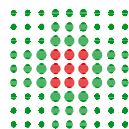


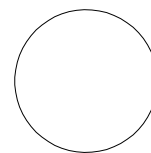
COMUNE DI VALSAMOGGIA



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna
Dipartimento Tecnico Patrimoniale

Istituto delle Scienze Neurologiche
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

N° PROGR.



CONSEGNA

VERIFICA/VALIDAZIONE/APPROVAZIONE

DATA E PROT.

DATA E PROT.

TIMBRI E FIRME DI ATTESTAZIONE DELLA VERIFICA/VALIDAZIONE

OSPEDALE DI BAZZANO

REALIZZAZIONE DI STRUTTURA PREFABBRICATA
PER IL TRASFERIMENTO DI AMBULATORI
A SEGUITO DELL'EMERGENZA COVID-19 (EX-ART.2, D.L. 34/20)

PROGETTO DI FATTIBILITA'

SPAZIO RISERVATO PER APPROVAZIONE TITOLO EDILIZIO



PROGETTO ARCHITETTONICO

Ing. Franco Emiliani

PROGETTO STRUTTURALE

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

PROPRIETA'

AZIENDA USL
DI BOLOGNA
DELEGATO CON DELIBERA
N. 263 del 12/07/2019

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
TECNICO PATRIMONIALE
(Ing. Francesco Rainaldi)

DIRETTORE GENERALE

Dott. Paolo Bordon

COORDINATORE SICUREZZA FASE PROGETTAZIONE

COORDINATORE SICUREZZA FASE ESECUZIONE

RESPONSABILE
UO Servizi di Supporto alla Gestione
Patrimoniale e alla Progettazione (SC)
Ing. Franco Emiliani

RESPONSABILE PROCEDIMENTO
Ing. Franco Emiliani

PRESIDIO: **OSPEDALE DI BAZZANO**

COLLABORATORE/ESTENSORE
Geom. Erica Forlani

EDIFICIO: **OSPEDALE DI BAZZANO**

CODICE EDIFICIO
001

PIANO:

DIREZIONE LAVORI

ELABORATO:

**RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA E
GEOTECNICA**

CODICE PROG.

PP

ELAB. N.

EG.05

SOSTITUISCE IL N.

SOSTITUITO DAL N.

ARCHIVIO USL N.:

DATA:

OTTOBRE 2020

SCALA:

REFERENTE AMMINISTRATIVO:

AGGIORNAMENTI

ARCHIVIO N.:

FILE:

MOD01 PsqB01 ADT
Rev. 5.1 del 26/10/2016

1

3

2

4

COMUNE DI VALSAMOGGIA

PROVINCIA DI BOLOGNA

RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA E GEOTECNICA
PER INTERVENTI DI AMPLIAMENTO
DEL COMPLESSO OSPEDALIERO DI BAZZANO,
UBICATO IN VIALE DEI MARTIRI

Committente

AZIENDA UNITÀ SANITARIA
LOCALE DI BOLOGNA

Il Professionista incaricato

Dott. R. DEGLI ESPOSTI



Riccardo Degli Esposti

Bologna, giugno 2020

INDICE

1.	INTRODUZIONE	<i>pag. 1</i>
2.	UBICAZIONE DELL'AREA	<i>pag. 1</i>
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE	<i>pag. 2</i>
4.	GEOMORFOLOGIA LOCALE	<i>pag. 4</i>
5.	IDROGEOLOGIA	<i>pag. 4</i>
	5.1. Inquadramento generale	<i>pag. 4</i>
	5.2. Idrogeologia locale	<i>pag. 5</i>
6.	INDAGINE GEOGNOSTICA	<i>pag. 6</i>
7.	NATURA DEI TERRENI INDAGATI	<i>pag. 6</i>
8.	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO INDAGATO	<i>pag. 9</i>
9.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INDAGATI	<i>pag. 11</i>
	9.1. Parametri di resistenza al taglio	<i>pag. 11</i>
	9.2. Parametri di deformabilità	<i>pag. 13</i>
10.	CALCOLO DELLA RESISTENZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE (VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI – SLV)	<i>pag. 14</i>
11.	VALUTAZIONE DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DEI CEDIMENTI (VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – SLD)	<i>pag. 15</i>

1. INTRODUZIONE

In accordo con quanto stabilito dal Decreto Ministeriale 17/01/2018 (G.U. n° 42 del 20/02/2018, suppl. ord. n° 8), i progetti relativi ad opere interagenti con il terreno devono essere corredati da una specifica relazione geologica, sismica e geotecnica.

La presente relazione analizza la situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica (modello geologico) dell'area interessata dagli interventi in progetto e fornisce una caratterizzazione geotecnica dei terreni indagati (modello geotecnico) sulla base dell'indagine geognostica appositamente eseguita e di indagini geognostiche, sia geotecniche (dirette) sia geofisiche (indirette), effettuate in passato per gli ampliamenti del complesso ospedaliero di Bazzano.

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un “*Percorso COVID*” costituito da una nuova pensilina metallica con tamponamenti ciechi e specchiature vetrate, da realizzarsi in corrispondenza della porzione del complesso ospedaliero posta a sud.

2. UBICAZIONE DELL'AREA

Il lotto interessato dall'intervento in progetto è ubicato nella porzione meridionale del centro abitato di Bazzano, in Viale dei Martiri (Comune di Valsamoggia – si veda l'allegato 1).

Esso è compreso all'interno della sezione n° 220060 “*Bazzano*” della Carta Tecnica della Regione Emilia – Romagna in scala 1:10.000 (si veda l'allegato 2).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area in esame è situata nella pianura bolognese, in prossimità del margine collinare. In corrispondenza di tale fascia avviene la transizione tra due domini morfologici aventi un diverso comportamento tettonico: in quello appenninico prevale una tendenza al sollevamento mentre quello di pianura è caratterizzato da fenomeni di subsidenza. Il comparto di pianura è legato, dal punto di vista tettonico-sedimentario, al Bacino Padano, di cui rappresenta il margine meridionale. La pianura bolognese viene considerata come l'effetto del colmamento di un bacino marino poco profondo, separato dal mare aperto da soglie. Il riempimento del bacino è dovuto principalmente all'azione deposizionale dei corsi d'acqua appenninici che hanno depositato i clasti trasportati dalla corrente in un ambiente dapprima marino poi, attraverso una fase transizionale palustre, francamente continentale. Lo spessore dei sedimenti transizionali e continentali si aggira intorno ai 400 m in corrispondenza dello sbocco vallivo del Fiume Reno.

Questo schema evolutivo può essere esteso a tutta la pianura bolognese, anche se gli spessori dei depositi non coincidono ovunque; simultaneamente all'azione sedimentaria dei corsi d'acqua agiva infatti, lungo tutto il bacino bolognese, un'intensa attività tettonica che ha svolto una funzione di controllo e condizionamento della potenzialità deposizionale dei singoli corsi d'acqua.

Sulla base dei dati ricavati da prospezioni geofisiche e sondaggi profondi effettuati dall'ENI nell'ambito di ricerche di idrocarburi, è stato possibile individuare strutture plicative e disgiuntive sia superficiali sia profonde, legate alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. Questa intensa attività tettonica si è sviluppata in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, dando origine ad una serie di linee tettoniche principali, tra loro sub-parallele, allineate in direzione NO-SE con vergenza N/NE. Queste pieghe asimmetriche sono a loro volta interessate da faglie perpendicolari (direzione NE-SO), in corrispondenza delle quali si sono impostati gli assi dei principali corsi

d'acqua dell'area bolognese.

Sulla base delle differenti caratteristiche sedimentologiche, morfologiche e tessiturali è possibile suddividere la pianura bolognese in tre fasce (alta, media e bassa), procedendo da sud verso nord.

L'area in oggetto è compresa nell'alta pianura, caratterizzata dalla presenza delle conoidi alluvionali pedecollinari.

La brusca variazione dei parametri idrodinamici, al passaggio tra la fascia collinare e quella di pianura, costringeva i corsi d'acqua ad adattarsi a nuove condizioni di equilibrio; queste venivano raggiunte mediante il rilascio dei clasti determinato dalla minor capacità di trasporto della corrente.

Le modalità di questo processo si riflettono sulla distribuzione granulometrica dei sedimenti depositati: i primi a venire rilasciati erano i più grossolani mentre quelli a tessitura fine venivano trasportati in zone più a valle.

Nelle aree immediatamente a ridosso degli sbocchi vallivi in pianura avveniva quindi l'accumulo di materiali detritici grossolani (sabbie e ghiaie), sotto forma di corpi lenticolari, sovrapposti e giustapposti, costituenti le conoidi alluvionali. Le intercalazioni di depositi argillosi e limosi sono riconducibili a riempimenti delle aree di interconoide da parte di correnti fluviali a bassa energia di trasporto.

Le modalità deposizionali potevano essere complicate da migrazioni laterali del corso d'acqua che determinavano lo spostamento della porzione attiva della conoide; in altri casi un aumento della capacità erosiva poteva provocare l'asportazione di materiale già deposto con conseguente formazione di incisioni all'interno della conoide.

Le fasce di media e bassa pianura sono caratterizzate dalla presenza dei dossi fluviali: strutture sviluppate longitudinalmente anche per distanze di parecchi chilometri che si dipartivano dalle conoidi ed all'interno delle quali scorrevano i corsi d'acqua. I dossi corrispondono a momenti della vita del fiume caratterizzati da condizioni di energia di trasporto elevata e sono generalmente costituiti da materiali

a tessitura sabbiosa o sabbioso-limosa.

4. GEOMORFOLOGIA LOCALE

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto degli interventi è compresa (in sinistra idrografica) all'interno del dominio del Torrente Samoggia, nella porzione apicale della sua conoide alluvionale, in prossimità del suo sbocco in pianura.

Tale fiume attualmente scorre, nel punto più vicino, ad est del lotto in esame, a circa 400 m da esso.

L'area oggetto degli interventi risulta pianeggiante; il piano di campagna, nei pressi di essa, risulta lievemente inclinato verso nord. Altri caratteri non sono visibili essendo stati oblitterati dalle opere di urbanizzazione.

Infine, si evidenzia che, ai sensi del vigente *"Piano Gestione Rischio Alluvioni"* (P.G.R.A. – redatto dall'Autorità di Bacino, Distretto Idrografico Fiume Po), l'area in esame è posta all'esterno delle fasce che possono essere interessate dagli eventi alluvionali del T. Samoggia (facendo riferimento a stime condotte su base statistico-probabilistica).

5. IDROGEOLOGIA

5.1. INQUADRAMENTO GENERALE

All'interno della pianura bolognese, come in tutta la fascia di pianura padana antistante la catena appenninica, è possibile riconoscere la presenza di due differenti tipologie di acquiferi in relazione alle diverse caratteristiche geologiche e litostratigrafiche del sottosuolo.

L'alta pianura bolognese, come accennato nel capitolo 3, è caratterizzata dalla presenza della fascia delle conoidi alluvionali, al cui interno sono segnalati orizzonti acquiferi che fino alla profondità di 200 m dal p.c. possono essere considerati come

un unico sistema avente comportamento idraulico tale da poter essere assimilato ad un acquifero monostrato.

Avanzando all'interno della pianura la situazione si evolve: si ha il passaggio ad un acquifero multistrato nel quale i corpi grossolani sono sempre meno numerosi e più isolati all'interno di depositi più fini e meno permeabili (acquitardi), che determinano un frazionamento del deflusso idrico.

L'alimentazione delle falde meno profonde è costituita principalmente dalle dispersioni di subalveo dei fiumi, dall'infiltrazione delle precipitazioni (indici di infiltrazione del 35% nella fascia di alta pianura, 25% a nord e nord-est di Bologna e 5% nel resto del territorio) e dal fronte freatico.

In particolare nella fascia di alta pianura è prevalente il meccanismo di ricarica attraverso l'infiltrazione delle acque meteoriche nella zona pedecollinare delle conoidi ed il flusso di subalveo dei principali corsi d'acqua. Nella media e bassa pianura gli apporti alle falde acquifere sono limitati principalmente a quelle più superficiali, per infiltrazione delle precipitazioni e perdite di fondo dei corsi d'acqua.

5.2. IDROGEOLOGIA LOCALE

Analizzando le informazioni riportate nella “*Carta Idrogeologica*” del vigente “*Piano Strutturale dei Comuni dell’Area Bazzanese*”, relative alle falde acquifere della zona interessata dagli interventi in progetto, si deduce che la falda più superficiale (ipodermica) ha una piezometria media pari a circa 82,5 m s.l.m., corrispondente ad un valore di soggiacenza di circa 3÷4 m dal p.c..

Lo scrivente, nel corso dell’indagine geognostica eseguita, ha rilevato valori di soggiacenza dell’ordine di 1 m dal p.c. attuale.

Indagini geognostiche pregresse (eseguite nel mese di marzo 2003) avevano evidenziato valori di soggiacenza variabili tra 0,9 e 1,2 m dal p.c..

6. INDAGINE GEOGNOSTICA

L'individuazione della natura dei terreni e la valutazione dei parametri geotecnici di calcolo sono state effettuate sulla base dei risultati di un'indagine geognostica integrativa appositamente realizzata in data 27/05/2020, costituita da due prove penetrometriche statiche (CPT1/2020 e CPT2/2020) spinte fino alla profondità massima di 15,4 m dal p.c. (CPT2/2020) ed ubicate come indicato in allegato 3.

Per l'esecuzione delle due CPT è stato impiegato un penetrometro statico da 20 t con punta meccanica di tipo olandese, montato su mezzo cingolato modello Pagani.

Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica del sito indagato si farà riferimento alla seguente documentazione (fornita in allegato 6):

- ✓ risultati delle indagini sismiche eseguite, presso il complesso ospedaliero medesimo, nei mesi di maggio e giugno 2011 dalla Ditta IGEA s.a.s. (linea sismica a rifrazione della lunghezza di 120 m con acquisizione delle onde SH e prova "Down – Hole" in foro di profondità pari a 30 m dal p.c.).

Si evidenzia che le quote del p.c. in corrispondenza dei due punti d'indagine CPT1/2020 e CPT2/2020, rispetto alla quota del piano strada di accesso al Pronto Soccorso, sono superiori, rispettivamente, di circa 0,2 m (CPT1/2020) e di circa 0,7 m (CPT2/2020).

7. NATURA DEI TERRENI INDAGATI

Le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni indagati sono state individuate attraverso:

- l'esame dei diagrammi delle due prove penetrometriche statiche (CPT1/2020 e CPT2/2020), eseguite dallo scrivente e forniti in allegato 4;

- l'analisi dei diagrammi di cinque prove penetrometriche statiche (CPT1÷CPT5) e delle stratigrafie di due sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S1 e S2), eseguiti nel mese di marzo 2003 e forniti in allegato 5.

I dati ricavati dalle CPT sono stati interpretati sulla base delle esperienze di Begemann e Schmertmann che, utilizzando i valori di resistenza alla punta e di resistenza laterale, rendono possibile una schematizzazione litologica dei terreni.

Al di sotto di uno strato di terreno di riporto in CPT1/2020 (avente uno spessore di circa 1 m) e di uno strato di terreno vegetale in CPT2/2020 (avente uno spessore di circa 0,6 m), sono presenti argille e limi prevalenti, mediamente consistenti, caratterizzati da valori di resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico compresi, in media, tra 13 e 37 kg/cm².

A profondità, dal p.c., comprese tra 3 e 4 m in CPT1/2020 e tra 3,4 e 4,4 m in CPT2/2020, è presente un banco di ghiaia da fine a media (dimensioni medie dei clasti variabili tra 0,5÷2 cm), in matrice limoso-argillosa, debolmente sabbiosa, da mediamente a molto addensata, caratterizzato da valori di R_p superiori a 230 kg/cm². In corrispondenza della CPT2/2020, l'addensamento molto elevato di questi depositi, a comportamento prevalentemente granulare, ha impedito l'avanzamento della punta meccanica ed è stato possibile superare tale banco di ghiaia solo utilizzando il maglio del penetrometro dinamico super pesante (DPSH).

Alla base del suddetto banco di ghiaia, fino alla massima profondità indagata (30 m dal p.c. nel sondaggio eseguito nel mese di giugno 2011 per l'indagine sismica "Down – Hole" – si veda l'allegato 6), si ha la presenza di litotipi a comportamento prevalentemente coesivo (argille e limi prevalenti), ascrivibili, con tutta probabilità, al "Membro di Fossoveggia" (peliti prevalenti di colore grigio scuro, grigio-azzurro e subordinatamente giallastro, con rare intercalazioni centimetriche o decimetriche di peliti sabbiose), appartenente alla "Formazione delle Sabbie di

Imola” (Pleistocene medio – Quaternario marino), poste alla base dei depositi alluvionali quaternari continentali.

Questi ultimi litotipi, a comportamento prevalentemente coesivo, presentano consistenze da mediamente elevate a molto elevate e sono caratterizzati da valori di R_p compresi, in media, tra 40 e 110 kg/cm². A tali litotipi si alternano rari livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, aventi spessori da centimetrici a decimetrici.

Al termine delle due prove penetrometriche eseguite dallo scrivente, il livello della superficie piezometrica è stato rilevato ad una profondità dal p.c. (soggiacenza) variabile tra 1 m (in CPT1/2020) e 1,5 m (in CPTU2/2020). In considerazione della differenza di quota del p.c. in corrispondenza dei due suddetti punti d'indagine (si veda l'ultimo paragrafo del capitolo 6), la piezometria risulta analoga.

Si evidenzia che tale manifestazione idrica è originata, verosimilmente, dalla salienza all'interno dei due fori d'indagine, di una falda idrica confinata all'interno del banco di ghiaia.

Una evidenza chiara, che depone a favore dell'ipotesi di una salienza da un acquifero confinato nei depositi ghiaiosi, si ha nel fatto che la parte terminale delle aste elicoidali utilizzate per l'ancoraggio del penetrometro è risultata asciutta per le aste spinte fino alla profondità di circa 2 m dal p.c. e leggermente umida per quelle spinte fino alla profondità di circa 2,5 m dal p.c..

8. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO INDAGATO

Il territorio dell'ex Comune di Bazzano (dal 01/01/2014 confluito nel nuovo Comune di Valsamoggia) è catalogato in “Zona 3” nella “Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia – Romagna”.

Sulla base dei risultati delle indagini sismiche eseguite, presso il complesso ospedaliero medesimo, nei mesi di maggio e giugno 2011 dalla Ditta IGEA s.a.s. (linea sismica a rifrazione della lunghezza di 120 m con acquisizione delle onde SH e prova “Down – Hole” in foro di profondità pari a 30 m dal p.c., si veda l'allegato 6), è possibile assegnare ai terreni indagati la categoria di sottosuolo “C” ($V_{s,eq} = V_{s,30} = 305\div 334$ m/s), secondo il D.M. 17/01/2018.

Ai sensi del suddetto D.M. ed in accordo con le indicazioni fornite dal progettista, di seguito vengono forniti i parametri ed i coefficienti sismici relativi all'opera in progetto ed al sito in corrispondenza del quale tale opera verrà realizzata.

Il grado d'addensamento dei terreni a granulometria grossolana rilevati nel corso dell'esecuzione dell'indagine geognostica in corrispondenza del lotto interessato dagli interventi in progetto, **rendono tale sito non a rischio nei confronti della liquefazione** anche in presenza di evento sismico (con magnitudo massima corrispondente al grado di sismicità di riferimento per l'area in esame).

Si segnala che, nelle carte relative al “Rischio Sismico” allegate ai vigenti “Piano Strutturale” del Comune di Valsamoggia e “Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale” della Città Metropolitana di Bologna, il lotto in esame è posto all'interno delle aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e, quindi, non è ricompreso all'interno delle aree soggette a potenziale liquefazione e/o a cedimenti indotti dall'azione sismica (post-sismici).

Sito in esame: Viale dei Martiri

Latitudine: 44,500575
 Longitudine: 11,088835
 Classe: 4
 Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1: ID: 16726 Lat: 44,5095
 Lon: 11,0373 Distanza: 4207,468

Sito 2: ID: 16727 Lat: 44,5110
 Lon: 11,1073 Distanza: 1867,345

Sito 3: ID: 16949 Lat: 44,4610
 Lon: 11,1093 Distanza: 4693,143

Sito 4: ID: 16948 Lat: 44,4596
 Lon: 11,0394 Distanza: 6018,049

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 200 anni
 Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Prob. di superamento: 81%
 Tr: 120 [anni]
 ag: 0,094 g
 Fo: 2,465
 Tc*: 0,282 [s]

Danno (SLD):

Prob. di superamento: 63%
 Tr: 201 [anni]
 ag: 0,118 g
 Fo: 2,421
 Tc*: 0,285 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Prob. di superamento: 10%
 Tr: 1898 [anni]
 ag: 0,248 g
 Fo: 2,451
 Tc*: 0,321 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Prob. di superamento: 5%
 Tr: 2475 [anni]
 ag: 0,268 g
 Fo: 2,470
 Tc*: 0,324 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,600
 St: 1,000
 Kh: 0,028
 Kv: 0,014
 Amax: 1,387 [ms⁻²]
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,590
 St: 1,000
 Kh: 0,043
 Kv: 0,021
 Amax: 1,737 [ms⁻²]
 Beta: 0,240

SLV:

Ss: 1,330
 Cc: 1,530
 St: 1,000
 Kh: 0,092
 Kv: 0,046
 Amax: 3,238 [ms⁻²]
 Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,300
 Cc: 1,520
 St: 1,000
 Kh: 0,097
 Kv: 0,049
 Amax: 3,414 [ms⁻²]
 Beta: 0,280

(Geostru software-www.geostru.com)

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INDAGATI

9.1. PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO

I dati ottenuti dall'indagine geognostica e la tipologia degli interventi da realizzare permettono di ipotizzare, in accordo con le indicazioni fornite dal progettista, l'uso di fondazioni superficiali; in particolare è stata considerata una fondazione a platea di dimensioni massime pari a 2 x 20 m, impostata alla profondità $D = 0,4$ m dal p.c..

Nei capitoli successivi vengono illustrate le verifiche condotte facendo riferimento a parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate (assumendo l'angolo d'attrito interno $\varphi = 0^\circ$), in quanto è stato appurato che, nel caso in esame, tali condizioni risultano essere quelle più a favore di sicurezza.

Il valore della coesione non drenata (C_u) è stato valutato sulla base dei valori della resistenza alla punta del penetrometro statico (R_p) mediante:

$$C_u = (R_p - \gamma h) / N_k$$

dove:

γ = peso di volume (kg/cm^3)

h = profondità (cm)

N_k = coefficiente adimensionale variabile tra 16 e 25, in relazione al grado di sovraconsolidazione

Per una fondazione impostata alla profondità di $D = 0,4$ m dall'attuale piano campagna, caratterizzando l'intera distribuzione statistica dei valori di C_u mediante una stima puntuale a carattere cautelativo (modello semiprobabilistico) individuata dal 5° percentile calcolato sulla distribuzione che influenza l'insorgere dello stato limite considerato, si ottiene un valore caratteristico di C_u pari a $0,2 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

Nelle due tabelle seguenti viene riportata la caratterizzazione geotecnica dei terreni indagati, suddivisi in strati omogenei dal punto di vista litotecnico (unità

litotecniche; i valori dei parametri geotecnici indicati sono quelli caratteristici) per le due verticali indagate dallo scrivente.

CPT1/2020

Unità	Prof. (m)	Litotipi	γ (t/mc)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	ϕ' (°)
---	0,0÷1,0	riporto antropico	---	---	---	---
A	1,0÷2,0	argilla e limo	1,9	0,5	---	---
B	2,0÷3,0	argilla e limo	1,9	0,8	---	---
E	3,0÷4,0	ghiaia	2,1	---	0,0	36
C	4,0÷10,8	argilla e limo	1,9	1,2	---	---
D	10,8÷15,0	argilla e limo	1,9	1,8	---	---

γ = massa volumica totale

Cu = coesione non drenata

C' = coesione efficace (drenata)

ϕ' = angolo di attrito interno efficace (drenato)

CPT2/2020

Unità	Prof. (m)	Litotipi	γ (t/mc)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	ϕ' (°)
---	0,0÷0,6	terreno vegetale	---	---	---	---
A	0,6÷2,4	argilla e limo	1,9	0,5	---	---
B	2,4÷3,4	argilla e limo	1,9	0,8	---	---
E	3,4÷4,4	ghiaia	2,1	---	0,0	38
C	4,4÷10,6	argilla e limo	1,9	1,2	---	---
D	10,6÷15,4	argilla e limo	1,9	1,8	---	---

γ = massa volumica totale

Cu = coesione non drenata

C' = coesione efficace (drenata)

ϕ' = angolo di attrito interno efficace (drenato)

9.2. PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ

Un valore orientativo dell'ordine di grandezza del modulo di deformabilità (edometrico – E) è stato stimato sulla base della correlazione di seguito riportata:

$$E = \alpha R_p$$

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori caratteristici di E (coincidenti con i valori di progetto) ottenuti dall'elaborazione dei dati delle due prove penetrometriche eseguite dallo scrivente.

CPTU1/2020

Profondità (m dal p.c.)	E (kg/cm ²)
1,0÷2,0	45
2,0÷3,0	75
3,0÷4,0	800
4,0÷10,8	150
10,8÷15,0	190

CPTU2/2020

Profondità (m dal p.c.)	E (kg/cm ²)
0,6÷2,4	45
2,4÷3,4	75
3,4÷4,4	800
4,4÷10,6	150
10,6÷15,4	190

10. CALCOLO DELLA RESISTENZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE (VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI – SLV)

La pressione limite (q_{lim}) è stata calcolata considerando una fondazione poggianti su terreni a comportamento prevalentemente coesivo (argille e limi), sulla base della teoria di Brinch-Hansen (1970) e di Vesic (1975).

Come indicato in precedenza, il calcolo della pressione limite viene condotto mediante verifiche in condizioni non drenate (in termini di tensioni totali, a breve termine, assumendo l'angolo d'attrito interno $\varphi = 0^\circ$), in quanto è stato appurato che, nel caso in esame, tali condizioni risultano essere quelle più a favore di sicurezza.

La capacità portante limite (q_{lim}) può essere quindi espressa dalla formula seguente:

$$q_{lim} = C_u N_c s_c d_c + q$$

nella quale:

C_u = coesione non drenata (kg/cm^2)

N_c = fattore di capacità portante = $(2 + \pi)$

q = sovraccarico totale agente ai bordi della fondazione (kg/cm^2)

s_c = fattore di forma della fondazione

$$s_c = 1 + 0,2 (B/L)$$

d_c = fattore di profondità della fondazione

$$d_c = 1 + 0,4 (D/B)$$

Come indicato in precedenza, è stata considerata una fondazione superficiale a platea di dimensioni massime ($B \times L$) pari a 2×20 m, impostata alla profondità di 0,4 m dal p.c..

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, **adottando l'approccio 2 (A1+M1+R3)**, per la valutazione della resistenza al carico (R_d) dei terreni di fondazione è stato applicato

il coefficiente di sicurezza parziale R3 ($\gamma_R = 2,3$) al valore della q_{lim} ottenuta dai calcoli precedentemente esposti.

È stato così ricavato un valore massimo di resistenza dei terreni di fondazione (Rd) pari a **$Rd = 0,4 \text{ kg/cm}^2$** .

Tale valore risulta essere assolutamente compatibile con i carichi (azioni Ed) che le strutture stesse indurranno sui terreni di fondazione.

L'utilizzo del suddetto valore, comunque, deve essere verificato alla luce del calcolo dei cedimenti, illustrato nel successivo capitolo 11.

11. VALUTAZIONE DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DEI CEDIMENTI (VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – SLD)

La stima dell'ordine di grandezza dei cedimenti edometrici a lungo termine è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo basato sulla teoria classica dell'elasticità per quanto concerne la diffusione dei carichi nel terreno, seguendo il metodo della consolidazione monodimensionale di Terzaghi e calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità secondo la teoria di Boussinesq.

Considerando, in accordo con le indicazioni fornite dal progettista, l'impiego di una fondazione superficiale a platea impostata alla profondità $D = 0,4 \text{ m}$ dalla quota del p.c. attuale ed i valori del modulo di deformabilità E (valori caratteristici coincidenti con i valori di progetto, riportati nelle tabelle del capitolo 9.2.), si è proceduto al calcolo dei cedimenti assoluti e differenziali.

Utilizzando un valore massimo, mediato (SLE), della pressione di contatto di $0,2 \text{ kg/cm}^2$ si ottengono, i seguenti cedimenti edometrici assoluti massimi (W) a lungo termine (differiti):

- in corrispondenza delle porzioni centrali della platea: $W = 1,1 \text{ cm}$
- in corrispondenza delle porzioni prossime ai bordi della platea: $W = 0,7 \text{ cm}$

➤ **media pesata dei due valori precedenti:**

$W = 1,0 \text{ cm}$

Mettendo in relazione i valori dei cedimenti assoluti calcolati attraverso i dati delle due prove penetrometriche statiche eseguite dallo scrivente, si ottengono valori sia di cedimenti differenziali sia di distorsioni prossimi a zero.

Dai calcoli condotti emerge che i valori di cedimento assoluti e differenziali e di distorsione computati (effetto delle azioni di progetto E_d) risultano compatibili con le strutture in progetto.

Quindi, si suggerisce l'adozione di un valore limite medio della pressione di contatto non superiore a $0,2 \text{ kg/cm}^2$ per la tipologia di fondazione in precedenza descritta.

Al fine di minimizzare la probabilità d'insorgenza di indesiderati fenomeni di cedimento differenziale, si evidenzia, infine, la necessità di verificare la buona consistenza, integrità ed omogeneità dei terreni di fondazione prima di realizzare le strutture fondali delle opere in progetto. Nel caso in cui tali disomogeneità venissero rilevate, sarà necessario procedere all'asportazione delle parti più superficiali dei litotipi più compressibili e sostituirle con bonifiche locali costituite da materiali granulari (misto granulare stabilizzato) compattati a regola d'arte, di adeguati spessori.

Bologna, giugno 2020

Dott. R. Degli Esposti

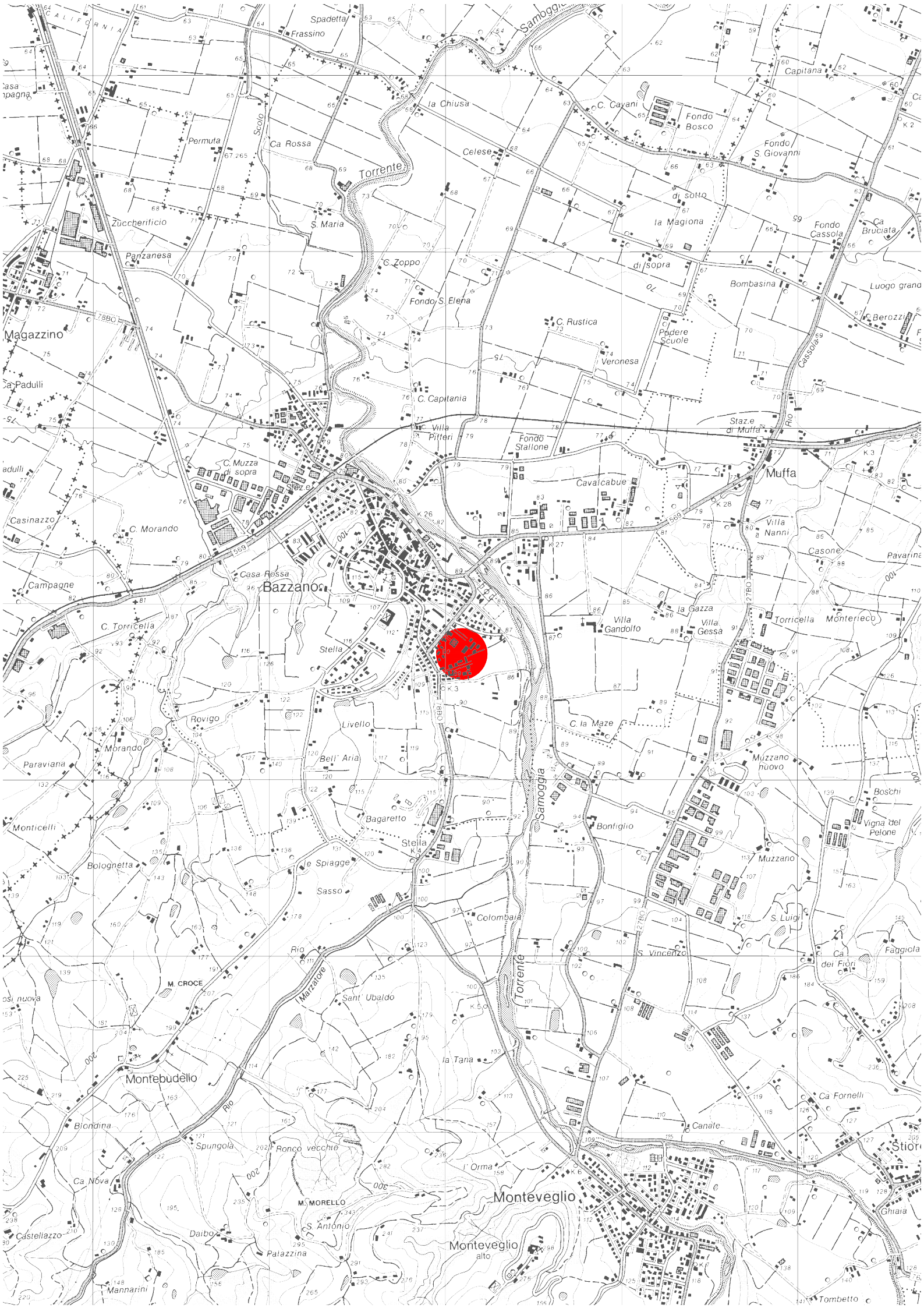


Riccardo Degli Esposti

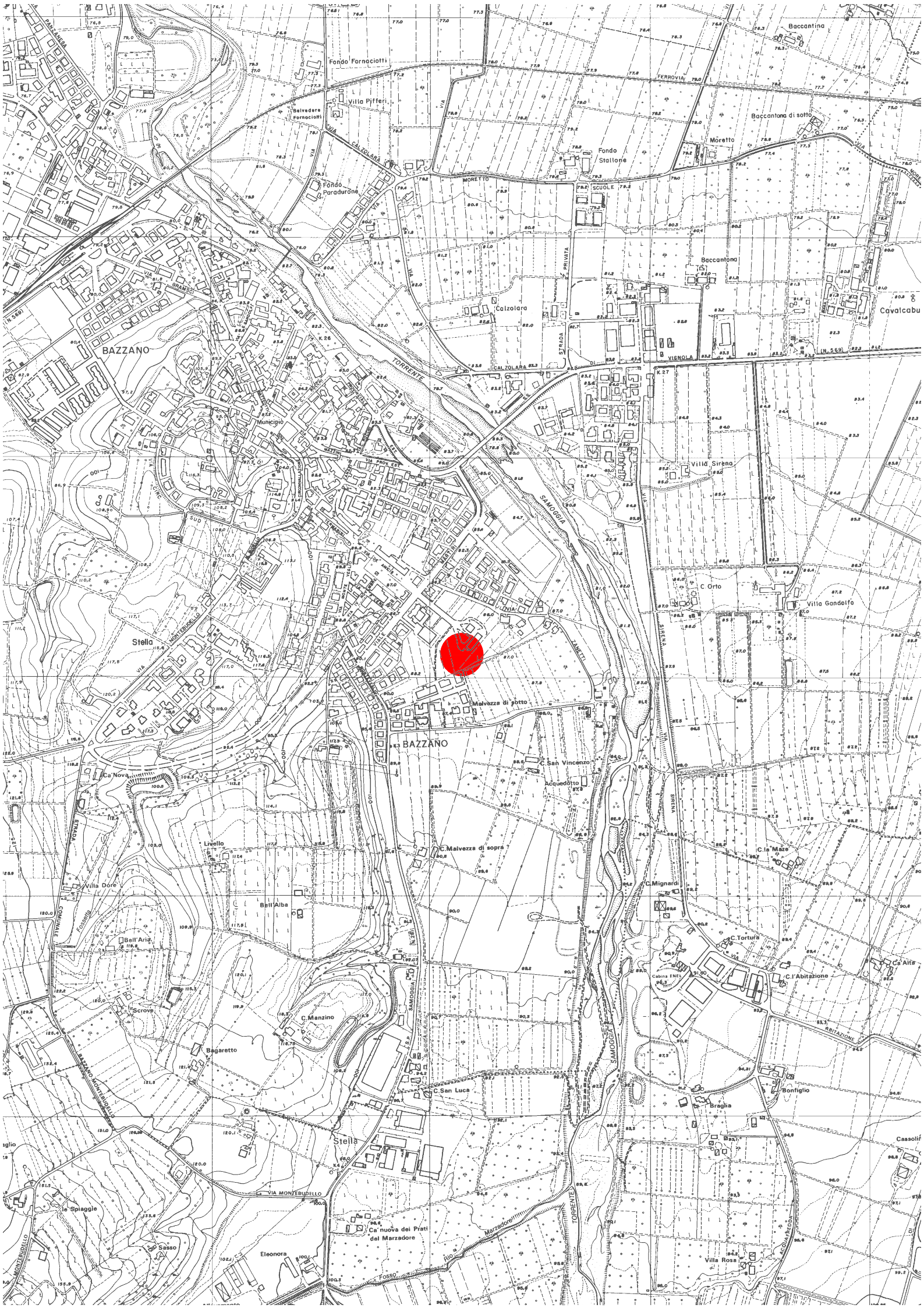
ELENCO DEGLI ALLEGATI

- All. 1 : Corografia *scala 1: 25.000*
- All. 2 : Ubicazione dell'area *scala 1: 10.000*
- All. 3 : Ubicazione delle prove penetrometriche *scala 1: 250*
- All. 4 : Diagrammi delle prove penetrometriche
- All. 5 : Indagini eseguite nel mese di marzo 2003
- All. 6 : Prospezioni sismiche eseguite nell'anno 2011

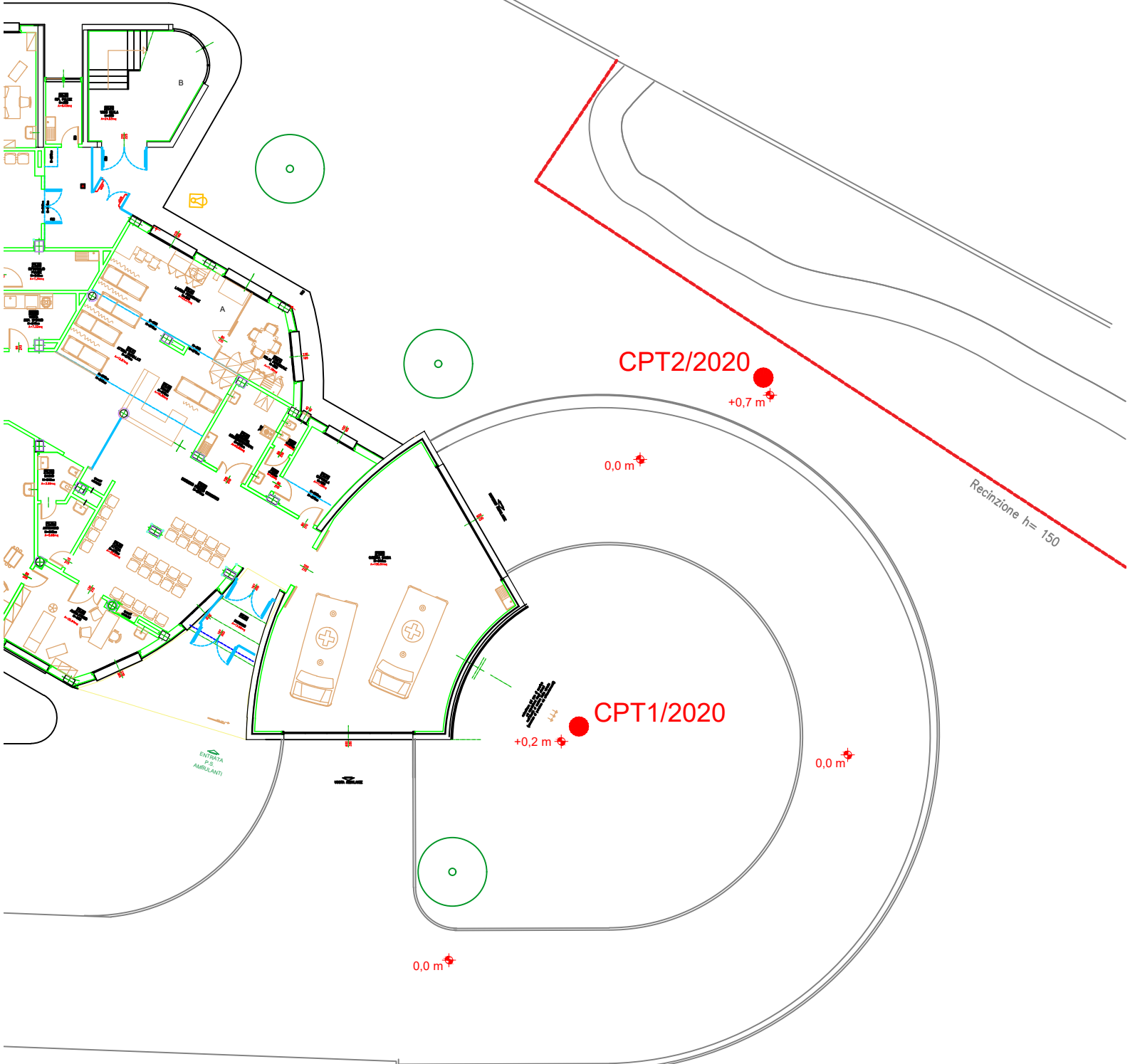
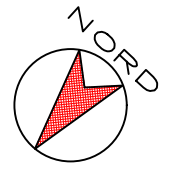
All. 1
Corografia
Scala 1: 25.000



All. 2
Ubicazione dell'area
Scala 1: 10.000



All. 3
Ubicazione delle prove penetrometriche
Scala 1: 250



CPT2/2020

+0,7 m

0,0 m

CPT1/2020

+0,2 m

0,0 m

0,0 m

Recinzione h= 150

ENTRATA P.S. AMBULANTI

All. 4
Diagrammi delle prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-101

- committente : Dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ospedale Bazzano
- località : Bazzano (BO)
- note :

- data : 27/05/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	51,0	----	51,0	1,47	35,0	7,80	53,0	98,0	53,0	1,33	40,0
0,40	24,0	46,0	24,0	1,40	17,0	8,00	100,0	120,0	100,0	3,60	28,0
0,60	43,0	64,0	43,0	4,00	11,0	8,20	44,0	98,0	44,0	2,20	20,0
0,80	65,0	125,0	65,0	0,80	81,0	8,40	50,0	83,0	50,0	2,47	20,0
1,00	198,0	210,0	198,0	2,00	99,0	8,60	51,0	88,0	51,0	2,20	23,0
1,20	30,0	60,0	30,0	1,20	25,0	8,80	60,0	93,0	60,0	3,00	20,0
1,40	17,0	35,0	17,0	0,93	18,0	9,00	55,0	100,0	55,0	2,53	22,0
1,60	18,0	32,0	18,0	0,87	21,0	9,20	56,0	94,0	56,0	3,27	17,0
1,80	20,0	33,0	20,0	0,80	25,0	9,40	58,0	107,0	58,0	4,13	14,0
2,00	24,0	36,0	24,0	1,13	21,0	9,60	61,0	123,0	61,0	4,07	15,0
2,20	27,0	44,0	27,0	1,40	19,0	9,80	61,0	122,0	61,0	4,00	15,0
2,40	31,0	52,0	31,0	1,60	19,0	10,00	58,0	118,0	58,0	4,27	14,0
2,60	33,0	57,0	33,0	1,60	21,0	10,20	62,0	126,0	62,0	3,93	16,0
2,80	30,0	54,0	30,0	1,67	18,0	10,40	61,0	120,0	61,0	3,87	16,0
3,00	33,0	58,0	33,0	1,33	25,0	10,60	63,0	121,0	63,0	4,73	13,0
3,20	240,0	260,0	240,0	4,07	59,0	10,80	63,0	134,0	63,0	4,20	15,0
3,40	293,0	354,0	293,0	3,13	94,0	11,00	68,0	131,0	68,0	4,80	14,0
3,60	233,0	280,0	233,0	3,60	65,0	11,20	68,0	140,0	68,0	4,33	16,0
3,80	236,0	290,0	236,0	5,07	47,0	11,40	69,0	134,0	69,0	4,67	15,0
4,00	232,0	308,0	232,0	2,00	116,0	11,60	65,0	135,0	65,0	3,87	17,0
4,20	60,0	90,0	60,0	3,80	16,0	11,80	74,0	132,0	74,0	4,33	17,0
4,40	43,0	100,0	43,0	1,67	26,0	12,00	71,0	136,0	71,0	4,80	15,0
4,60	52,0	77,0	52,0	1,67	31,0	12,20	68,0	140,0	68,0	5,07	13,0
4,80	53,0	78,0	53,0	1,40	38,0	12,40	68,0	144,0	68,0	5,13	13,0
5,00	54,0	75,0	54,0	1,53	35,0	12,60	74,0	151,0	74,0	5,53	13,0
5,20	55,0	78,0	55,0	2,00	28,0	12,80	76,0	159,0	76,0	5,53	14,0
5,40	40,0	70,0	40,0	2,07	19,0	13,00	75,0	158,0	75,0	5,47	14,0
5,60	44,0	75,0	44,0	2,40	18,0	13,20	80,0	162,0	80,0	5,53	14,0
5,80	44,0	80,0	44,0	2,60	17,0	13,40	76,0	159,0	76,0	5,87	13,0
6,00	43,0	82,0	43,0	2,60	17,0	13,60	75,0	163,0	75,0	5,53	14,0
6,20	43,0	82,0	43,0	2,53	17,0	13,80	72,0	155,0	72,0	5,00	14,0
6,40	46,0	84,0	46,0	2,60	18,0	14,00	88,0	163,0	88,0	5,93	15,0
6,60	55,0	94,0	55,0	2,67	21,0	14,20	79,0	168,0	79,0	6,27	13,0
6,80	46,0	86,0	46,0	2,80	16,0	14,40	81,0	175,0	81,0	6,20	13,0
7,00	41,0	83,0	41,0	2,00	20,0	14,60	89,0	182,0	89,0	6,20	14,0
7,20	47,0	77,0	47,0	1,93	24,0	14,80	85,0	178,0	85,0	6,20	14,0
7,40	61,0	90,0	61,0	2,40	25,0	15,00	87,0	180,0	87,0	-----	----
7,60	58,0	94,0	58,0	3,00	19,0						

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

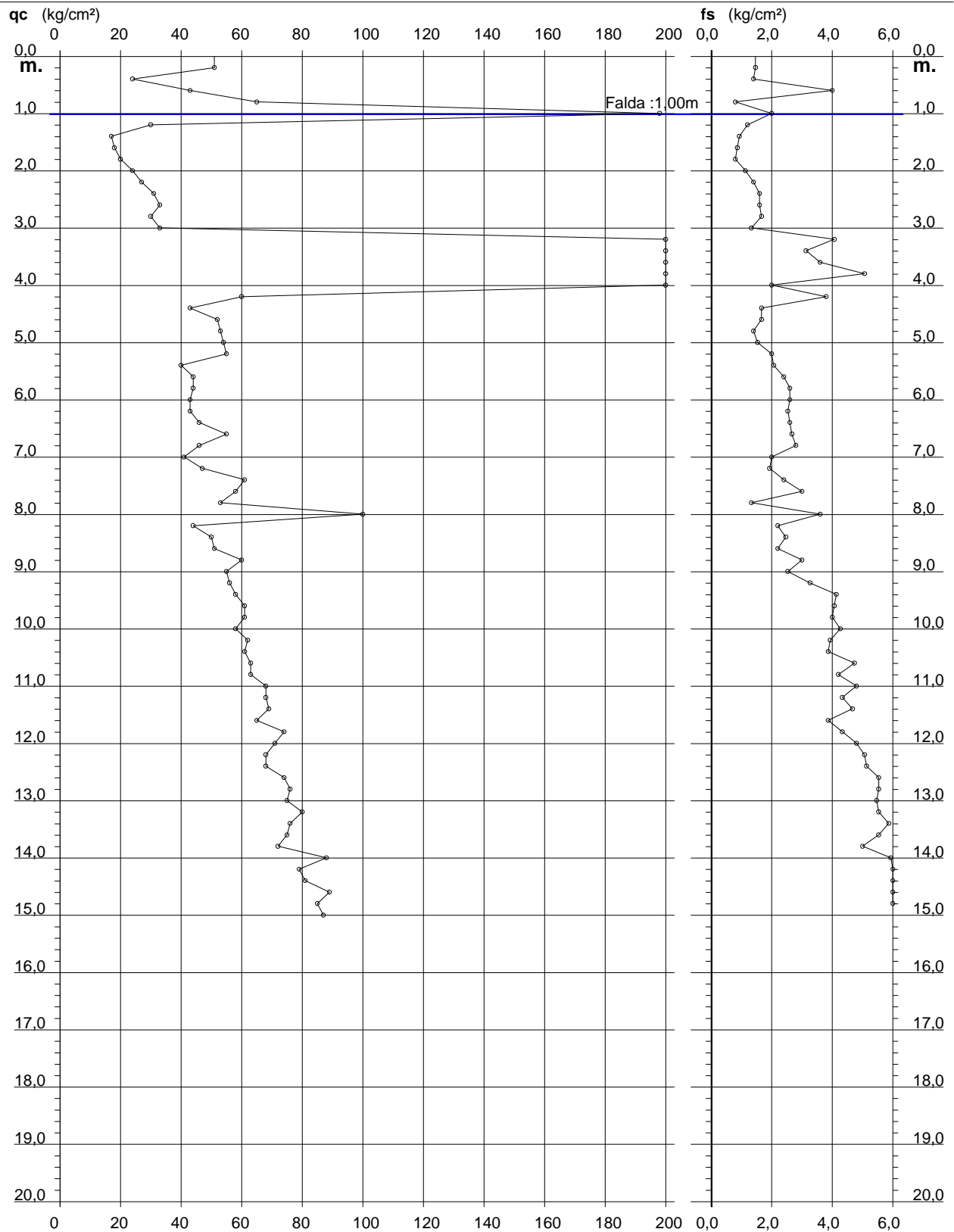
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-101

- committente : Dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ospedale Bazzano
- località : Bazzano (BO)

- data : 27/05/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



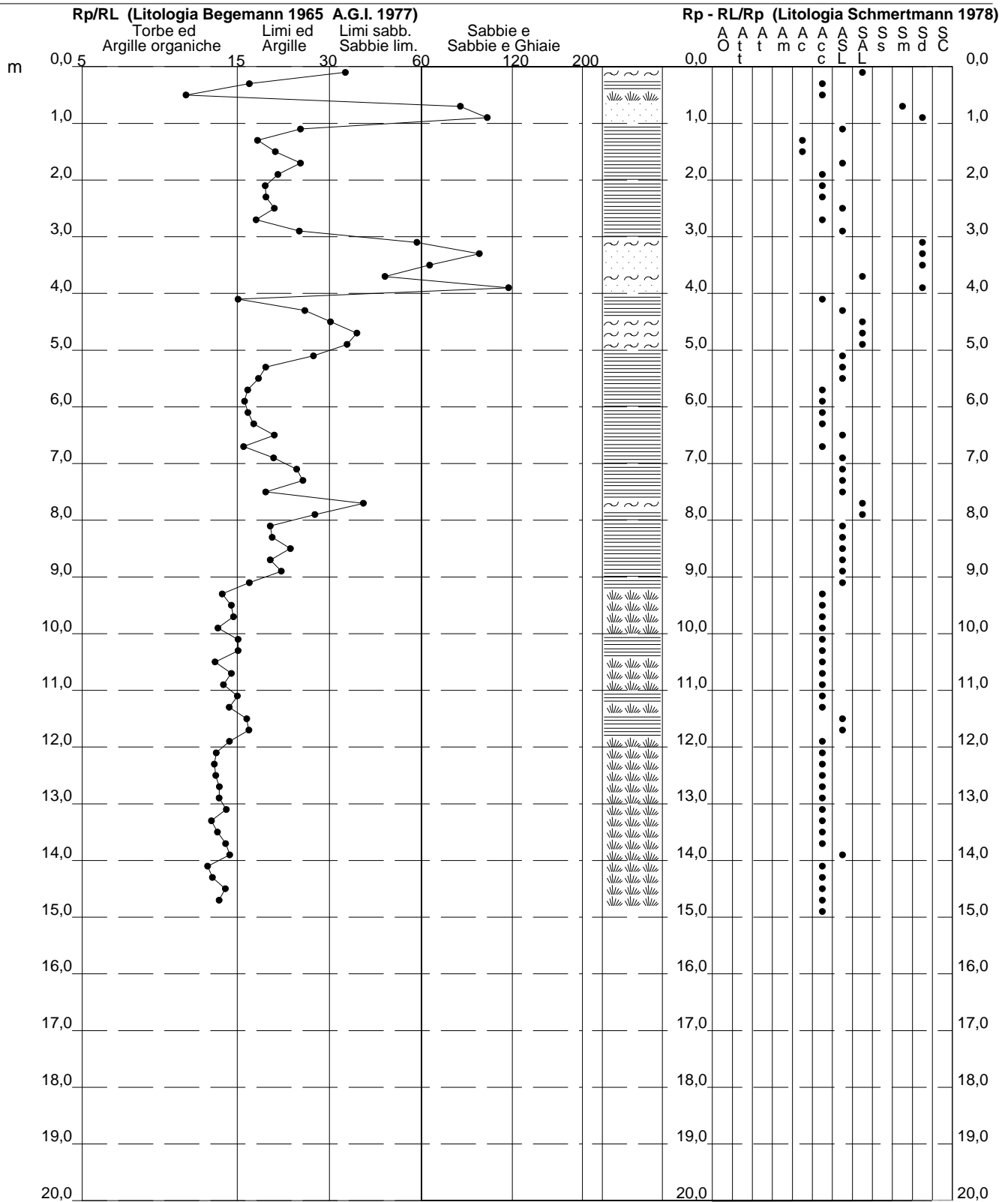
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-101

- committente : Dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ospedale Bazzano
- località : Bazzano (BO)
- note :

- data : 27/05/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



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

CPT 2

2.01PG05-101

- committente : Dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ospedale Bazzano
- località : Bazzano (BO)
- note : utilizzato DPSH tra -4,00 e -4,60m di prof.

- data : 27/05/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	65,0	----	65,0	1,27	51,0	8,00	60,0	120,0	60,0	4,27	14,0
0,40	58,0	77,0	58,0	2,13	27,0	8,20	63,0	127,0	63,0	4,53	14,0
0,60	36,0	68,0	36,0	2,73	13,0	8,40	62,0	130,0	62,0	4,53	14,0
0,80	23,0	64,0	23,0	2,87	8,0	8,60	67,0	135,0	67,0	4,47	15,0
1,00	20,0	63,0	20,0	2,73	7,0	8,80	70,0	137,0	70,0	4,40	16,0
1,20	19,0	60,0	19,0	2,20	9,0	9,00	60,0	126,0	60,0	4,60	13,0
1,40	17,0	50,0	17,0	1,60	11,0	9,20	60,0	129,0	60,0	4,47	13,0
1,60	16,0	40,0	16,0	1,27	13,0	9,40	61,0	128,0	61,0	4,20	15,0
1,80	16,0	35,0	16,0	1,20	13,0	9,60	59,0	122,0	59,0	4,13	14,0
2,00	13,0	31,0	13,0	0,93	14,0	9,80	59,0	121,0	59,0	3,40	17,0
2,20	15,0	29,0	15,0	1,07	14,0	10,00	52,0	103,0	52,0	3,60	14,0
2,40	21,0	37,0	21,0	1,33	16,0	10,20	43,0	97,0	43,0	4,07	11,0
2,60	26,0	46,0	26,0	1,87	14,0	10,40	59,0	120,0	59,0	5,00	12,0
2,80	30,0	58,0	30,0	1,67	18,0	10,60	63,0	138,0	63,0	4,93	13,0
3,00	32,0	57,0	32,0	2,00	16,0	10,80	70,0	144,0	70,0	5,27	13,0
3,20	26,0	56,0	26,0	2,27	11,0	11,00	62,0	141,0	62,0	5,07	12,0
3,40	37,0	71,0	37,0	1,00	37,0	11,20	76,0	152,0	76,0	5,40	14,0
3,60	230,0	245,0	230,0	6,87	33,0	11,40	72,0	153,0	72,0	5,40	13,0
3,80	290,0	393,0	290,0	-----	----	11,60	71,0	152,0	71,0	5,27	13,0
4,00	389,0	----	389,0	-----	----	11,80	71,0	150,0	71,0	5,47	13,0
4,20	530,0	----	530,0	-----	----	12,00	70,0	152,0	70,0	5,27	13,0
4,40	----	----	--	-----	----	12,20	77,0	156,0	77,0	5,60	14,0
4,60	----	----	--	2,73	----	12,40	81,0	165,0	81,0	6,33	13,0
4,80	46,0	87,0	46,0	1,93	24,0	12,60	86,0	181,0	86,0	6,53	13,0
5,00	48,0	77,0	48,0	2,33	21,0	12,80	85,0	183,0	85,0	6,33	13,0
5,20	54,0	89,0	54,0	2,47	22,0	13,00	80,0	175,0	80,0	5,93	13,0
5,40	59,0	96,0	59,0	2,60	23,0	13,20	82,0	171,0	82,0	5,93	14,0
5,60	54,0	93,0	54,0	2,93	18,0	13,40	87,0	176,0	87,0	6,13	14,0
5,80	45,0	89,0	45,0	2,53	18,0	13,60	88,0	180,0	88,0	6,33	14,0
6,00	53,0	91,0	53,0	2,93	18,0	13,80	84,0	179,0	84,0	6,47	13,0
6,20	52,0	96,0	52,0	3,47	15,0	14,00	82,0	179,0	82,0	6,13	13,0
6,40	61,0	113,0	61,0	3,80	16,0	14,20	84,0	176,0	84,0	6,40	13,0
6,60	60,0	117,0	60,0	3,53	17,0	14,40	106,0	202,0	106,0	8,00	13,0
6,80	56,0	109,0	56,0	3,67	15,0	14,60	100,0	220,0	100,0	7,20	14,0
7,00	57,0	112,0	57,0	3,67	16,0	14,80	91,0	199,0	91,0	6,60	14,0
7,20	60,0	115,0	60,0	3,87	16,0	15,00	94,0	193,0	94,0	6,93	14,0
7,40	61,0	119,0	61,0	4,07	15,0	15,20	95,0	199,0	95,0	6,87	14,0
7,60	61,0	122,0	61,0	3,87	16,0	15,40	105,0	208,0	105,0	-----	----
7,80	60,0	118,0	60,0	4,00	15,0						

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

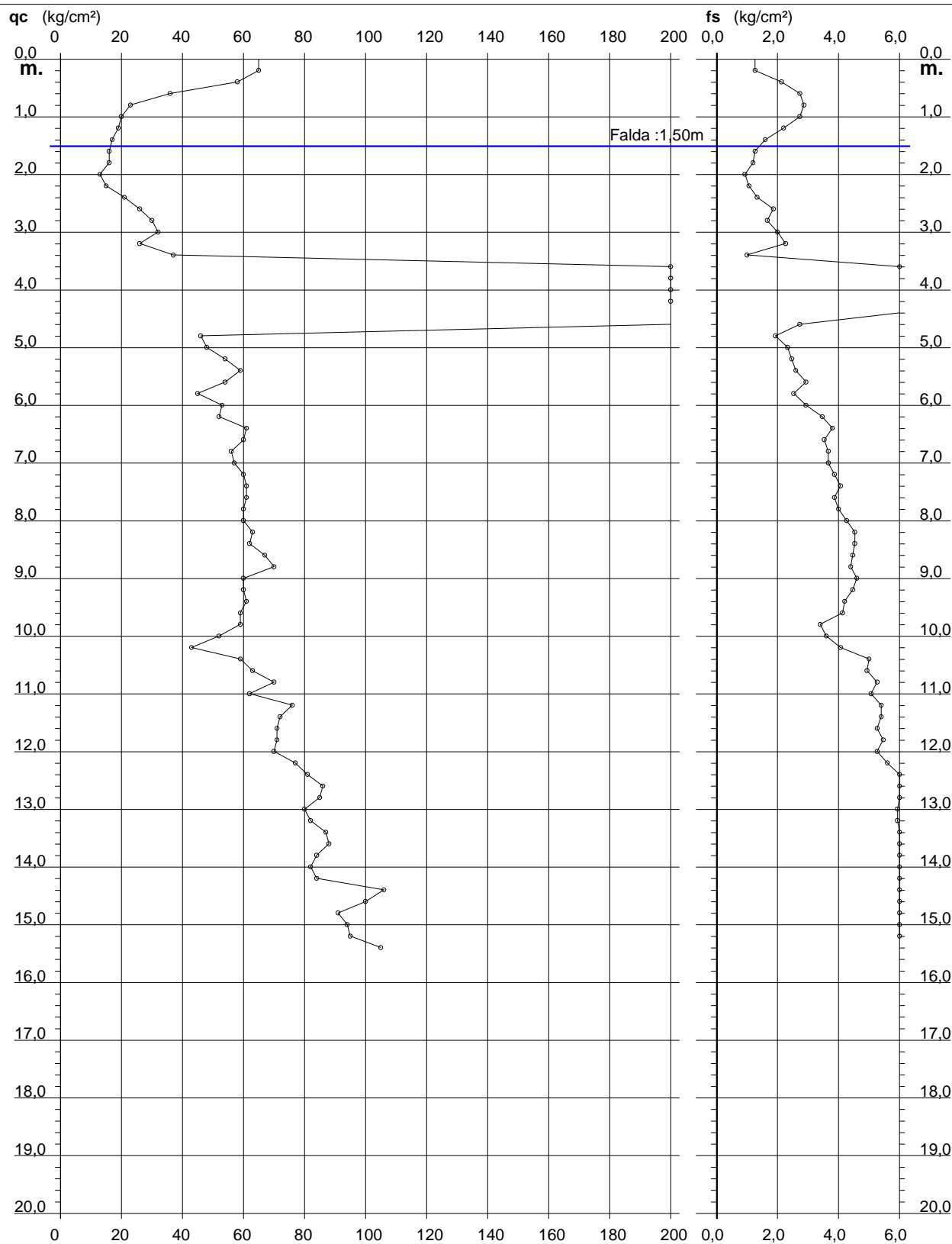
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-101

- committente : Dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ospedale Bazzano
- località : Bazzano (BO)
- note : utilizzato DPSH tra -4,00 e -4,60m di prof.

- data : 27/05/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



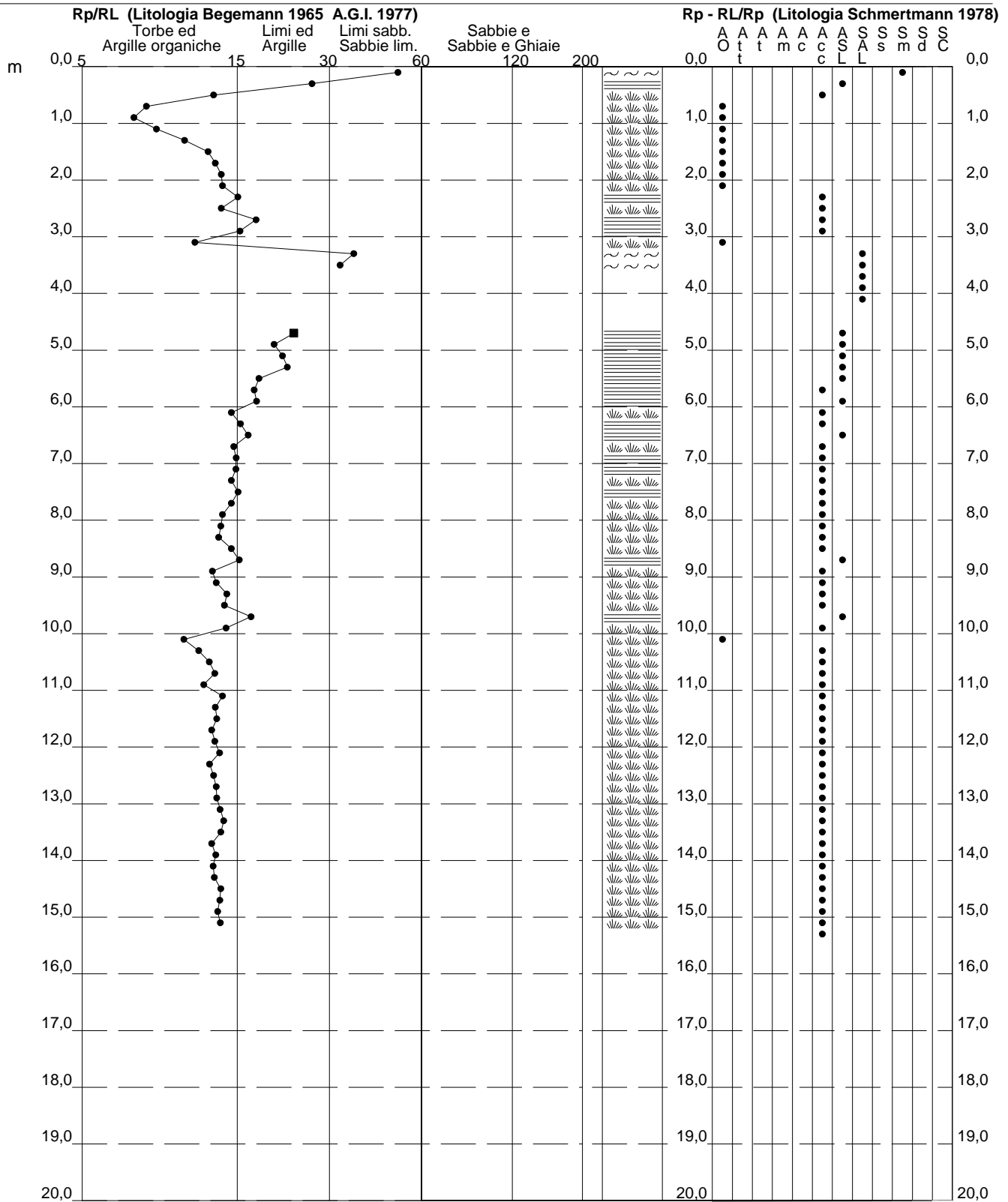
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-101

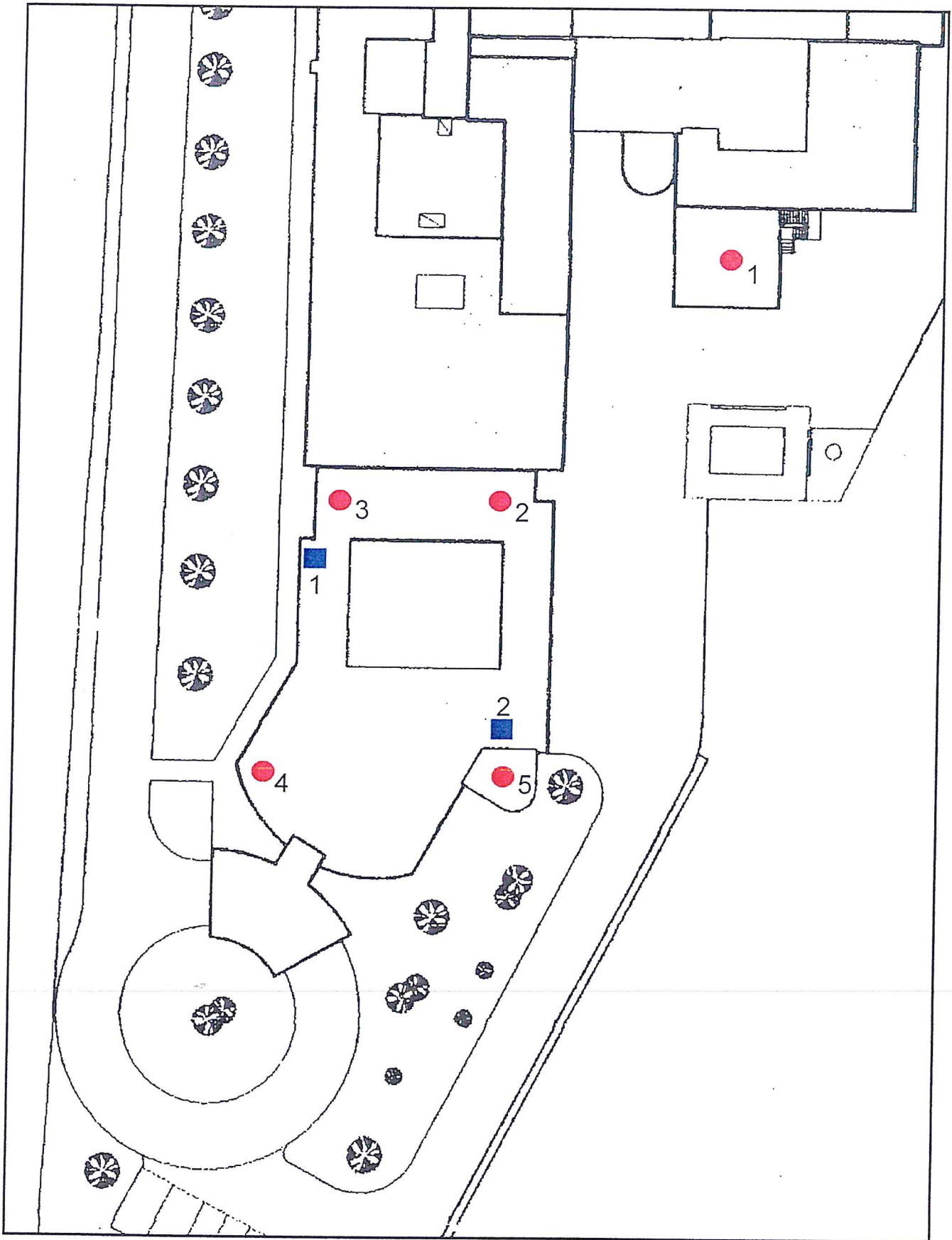
- committente : Dott. R. Degli Esposti
- lavoro : Ospedale Bazzano
- località : Bazzano (BO)
- note : utilizzato DPSH tra -4,00 e -4,60m di prof.

- data : 27/05/2020
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



All. 5
Indagini eseguite nel mese di marzo 2003

Ubicazione prove penetrometriche e sondaggi



● prove penetrometriche

■ sondaggi

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 1

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale
- note : Preforo di -0.40 m; foro chiu. a-0.30m, aste umide

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	---	---	10,20	43,0	74,0	43,0	2,20	20,0
0,40	---	---	---	---	---	10,40	44,0	77,0	44,0	2,20	20,0
0,60	25,0	---	25,0	1,80	14,0	10,60	43,0	76,0	43,0	2,33	18,0
0,80	21,0	48,0	21,0	1,47	14,0	10,80	46,0	81,0	46,0	2,33	20,0
1,00	28,0	50,0	28,0	2,07	14,0	11,00	49,0	84,0	49,0	2,67	18,0
1,20	29,0	60,0	29,0	2,40	12,0	11,20	53,0	93,0	53,0	3,13	17,0
1,40	30,0	66,0	30,0	2,53	12,0	11,40	60,0	107,0	60,0	4,40	14,0
1,60	31,0	69,0	31,0	2,53	12,0	11,60	71,0	137,0	71,0	4,40	16,0
1,80	31,0	69,0	31,0	2,53	12,0	11,80	72,0	138,0	72,0	4,47	16,0
2,00	32,0	70,0	32,0	2,53	13,0	12,00	59,0	126,0	59,0	3,20	18,0
2,20	32,0	70,0	32,0	2,60	12,0	12,20	56,0	104,0	56,0	3,33	17,0
2,40	33,0	72,0	33,0	2,40	14,0	12,40	59,0	109,0	59,0	3,33	18,0
2,60	26,0	62,0	26,0	1,80	14,0	12,60	60,0	110,0	60,0	3,67	16,0
2,80	33,0	60,0	33,0	2,00	16,0	12,80	59,0	114,0	59,0	3,20	18,0
3,00	30,0	60,0	30,0	1,60	19,0	13,00	62,0	110,0	62,0	3,20	19,0
3,20	22,0	46,0	22,0	1,13	19,0	13,20	61,0	109,0	61,0	3,33	18,0
3,40	16,0	33,0	16,0	0,80	20,0	13,40	61,0	111,0	61,0	3,27	19,0
3,60	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0	13,60	60,0	109,0	60,0	3,20	19,0
3,80	21,0	34,0	21,0	0,93	22,0	13,80	63,0	111,0	63,0	3,33	19,0
4,00	22,0	36,0	22,0	0,93	24,0	14,00	63,0	113,0	63,0	3,13	20,0
4,20	24,0	38,0	24,0	0,93	26,0	14,20	65,0	112,0	65,0	3,07	21,0
4,40	21,0	35,0	21,0	0,87	24,0	14,40	66,0	112,0	66,0	3,13	21,0
4,60	19,0	32,0	19,0	1,07	18,0	14,60	66,0	113,0	66,0	3,33	20,0
4,80	14,0	30,0	14,0	0,73	19,0	14,80	69,0	119,0	69,0	3,07	23,0
5,00	18,0	29,0	18,0	0,87	21,0	15,00	65,0	111,0	65,0	3,07	21,0
5,20	25,0	38,0	25,0	1,20	21,0	15,20	66,0	112,0	66,0	3,13	21,0
5,40	22,0	40,0	22,0	1,27	17,0	15,40	68,0	115,0	68,0	3,20	21,0
5,60	101,0	120,0	101,0	1,27	80,0	15,60	67,0	115,0	67,0	3,27	21,0
5,80	23,0	42,0	23,0	1,47	16,0	15,80	67,0	116,0	67,0	3,27	21,0
6,00	28,0	50,0	28,0	1,40	20,0	16,00	69,0	118,0	69,0	3,40	20,0
6,20	31,0	52,0	31,0	1,40	22,0	16,20	69,0	120,0	69,0	3,47	20,0
6,40	38,0	59,0	38,0	1,27	30,0	16,40	68,0	120,0	68,0	3,40	20,0
6,60	45,0	64,0	45,0	1,20	37,0	16,60	67,0	118,0	67,0	3,67	18,0
6,80	64,0	82,0	64,0	1,40	46,0	16,80	71,0	126,0	71,0	3,60	20,0
7,00	66,0	87,0	66,0	1,60	41,0	17,00	76,0	130,0	76,0	3,67	21,0
7,20	56,0	80,0	56,0	1,27	44,0	17,20	82,0	137,0	82,0	3,87	21,0
7,40	49,0	68,0	49,0	0,93	52,0	17,40	98,0	156,0	98,0	5,07	19,0
7,60	48,0	62,0	48,0	1,13	42,0	17,60	82,0	158,0	82,0	4,33	19,0
7,80	53,0	70,0	53,0	1,60	33,0	17,80	84,0	149,0	84,0	4,33	19,0
8,00	46,0	70,0	46,0	1,60	29,0	18,00	85,0	150,0	85,0	4,40	19,0
8,20	42,0	66,0	42,0	2,73	15,0	18,20	85,0	151,0	85,0	4,40	19,0
8,40	41,0	82,0	41,0	1,87	22,0	18,40	88,0	154,0	88,0	4,20	21,0
8,60	49,0	77,0	49,0	2,20	22,0	18,60	88,0	151,0	88,0	4,47	20,0
8,80	49,0	82,0	49,0	2,33	21,0	18,80	92,0	159,0	92,0	4,60	20,0
9,00	39,0	74,0	39,0	1,93	20,0	19,00	88,0	157,0	88,0	5,00	18,0
9,20	38,0	67,0	38,0	1,87	20,0	19,20	99,0	174,0	99,0	5,67	17,0
9,40	38,0	66,0	38,0	1,87	20,0	19,40	93,0	178,0	93,0	5,40	17,0
9,60	41,0	69,0	41,0	2,27	18,0	19,60	92,0	173,0	92,0	4,80	19,0
9,80	44,0	78,0	44,0	2,20	20,0	19,80	91,0	163,0	91,0	4,60	20,0
10,00	43,0	76,0	43,0	2,07	21,0	20,00	87,0	156,0	87,0	---	---

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

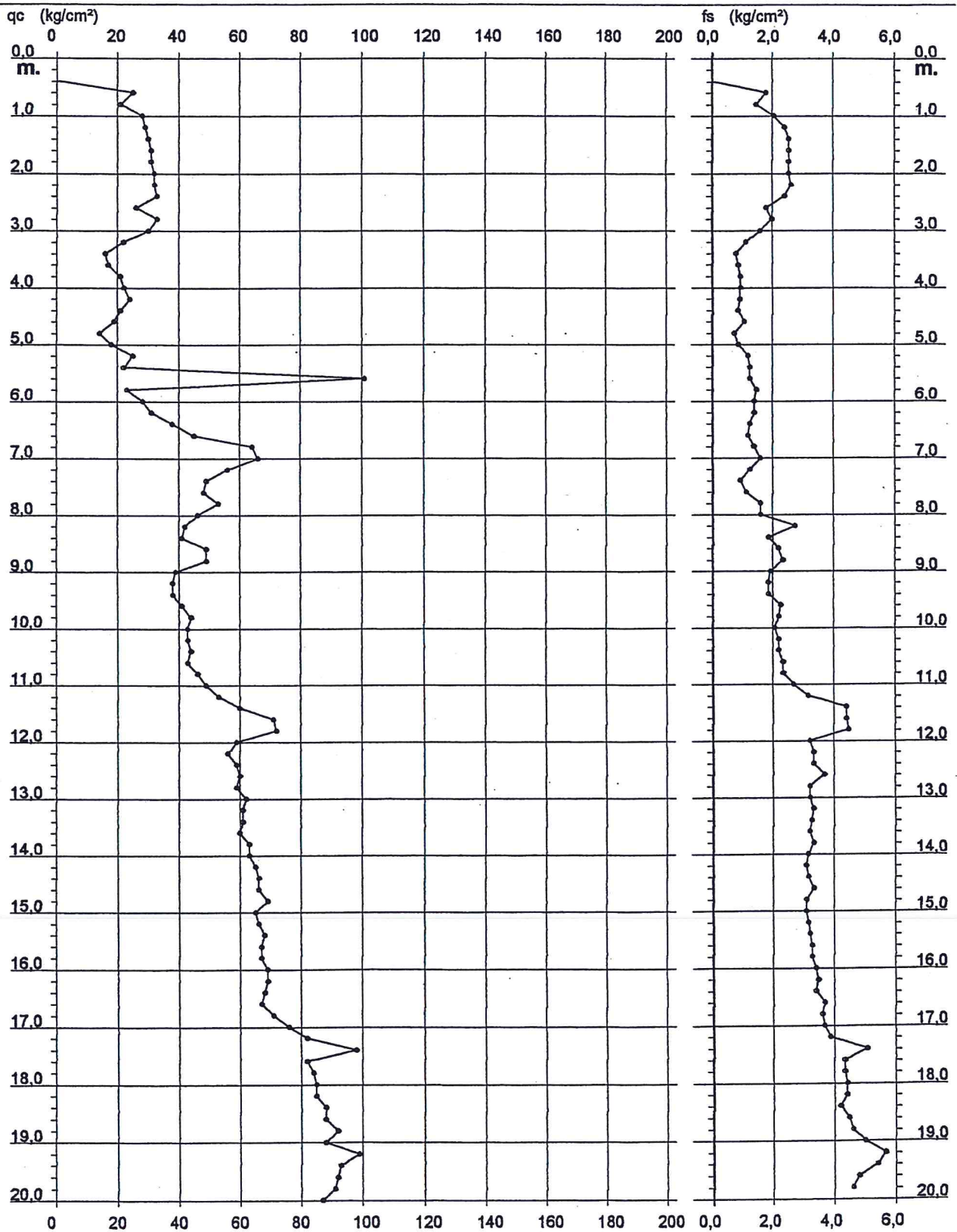
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2:01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale
- note : Preforo di -0.40 m; foro chiu. a-0.30m, aste umide

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



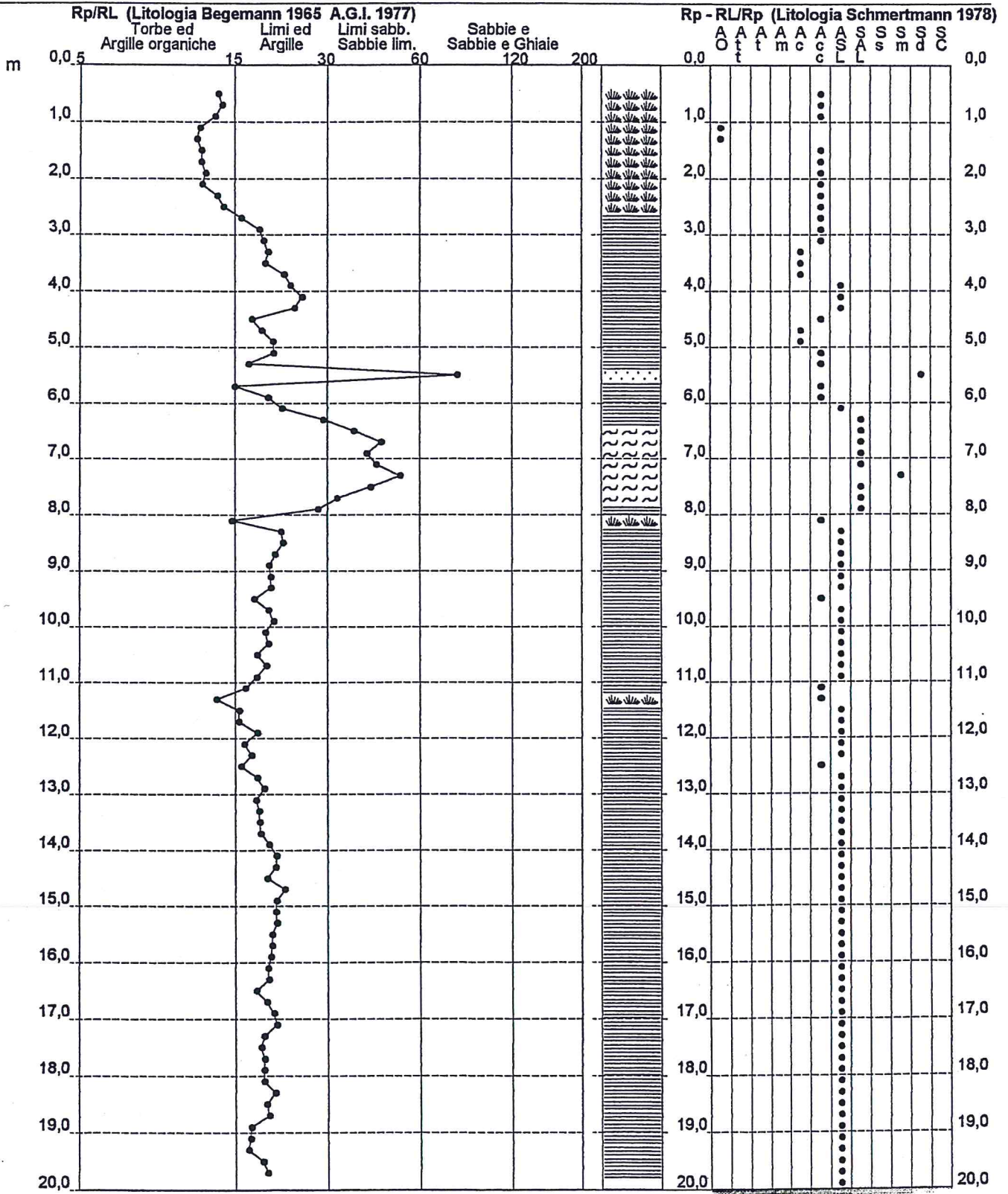
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

201PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
 - lavoro : Amnpiamento Ospedale
 - località : BO - Bazzano, Ospedale
 - note : Preforo di -0.40 m; foro chiu. a-0.30m, aste umide

- data : 20/03/2003
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 2
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale
- note :
- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	13,0	—	13,0	1,07	12,0	10,20	68,0	118,0	68,0	3,33	20,0
0,40	9,0	25,0	9,0	0,80	11,0	10,40	56,0	106,0	56,0	3,07	18,0
0,60	11,0	23,0	11,0	0,93	12,0	10,60	58,0	104,0	58,0	3,13	19,0
0,80	18,0	32,0	18,0	1,40	13,0	10,80	59,0	106,0	59,0	3,27	18,0
1,00	19,0	40,0	19,0	1,47	13,0	11,00	57,0	106,0	57,0	3,20	18,0
1,20	21,0	43,0	21,0	1,60	13,0	11,20	60,0	108,0	60,0	3,07	20,0
1,40	21,0	45,0	21,0	1,53	14,0	11,40	60,0	106,0	60,0	2,87	21,0
1,60	23,0	46,0	23,0	1,47	16,0	11,60	58,0	101,0	58,0	3,20	18,0
1,80	22,0	44,0	22,0	1,60	14,0	11,80	60,0	108,0	60,0	3,33	18,0
2,00	21,0	45,0	21,0	1,47	14,0	12,00	60,0	110,0	60,0	3,27	18,0
2,20	25,0	47,0	25,0	1,60	16,0	12,20	60,0	109,0	60,0	3,20	19,0
2,40	28,0	52,0	28,0	1,60	17,0	12,40	59,0	107,0	59,0	3,40	17,0
2,60	30,0	54,0	30,0	1,87	16,0	12,60	62,0	113,0	62,0	3,53	18,0
2,80	26,0	54,0	26,0	1,47	18,0	12,80	64,0	117,0	64,0	3,53	18,0
3,00	24,0	46,0	24,0	1,60	15,0	13,00	63,0	116,0	63,0	3,00	21,0
3,20	190,0	214,0	190,0	4,67	41,0	13,20	61,0	106,0	61,0	3,33	18,0
3,40	205,0	275,0	205,0	3,73	55,0	13,40	62,0	112,0	62,0	2,80	22,0
3,60	192,0	248,0	192,0	2,20	87,0	13,60	61,0	103,0	61,0	3,47	18,0
3,80	163,0	196,0	163,0	2,93	56,0	13,80	60,0	112,0	60,0	3,47	17,0
4,00	86,0	130,0	86,0	1,60	54,0	14,00	60,0	112,0	60,0	3,53	17,0
4,20	114,0	138,0	114,0	2,80	41,0	14,20	61,0	114,0	61,0	3,33	18,0
4,40	44,0	86,0	44,0	2,33	19,0	14,40	60,0	110,0	60,0	2,87	21,0
4,60	54,0	89,0	54,0	2,53	21,0	14,60	59,0	102,0	59,0	3,67	16,0
4,80	50,0	88,0	50,0	2,13	23,0	14,80	63,0	118,0	63,0	3,53	18,0
5,00	46,0	78,0	46,0	2,13	22,0	15,00	67,0	120,0	67,0	3,87	17,0
5,20	40,0	72,0	40,0	1,80	22,0	15,20	58,0	116,0	58,0	3,73	16,0
5,40	36,0	63,0	36,0	2,33	15,0	15,40	64,0	120,0	64,0	3,33	19,0
5,60	41,0	76,0	41,0	2,40	17,0	15,60	70,0	120,0	70,0	3,87	18,0
5,80	40,0	76,0	40,0	2,40	17,0	15,80	70,0	128,0	70,0	3,87	18,0
6,00	40,0	76,0	40,0	2,60	15,0	16,00	70,0	128,0	70,0	3,67	19,0
6,20	47,0	86,0	47,0	2,20	21,0	16,20	73,0	128,0	73,0	3,73	20,0
6,40	37,0	70,0	37,0	2,13	17,0	16,40	74,0	130,0	74,0	3,93	19,0
6,60	42,0	74,0	42,0	2,47	17,0	16,60	74,0	133,0	74,0	3,47	21,0
6,80	44,0	81,0	44,0	2,27	19,0	16,80	90,0	142,0	90,0	6,27	14,0
7,00	43,0	77,0	43,0	2,60	17,0	17,00	77,0	171,0	77,0	3,87	20,0
7,20	43,0	82,0	43,0	2,73	16,0	17,20	78,0	136,0	78,0	3,87	20,0
7,40	44,0	85,0	44,0	2,53	17,0	17,40	76,0	134,0	76,0	3,73	20,0
7,60	46,0	84,0	46,0	2,67	17,0	17,60	78,0	134,0	78,0	4,13	19,0
7,80	48,0	88,0	48,0	2,60	18,0	17,80	80,0	142,0	80,0	4,00	20,0
8,00	47,0	86,0	47,0	2,67	18,0	18,00	80,0	140,0	80,0	4,00	20,0
8,20	48,0	88,0	48,0	2,80	17,0	18,20	78,0	138,0	78,0	4,40	18,0
8,40	47,0	89,0	47,0	2,67	18,0	18,40	84,0	150,0	84,0	4,20	20,0
8,60	48,0	88,0	48,0	3,07	16,0	18,60	81,0	144,0	81,0	4,27	19,0
8,80	48,0	94,0	48,0	2,93	16,0	18,80	86,0	150,0	86,0	4,40	20,0
9,00	49,0	93,0	49,0	3,13	16,0	19,00	84,0	150,0	84,0	4,53	19,0
9,20	48,0	95,0	48,0	3,00	16,0	19,20	84,0	152,0	84,0	4,40	19,0
9,40	52,0	97,0	52,0	3,27	16,0	19,40	84,0	150,0	84,0	4,33	19,0
9,60	56,0	105,0	56,0	3,00	19,0	19,60	85,0	150,0	85,0	4,80	18,0
9,80	76,0	121,0	76,0	3,87	20,0	19,80	84,0	156,0	84,0	4,87	17,0
10,00	80,0	138,0	80,0	3,33	24,0	20,00	87,0	160,0	87,0	—	—

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

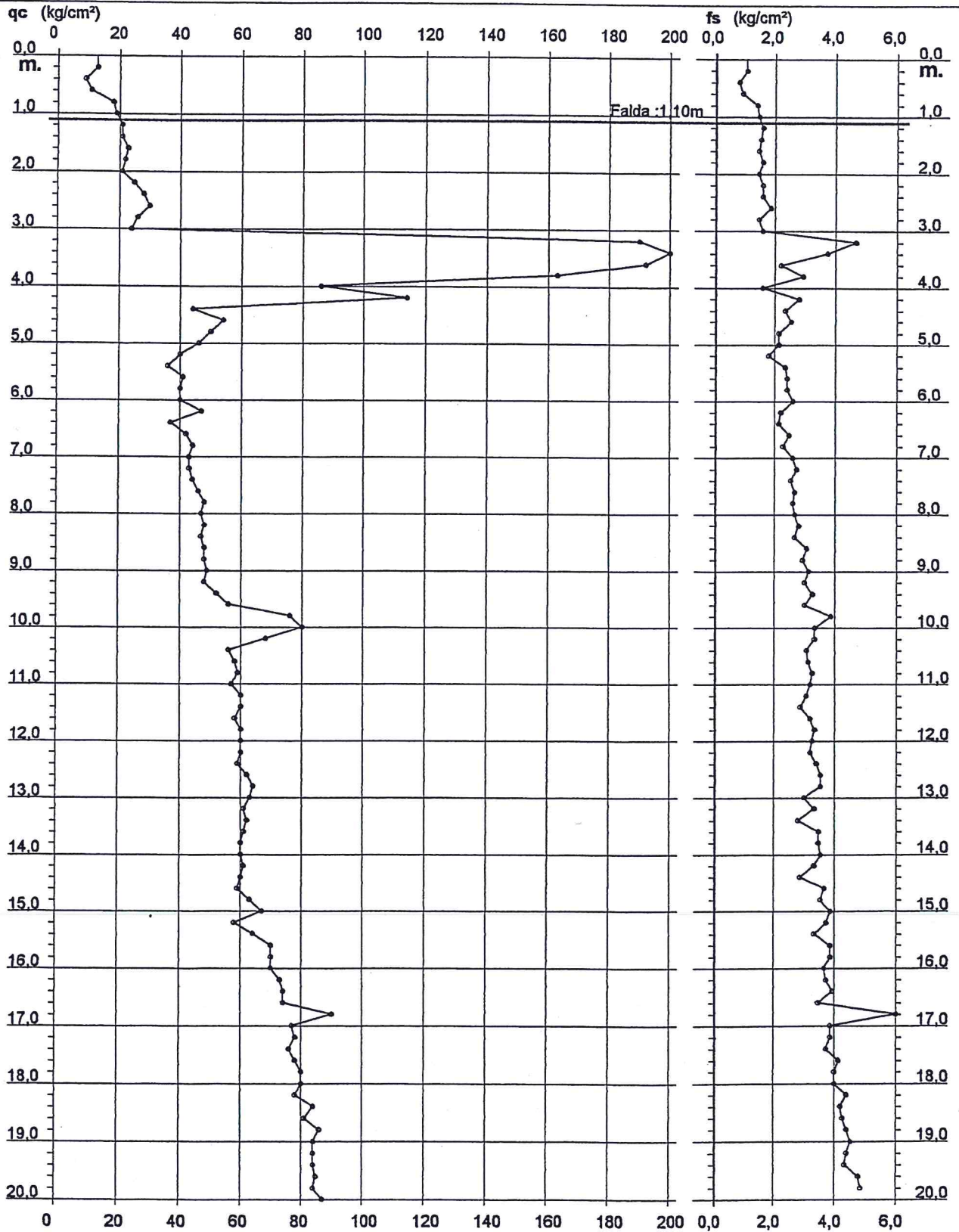
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



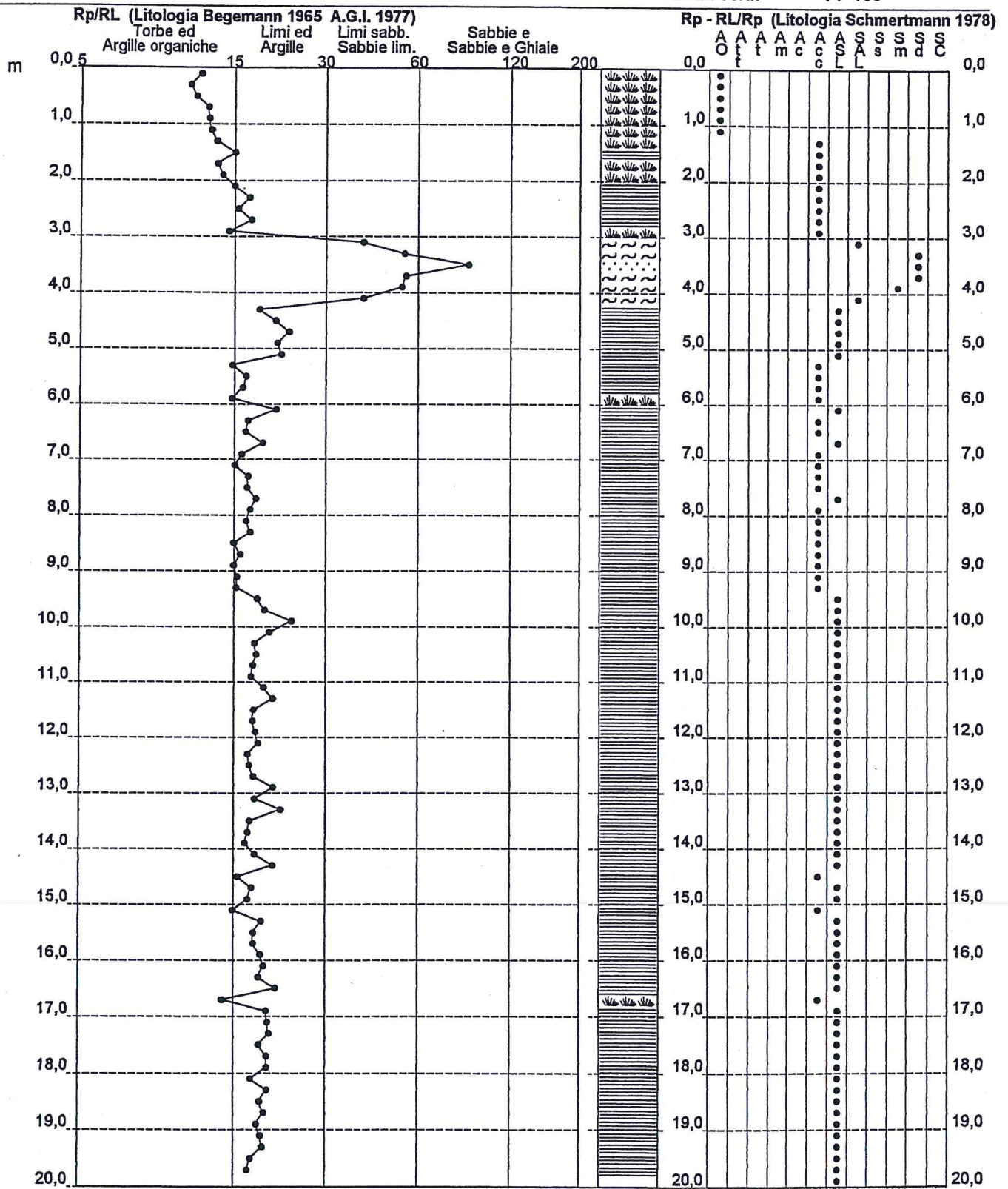
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
 - lavoro : Amnpliamento Ospedale
 - località : BO - Bazzano, Ospedale
 - note :

- data : 20/03/2003
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,10 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2:01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud	- data : 20/03/2003
- lavoro : Ampliamento Ospedale	- quota inizio : Piano Campagna
- località : BO - Bazzano, Ospedale	- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- note :	- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	8,0	—	8,0	0,33	24,0	10,20	64,0	128,0	64,0	4,00	16,0
0,40	43,0	48,0	43,0	0,80	54,0	10,40	64,0	124,0	64,0	4,27	15,0
0,60	18,0	30,0	18,0	1,47	12,0	10,60	66,0	130,0	66,0	4,53	15,0
0,80	15,0	37,0	15,0	1,33	11,0	10,80	74,0	142,0	74,0	4,60	16,0
1,00	17,0	37,0	17,0	1,27	13,0	11,00	75,0	144,0	75,0	4,73	16,0
1,20	16,0	35,0	16,0	0,87	18,0	11,20	77,0	148,0	77,0	4,93	16,0
1,40	17,0	30,0	17,0	1,13	15,0	11,40	76,0	150,0	76,0	5,07	15,0
1,60	19,0	36,0	19,0	1,07	18,0	11,60	75,0	151,0	75,0	4,93	15,0
1,80	20,0	36,0	20,0	1,13	18,0	11,80	80,0	154,0	80,0	5,33	15,0
2,00	19,0	36,0	19,0	1,20	16,0	12,00	74,0	154,0	74,0	4,80	15,0
2,20	21,0	39,0	21,0	1,13	19,0	12,20	74,0	146,0	74,0	4,80	15,0
2,40	25,0	42,0	25,0	1,47	17,0	12,40	76,0	148,0	76,0	5,27	14,0
2,60	26,0	48,0	26,0	1,53	17,0	12,60	78,0	157,0	78,0	5,20	15,0
2,80	25,0	48,0	25,0	1,47	17,0	12,80	87,0	165,0	87,0	5,60	16,0
3,00	24,0	46,0	24,0	1,60	15,0	13,00	90,0	174,0	90,0	5,60	16,0
3,20	142,0	166,0	142,0	3,47	41,0	13,20	89,0	173,0	89,0	5,47	16,0
3,40	270,0	322,0	270,0	4,07	66,0	13,40	94,0	176,0	94,0	6,13	15,0
3,60	246,0	307,0	246,0	4,40	56,0	13,60	93,0	185,0	93,0	6,00	16,0
3,80	158,0	224,0	158,0	2,40	66,0	13,80	90,0	180,0	90,0	6,47	14,0
4,00	175,0	211,0	175,0	2,87	61,0	14,00	94,0	191,0	94,0	6,33	15,0
4,20	224,0	267,0	224,0	2,93	76,0	14,20	100,0	195,0	100,0	6,27	16,0
4,40	243,0	287,0	243,0	4,53	54,0	14,40	102,0	196,0	102,0	6,40	16,0
4,60	44,0	112,0	44,0	2,00	22,0	14,60	104,0	200,0	104,0	6,80	15,0
4,80	44,0	74,0	44,0	1,80	24,0	14,80	98,0	200,0	98,0	7,40	13,0
5,00	48,0	75,0	48,0	1,60	30,0	15,00	113,0	224,0	113,0	7,87	14,0
5,20	60,0	84,0	60,0	2,47	24,0	15,20	96,0	214,0	96,0	6,13	16,0
5,40	41,0	78,0	41,0	2,47	17,0	15,40	96,0	188,0	96,0	5,73	17,0
5,60	45,0	82,0	45,0	2,67	17,0	15,60	98,0	184,0	98,0	5,53	18,0
5,80	48,0	88,0	48,0	3,40	14,0	15,80	91,0	174,0	91,0	5,20	18,0
6,00	47,0	98,0	47,0	3,33	14,0	16,00	82,0	160,0	82,0	5,60	15,0
6,20	48,0	98,0	48,0	3,40	14,0	16,20	84,0	168,0	84,0	4,40	19,0
6,40	48,0	99,0	48,0	3,47	14,0	16,40	82,0	148,0	82,0	5,33	15,0
6,60	48,0	100,0	48,0	3,33	14,0	16,60	78,0	158,0	78,0	4,67	17,0
6,80	50,0	100,0	50,0	3,47	14,0	16,80	88,0	158,0	88,0	4,73	19,0
7,00	51,0	103,0	51,0	3,33	15,0	17,00	99,0	170,0	99,0	6,00	16,0
7,20	52,0	102,0	52,0	3,33	16,0	17,20	78,0	168,0	78,0	6,53	12,0
7,40	50,0	100,0	50,0	3,47	14,0	17,40	88,0	186,0	88,0	6,40	14,0
7,60	52,0	104,0	52,0	3,60	14,0	17,60	97,0	193,0	97,0	5,93	16,0
7,80	52,0	106,0	52,0	3,73	14,0	17,80	81,0	170,0	81,0	5,67	14,0
8,00	54,0	110,0	54,0	3,60	15,0	18,00	102,0	187,0	102,0	6,13	17,0
8,20	55,0	109,0	55,0	3,60	15,0	18,20	108,0	200,0	108,0	6,47	17,0
8,40	60,0	114,0	60,0	3,60	17,0	18,40	105,0	202,0	105,0	6,53	16,0
8,60	58,0	112,0	58,0	3,80	15,0	18,60	116,0	214,0	116,0	6,07	19,0
8,80	61,0	118,0	61,0	3,87	16,0	18,80	157,0	248,0	157,0	6,20	25,0
9,00	62,0	120,0	62,0	3,87	16,0	19,00	186,0	279,0	186,0	5,00	37,0
9,20	62,0	120,0	62,0	4,13	15,0	19,20	228,0	303,0	228,0	5,53	41,0
9,40	63,0	125,0	63,0	4,13	15,0	19,40	267,0	350,0	267,0	6,00	44,0
9,60	64,0	126,0	64,0	4,33	15,0	19,60	285,0	375,0	285,0	6,20	46,0
9,80	70,0	135,0	70,0	4,20	17,0	19,80	117,0	210,0	117,0	6,13	19,0
10,00	67,0	130,0	67,0	4,27	16,0	20,00	108,0	200,0	108,0	—	—

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

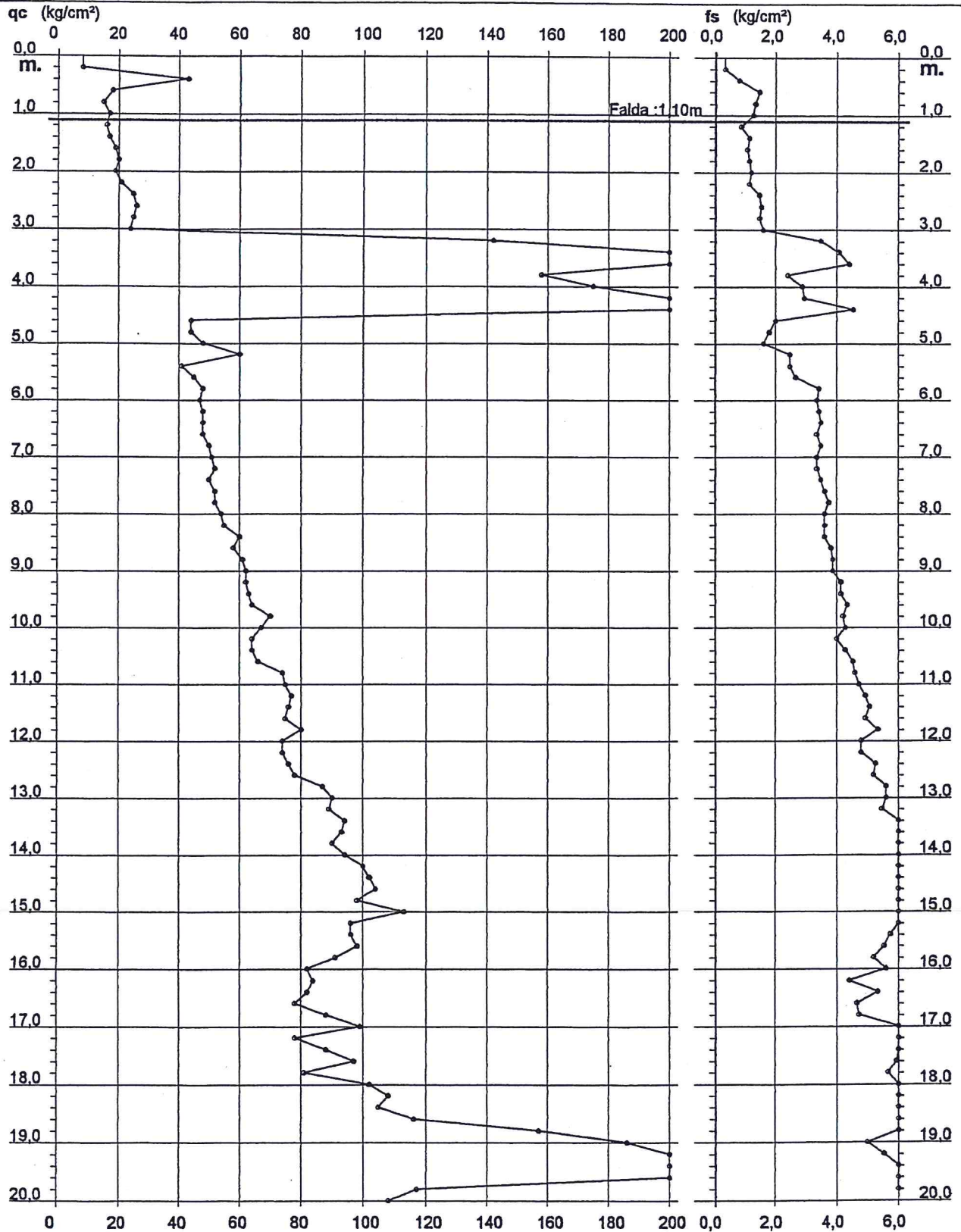
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05:037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



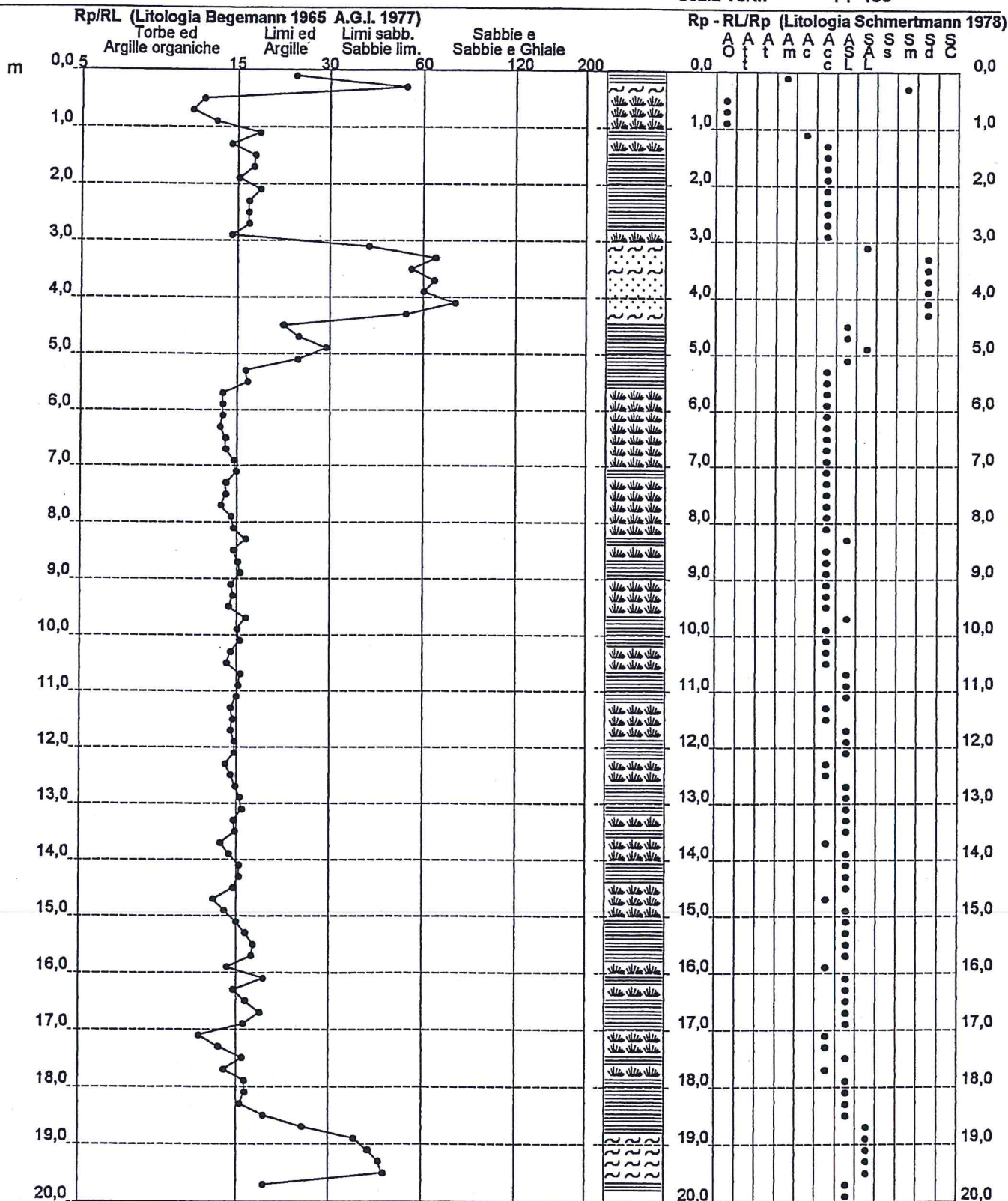
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
 - lavoro : Amnpliamento Ospedale
 - località : BO - Bazzano, Ospedale
 - note :

- data : 20/03/2003
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,10 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 4

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S L. Bologna Sud	- data : 20/03/2003
- lavoro : Ampliamento Ospedale	- quota inizio : Piano Campagna
- località : BO - Bazzano, Ospedale	- prof. falda : 0,90 m da quota inizio
- note :	- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	9,0	—	9,0	0,73	12,0	10,20	67,0	128,0	67,0	4,47	15,0
0,40	17,0	28,0	17,0	1,33	13,0	10,40	65,0	132,0	65,0	4,47	15,0
0,60	18,0	38,0	18,0	1,40	13,0	10,60	61,0	128,0	61,0	4,33	14,0
0,80	19,0	40,0	19,0	1,47	13,0	10,80	65,0	130,0	65,0	4,67	14,0
1,00	20,0	42,0	20,0	1,33	15,0	11,00	70,0	140,0	70,0	4,53	15,0
1,20	20,0	40,0	20,0	1,33	15,0	11,20	74,0	142,0	74,0	4,67	16,0
1,40	20,0	40,0	20,0	1,20	17,0	11,40	72,0	142,0	72,0	4,93	15,0
1,60	18,0	36,0	18,0	1,20	15,0	11,60	76,0	150,0	76,0	4,80	16,0
1,80	17,0	35,0	17,0	1,07	16,0	11,80	76,0	148,0	76,0	5,07	15,0
2,00	24,0	40,0	24,0	1,27	19,0	12,00	78,0	154,0	78,0	5,47	14,0
2,20	26,0	45,0	26,0	1,40	19,0	12,20	76,0	158,0	76,0	5,20	15,0
2,40	27,0	48,0	27,0	1,53	18,0	12,40	82,0	160,0	82,0	5,60	15,0
2,60	33,0	56,0	33,0	1,73	19,0	12,60	86,0	170,0	86,0	5,53	16,0
2,80	28,0	54,0	28,0	1,33	21,0	12,80	90,0	173,0	90,0	5,87	15,0
3,00	25,0	45,0	25,0	1,60	16,0	13,00	92,0	180,0	92,0	5,33	17,0
3,20	34,0	58,0	34,0	2,00	17,0	13,20	100,0	180,0	100,0	5,07	20,0
3,40	42,0	72,0	42,0	2,33	18,0	13,40	106,0	182,0	106,0	5,13	21,0
3,60	245,0	280,0	245,0	3,00	82,0	13,60	95,0	172,0	95,0	4,87	20,0
3,80	257,0	302,0	257,0	3,07	84,0	13,80	97,0	170,0	97,0	5,67	17,0
4,00	104,0	150,0	104,0	2,60	40,0	14,00	95,0	180,0	95,0	5,33	18,0
4,20	49,0	88,0	49,0	2,27	22,0	14,20	104,0	184,0	104,0	5,27	20,0
4,40	50,0	84,0	50,0	2,60	19,0	14,40	114,0	193,0	114,0	6,07	19,0
4,60	55,0	94,0	55,0	2,60	21,0	14,60	100,0	191,0	100,0	5,27	19,0
4,80	60,0	99,0	60,0	2,87	21,0	14,80	104,0	183,0	104,0	5,80	18,0
5,00	68,0	111,0	68,0	3,33	20,0	15,00	97,0	184,0	97,0	5,33	18,0
5,20	56,0	106,0	56,0	3,33	17,0	15,20	110,0	190,0	110,0	6,07	18,0
5,40	54,0	104,0	54,0	3,40	16,0	15,40	95,0	186,0	95,0	5,47	17,0
5,60	55,0	106,0	55,0	3,13	18,0	15,60	96,0	178,0	96,0	5,20	18,0
5,80	54,0	101,0	54,0	3,60	15,0	15,80	118,0	196,0	118,0	5,60	21,0
6,00	54,0	108,0	54,0	3,80	14,0	16,00	143,0	227,0	143,0	6,60	22,0
6,20	57,0	114,0	57,0	3,33	17,0	16,20	124,0	223,0	124,0	6,80	18,0
6,40	49,0	99,0	49,0	3,27	15,0	16,40	112,0	214,0	112,0	6,13	18,0
6,60	49,0	98,0	49,0	2,93	17,0	16,60	115,0	207,0	115,0	6,87	17,0
6,80	49,0	93,0	49,0	3,07	16,0	16,80	118,0	221,0	118,0	5,93	20,0
7,00	46,0	92,0	46,0	3,20	14,0	17,00	139,0	228,0	139,0	7,87	18,0
7,20	45,0	93,0	45,0	3,13	14,0	17,20	144,0	262,0	144,0	8,33	17,0
7,40	48,0	95,0	48,0	3,20	15,0	17,40	135,0	260,0	135,0	7,80	17,0
7,60	50,0	98,0	50,0	3,07	16,0	17,60	134,0	251,0	134,0	7,53	18,0
7,80	51,0	97,0	51,0	3,47	15,0	17,80	137,0	250,0	137,0	7,67	18,0
8,00	54,0	106,0	54,0	3,53	15,0	18,00	130,0	245,0	130,0	7,47	17,0
8,20	51,0	104,0	51,0	3,47	15,0	18,20	124,0	236,0	124,0	7,07	18,0
8,40	48,0	100,0	48,0	3,20	15,0	18,40	114,0	220,0	114,0	6,33	18,0
8,60	52,0	100,0	52,0	3,47	15,0	18,60	110,0	205,0	110,0	6,00	18,0
8,80	54,0	106,0	54,0	3,53	15,0	18,80	111,0	201,0	111,0	6,67	17,0
9,00	55,0	108,0	55,0	3,53	16,0	19,00	103,0	203,0	103,0	6,40	16,0
9,20	56,0	109,0	56,0	3,60	16,0	19,20	204,0	300,0	204,0	4,27	48,0
9,40	56,0	110,0	56,0	3,60	16,0	19,40	237,0	301,0	237,0	5,40	44,0
9,60	58,0	112,0	58,0	4,07	14,0	19,60	259,0	340,0	259,0	5,67	46,0
9,80	64,0	125,0	64,0	4,13	15,0	19,80	185,0	270,0	185,0	5,47	34,0
10,00	65,0	127,0	65,0	4,07	16,0	20,00	127,0	209,0	127,0	—	—

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

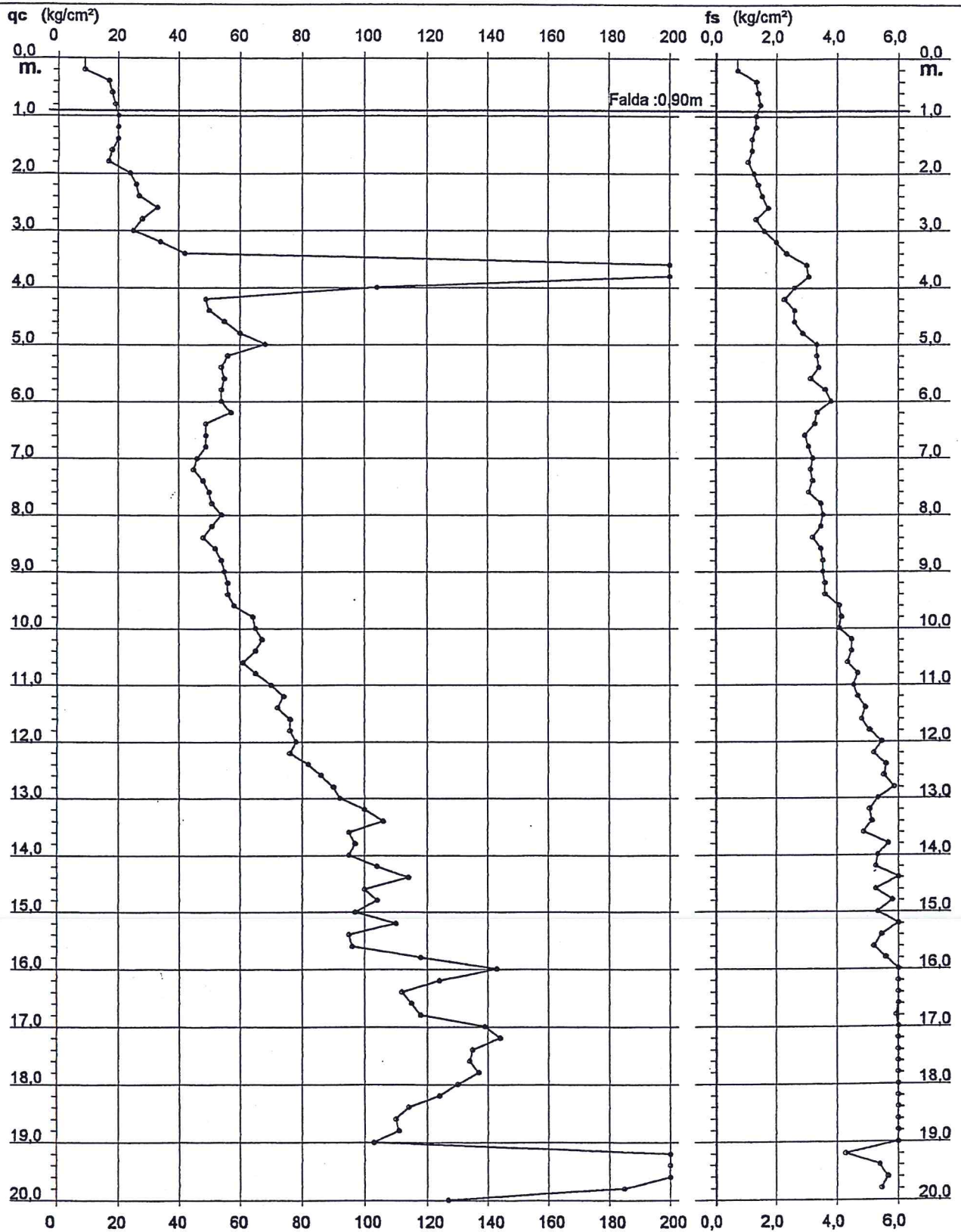
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



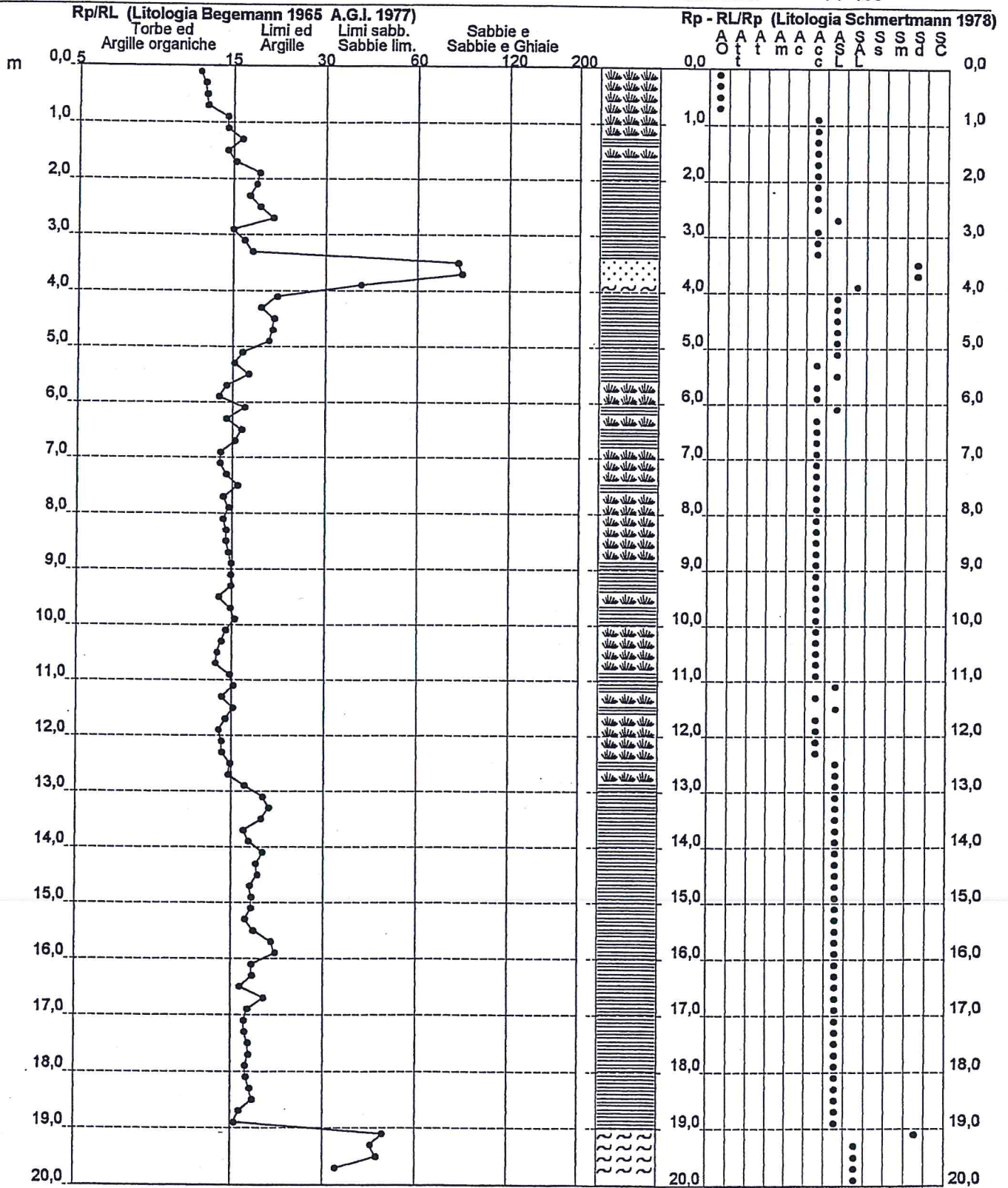
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 4

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale
- note :

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 9,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S L. Bologna Sud	- data : 20/03/2003
- lavoro : Ampliamento Ospedale	- quota inizio : Piano Campagna
- località : BO - Bazzano, Ospedale	- prof. falda : 1,20 m da quota inizio
- note :	- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	7,0	—	7,0	0,40	17,0	10,20	395,0	465,0	395,0	4,33	91,0
0,40	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	10,40	84,0	149,0	84,0	4,67	18,0
0,60	16,0	22,0	16,0	1,20	13,0	10,60	80,0	150,0	80,0	4,13	19,0
0,80	21,0	39,0	21,0	1,53	14,0	10,80	76,0	138,0	76,0	3,87	20,0
1,00	19,0	42,0	19,0	1,67	11,0	11,00	76,0	134,0	76,0	3,53	22,0
1,20	19,0	44,0	19,0	1,47	13,0	11,20	80,0	133,0	80,0	3,87	21,0
1,40	22,0	44,0	22,0	1,53	14,0	11,40	77,0	135,0	77,0	3,47	22,0
1,60	21,0	44,0	21,0	1,60	13,0	11,60	76,0	128,0	76,0	3,27	23,0
1,80	25,0	49,0	25,0	1,67	15,0	11,80	77,0	126,0	77,0	3,53	22,0
2,00	29,0	54,0	29,0	1,73	17,0	12,00	72,0	125,0	72,0	3,33	22,0
2,20	31,0	57,0	31,0	1,80	17,0	12,20	74,0	124,0	74,0	3,27	23,0
2,40	31,0	58,0	31,0	1,60	19,0	12,40	75,0	124,0	75,0	3,40	22,0
2,60	30,0	54,0	30,0	1,53	20,0	12,60	69,0	120,0	69,0	3,13	22,0
2,80	29,0	52,0	29,0	1,40	21,0	12,80	70,0	117,0	70,0	3,27	21,0
3,00	103,0	124,0	103,0	3,53	29,0	13,00	67,0	116,0	67,0	3,07	22,0
3,20	222,0	275,0	222,0	2,73	81,0	13,20	69,0	115,0	69,0	3,40	20,0
3,40	289,0	330,0	289,0	3,73	77,0	13,40	69,0	120,0	69,0	3,53	20,0
3,60	317,0	373,0	317,0	4,13	77,0	13,60	67,0	120,0	67,0	3,00	22,0
3,80	178,0	240,0	178,0	3,27	54,0	13,80	73,0	118,0	73,0	3,33	22,0
4,00	294,0	343,0	294,0	3,53	83,0	14,00	73,0	123,0	73,0	3,27	22,0
4,20	222,0	275,0	222,0	3,47	64,0	14,20	75,0	124,0	75,0	5,93	13,0
4,40	39,0	91,0	39,0	2,13	18,0	14,40	188,0	277,0	188,0	3,20	59,0
4,60	43,0	75,0	43,0	2,33	18,0	14,60	78,0	126,0	78,0	3,53	22,0
4,80	48,0	83,0	48,0	2,87	17,0	14,80	77,0	130,0	77,0	3,47	22,0
5,00	42,0	85,0	42,0	2,33	18,0	15,00	78,0	130,0	78,0	3,47	22,0
5,20	39,0	74,0	39,0	2,33	17,0	15,20	82,0	134,0	82,0	3,87	21,0
5,40	29,0	64,0	29,0	1,80	16,0	15,40	82,0	140,0	82,0	3,73	22,0
5,60	23,0	50,0	23,0	1,60	14,0	15,60	85,0	141,0	85,0	3,87	22,0
5,80	30,0	54,0	30,0	1,67	18,0	15,80	84,0	142,0	84,0	3,87	22,0
6,00	29,0	54,0	29,0	1,80	16,0	16,00	85,0	143,0	85,0	3,87	22,0
6,20	29,0	56,0	29,0	2,33	12,0	16,20	86,0	144,0	86,0	3,93	22,0
6,40	41,0	76,0	41,0	2,47	17,0	16,40	90,0	149,0	90,0	4,27	21,0
6,60	43,0	80,0	43,0	2,53	17,0	16,60	88,0	152,0	88,0	4,07	22,0
6,80	46,0	84,0	46,0	2,73	17,0	16,80	93,0	154,0	93,0	4,27	22,0
7,00	48,0	89,0	48,0	2,80	17,0	17,00	94,0	158,0	94,0	4,33	22,0
7,20	50,0	92,0	50,0	3,00	17,0	17,20	93,0	158,0	93,0	4,33	21,0
7,40	53,0	98,0	53,0	3,13	17,0	17,40	94,0	159,0	94,0	4,47	21,0
7,60	52,0	99,0	52,0	3,00	17,0	17,60	92,0	159,0	92,0	4,40	21,0
7,80	55,0	100,0	55,0	3,27	17,0	17,80	98,0	164,0	98,0	4,60	21,0
8,00	54,0	103,0	54,0	3,20	17,0	18,00	87,0	156,0	87,0	4,20	21,0
8,20	55,0	103,0	55,0	3,20	17,0	18,20	85,0	148,0	85,0	4,00	21,0
8,40	58,0	106,0	58,0	3,40	17,0	18,40	66,0	126,0	66,0	3,47	19,0
8,60	59,0	110,0	59,0	3,53	17,0	18,60	114,0	166,0	114,0	6,60	17,0
8,80	58,0	111,0	58,0	3,53	16,0	18,80	99,0	198,0	99,0	6,07	16,0
9,00	59,0	112,0	59,0	3,53	17,0	19,00	87,0	178,0	87,0	5,60	16,0
9,20	64,0	117,0	64,0	3,40	19,0	19,20	89,0	173,0	89,0	5,33	17,0
9,40	62,0	113,0	62,0	3,53	18,0	19,40	130,0	210,0	130,0	7,27	18,0
9,60	50,0	103,0	50,0	3,87	13,0	19,60	146,0	255,0	146,0	8,20	18,0
9,80	66,0	124,0	66,0	4,73	14,0	19,80	138,0	261,0	138,0	7,93	17,0
10,00	73,0	144,0	73,0	4,67	16,0	20,00	135,0	254,0	135,0	—	—

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

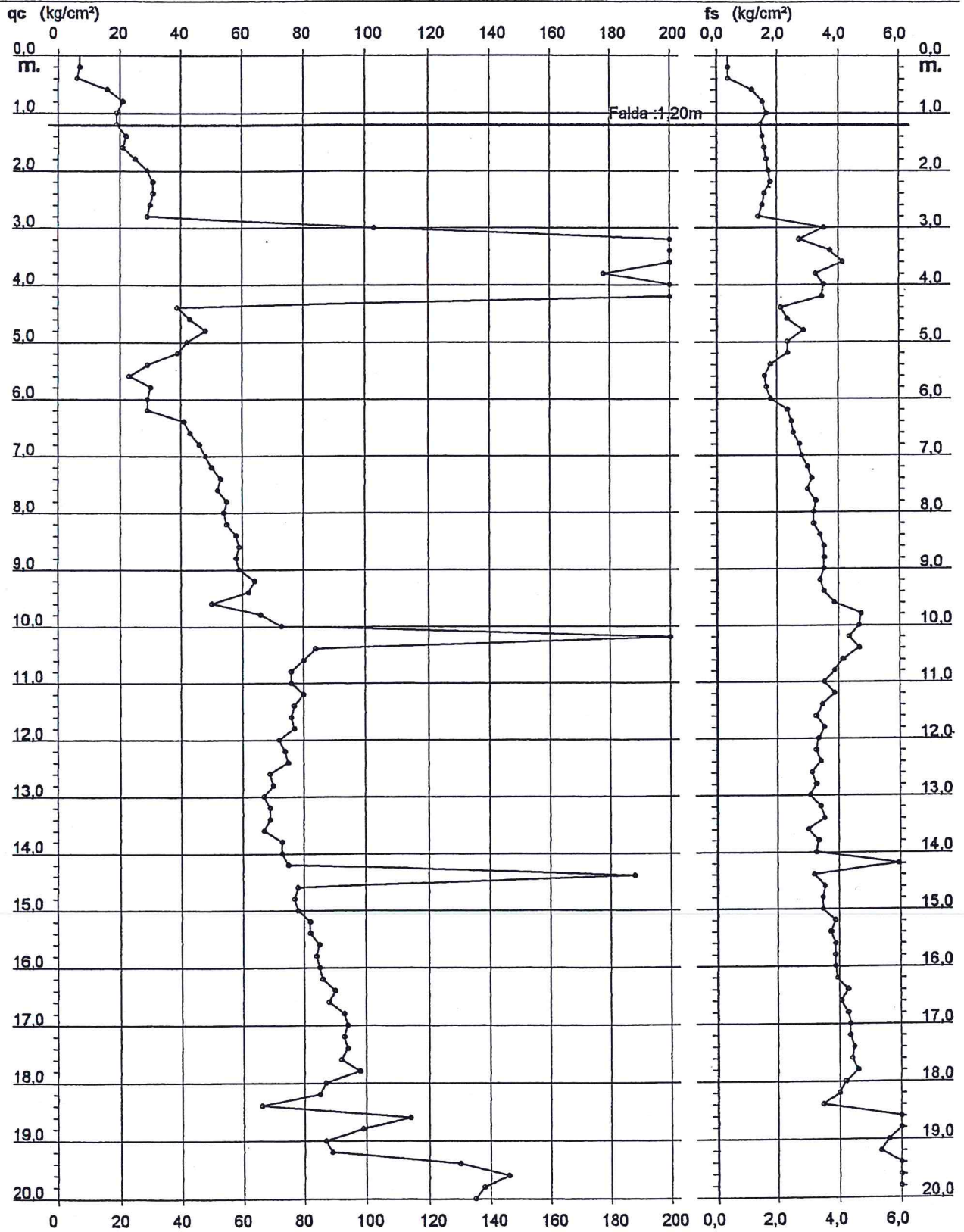
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
- lavoro : Ampliamento Ospedale
- località : BO - Bazzano, Ospedale

- data : 20/03/2003
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



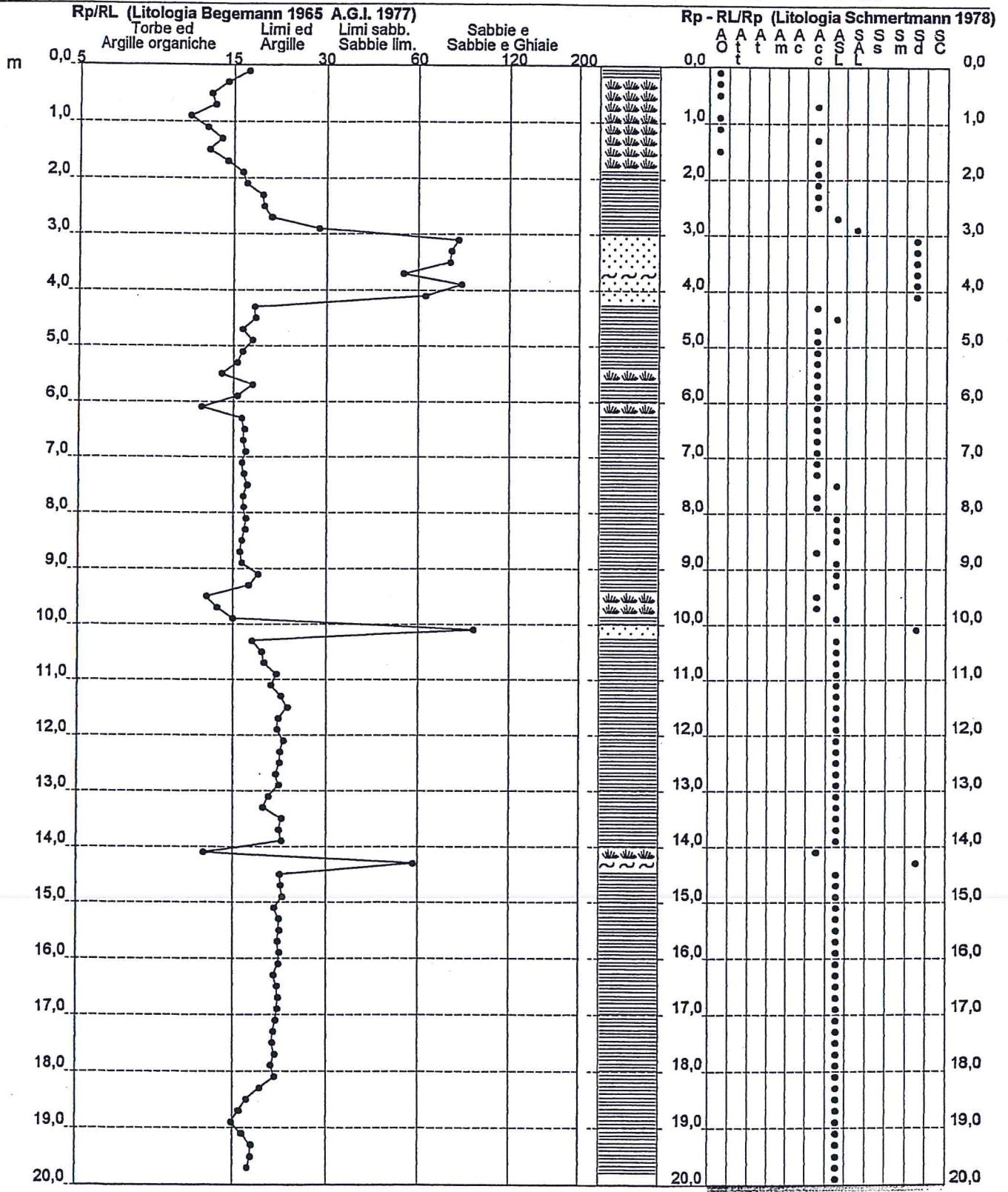
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 5

2.01PG05-037

- committente : Azienda U.S.L. Bologna Sud
 - lavoro : Ampliamento Ospedale
 - località : BO - Bazzano, Ospedale
 - note :

- data : 20/03/2003
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100





SOGEO S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE - FONDAZIONI SPECIALI
Lugo, (Ra) - Corso Matteotti, 2/2 - Tel. 0545 22042

COMMITTENTE: Geoservice - Dott. Bassi Fabio

SOND.N. 1

CANTIERE: Bazzano - Ospedale

PROF. (m): 20.00

PERFORATRICE: ELLETTARI EK200/STR

QUOTA (m): p.d.c.

METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo

DATA INIZ.: 20/03/2003

RIVESTIMENTO: Ø 127 mm

ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere Ø 101 mm

DATA FINE: 20/03/2003

PIEZOMETRO:

SCALA 1:100

Scala 1:100	P.P. I (kg/cm ²)	V.T. (kg/cm ²)	Profondita' (m)	Stratigrafia	Descrizione	Falda (m)	Campioni Ind.	Campioni Rim.	S.P.T. (n.colpi)	Pz. Norton
			0.30		Terreno vegetale in matrice limo-argillosa-sabbiosa					
			0.60		Materiale di riporto con laterizi in matrice limosa					
1	2.4	1.20			Limo argilloso di colore marrone, a tratti marrone-rossastro, con abbondanza di minuscoli calcinelli. Presenti tracce di ossidazioni e deposizioni secondarie	1.10				
	2.7	1.30								
2	2.4	1.20								
	2.1	0.90	2.30		Limo con ghiaia media e grossolana					
3										
			3.10		Ghiaia da fine e media in matrice limosa					
4	4.7									
	5.7		3.90		Argilla con limo di colore nocciola con striature rossastre per fenomeni di ossidazione					
5	5.0									
	4.2		4.80		Argilla con limo di colore grigio-azzurro, talora con fasce di colore grigio-bruno. Presenza di puntinature nerastre, più abbondanti da -18.70 a -20.0 m, e di saltuari velli sabbiosi					
6	4.8									
	4.3									
7	4.8									
	4.7									
8	5.4									
	6.0									
9	5.5									
	5.0									
10	4.5									
	4.2									
11	5.0									
	4.8									
12	4.2									
	5.0									
13	5.2									
	5.0									
14	6.0									
	4.9									
15	5.4									
	5.1									
16	4.8									
	6.0									
17	6.0									
	5.2									
18	5.0									
	6.0									
19	6.0									
	5.1									
20	5.4		20.00							



SOGEO S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE - FONDAZIONI SPECIALI
Lugo, (Ra) - Corso Matteotti, 2/2 - Tel. 0545 22042

COMMITTENTE: Geoservice - Dott. Bassi Fabio

SOND.N. 2

CANTIERE: Bazzano - Ospedale

PROF. (m): 20.00

PERFORATRICE: ELLETTARI EK200/STR

QUOTA (m): p.d.c.

METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo

DATA INIZ.: 19/03/2003

RIVESTIMENTO: Ø 127 mm

ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere Ø 101 mm

DATA FINE: 20/03/2003

PIEZOMETRO:

SCALA 1:100

Scala 1:100	P.P. I (kg/cm ²)	V.T. (kg/cm ²)	Profondita' (m)	Stratigrafia	Descrizione	Falda (m)	Campioni Ind.	Campioni Rim.	S.P.T. (n.colpi)	Pz. Norton
1	1.3		0.30		Terreno vegetale in matrice limo-argillosa-sabbiosa					
	2.2	0.95			Limo argilloso di colore marrone, a tratti marrone-rossastro, con abbondanza di minuscoli calcinelli. Presenti tracce di ossidazioni e deposizioni secondarie	1.20				
2	2.0	0.80								
	2.0	1.00								
3	1.5									
	1.0	0.50	3.00		Ghiala da fine e media, sub-arrotondata, in matrice limosa debolmente sabbiosa					
4										
	4.2	2.00	4.50		Argilla con limo di colore nocciola con striature rossastre e nerastre per fenomeni di ossidazione					
5	2.4	1.10								
	3.3	1.70								
6	4.0	2.00	6.00		Argilla con limo di colore bruno e grigio-azzurro, con saltuarie puntature nerastre, più abbondanti da -17.0 a -20.0 m. Presente un livelletto centimetrico di sabbia fine di colore grigio da -10.30 a -10.35 ed un velo millimetrico a -14.60					
7	3.8									
	4.8									
8	4.4									
	5.0									
9	4.0	1.60								
	3.2	1.70								
10	3.5									
	4.2									
11	4.2									
	4.2									
12	4.5									
	3.5									
13	5.2	2.50								
	4.2									
14	5.0									
	4.2									
15	5.0									
	5.0									
16	6.0									
	5.5									
17	6.0									
	5.5									
18	5.5									
	5.5									
19										
20			20.00							

All. 6
Prospezioni sismiche eseguite nell'anno 2011



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA
AZIENDA UNITA' SANITARIA LOCALE DI BOLOGNA

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE SH PER
LA VERIFICA DI SICUREZZA STRUTTURALE DEGLI
OSPEDALI

RELAZIONE TECNICA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

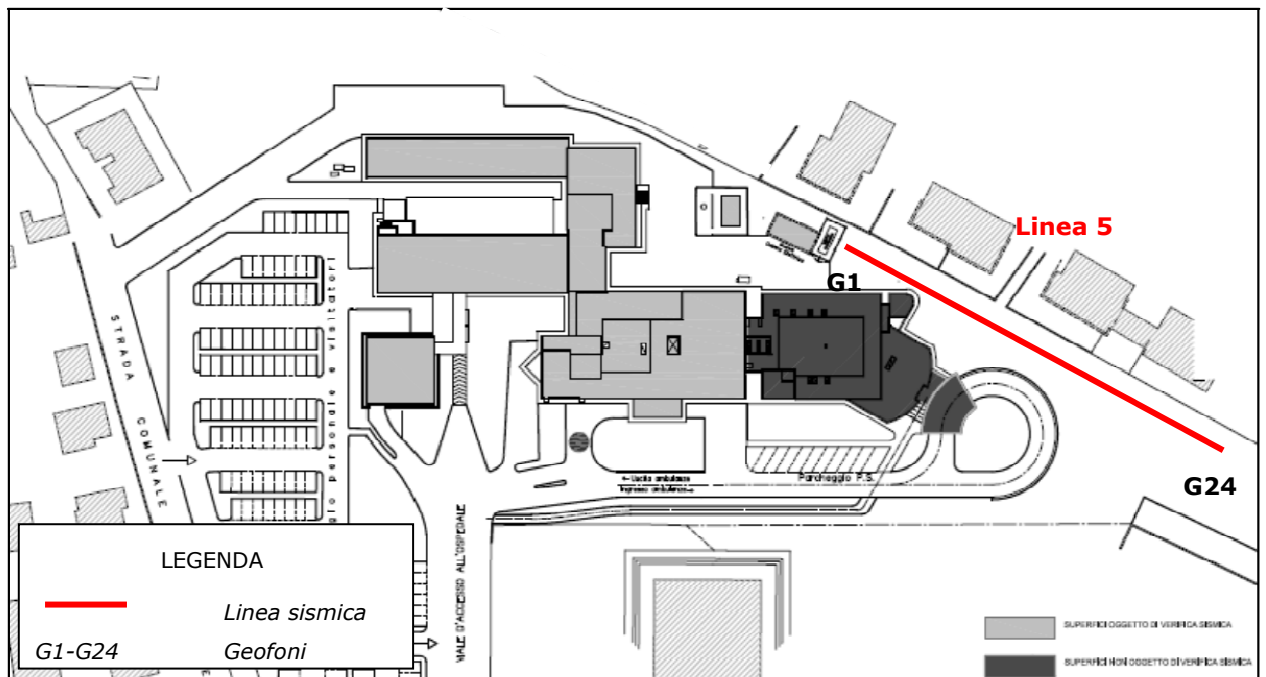
IGeA sas
Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

1.0	20/06/11	C:/Documenti/2011/sas 2011/27_11_AS_L Bologna/Relazione sismica.doc					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROVATO	AUTOR.	



OSPEDALE DI BAZZANO - LINEA SISMICA 5

Il giorno 31/05/2011 è stata realizzata una linea sismica della lunghezza di 120 metri con acquisizione delle onde SH secondo lo schema di seguito riportato.



Planimetria con ubicazione della linea sismica eseguita



La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione delle onde SH e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde SH è stata scomposta in cinque fasi fondamentali:

- Individuazione del primo arrivo in SH;
- Ricostruzione delle dromocrone e relativa interpretazione in SH;
- Elaborazione delle sezioni tomografiche.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prova è composta delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

Come sorgente di energia per le onde SH è stato utilizzato un martello da 50 Kg ancorato ad un cingolato ed una trave di forma tale da poter essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità. Quest'ultima è stata gravata di un carico statico addizionale (cingolato) in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpita, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

La linea è stata registrata con 6 energizzazioni, secondo il seguente schema:

Linea 5

- Estremo a sx A (2.5 metri dal 1° geofono)
- Intermedio a sx D1 (tra il 6° ed il 7° geofono)
- Centrale C (tra il 12° ed il 13° geofono)
- Intermedio a dx D2 (tra il 18° ed il 19° geofono)
- Estremo a dx B (2.5 metri oltre il 24° geofono)
- Esterno a dx E2 (20 metri oltre il 24° geofono)



Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni orizzontali per le onde SH con frequenza di 10 Hz e posizionati ad una distanza intergeofonica di 5 metri.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

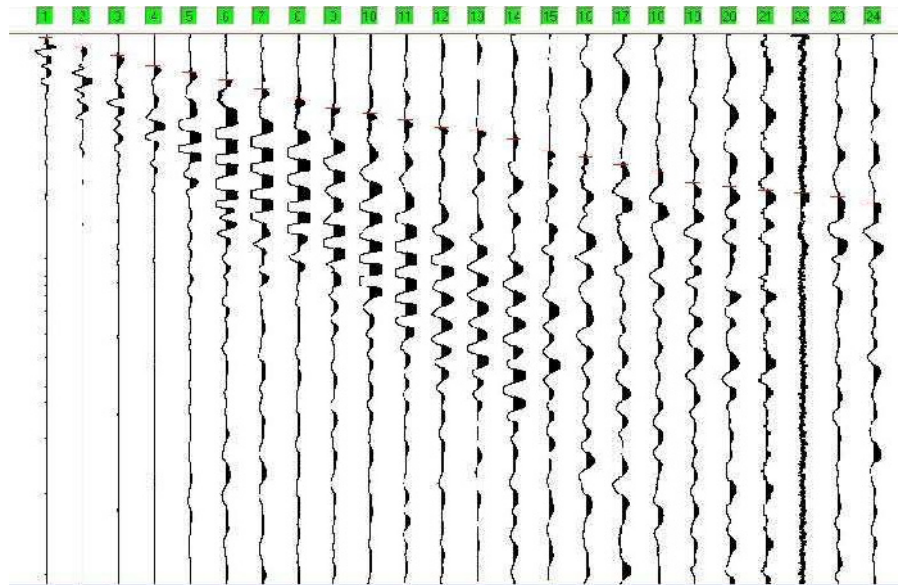
Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.



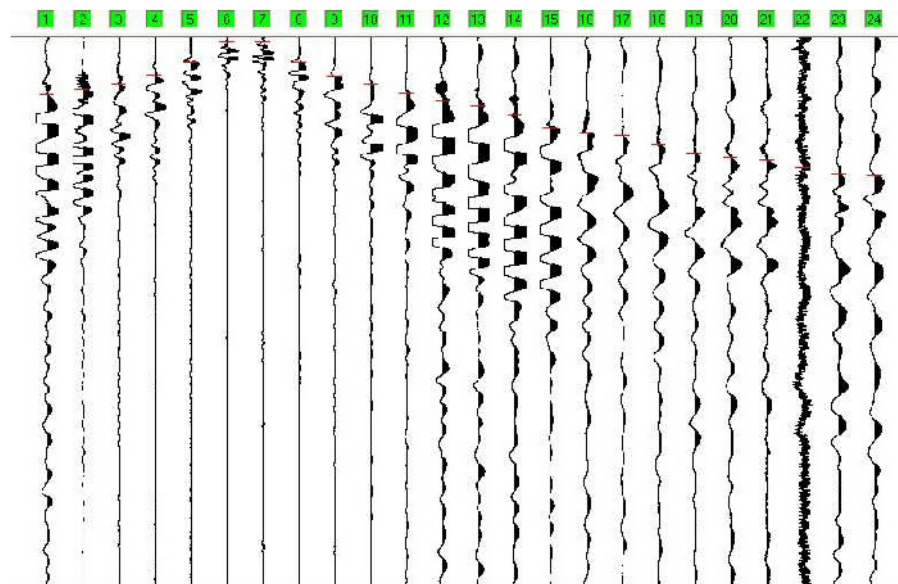
LINEA SISMICA 5

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO ESTREMO SX A



TIRO INTERMEDIO A SX D1

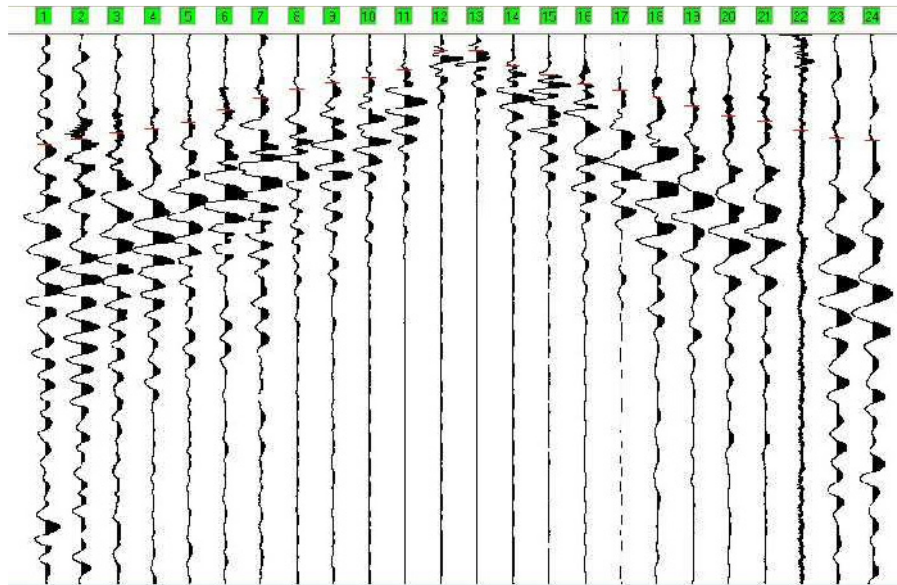




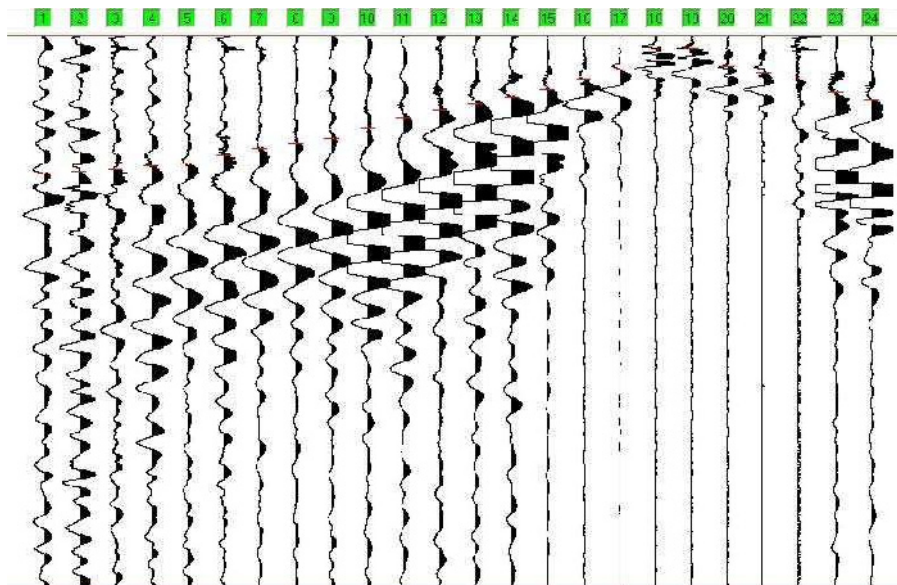
LINEA SISMICA 5

ONDE SH: STAMPA Istantanea DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO CENTRALE C



TIRO INTERMEDIO DX D2

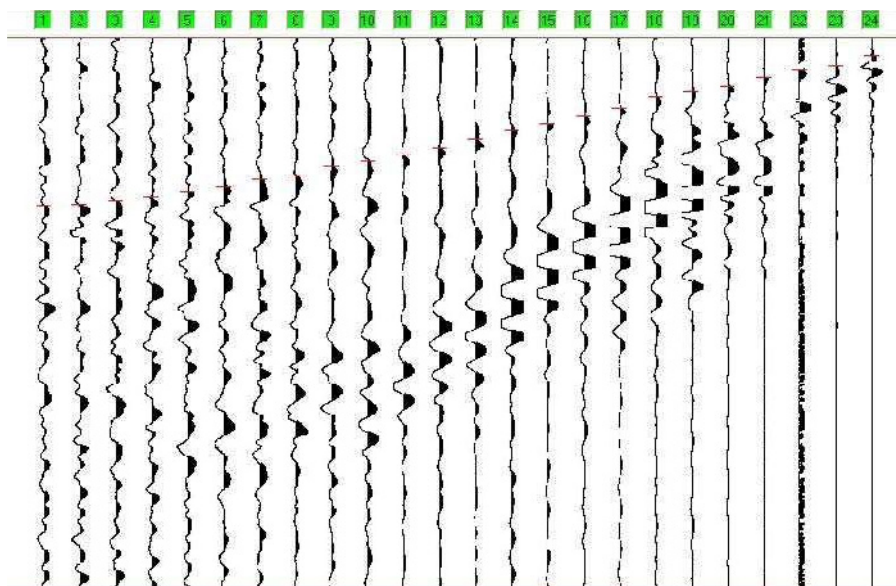




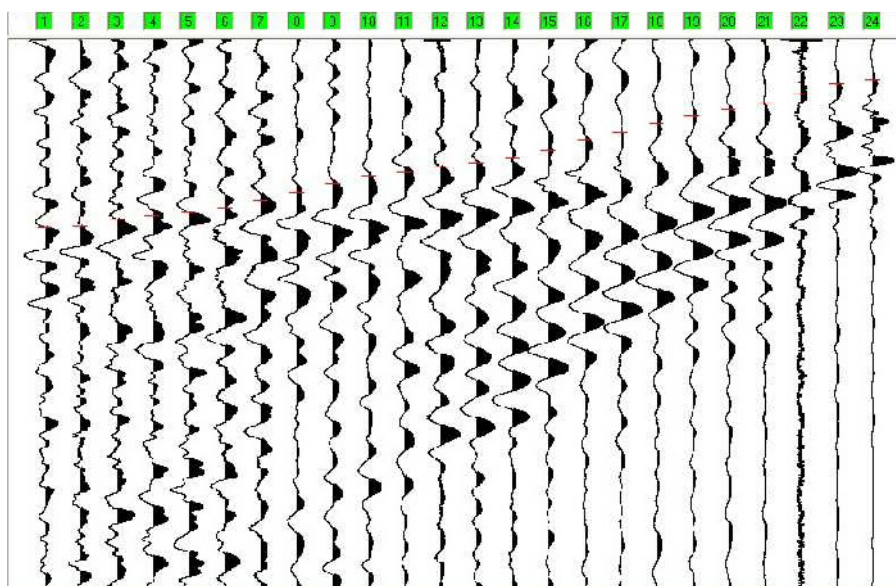
LINEA SISMICA 5

ONDE SH: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO ESTREMO DX B

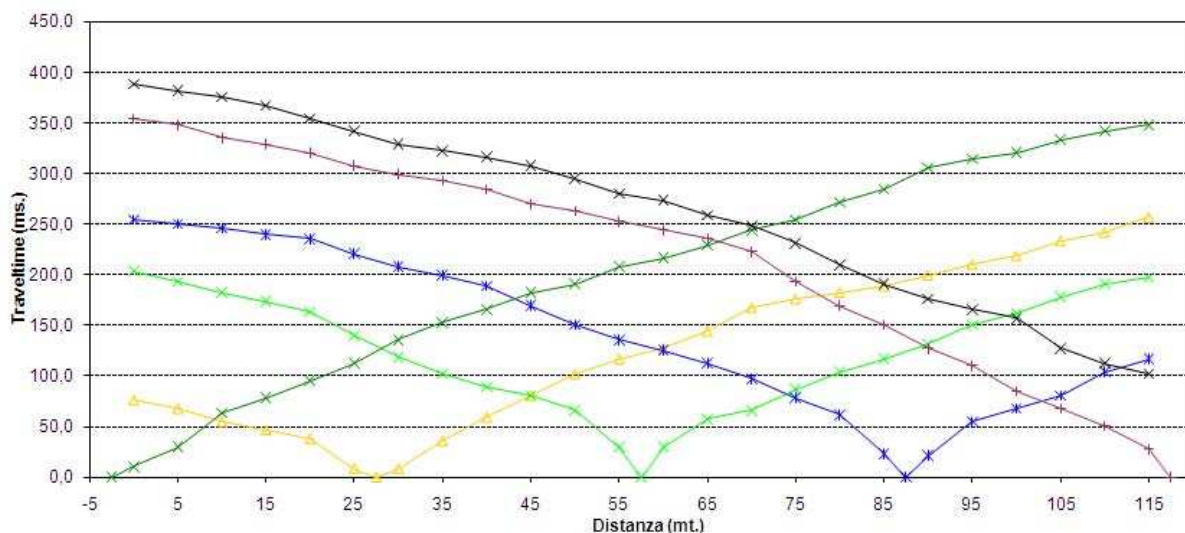


TIRO ESTERNO DX E2





LINEA SISMICA 5
ONDE SH: DROMOCRONE



LINEA SISMICA 5
ONDE SH: TEMPI DI PROPAGAZIONE

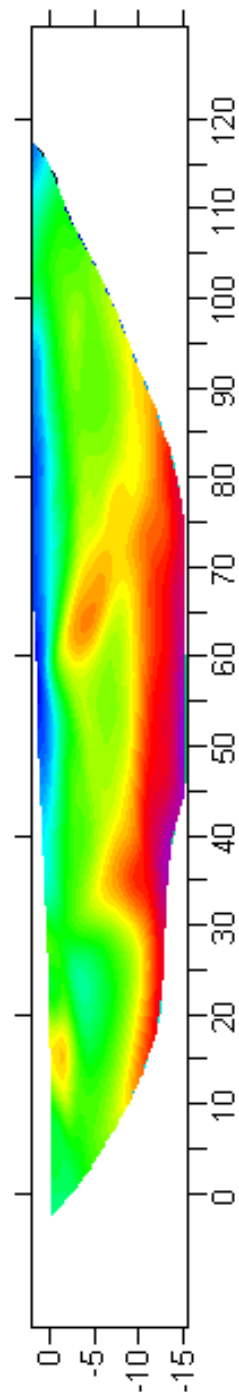
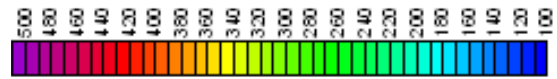
Tempo di arrivo

geofono	A	D1	C	D2	B	E2
1	10.60	76.40	203.80	254.80	354.60	388.60
2	29.70	67.90	193.20	250.60	348.20	382.20
3	63.70	55.20	182.60	246.30	335.50	375.90
4	78.50	46.70	174.10	239.90	329.10	367.40
5	95.50	38.20	163.50	235.70	320.60	354.60
6	112.50	8.40	140.10	220.80	307.90	341.90
7	135.90	8.40	118.90	208.10	299.40	329.10
8	152.90	36.10	101.90	199.60	293.00	322.80
9	165.60	59.40	89.10	189.00	284.50	316.40
10	182.60	80.70	80.70	169.80	269.70	307.90
11	191.10	101.90	65.80	150.70	263.30	295.20
12	208.10	116.80	29.70	135.90	252.70	280.30
13	216.60	127.40	29.70	125.30	244.20	273.90
14	229.30	144.40	57.30	112.50	235.70	259.00
15	244.20	167.70	65.80	97.60	222.90	248.40
16	254.80	176.20	87.00	78.50	193.20	231.40
17	271.80	182.60	104.00	61.50	169.80	210.20
18	284.50	189.00	116.80	23.30	150.70	191.10
19	305.80	199.60	131.60	21.20	127.40	176.20
20	314.30	210.20	150.70	55.20	110.40	165.60
21	320.60	218.70	161.40	67.90	84.90	157.10
22	333.40	233.60	178.30	80.70	67.90	127.40
23	341.90	242.10	191.10	104.00	50.90	112.50
24	348.20	256.90	197.50	116.80	27.60	101.90



LINEA SISMICA 5

ONDE SH: SEZIONE TOMOGRAFICA





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Linea 5





IGEA S.A.S.

INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

CODIFICA DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

C DOCUMENTI 2011 SAS2011 27 11 001 1 1

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA
AZIENDA UNITÀ SANITARIA LOCALE DI BOLOGNA

**SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO PER LA
VERIFICA DI SICUREZZA STRUTTURALE DEGLI OSPEDALI**

RELAZIONE TECNICA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGeA sas
Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

1.0	24/06/11	C:/Documenti/2011/sas 2011/27_11_AS_L Bologna/Relazione sondaggi.doc					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROVATO	AUTOR.	



1 PREMESSA

La presente relazione riguarda le indagini geognostiche eseguite per conto della Azienda Ospedaliera di Bologna finalizzate alle verifiche di sicurezza strutturale degli edifici.

Nel dettaglio, sono stati eseguiti 2 sondaggi presso l'ospedale Maggiore Pizzardi di Bologna, un sondaggio presso l'ospedale di Bazzano ed un ultimo sondaggio presso l'ospedale civile di Vergato.

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotaggio continuo e sono stati spinti fino alla profondità di 30 m dal p.c.

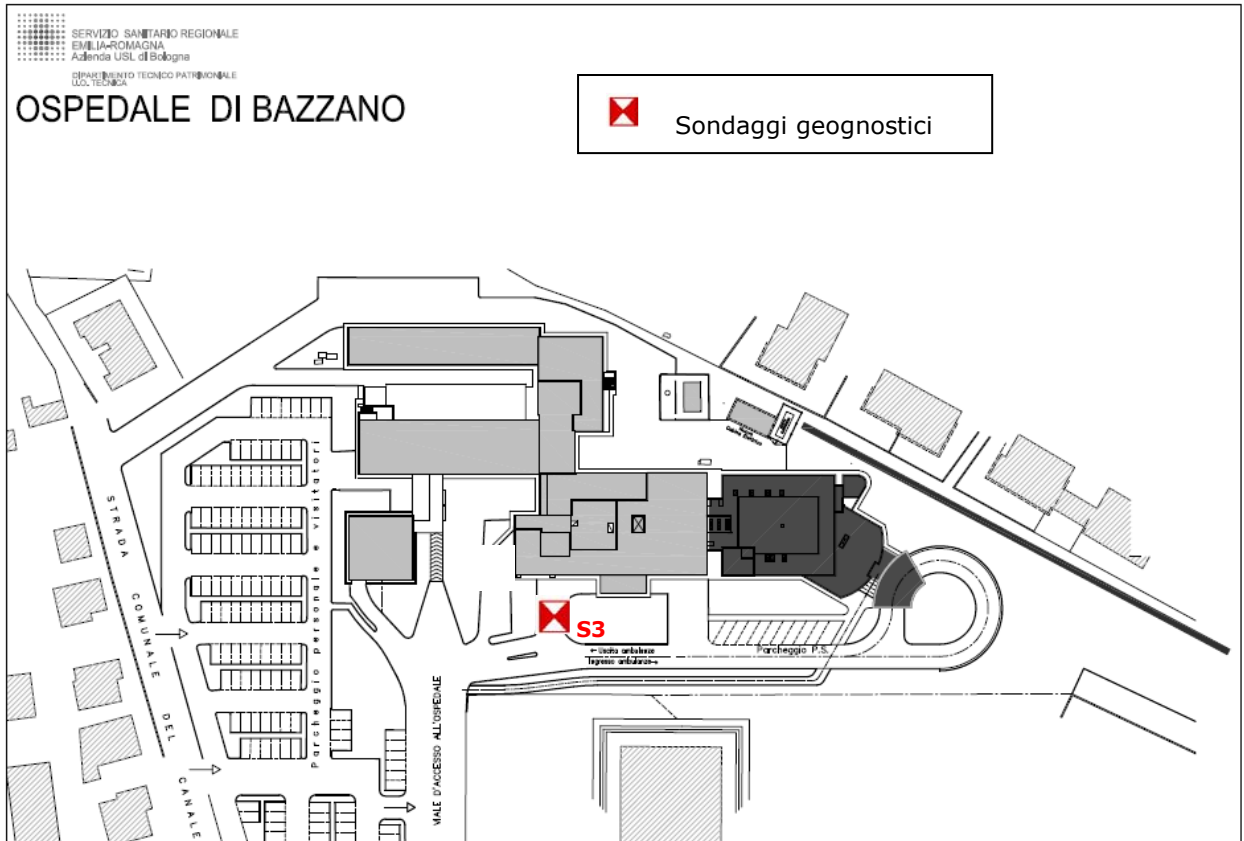
Nel metodo a rotazione, l'utensile viene fatto penetrare nel terreno tramite una batteria di aste che lo spinge e lo fa ruotare. Lo strumento di perforazione è costituito da un tubo carotiere, munito all'estremità di una corona tagliente costituita da materiale di resistenza adeguata.

Il diametro della tubazione di rivestimento è pari a 127 mm.

Alla fine della perforazione, è stata inserita una tubazione in pvc (diametro 101 mm) che è stata successivamente cementata nel foro per permettere l'esecuzione di prove sismiche in foro Down Hole.



3 OSPEDALE DI BAZZANO (BOLOGNA)



Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite



SONDAGGIO S3 (data inizio 21-06-2011; data fine 23-06-2011)

STRATIGRAFIA

Litologia		Descrizione litologica	Pocket penetr/ Vane Test (qu/cu kg/cmq)	Prove SPT	Campioni	Falda
Scala	Prof. (m)					
	2.20	Asfalto, riporto, materiale di riempimento, ghiaia e ciottoli in matrice limosa di colore grigiastro passante a marrone verso il basso				
5	4.30	Limi di colore marrone scuro				
	5.80	Ghiaie in matrice argillosa (dimensioni medie 0.5-2 cm) di colore grigiastro, con rari ciottoli di dimensioni 10-15 cm. I clasti sono di natura arenacea, mal classati e male arrotondati.				
10						
15						
20		Argille plastiche di colore grigio-bluastro				
25						
30	30.00					

Riferimento: AUSL Bologna - Ospedale di Bazzano (Bologna)

Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo

Quota di inizio: Piano di campagna

Sondaggio: **S3**



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



0-5 m



5-10 m



10-15 m



15-20 m



20-25 m



25-30 m







SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA-ROMAGNA
AZIENDA UNITÀ SANITARIA LOCALE DI BOLOGNA

**PROSPEZIONI SISMICHE DOWN HOLE PER LA VERIFICA DI
SICUREZZA STRUTTURALE DEGLI OSPEDALI**

RELAZIONE TECNICA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

IGEA sas
Dott. Geol. Guglielmo Braccesi

1.0	07/07/11	C:/Documenti/2011/sas 2011/27_11_ASL Bologna/Relazione DH.doc					
REV.	DATA	DESCRIZIONE		REDATTO	CONTR.	APPROVATO	AUTOR.



1 PREMESSA

Il giorno 05/07/2011 la soc. IGeA s.a.s. di Guglielmo Braccesi e C. è stata incaricata di svolgere una campagna di indagini sismiche in fori di sondaggio appositamente realizzati presso l'ospedale Maggiore di Bologna e presso le strutture ospedaliere di Vergato e Bazzano. In totale sono state eseguite quattro prove Down Hole in fori di 30 metri di profondità ciascuno.

2 PROVA DOWN-HOLE (DH)

2.1 Scopo della prova

Lo scopo della prova consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di volume, di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per spostarsi tra due o più punti (sorgente e ricevitori) di cui è nota la distanza.

2.2 Campo d'applicazione della prova

La prova down-hole dovrebbe essere effettuata quando la profondità delle coperture da esplorare sono superiori a qualche metro e si rende necessaria soprattutto quando non si voglia ricorrere a delle indagini eccessivamente costose, ma si richiedano dei risultati di qualità e precisione da media a buona.

Teoricamente sarebbe opportuno spingere la prova fino ad incontrare il bedrock attraversandolo per uno spessore significativo, tenendo comunque presente che in alcuni contesti geologici l'affidabilità della prova con tecniche di interpretazione convenzionali oltre i 40 m di profondità è generalmente scarsa e l'energia generata dalla sorgente potrebbe non essere sufficiente all'univoca individuazione dei primi arrivi.

2.3 Ipotesi alla base della prova

Si suppone che il volume di terreno interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico,



omogeneo ed isotropo. Qualora queste caratteristiche non siano verificate è necessario operare con più punti di energizzazione.

2.4 Schema della prova

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante due ricevitori (geofoni tridimensionali) disposti nel terreno a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

2.5 Apparecchiatura

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si deve comporre delle seguenti parti:

- sistema sorgente
- sistema di ricezione
- sistema di acquisizione dati
- trigger

Sistema sorgente.

La sorgente è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali). Per generare le onde di compressione P, si utilizzeranno i metodi classici quali caduta di un grave, cannoncino, mazza, etc.. Per generare le onde SH la sorgente è generalmente costituita da un parallelepipedo di legno e di forma tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.



Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono inferiori a 10^{-2} % e decrescono con la profondità.

È necessario un buon accoppiamento fra parallelepipedo e terreno, cosa che si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine; nel caso viceversa di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario approntare delle piazzole realizzando uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante. Sono da evitare come punti di energizzazione zone in cui affiorano rocce compatte e superfici bitumate.

Va tenuto conto che minore è la superficie di accoppiamento parallelepipedo - terreno, più pulito e ricco in alte frequenze sarà il segnale, d'altra parte soprattutto con superfici di contatto ridotte è necessario verificare che il parallelepipedo non si infossi nel terreno poiché in tal caso si produrrebbero onde di compressione.

Sistema di ricezione.

Tale sistema si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale e collocati all'interno di un unico contenitore di lunghezza circa 450 mm, in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri ad esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori hanno appropriate caratteristiche di frequenza e sensibilità tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo.

I ricevitori sono collegati secondo la loro lunghezza, in modo di fissarne la distanza verticale pari ad 1 metro e l'orientazione relativa (in modo che i trasduttori orizzontali siano paralleli e concordi a due a due) e in modo tale da potere anche controllare dalla superficie l'orientazione assoluta.

Il sistema di ancoraggio, per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento, è stato realizzato mediante quattro pistoncini pneumatici collegati ad un compressore d'aria.

*Trigger.*

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Sistema di acquisizione dati.

Si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Il sistema è un sismografo marca AMBROGEO 12/24, le cui caratteristiche sono espresse di seguito:

<i>Number of channels</i>	24
<i>Sampler interval</i>	0,296 msec
<i>A/D Conversion</i>	16 bit
<i>Amplifiers</i>	
<i>Input impedance</i>	1 KOhm
<i>Gain</i>	10 dB - 100 dB, step 1 dB
<i>Saturation tension</i>	+/- 2,3 V
<i>Saturation level</i>	100 dB
<i>Distorsion</i>	0,01%
<i>Sampler</i>	25 msec (191 points) 50 msec (383 points) 100 msec (756 points) 200 msec (1530 points) 400 msec (3060 points) 1000 msec (7560 points)
<i>Sampling</i>	130 micro/sec
<i>Record lenght</i>	25-50 -10 -20 -400-800 millisec
<i>Filter low pass from</i>	50 to 950 Hz, step1 Hz
<i>Digital Filter (Fir) low pass</i>	1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
<i>Digital Filter (Fir) high pass</i>	0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz
<i>Frequency response</i>	7-950 Hz, filter at 950 Hz



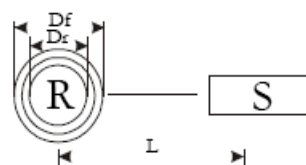
Dynamic range	93 dB
Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Power	12 V

Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Poiché è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra, è auspicabile una strumentazione che preveda la funzione "inversione di polarità".

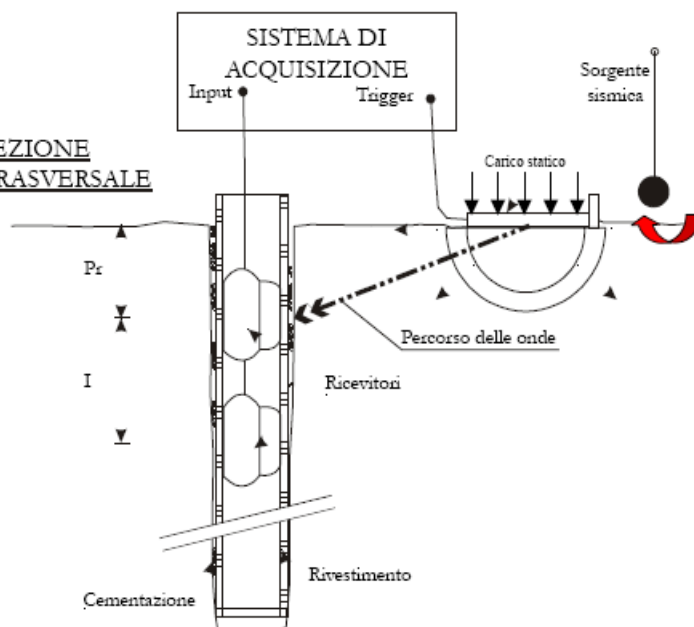
2.6 Modalità di preparazione della prova

L'esecuzione della prova down-hole deve essere preceduta da una fase preparatoria durante la quale viene realizzato il foro in cui alloggiare i ricevitori e vengono preparati gli strumenti di registrazione.

PLANIMETRIA



SEZIONE TRASVERSALE





2.7 Modalità di esecuzione della prova

La prova si sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente viene collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza dal centro in genere compresa tra 1m e 5 m (da concordare con la direzione lavori) e orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro. Per la produzione di onde P si energizza con massa battente ed impatto verticale; per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) viene fissata al terreno applicando sulla sua superficie un carico statico.
2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali), equidistanti e con costante orientamento relativo, viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde S, in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori. Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.
4. Viene attivata la registrazione (pre-trigger) delle vibrazioni rilevate e dai trasduttori che costituiscono i ricevitori con un opportuno anticipo rispetto all'attivazione della sorgente. Tale fase può essere evitata nel caso che la strumentazione consenta la registrazione del segnale all'istante di time-break cioè all'attivazione del segnale.
5. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger, si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo P; in seguito si generano vibrazioni di tipo S, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Il tempo di registrazione deve essere tale da consentire la rappresentazione dei treni d'onda nella loro interezza. Poiché si debbono ricavare le onde SH, per la buona qualità dei dati si debbono produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (metodo cross-over). Detta operazione deve essere eseguita in campagna, in fase di acquisizione, se lo strumento prevede l'inversione di polarità. Può essere eseguita registrando separatamente i files battuta destra - battuta sinistra, ma in questo caso sarà necessario un bilanciamento spettrale prima di procedere alla differenza delle tracce.



In ogni caso la lunghezza di registrazione deve essere non limitata al primo arrivo ma a tutto il segnale fino ad un decadimento dell'ampiezza del 90% rispetto all'ampiezza massima.

2.8 Determinazione delle velocità

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati registrati durante la prova per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche, esistono varie tecniche nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza.

Per determinare il tempo di arrivo delle onde *P* e *S* ai ricevitori, si procede ad un'analisi visuale delle registrazioni delle vibrazioni rilevate dai trasduttori del ricevitore confrontate con il segnale di trigger (t_0) o inizio registrazione.

Pur essendo possibile operare con il sistema di pre-triggering si deve operare con il doppio sistema di energizzazione, percussione verticale per le onde *P*, percussione orizzontale per le *SH*, nelle registrazioni energizzate in verticale si valuterà il primo arrivo in *P*; nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni "battuta destra-battuta sinistra", il primo arrivo sarà costituito dalle onde di taglio *SH* poiché eventuali onde di compressione provocate durante l'energizzazione tenderanno, con la differenza "battuta destra-battuta sinistra" a ridursi in ampiezza laddove le *SH* (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così d'ampiezza.

Si ipotizza che il percorso delle onde tra sorgente e ricevitori sia rettilineo, trascurando i fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso. Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, data la posizione della sorgente, è necessario correggere i tempi di arrivo stimati per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo.

Indicata con *z* la profondità del ricevitore, con *d* la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con *R* la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro, con *t* il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t^* = \frac{z}{d} t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} t$$



Dividendo la profondità a cui viene collocato il ricevitore per il tempo corretto si ricavano i valori di velocità per ciascuno dei ricevitori, in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate.

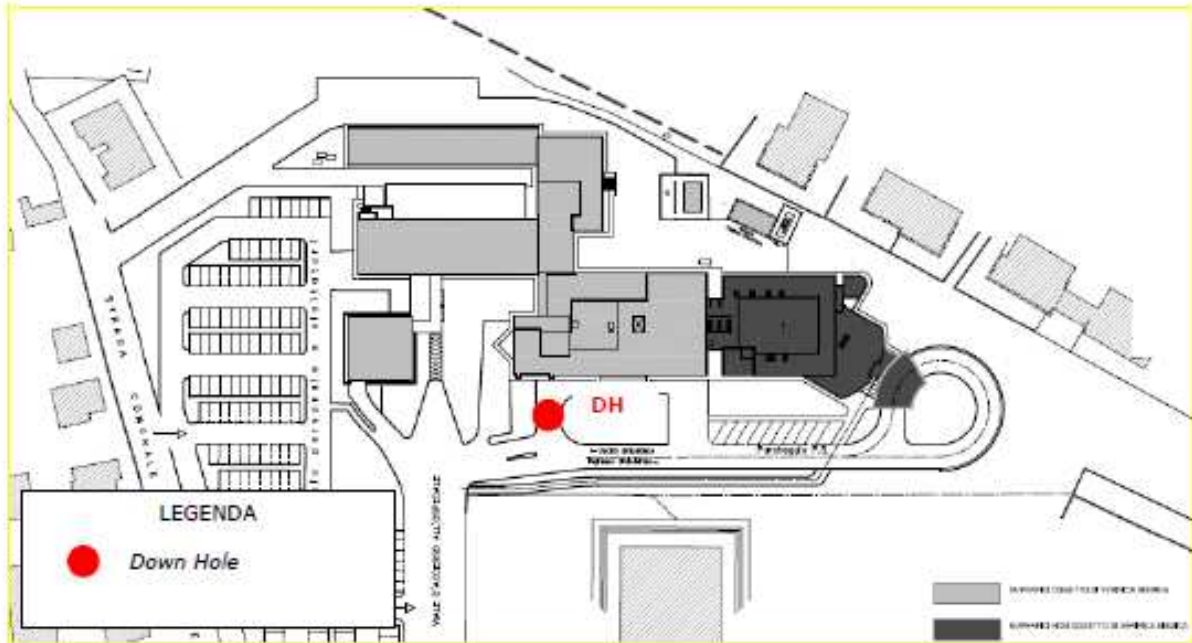
È anche possibile ricavare le velocità dividendo la differenza tra due profondità successive per la differenza tra i tempi determinati in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate e possono corrispondere allo stesso impulso (in tal caso le profondità corrispondono a quelle dei due o più ricevitori rigidamente collegati tra di loro e le velocità si definiscono velocità d'intervallo) o a due impulsi successivi (per cui le profondità sono quelle d'avanzamento della prova e le velocità calcolate si definiscono velocità di pseudo-intervallo).

Va rilevato che non sempre i tracciati registrati dai ricevitori sono chiari e univocamente interpretabili, per l'eventuale presenza di rifratte di ampiezze non trascurabili che, precedendo quelle dirette, ingannano sui reali tempi d'arrivo indicando velocità intervallari anomale.

Inoltre, talora in profondità l'istante di primo arrivo delle onde non è facilmente individuabile, sfruttando il fatto di disporre di più ricevitori, si può far riferimento ai tracciati registrati da ciascuno di essi ricercando dei punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo ritrovabili in entrambi i segnali e stimandone il ritardo e quindi ricavando la velocità d'intervallo (in tal caso affinché ad ogni picco dell'una registrazione corrispondano rispettivamente i picchi o le valli dell'altra è necessario che sia stata precedentemente stimato l'effetto dell'orientazione dei trasduttori rispetto alla direzione di propagazione delle onde e che sia noto se i trasduttori siano orientati in maniera concorde o discorde).



Ospedale di Bazzano



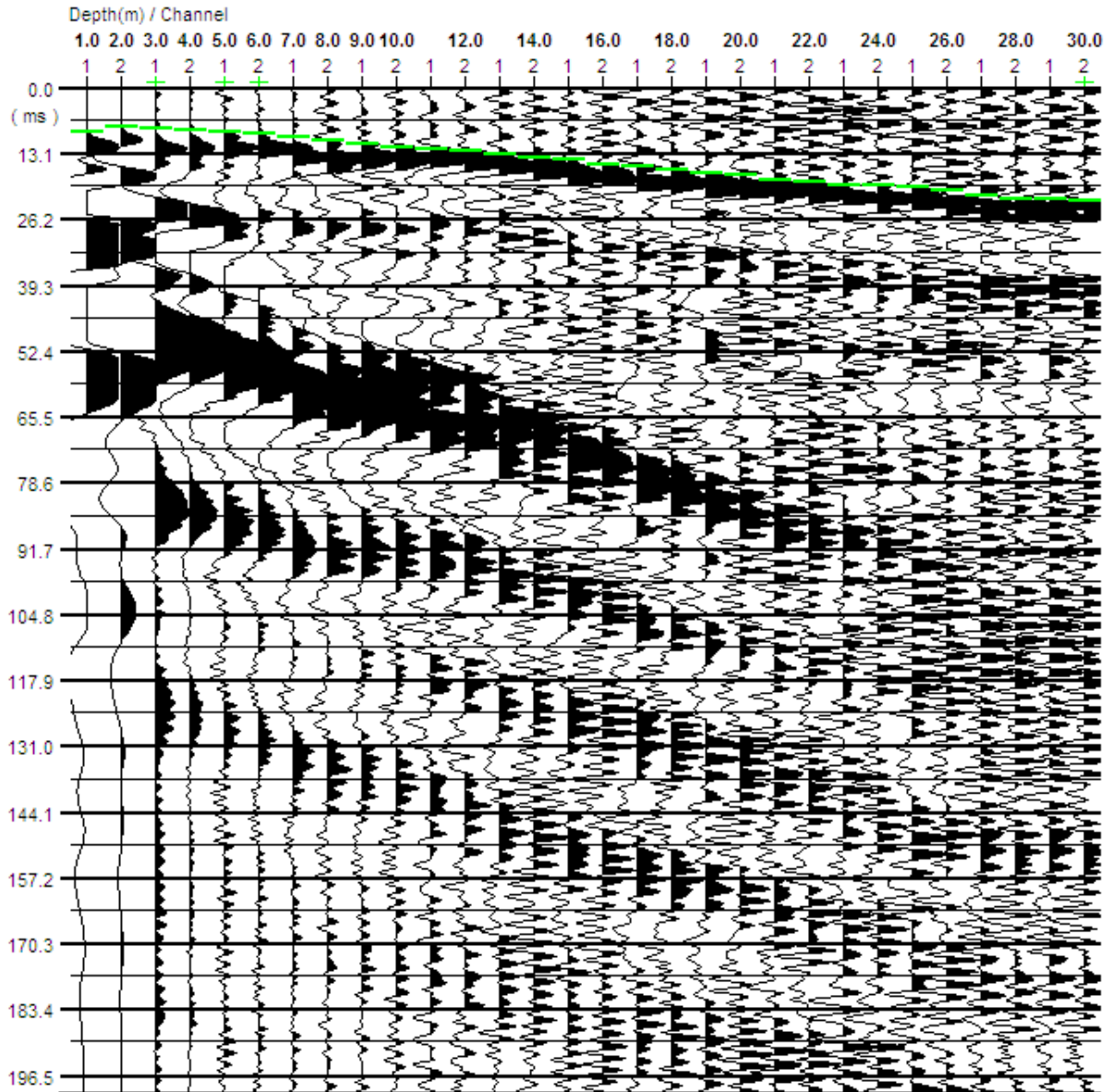
Planimetria con ubicazione delle indagini sismiche in foro eseguite

Le indagini svolte hanno evidenziato la presenza di quattro sismostrati che, dalla superficie verso la profondità, sono così riassumibili:

Strato	Prof. tetto (m)	Prof. base (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore H (m)	Vs30 (m/s) 30/(ΣH _i /Vs _i)	v
1	0	3	126.5	571.4	3	305.93	0.47
2	3	5	365.1	1028.4	2		0.43
3	5	6	486.8	1444.6	1		0.44
4	6	30	359.2	1664.2	24		0.48

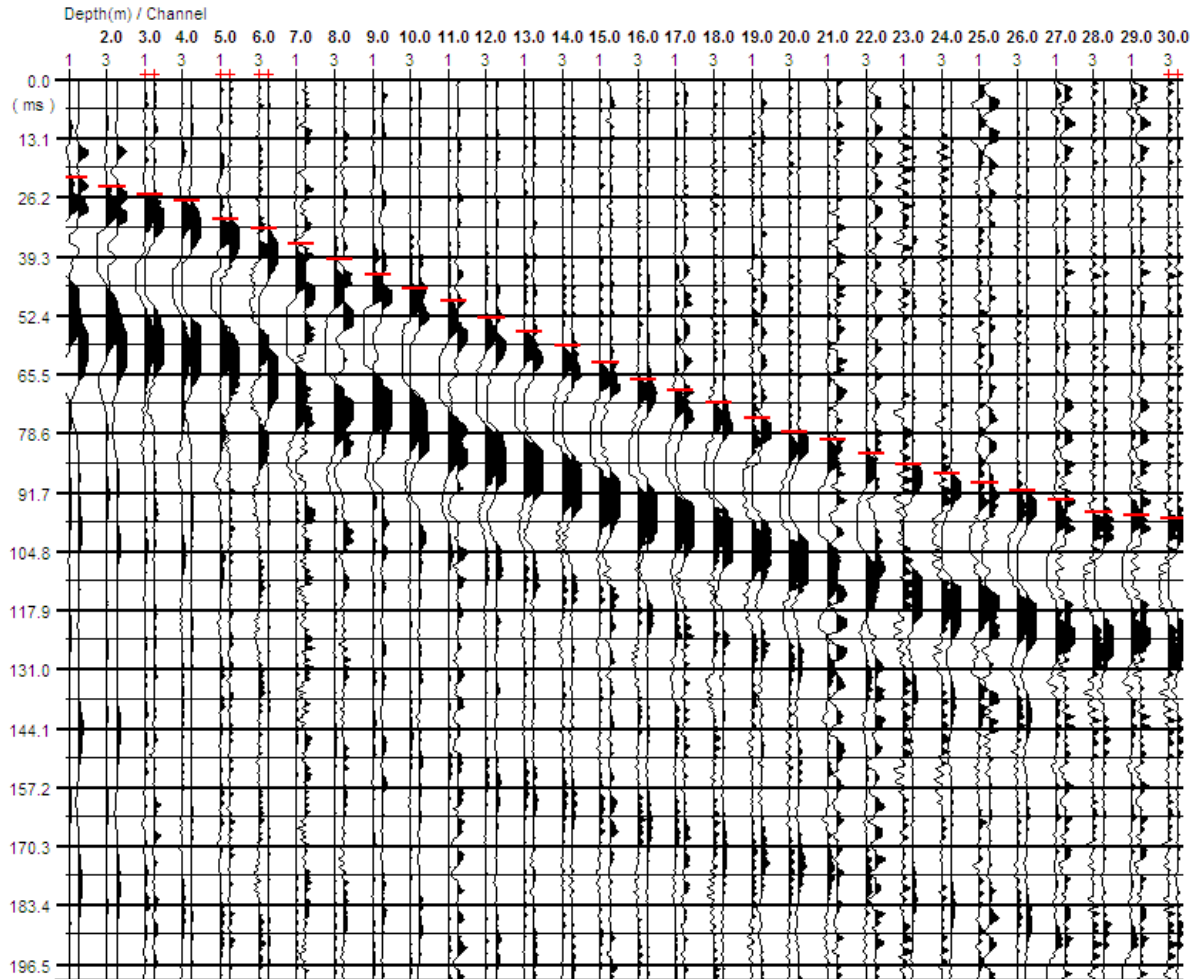


TRACCE ONDE P



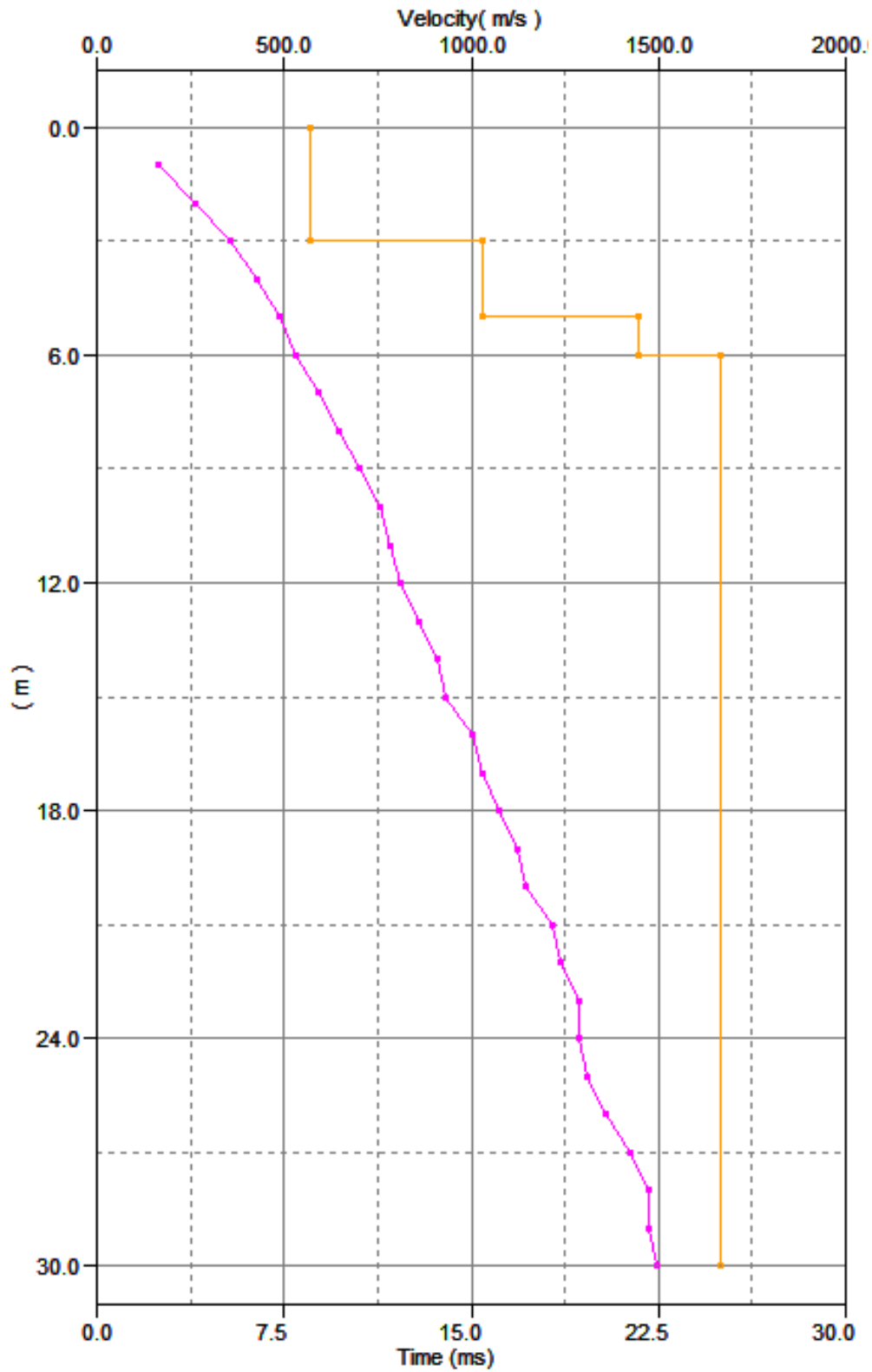


TRACCE ONDE SH



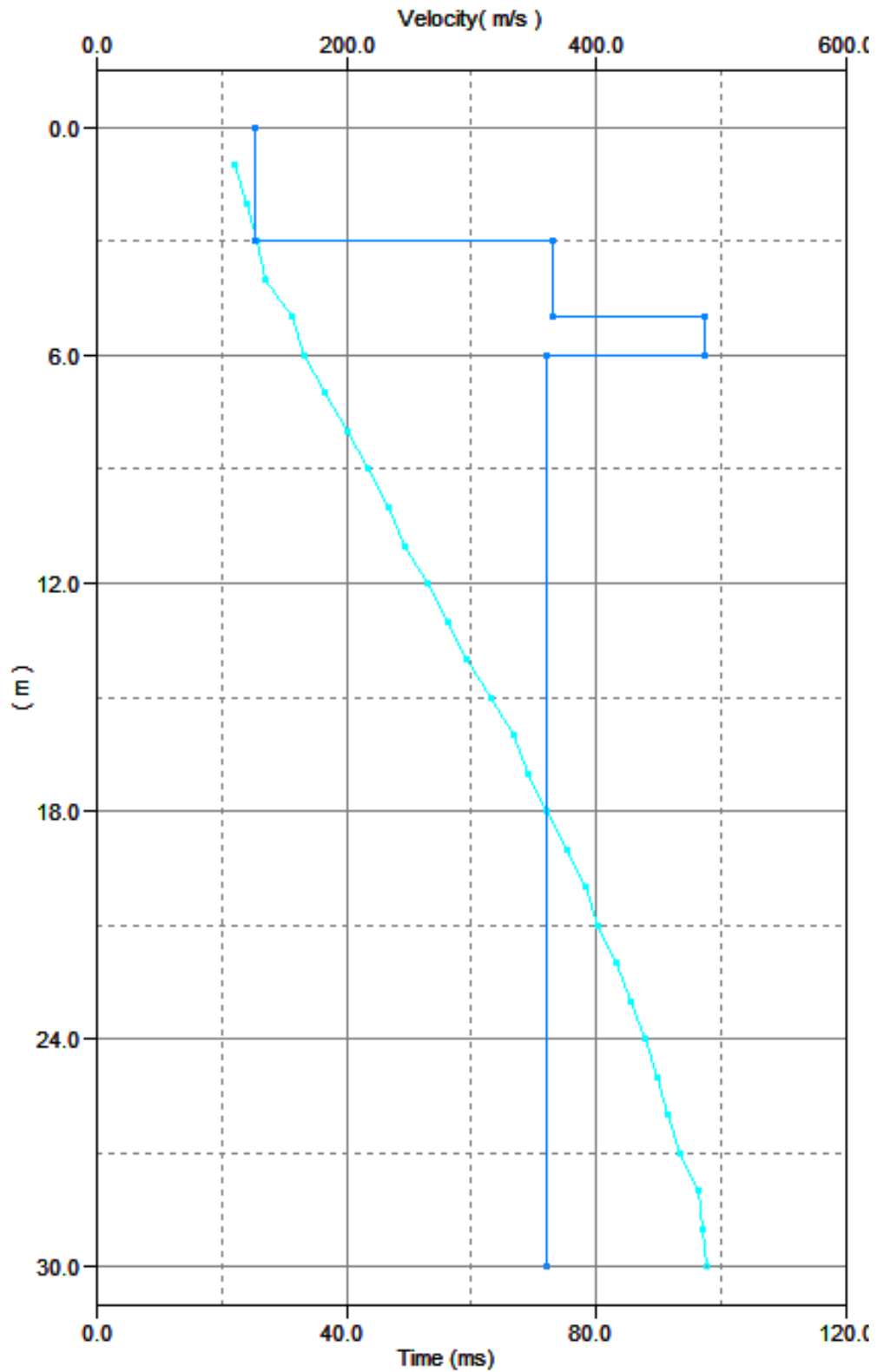


CURVE DI VELOCITÀ ONDE P





CURVE DI VELOCITÀ ONDE SH





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

