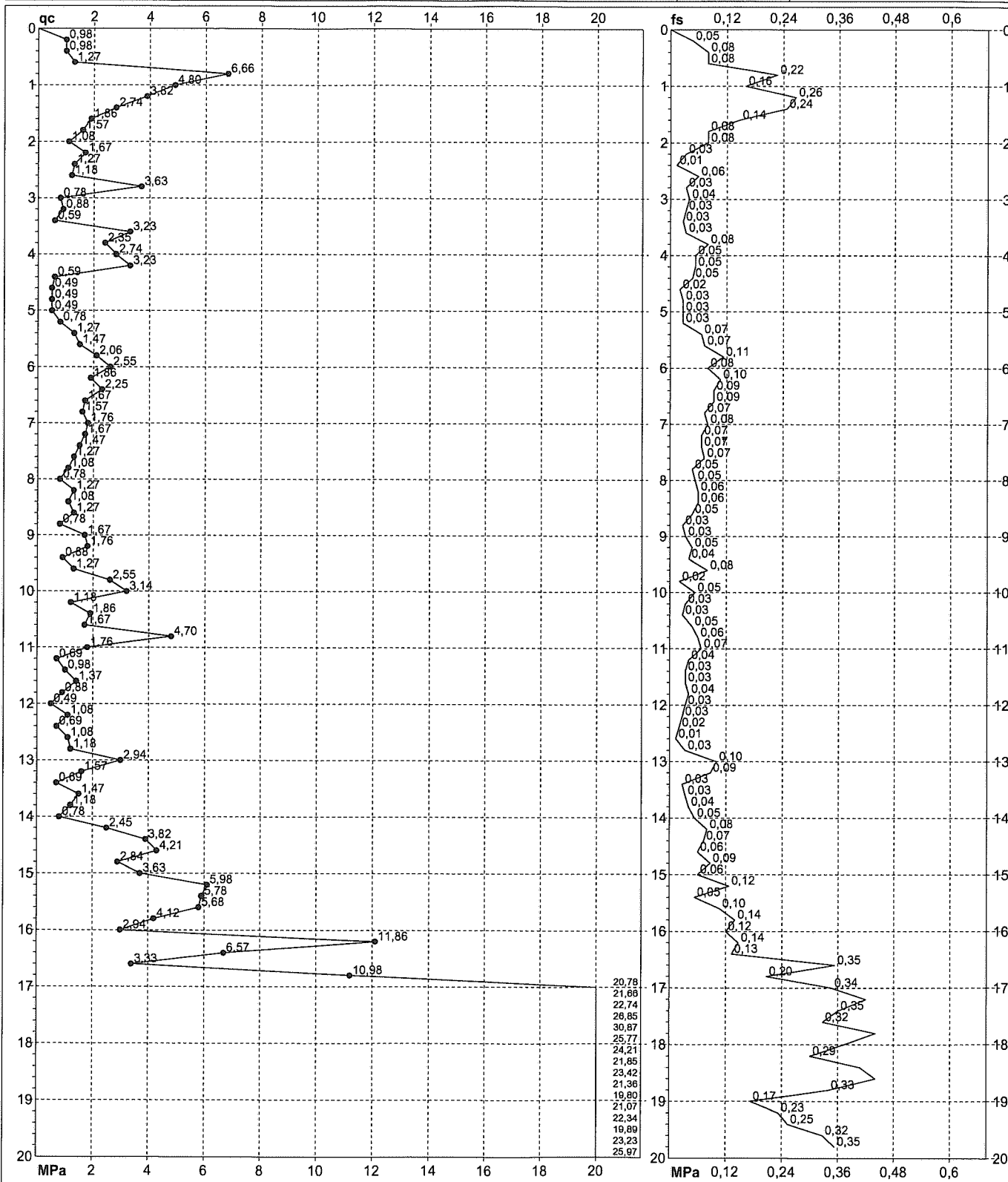
Foro chiuso a -2.0 m da p.c.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA **DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

| | |
|------------------|----------|
| n° | 6 |
| certificato n° | 01229 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **16/01/2008**
Scala: **1:100** Data certificato: **17/01/2008**
Pagina: **2/2** Preforo: **m**
Elaborato: **Falda: -2.40 M**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

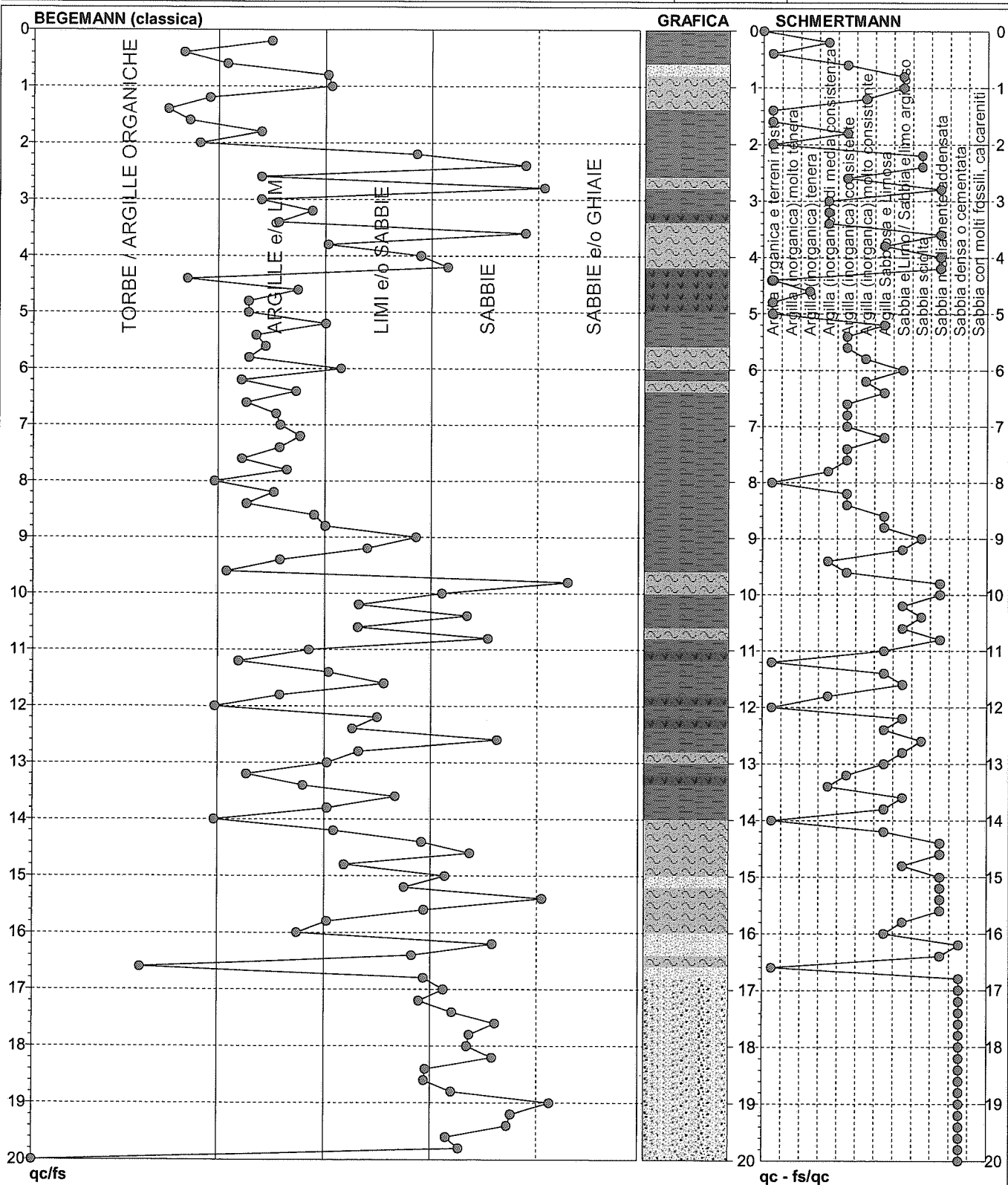
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° **6**

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato:
 Data exec.: **16/01/2008**
 Preforo: **m**
 Falda: **-2.40 M**



Torbe / Argille organiche : 8 punti,
 Argille e/o Limi : 43 punti,
 Limi e/o Sabbie : 24 punti,
 Sabbie: 24 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 1 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 12 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 1 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 8 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 14 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 3 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 13 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso: 12 punti,
 Sabbia sciolta: 5 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 14 punti,
 Sabbia densa o cementata: 17 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

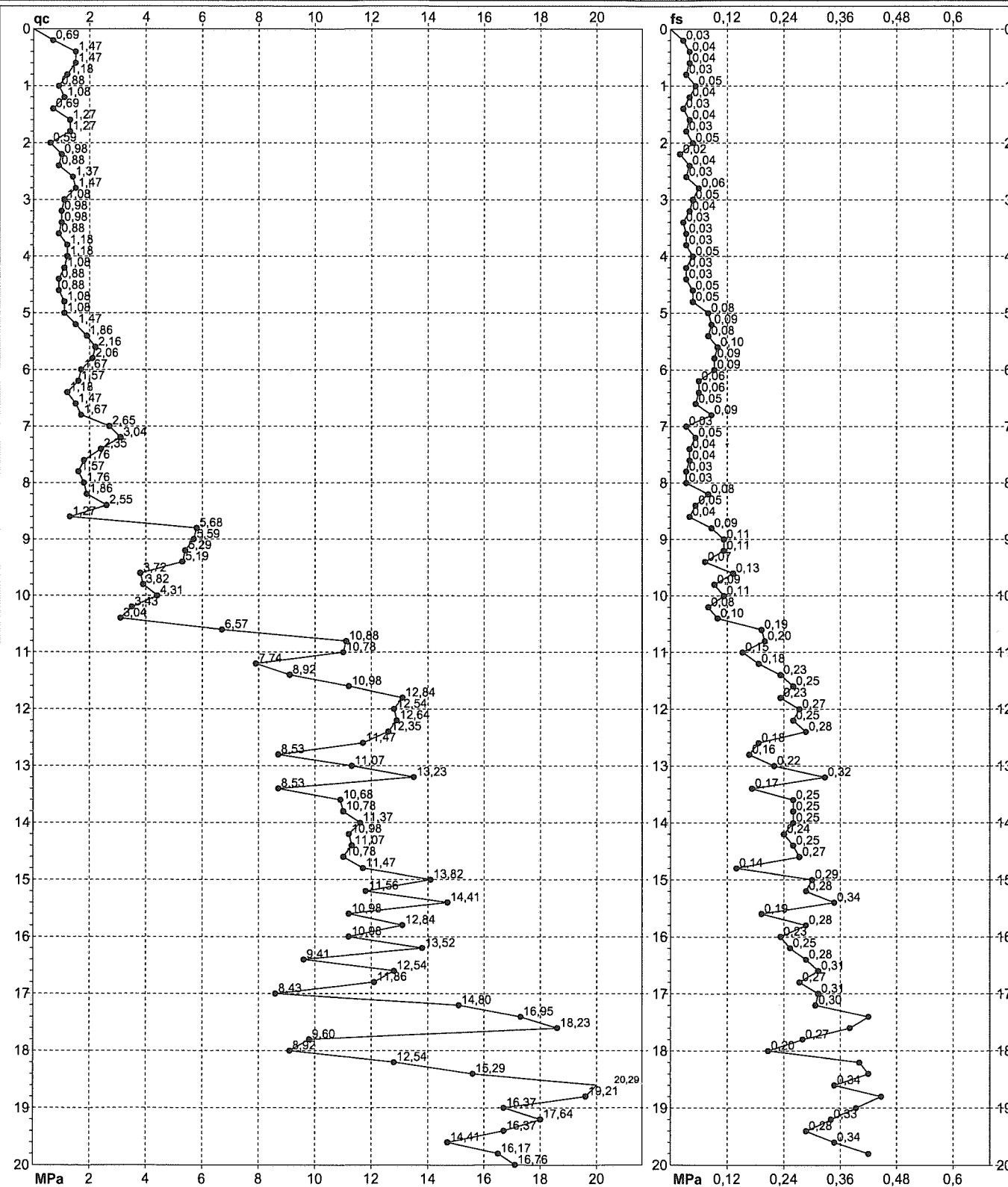
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 7 |
| certificato n° | 01226 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec.: **15/01/2008**
Scala: **1:100** Data certificato: **15/01/2008**
Pagina: **2/2** Preforo: **m**
Elaborato: Falda: **-2.60 m**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

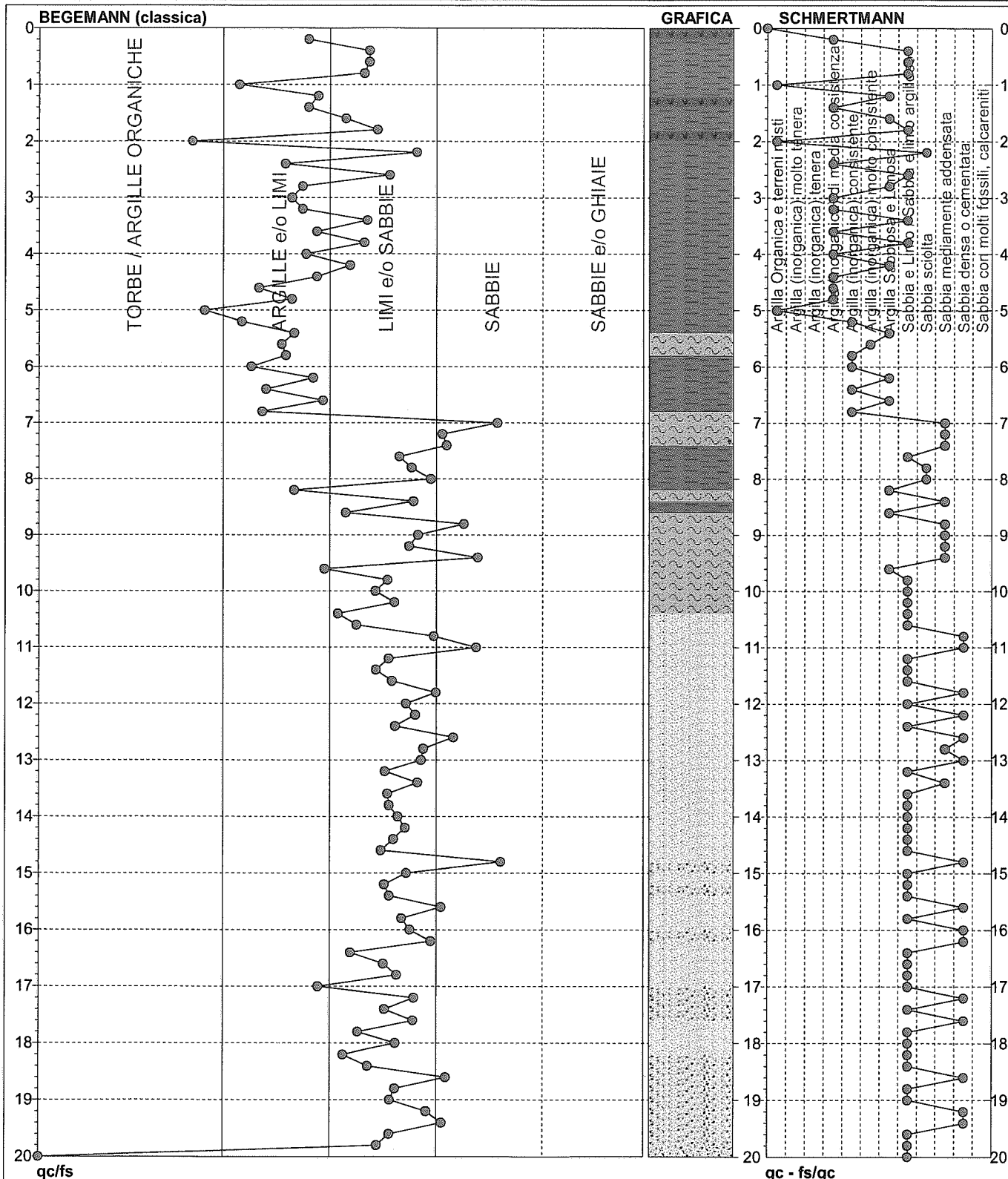
n° 7

Committente: Studio geologico Arkigeo
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
 Scala: 1:100
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data exec.: 15/01/2008

Preforo: m
 Falda: -2.60 m



Torbe / Argille organiche : 3 punti,
 Argille e/o Limi : 25 punti,
 Limi e/o Sabbie : 66 punti,
 Sabbie: 6 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 3 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 10 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 5 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 1 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 10 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 42 punti,
 Sabbia sciolta: 3 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 10 punti,
 Sabbia densa o cementata: 15 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

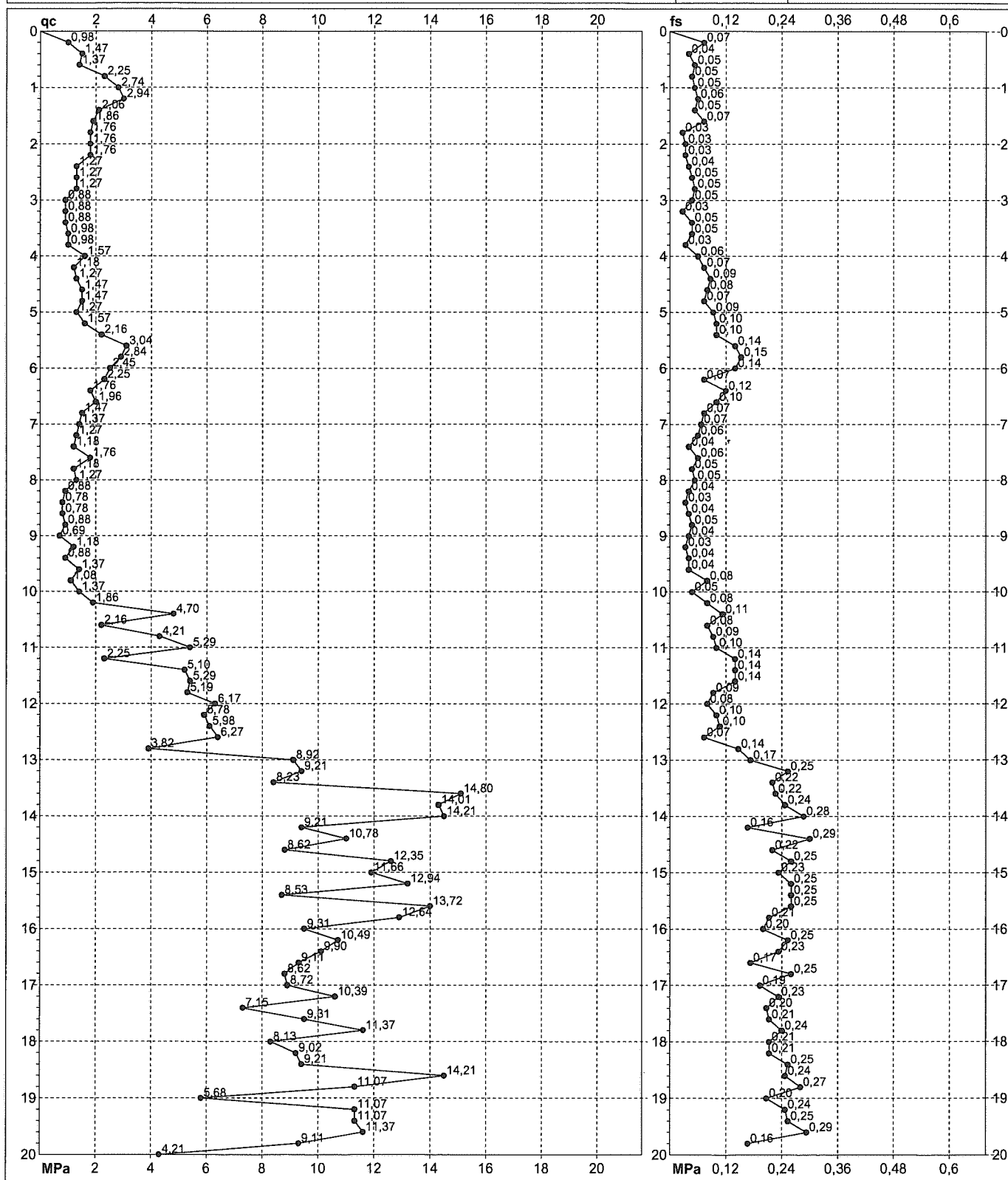
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 8 |
| certificato n° | 01227 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa** Data eseg.: 15/01/2008
Scala: 1:100 Data certificato: 15/01/2008
Pagina: 2/2 Preforo: m
Elaborato: Falda: -2.20 m



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**
Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°

8

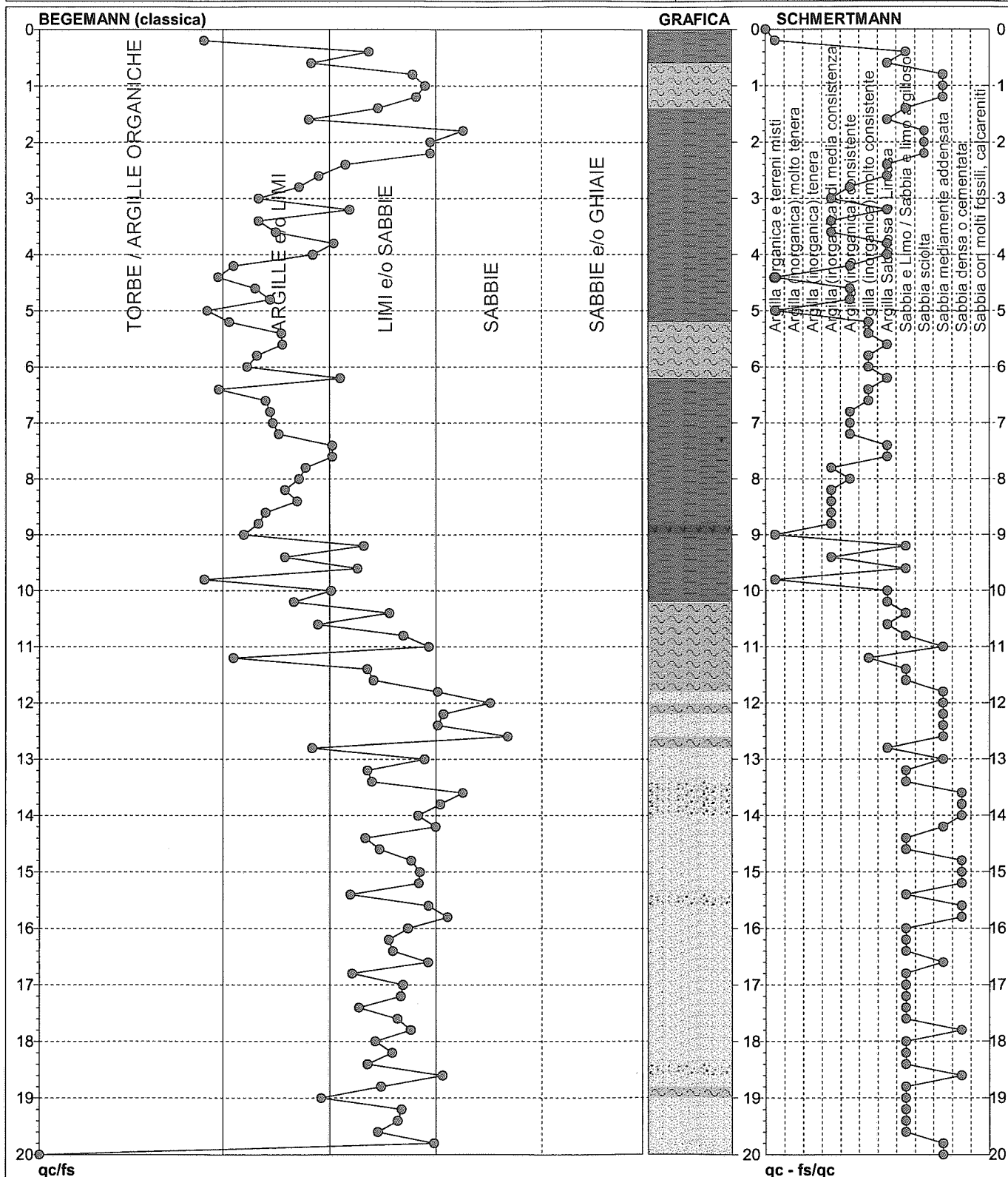
Committente: **Studio geologico Arkigeo**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **15/01/2008**

Preforo: m

Falda: **-2.20 m**



Torbe / Argille organiche : 6 punti,
 Argille e/o Limi : 36 punti,
 Limi e/o Sabbie : 53 punti,
 Sabbie: 5 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 5 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 9 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 8 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 7 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 15 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 29 punti,
 Sabbia sciolta: 3 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 13 punti,
 Sabbia densa o cementata: 10 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

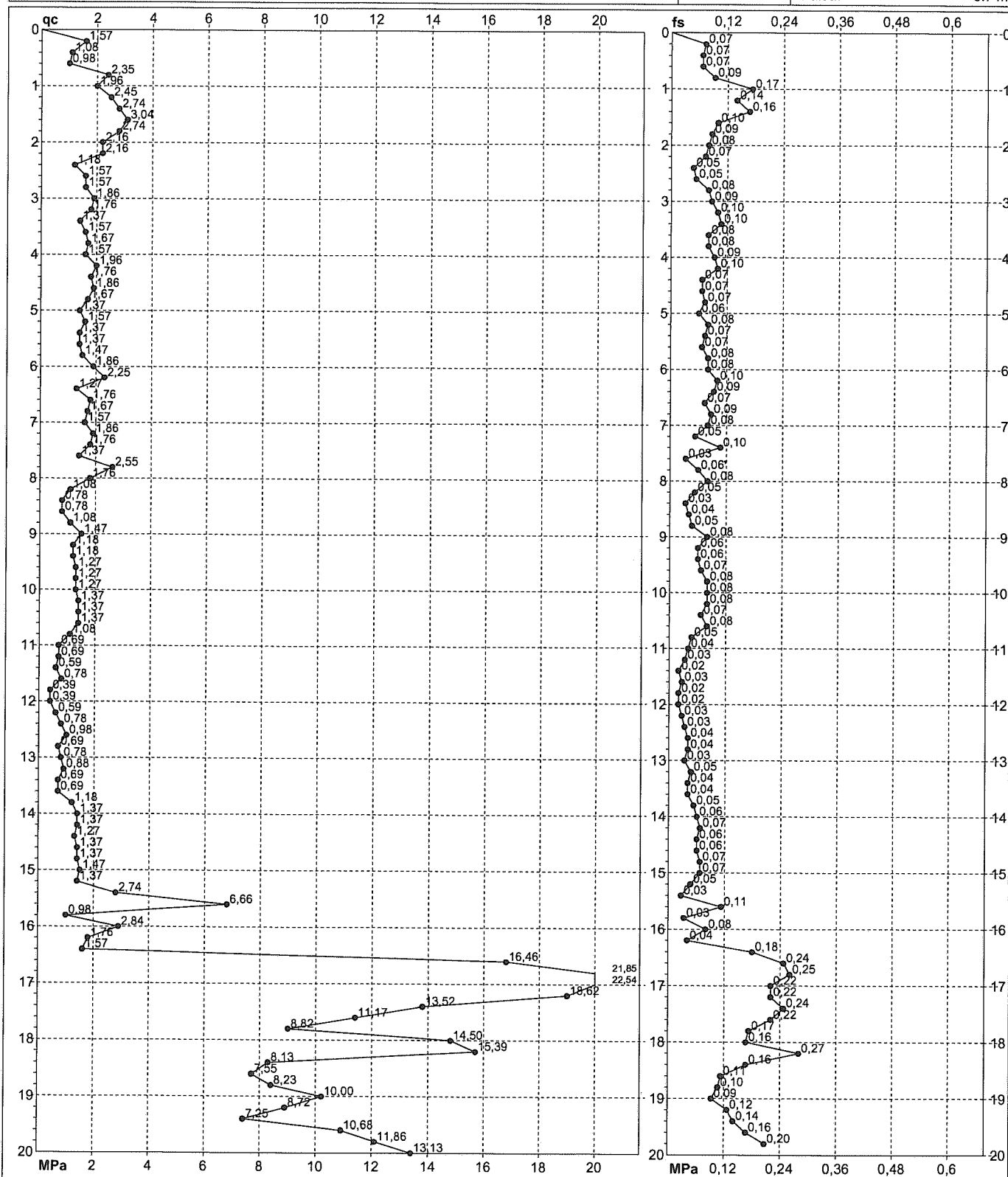
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 9 |
| certificato n° | 01220 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/2**
Elaborato:
Data eseg.: **14/01/2008**
Data certificato: **15/01/2008**
Preforo: **m**
Falda: **-5.7 m**



| | | |
|---|---------------------------|---|
| Penetrometro: GOUDA 200 kN | Quota ass.: | Lo sperimentatore: Dott. Giuseppe Colucci Il direttore laboratorio: Dott. geol. Pier Luigi Dallari |
| Responsabile: Dott. Giuseppe Colucci | Corr.astine: kN/ml | |
| Assistente: | | |

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°

9

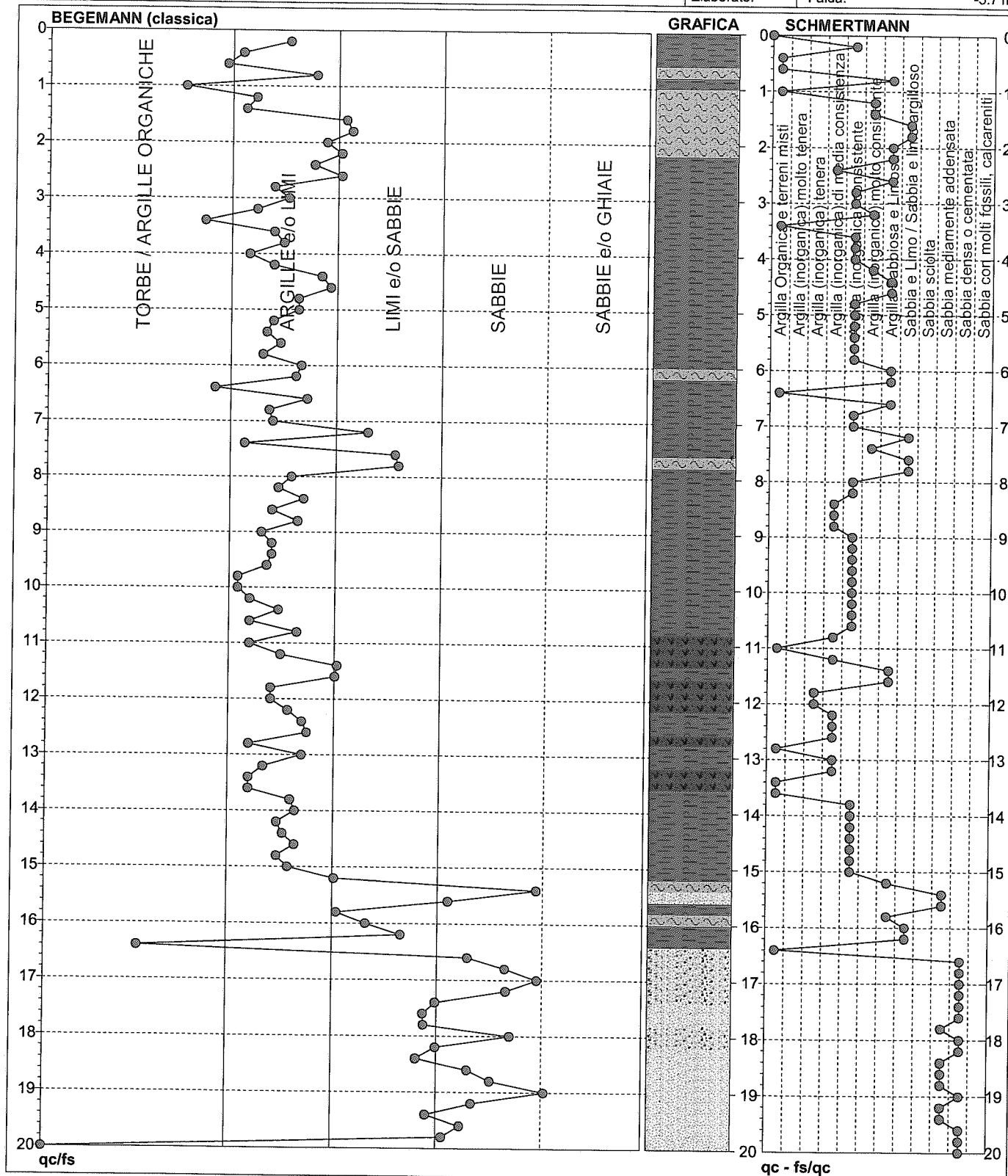
Committente: **Studio geologico Arkigeo**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **14/01/2008**

Preforo: m

Falda: **-5.7 m**



Torbe / Argille organiche : 6 punti,
 Argille e/o Limi : 65 punti,
 Limi e/o Sabbie : 17 punti,
 Sabbie: 12 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 10 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 2 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 11 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 32 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 5 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 13 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso: 7 punti,
 Sabbia sciolta: 0 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 8 punti,
 Sabbia densa o cementata: 11 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

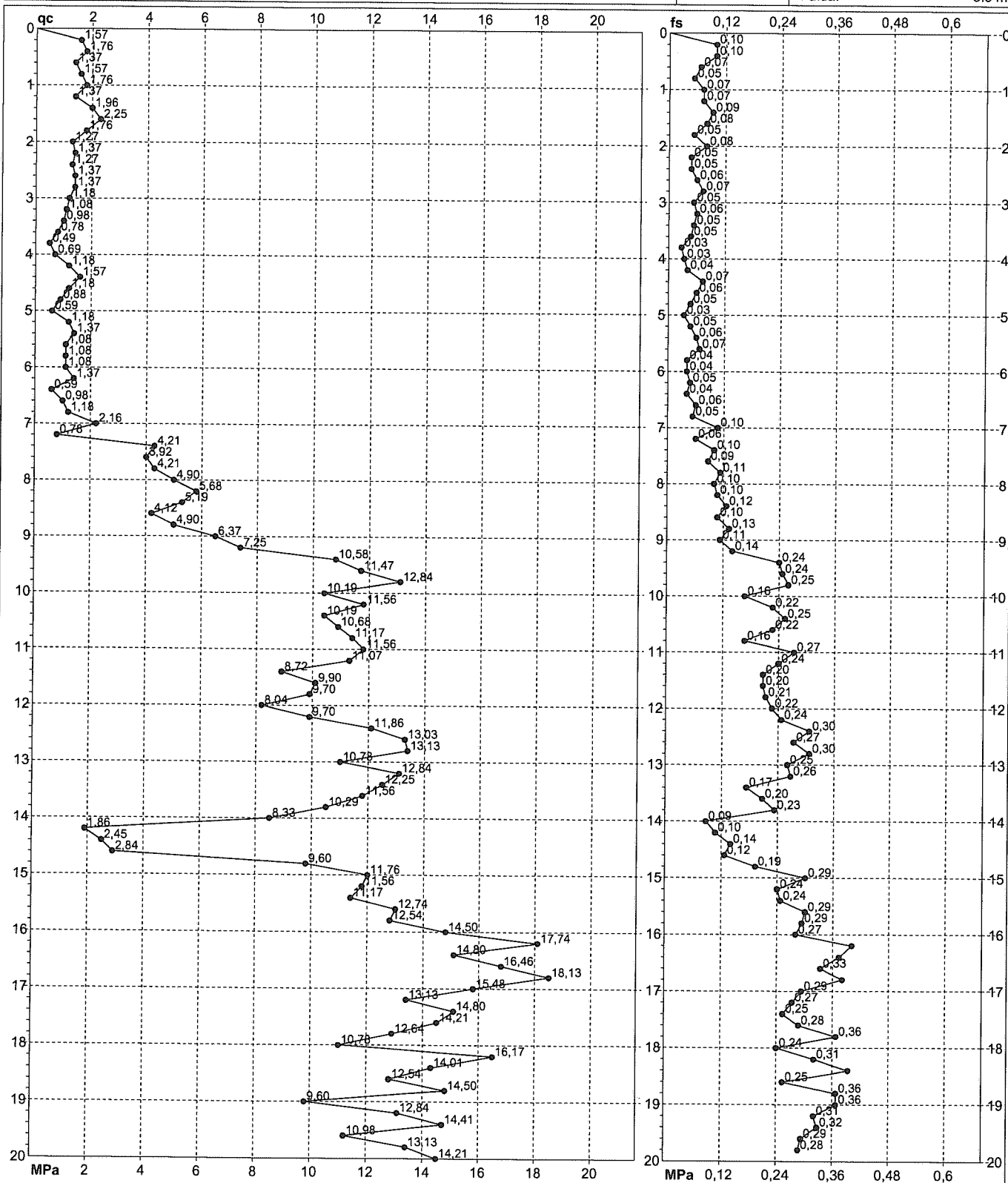
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 10 |
| certificato n° | 01221 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **2/2**
 Elaborato:
 Data esec.: **14/01/2008**
 Data certificato: **15/01/2008**
 Preforo: **m**
 Falda: **-5.5 m**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
 Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
 Assistente:

Quota ass.:
 Corr. astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

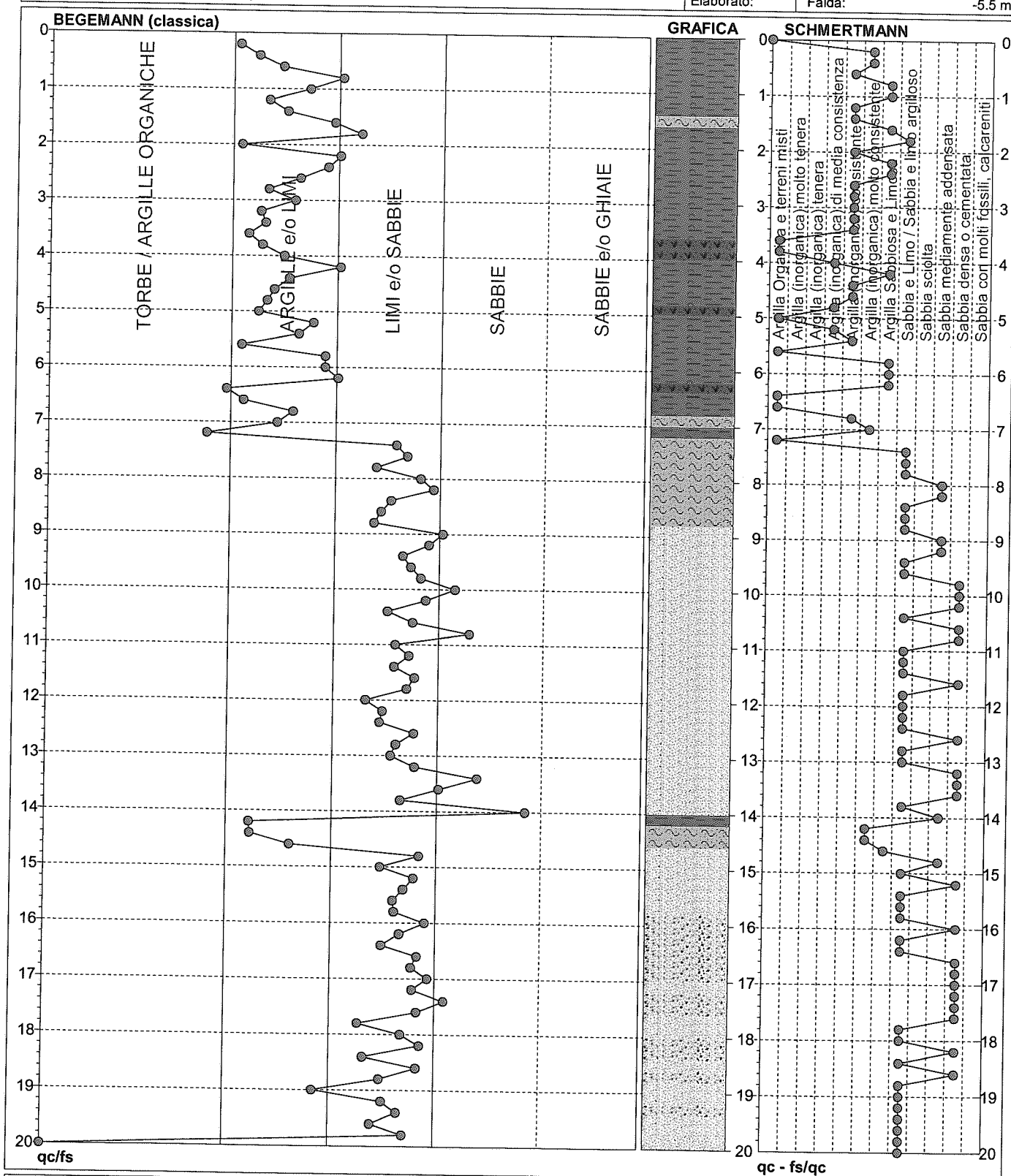
n°

10

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **14/01/2008**
 Preforo: m
 Falda: **-5.5 m**



Torbe / Argille organiche : 3 punti,
 Argille e/o Limi : 36 punti,
 Limi e/o Sabbie : 57 punti,
 Sabbie: 4 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 7 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 3 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 13 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 5 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 10 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 35 punti,
 Sabbia sciolta: 0 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 6 punti,
 Sabbia densa o cementata: 20 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n°

11

certificato n°

01222

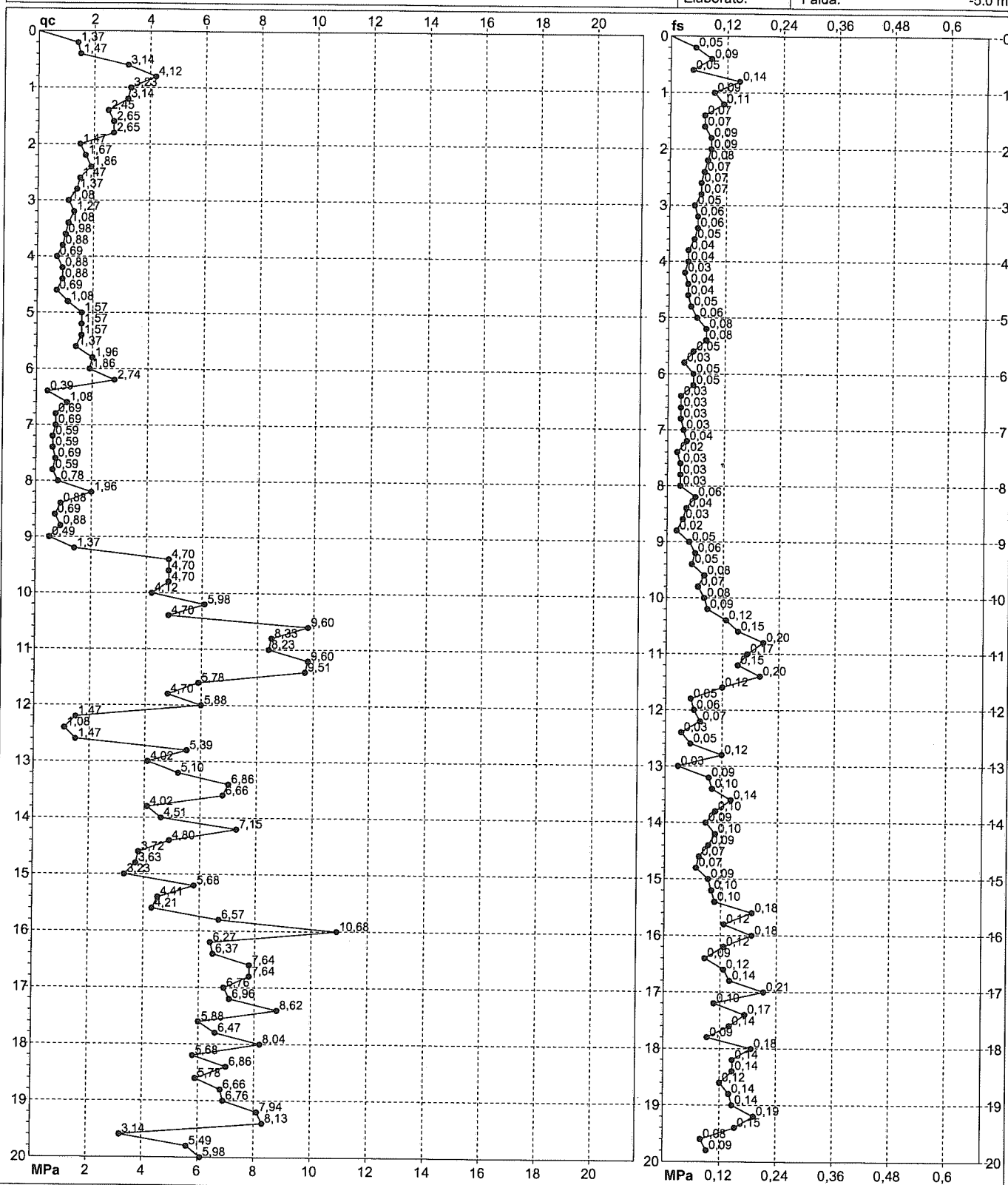
n° verb. accett.

0395

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/2**
Elaborato:

Data eseg.: **14/01/2008**
Data certificato: **15/01/2008**
Preforo: **m**
Falda: **-5.0 m**



Penetrometro: **GOUDA 200 KN**

Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**

Assistente:

Quota ass.:

Corr. astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**

Il direttore laboratorio: **Dott. geol. PierLuigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°

11

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Concordia (MO)**

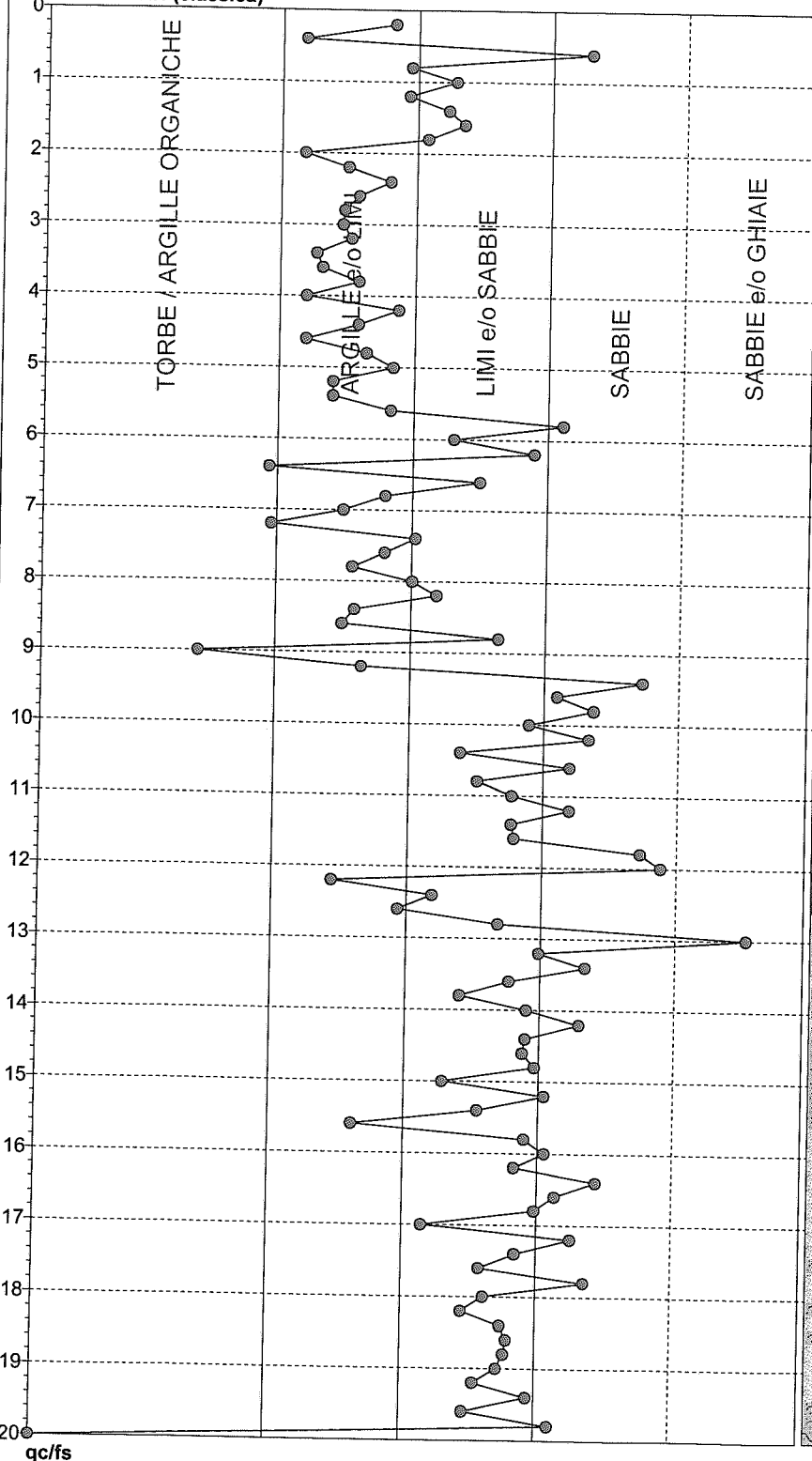
U.M.: **MPa**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **14/01/2008**

Preforo: m
 Falda:

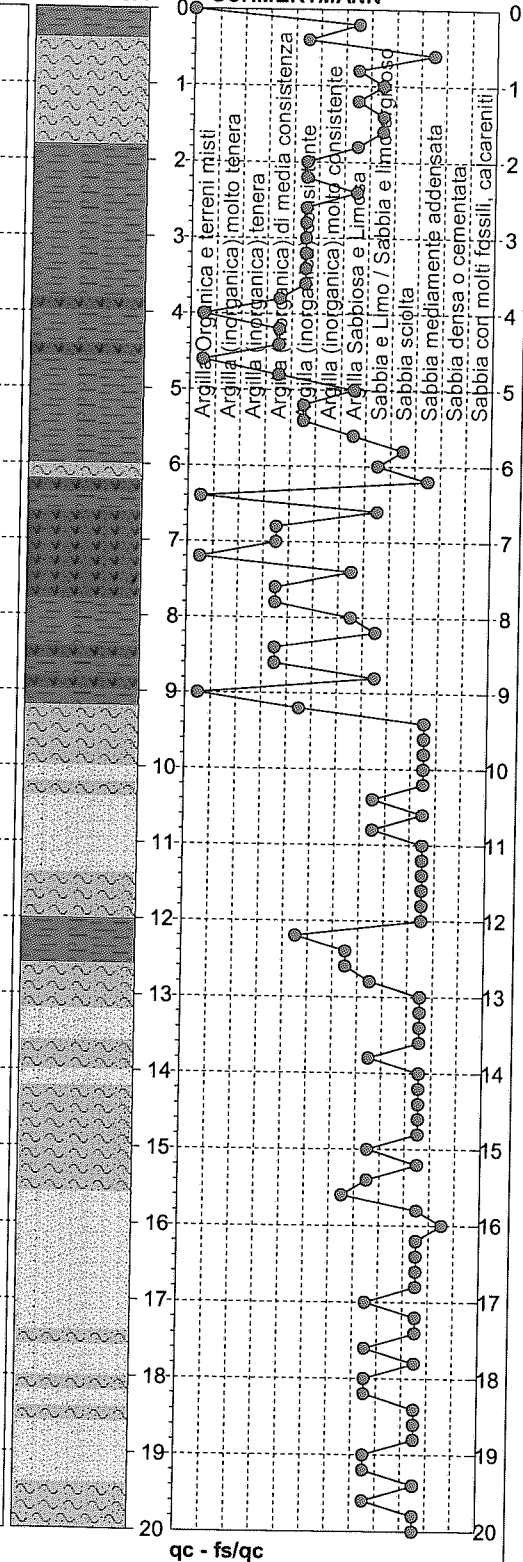
-5.0 m

BEGEMANN (classica)



GRAFICA

SCHMERTMANN



Torbe / Argille organiche : 4 punti,
 Argille e/o Limi : 35 punti,
 Limi e/o Sabbie : 44 punti,
 Sabbie: 16 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 1 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 5 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 10 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 13 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 0 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 12 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 20 punti,
 Sabbia sciolta: 1 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 37 punti,
 Sabbia densa o cementata: 1 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

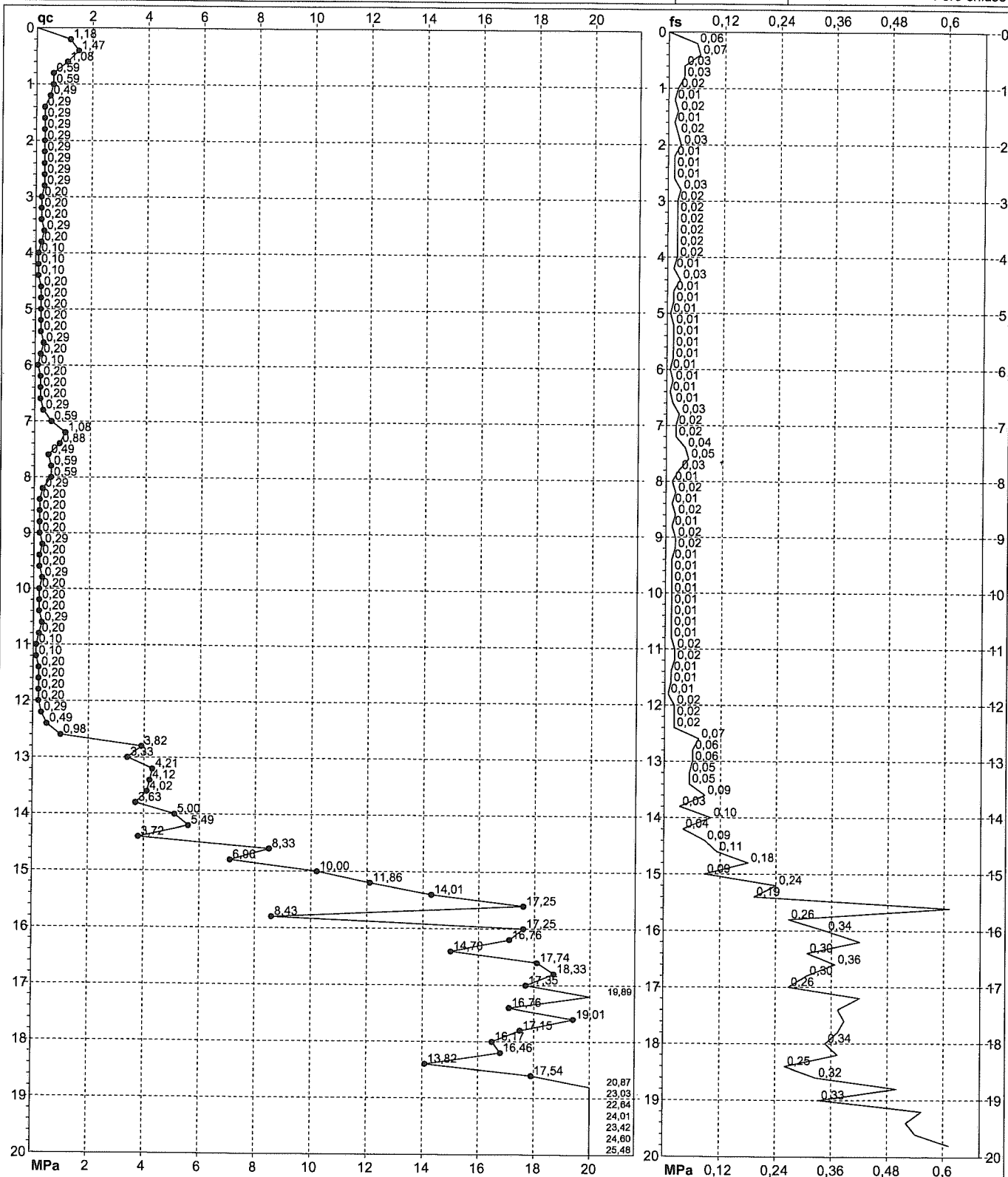
n° 12

certificato n° 01223

n° verb. accett. 0395

Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 2/2
Elaborato:
Data eseg.: 14/01/2008
Data certificato: 15/01/2008
Preforo: m
Falda: Foro chiuso



Penetrometro: GOUDA 200 kN
Responsabile: Dott. Giuseppe Colucci
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: kN/ml

Lo sperimentatore: Dott. Giuseppe Colucci

Il direttore laboratorio: Dott. geo. Pier Luigi Dallari

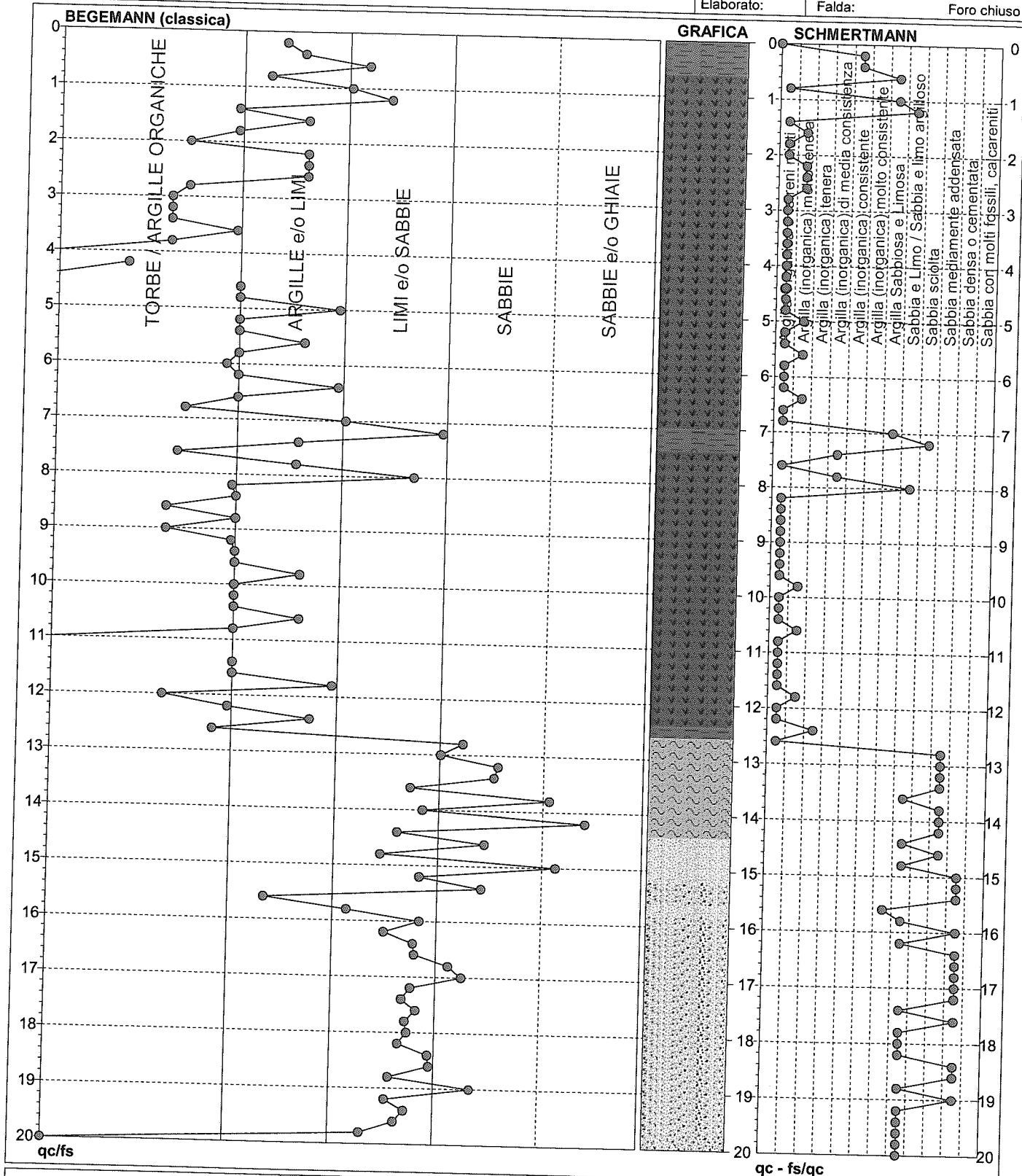
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 12

Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:
Data exec.: 14/01/2008
Preforo: m
Falda:
Foro chiuso



Torbe / Argille organiche 25 punti,
Argille e/o Limi : 36 punti,
Limi e/o Sabbie : 28 punti,
Sabbie: 10 punti,
Sabbie e/o Ghiaie : 1 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 42 punti,
Argilla (inorganica) molto tenera: 10 punti,
Argilla (inorganica) tenera: 1 punti,
Argilla (inorganica) media consistenza: 2 punti,
Argilla (inorganica) consistente: 2 punti,
Argilla (inorganica) molto consistente: 0 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 4 punti,
Sabbia e Limi / Sabbia e limo argill.: 16 punti,
Sabbia sciolta: 1 punti,
Sabbia mediamente addensata: 8 punti,
Sabbia densa o cementata: 13 punti,
Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

Foro chiuso a -3.0 m

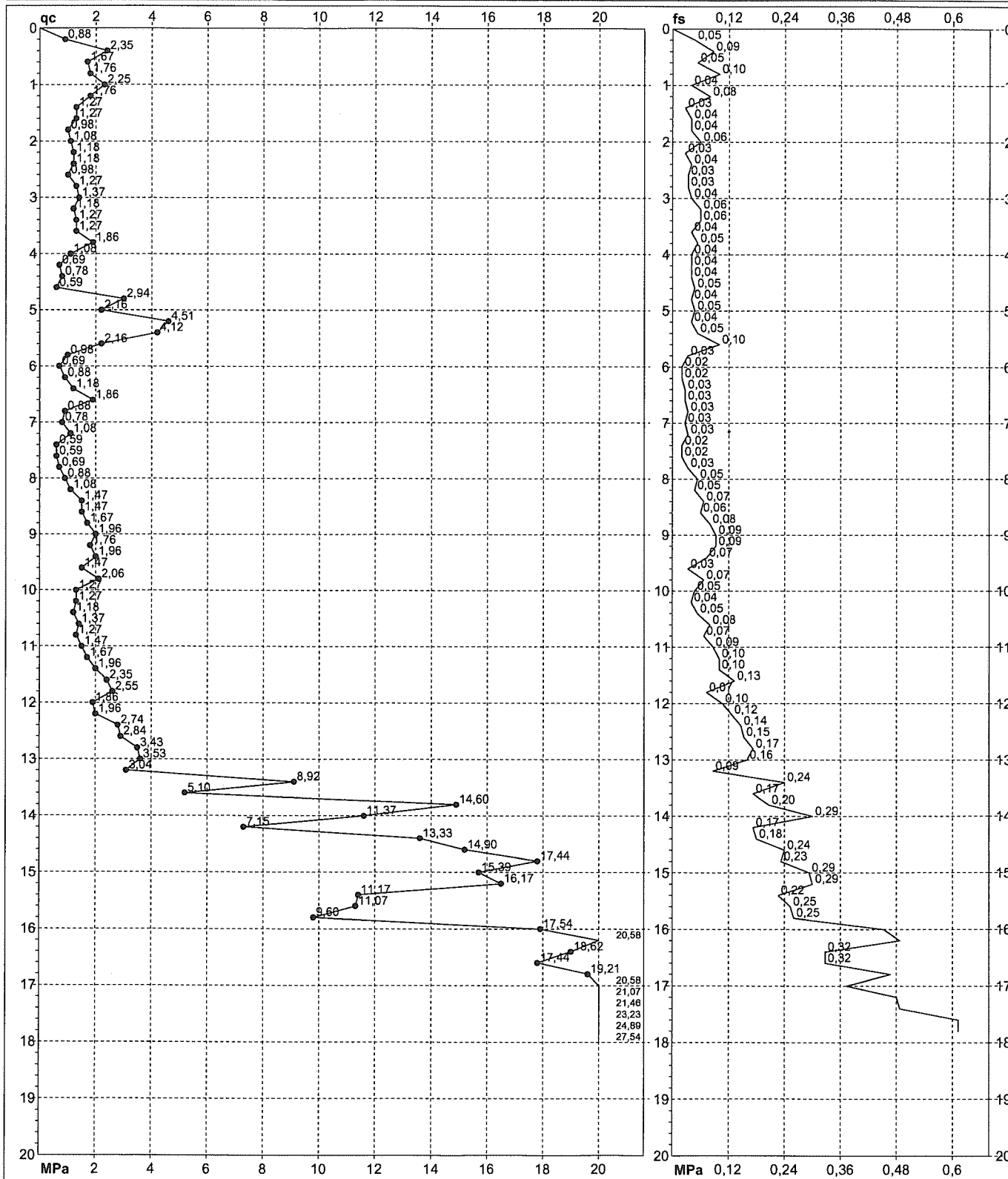
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

| | |
|------------------|-------|
| n° | 13 |
| certificato n° | 01218 |
| n° verb. accett. | 0395 |

Committente: **Studio geologico Arkigeo**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Concordia (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec.: 11/01/2008
Scala: 1:100 Data certificato: 14/01/2008
Pagina: 2/2 Preforo: m
Elaborato: Falda: **Foro chiuso**



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**
Responsabile: **Dott. Giuseppe Colucci**
Assistente:

Quota ass.:
Corr.astine: kN/ml

Lo sperimentatore: **Dott. Giuseppe Colucci**
Il direttore laboratorio: **Dott. geol. Pier Luigi Dallari**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

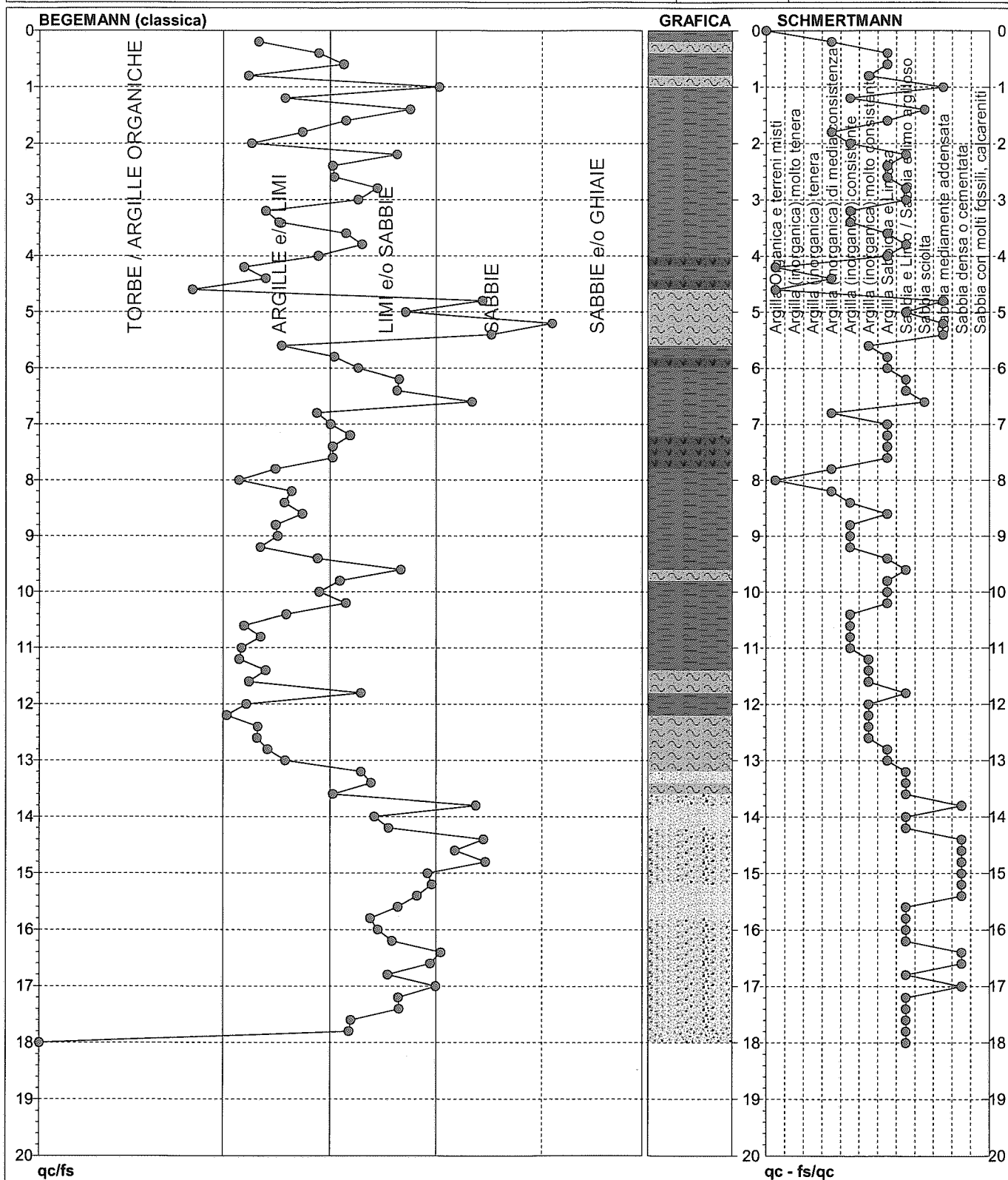
DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 13

Committente: Studio geologico Arkigeo
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
 Scala: 1:100
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data eseg.: 11/01/2008
 Preforo: m
 Falda: Foro chiuso



Torbe / Argille organiche 12 punti,
 Argille e/o Limi : 40 punti,
 Limi e/o Sabbie : 40 punti,
 Sabbie: 8 punti,
 Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 3 punti,
 Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
 Argilla (inorganica) media consistenza: 6 punti,
 Argilla (inorganica) consistente: 12 punti,
 Argilla (inorganica) molto consistente: 9 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 20 punti,
 Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 23 punti,
 Sabbia sciolta: 2 punti,
 Sabbia mediamente addensata: 4 punti,
 Sabbia densa o cementata: 10 punti,
 Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

Foro chiuso a -5.0 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n° 14

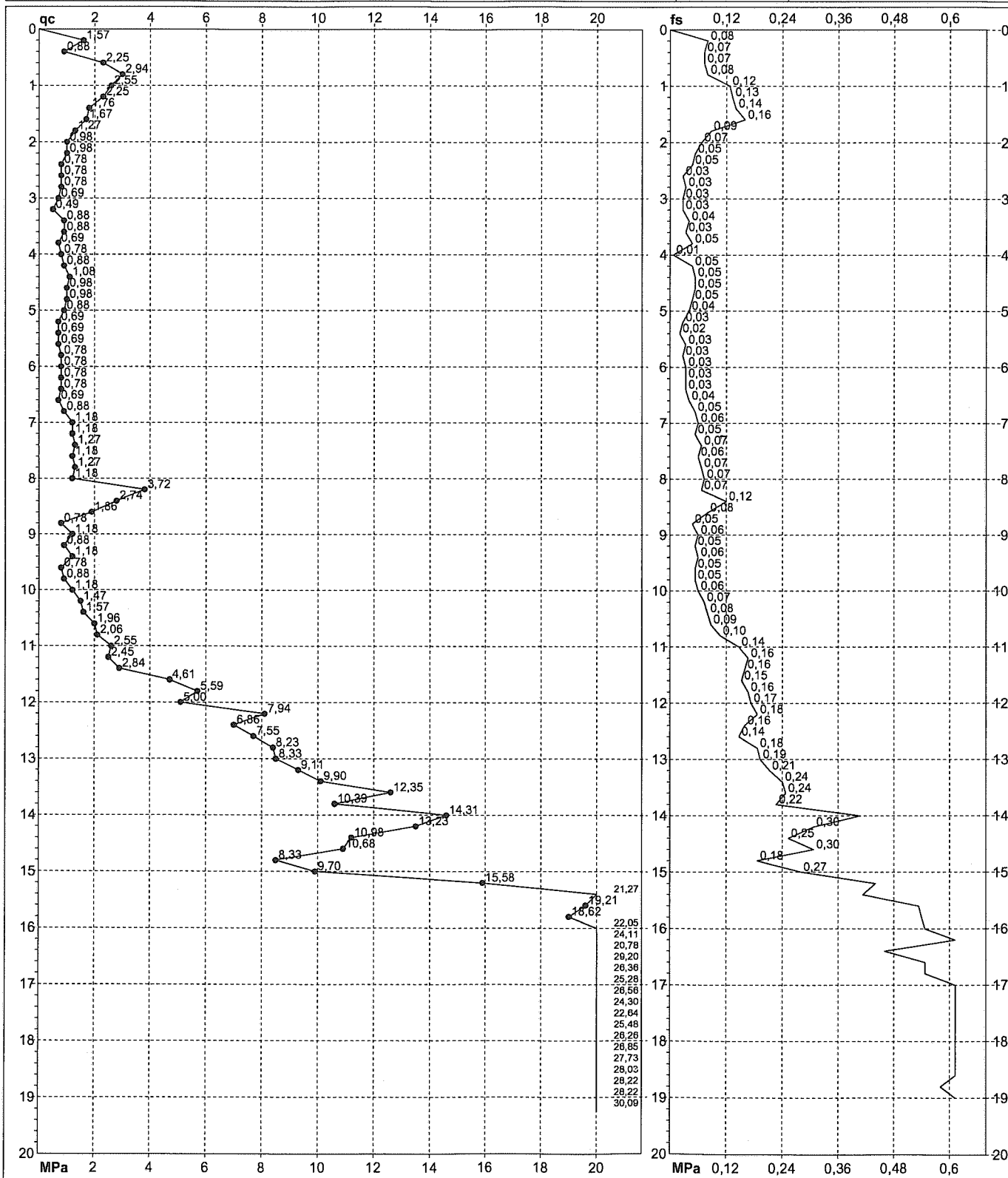
certificato n° 01219

n° verb. accett. 0395

Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 2/2
Elaborato:

Data eseg.: 11/01/2008
Data certificato: 14/01/2008
Preforo: m
Falda: -2.70



Penetrometro: GOUDA 200 kN

Responsabile: Dott. Giuseppe Colucci

Assistente:

Quota ass.:

Corr. astine: kN/ml

Lo sperimentatore: Dott. Giuseppe Colucci

Il direttore laboratorio: Dott. geol. Pier Luigi Dallari

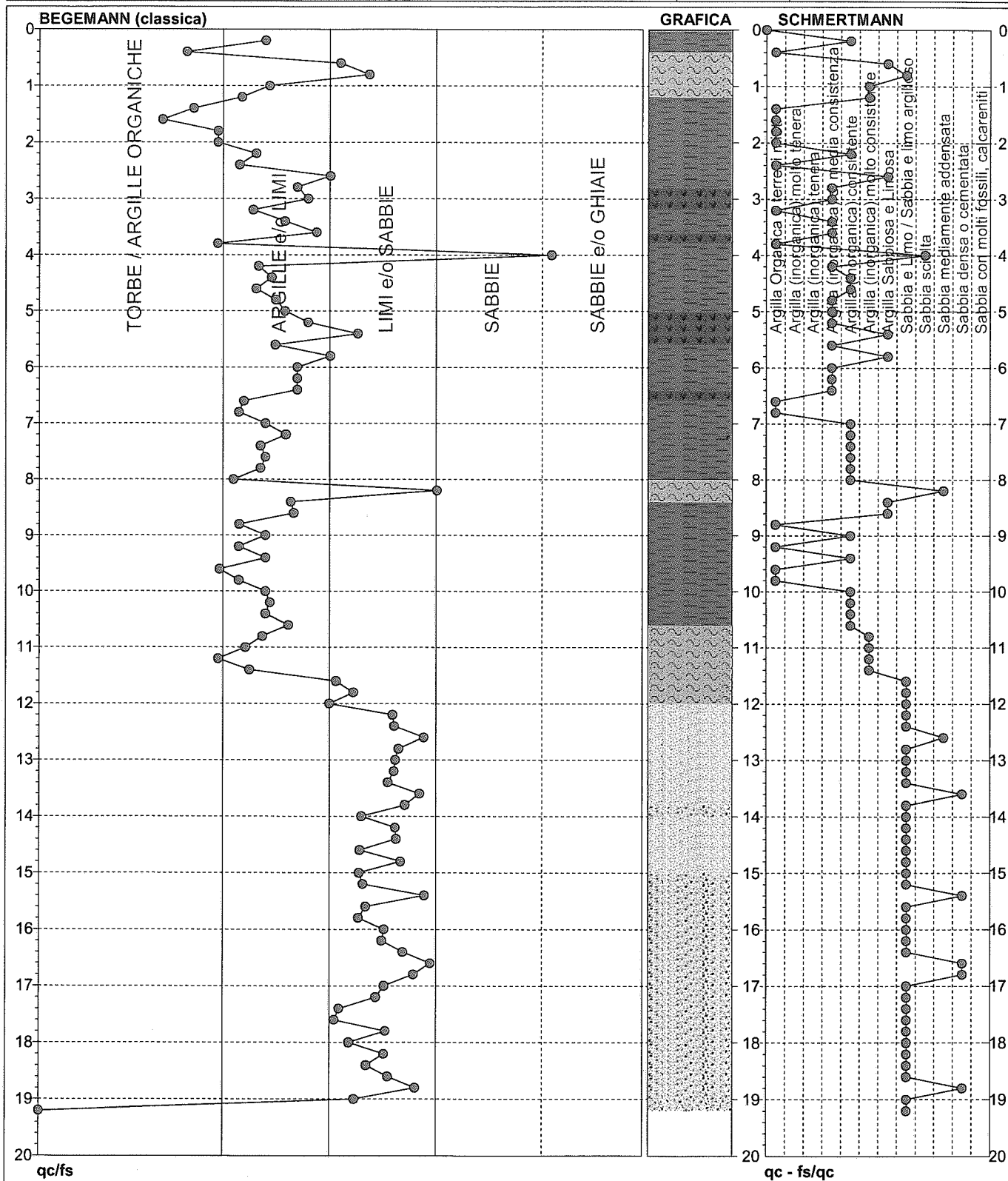
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 14

Committente: Studio geologico Arkigeo
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Concordia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:
Data exec.: 11/01/2008
Preforo: m
Falda: -2.70



Torbe / Argille organiche 12 punti,
Argille e/o Limi : 46 punti,
Limi e/o Sabbie : 41 punti,
Sabbie: 1 punti,
Sabbie e/o Ghiaie : 0 punti,

Argilla Organica e terreni misti: 14 punti,
Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,
Argilla (inorganica) media consistenza: 12 punti,
Argilla (inorganica) consistente: 16 punti,
Argilla (inorganica) molto consistente: 6 punti,

Argilla Sabbiosa e Limosa: 6 punti,
Sabbia e Limo / Sabbia e limo argill.: 33 punti,
Sabbia sciolta: 1 punti,
Sabbia mediamente addensata: 2 punti,
Sabbia densa o cementata: 5 punti,
Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,