



**ATTUAZIONE PIANO NAZIONALE SICUREZZA STRADALE (PNSS) -
PROGRAMMA CICLABILI
(Del.G.R. n.352 del 27/03/2017)**

Collegamento pista ciclabile Borgo Tuliero

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborati civili

RELAZIONE GEOLOGICA

TAVOLA :

3.01

MAGGIO 2018

PROGETTAZIONE :

Dott. Geol.
Alessandro Poggiali

Per presa visione
Ing. Maurizio Montanari

INDICE

1. Premesse	pag. 2
2. Inquadramento geologico	
2.1 Contesto geologico regionale	pag. 2
2.2 Aspetti strutturali	pag. 3
2.3 Unità geologiche affioranti	pag. 3
2.4 Caratteri geomorfologici-idrogeologici	pag. 4
3. Modello geologico di riferimento	
3.1 Indagini geognostiche	pag. 5
3.2 Caratteri litologici-stratigrafici	pag. 5
3.3 Parametri fisico-meccanici dei terreni	pag. 6
4. Caratterizzazione sismica	
4.1 Sismicità di riferimento	pag. 7
4.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	pag. 11
4.3 Stabilità nei confronti della liquefazione	pag. 12
5. Conclusioni	pag. 12

1. Premesse

La presente relazione geologica è stata redatta nell'ambito del Progetto Definitivo per la costruzione dei tratti conclusivi della pista ciclopedonale Faenza-Borgo Tuliero, nei pressi del Ponte Rosso. Un primo tratto di circa 35 ml sarà la prosecuzione del primo stralcio della pista ciclo-pedonale, i cui lavori sono stati recentemente appaltati; il successivo tratto di circa 30 ml correrà sul lato opposto della strada e si collegherà con la pista ciclo-pedonale esistente sul Ponte Rosso. Nello specifico la presente relazione riguarda la fase di "caratterizzazione e modellazione geologica del sito" (NTC 2018 punto 6.2.1.) da prevedere per la progettazione geotecnica delle opere strutturali necessarie affinché i tratti di pista ciclo-pedonale corrano a fregio, e alla stessa quota, della strada provinciale.

A tale scopo si è preliminarmente proceduto all'inquadramento geologico del sito, eseguito attraverso la consultazione dei dati bibliografici disponibili (Relazione geologica per realizzazione pista ciclopedonale Faenza - Borgo Tuliero (Poggiali A., 2016), Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico di corredo alla variante alla scheda n. 182 "Area via Don Giovanni Verità angolo via San Martino" del PRG del Comune di Faenza (S. Marabini, L. Bosoni, 2011), Banca dati del Servizio geologico sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna).

Il modello geologico di riferimento, che definisce i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del sito, è stato ricostruito avvalendosi di specifiche indagini in sito di repertorio realizzate per la "Relazione geologica per realizzazione pista ciclopedonale Faenza - Borgo Tuliero (Poggiali A., 2016)" e per la relazione "Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico di corredo alla variante alla scheda n. 182 "Area via Don Giovanni Verità angolo via San Martino" del PRG del Comune di Faenza (S. Marabini, L. Bosoni, 2011)".

Ai fini della definizione della pericolosità sismica di base, per la classificazione del sottosuolo ci si è avvalsi di specifiche prove geofisiche, di cui una di repertorio (Relazione geologica per realizzazione pista ciclopedonale Faenza - Borgo Tuliero (Poggiali A., 2016)) ed una di nuova esecuzione. In materia di pericolosità sismica il Comune di Faenza dispone dello studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento (Sangiorgi S., Righini T., Milito A., 2015), finanziato con Delibera n. 1919/2013 della Giunta della Regione Emilia-Romagna e approvato dalla Regione Emilia-Romagna con certificazione di conformità Prot. 253147 in data 10/04/2018, da cui è emerso che nel sito in esame è esclusa la liquefacibilità dei terreni.

Per la redazione del presente documento è stata seguita la seguente normativa di riferimento:

- Decreto 17 gennaio 2018 Ministero delle infrastrutture e dei trasporti - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare 09/01/1996 n. 218/24/3 del Ministero dei lavori pubblici "Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica".
- Progetto Qualità 2010 – Relazione geologica: standard metodologici e di lavoro. Consiglio Nazionale dei Geologi – Ordini Regionali dei Geologi.

Il sito d'intervento si estende dalla periferia sud del Comune di Faenza, presso il cosiddetto "Ponte Rosso", lungo la S.P. Marzeno (Modiglianese).

Localizzazione: Carta topografica scala 1:25.000 – Tavola 239SE.

Ubicazione: Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 – Sezione 239110.

Coordinate geografiche WGS84: latitudine: 44,27744 [°] Longitudine: 11,877752 [°]

2. Inquadramento geologico

2.1 Contesto geologico regionale

L'area di studio è localizzata all'estremità sud-orientale del vasto bacino sedimentario della Valle Padana, in prossimità del contatto con la fascia pedecollinare dell'Appennino Romagnolo. L'attuale assetto geologico è la risultante di un complesso avvicendamento di fasi erosive in alternanza a fasi prevalentemente sedimentarie, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, in relazione al perdurare di una dinamica di abbassamenti del substrato, di fenomeni di subsidenza del materasso alluvionale che si stava formando, con conseguenti arresti della regressione marina o addirittura episodi di ingressione e formazione di fasi lagunari lungo la fascia pre-appenninica. Nel complesso, a partire dall'Oligocene, si assiste ad un lento e progressivo ricoprimento del settore meridionale della fossa occupata dall'alto Adriatico. Solo nel Quaternario superiore l'assetto tettonico mostra una sorta di equilibrio e alla iniziale tendenza alla deposizione prevalentemente marina (Pleistocene) subentra un periodo di estesi fenomeni sedimentari fluviali (Olocene), ai quali si associa il conseguente progressivo ritiro del mare verso la configurazione attuale della costa.

2.2 Aspetti strutturali

Come accennato precedentemente, l'area di studio si estende in un contesto di media pianura, dove i depositi di origine alluvionale ricoprono e si saldano sul substrato costituito dagli ultimi depositi marini di spiaggia precedenti il sollevamento definitivo dell'Appennino Romagnolo, avvenuto a culmine della collisione tra il margine continentale europeo (sardo-corso) e quello adriatico, che diede inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica, caratterizzata dallo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso ovest e fronte compressivo verso est. Il sistema strutturale sepolto della Pianura Padana meridionale costituisce la fascia più esterna dell'Appennino settentrionale, ed è sottoposto ad un cospicuo abbassamento strutturale. Questa fascia, oltre ad un impressionante accumulo di depositi, soprattutto plio-pleistocenici, è stata sede di ingenti duplicazioni tettoniche per faglie inverse e sovrascorrimenti che hanno contribuito a intensificare la tendenza all'affossamento. Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante, gli elementi strutturali traslati e impilati vengono a formare così un vero e proprio prisma di accrezione tettonica neo-genico che, sia per entità dell'impilamento, sia per la complessa interferenza dell'attività tettonica con la deposizione, conferisce al sistema il carattere di una marcata fossa tettonica. Essa appare costituita da un sistema di grandi faglie inverse (accavallamenti) con superfici di sovrascorrimento immerse verso Sud-Sud-Ovest e con trasporto verso Nord-Nord-Est. Tali sovrascorrimenti hanno determinato un sistema di grandi pieghe superficiali che si sono sviluppate durante le traslazioni degli elementi appenninici verso Nord-Nord-Est entro l'area padana. Nel quaternario, l'attenuata attività tettonica traslativa è accompagnata da ingenti movimenti di abbassamento (subsidenza) e all'accumulo di ulteriori depositi. In definitiva è noto che il bacino subsidente padano è considerevole area geologicamente giovane e conseguentemente instabile. Per quanto riguarda il territorio in esame, la carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna riporta elementi strutturali legati a fronti di sovrascorrimenti sepolti post-tortoniani, attivi e ad andamento appenninico. Sono cartografate faglie attive ad andamento anti-appenninico e faglie potenzialmente attive ad andamento appenninico. Altri elementi di tettonica, pur non essendo espressamente cartografati sulle carte ufficiali per la difficoltà di poterli riconoscere in presenza di coperture ingenti, sono rappresentati da tratti rettilinei che caratterizzano i corsi d'acqua e le morfologie fluviali di questa zona, che possono essere indizio di sistemi di faglie con andamento subparallelo ai tratti terminali delle valli del F. Lamone e del T. Marzeno.

2.3 Unità geologiche affioranti

La periferia sud del centro abitato di Faenza si estende in un contesto di media pianura ed insiste sul complesso di depositi alluvionali antichi (coperture quaternarie) della porzione medio-inferiore del cosiddetto Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore – AES (Pleistocene medio - Olocene), unità stratigrafica individuata nella cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna, costituita da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide, passanti lateralmente a limi più o meno sabbiosi e argillosi di piana alluvionale. Cronologicamente questi depositi sono ascrivibili ad una età compresa tra 600/700.000 e 200/300.000 anni e fungono da graduale raccordo tra la fascia collinare appenninica e la pianura comunemente intesa. L'unità è parzialmente suddivisa in subsintemi, sulla base

dell'individuazione di deboli discordanze angolari o di scarpate erosive particolarmente ampie e, nel sottosuolo della pianura, di bruschi contatti fra depositi trasgressivi marino-marginali e palustri su depositi di conoide e piana alluvionale. Il tratto di pista ciclo-pedonale si sviluppa in ambito di piana di fondovalle. Nell'area in esame affiorano le alluvioni del Subsistema di Ravenna – AES8 (Pleistocene superiore - Olocene), qui rappresentate dal suo orizzonte superiore di deposizione in epoca romana, denominato **Unità di Modena – AES8a** (Olocene), costituito da ghiaie prevalenti e sabbie ricoperte da una coltre limoso argillosa, spesso alcuni metri e rappresentato da depositi tendenzialmente meno grossolani rispetto alle unità più antiche; il limite superiore coincide con il piano topografico ed è dato da un suolo calcareo di colore bruno giallastro, il cui profilo di alterazione è di esiguo spessore (<100 cm). A partire da profondità di 15/20 metri, e sino a profondità di almeno una trentina di metri, il sottosuolo si caratterizza ancora per depositi prevalentemente grossolani di ambiente di conoide (ghiaie e sabbie), attribuibili al Subsistema di Villa Verucchio AES7 (Pleistocene medio-superiore), qui rappresentate dai depositi di sbocco vallivo dell'**Unità di Vignola - AES7b**, costituita da ghiaie prevalenti caratterizzate da un suolo non calcareo di colore bruno scuro rossastro; il limite inferiore è erosivo, la potenza di alcuni metri. Questi corpi alluvionali parzialmente ghiaiosi sormontano e si saldano stratigraficamente con la sottostante Formazione delle **Sabbie Gialle – IMO1 Sabbie di Imola** (Pleistocene medio), unità geologica costituita da lenti e banchi decametrici e metrici di sabbia a granulometria media e fine, molto addensata, di colore da rosso a giallo, che rappresenta gli ultimi depositi della sequenza deposizionale della monoclinale pedeappenninica, formatasi in ambiente litoraneo-deltizio, di acqua poco profonda. Non affiorando in loco non è stato possibile misurare direttamente la giacitura degli strati; da fonti bibliografiche risulta che nell'area in esame la stratificazione presenta immersione verso est ed inclinazione di circa 20°.

2.4 Caratteri geomorfologici e idrogeologici

Nell'insieme i brevi tratti di nuova pista ciclo-pedonale correranno lungo il rilevato stradale della strada provinciale, pertanto ad una quota superiore rispetto alla quota media di 31 m s.l.m. del piano campagna omogeneamente pianeggiante della piana di fondovalle in destra del Fiume Lamone, correlabile con le zone di bassa pianura. Qui il microrilievo naturale relitto è legato alla presenza di depositi alluvionali superficiali legati alla forza trattiva di correnti a bassa energia, quali depositi di argine e tracimazione; gli unici elementi del rilievo che si evidenziano sono appunto rappresentati dalle arginature e dai rilevati stradali che la intersecano. Il rilevato stradale, nel tratto d'interesse, non presenta evidenze di instabilità. Nella Carta della subsidenza del PSC, risulta che l'area di studio si estende nella classe di abbassamento annuo -5/-9 mm.

Il territorio del Comune di Faenza è inquadrabile in condizioni climatiche di regime sublitoraneo padano, tipiche della pianura interna, caratterizzato, rispetto alla pianura costiera, da una maggiore escursione termica giornaliera, da un maggior numero di giornate di gelo, da più frequenti formazioni nebbiose e da una minore ventosità. Per quanto riguarda il regime pluviometrico si fa riferimento alla stazione pluviometrica di Faenza, da cui risulta una precipitazione annuale media di 763 mm. Per quanto riguarda la zonazione del territorio comunale in termini di permeabilità del primo sottosuolo, i terreni attraversati dalla pista ciclabile verso nord appartengono alla classe "Rocce e terreni permeabili ($K > 10^{-4}$ m/s)". Nell'area di studio i dati geognostici reperiti nelle banche dati indicano la presenza di terreni limosi e argillosi fino a quote di - 3/6 m da p.c., caratteristici di depositi di argine e tracimazione (bassa energia), mentre in profondità i depositi tendono ad assumere una granulometria più grossolana sabbioso-ghiaiosa, tipica dei depositi di alveo (maggiore energia). All'assetto stratigrafico del primo sottosuolo sono legate alcune implicazioni relative all'idrologia sotterranea. Infatti, partendo dal presupposto che la falda idrica stazioni all'interno del substrato ghiaioso, è facile attendersi una buona velocità di filtrazione orizzontale e verticale delle acque in profondità. Al contrario, la presenza in superficie di litotipi alluvionali limoso-argilloso, poco permeabili, può indurre locali fenomeni superficiali di ristagno idrico a causa della scarsa velocità di filtrazione. Nella carta idrogeologica del PRG 1996 del Comune di Faenza, nell'area in esame le isobate della falda freatica superficiale nel periodo 1990-1993 indicano una profondità minima della falda (soggiacenza) pari a 10 m. Nella stessa carta l'area su cui si estenderanno il nuovo tratto di pista è classificata "a maggiore rischio di inondazione". Nella Carta delle alluvioni storiche del P.S.C. nessun settore dell'area di

studio risulta essere stato allagato durante gli eventi estremi storici. Nella recente Tavola dei Vincoli del R.U.E. del Comune di Faenza, il settore nord della nuova pista ricade tra le “aree a moderata probabilità di esondazione”. Per quanto riguarda il Piano di tutela delle acque (PTCP), l'area di studio ricade nelle “Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollina – pianura”, Settore di ricarica di tipo A.

3. Modello geologico di riferimento

3.1 Indagini geognostiche

Come anticipato nelle premesse, per la modellazione geologica ci si è avvalsi di indagini geognostiche di repertorio eseguite nell'ambito di precedenti studi:

- Relazione geologica per realizzazione pista ciclopedonale Faenza - Borgo Tuliero (Poggiali A., 2016): CPTU-01, CPTU-02 (prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono).
- Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico di corredo alla variante alla scheda n. 182 “Area via Don Giovanni Verità angolo via San Martino” del PRG del Comune di Faenza (S. Marabini, L. Bosoni, 2011):
Sondaggio 1 (sondaggio a carotaggio continuo);
CPT 1, CPT 2, CPT 3, CPT 4, CPT 5, CPT 6, CPT 7 (prove penetrometriche statiche con punta meccanica).

L'ubicazione delle indagini e i grafici delle prove sono riportati in allegato. Di seguito si riporta una tabella sintetica relativa alle profondità massime raggiunte nelle suddette indagini in sito e alla soggiacenza della falda.

PROVA	MAX PROFONDITÀ RAGGIUNTA DAL P.C.	PROFONDITÀ FALDA DAL P.C.
CPTU-01	3,6 m	-
CPTU-02	2,8 m	-
Sondaggio 1	31 m	7,4 m
CPT 1	5,9 m	-
CPT 2	5,7 m	-
CPT 3	6,1 m	3,4 m
CPT 4	6,1 m	5,6 m
CPT 5	4,5 m	-
CPT 6	4,3 m	-
CPT 7	3,5 m	-

Le indagini sono state tutte eseguite partendo dal piano campagna naturale. Tale aspetto è in accordo con la ragionevole soluzione di individuare la quota d'imposta delle fondazioni delle opere strutturali in progetto al disotto della base del rilevato stradale.

3.2 Caratteri litologici-stratigrafici

I risultati delle prove penetrometriche statiche CPTU-01 e CPT 6 (quelle più prossime al sito d'intervento), correlati con la stratigrafia ottenuta con il sondaggio a carotaggio continuo, consentono di determinare con buona approssimazione i tipi litologici attraversati. Al disotto del rilevato stradale oggetto di intervento, fino a circa -3 m dal piano campagna, la stratigrafia evidenzia una successione costituita essenzialmente da argille limose e limi con subordinate intercalazioni sabbiose-limose. Oltre i 3 m di profondità si incontrano sabbie con ciotoli e successivamente ghiaie in abbondante matrice sabbiosa. Con il sondaggio geognostico spinto fino alla profondità di 31 m, è emerso che tale banco di ghiaie, fatta eccezione per qualche intercalazione sabbiosa, presenta una potenza di circa 9 m. Al disotto si intercettano limi-argillosi per uno spessore di poco inferiore a 3,5 m, che poggiano su un ulteriore banco di ghiaie in matrice sabbiosa molto potente.

La ricostruzione litostratigrafica dei terreni posti alla base del rilevato stradale può essere così riassunta:

Unità litologica omogenea	Profondità (m)		Descrizione
	da	a	
U1	0,0	~2,1	Argille limose
U2	~2,1	~3,0	Limi sabbiosi
U3	~3,0	~3,6	Sabbie
U4	~3,6	~12	Ghiaia in matrice sabbiosa
U5	~12	~15,5	Limi argillosi con intercalazioni sabbiose
U6	~15,5	~31	Ghiaia in matrice sabbiosa

3.3 Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni

Sulla base della ricostruzione litostratigrafica, nella sottostante tabella alle unità litologiche sono associati i relativi parametri fisico-meccanici “medi”, ricavati dall'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche e del sondaggio. Si evidenzia che per lo strato di limi intercettato nel sondaggio geognostico tra 12 e 15,5 m di profondità non sono disponibili dati geotecnici.

Unità litologica omogenea	Grado di consistenza / addensamento	Dr (%)	ϕ (°)	Ey MPa	Cu kPa	Mo MPa	γ kN/m ³
U1	basso	-	-	-	53,0	7,5	17,2
U2	medio	25	23	32,4	-	10,3	18,0
U3	mediamente addensato	42	27	58,5	-	38,5	19,6
U4	addensato	76	37	119,3	-	-	20,6
U5	-	-	-	-	-	-	-
U6	mediamente addensato	56	39	119,3	-	-	20,6

Dove:

Dr = densità relativa

ϕ° = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

Cu = coesione non drenata

Mo = modulo edometrico

γ = peso di volume naturale

La determinazione dei parametri geotecnici caratteristici, necessari alla successiva fase di modellazione geotecnica per la progettazione dell'opera, è legata alla scelta del progettista strutturale in merito alla tipologia di fondazione, al suo dimensionamento, alla profondità del piano di posa, ecc..

Non essendo al momento disponibili informazioni riguardo all'effettiva profondità di imposta delle fondazioni, nel caso il progetto prevedesse opere con fondazioni superficiali, si consiglia di oltrepassare l'unità U1 ed attestarsi nell'unità U2; nel caso invece fossero previste fondazioni profonde, si consiglia l'ammorsamento all'interno dell'unità U4.

4. Caratterizzazione sismica

4.1 Sismicità di riferimento

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003 “*primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” e successive modifiche ed integrazioni, il Comune di Faenza è stato classificato in **zona sismica di seconda categoria**. Tale classificazione (vedi fig. 4) prevede 4 classi a pericolosità sismica decrescente (zona 1: elevata sismicità, zona 2: media sismicità, ecc.) e ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

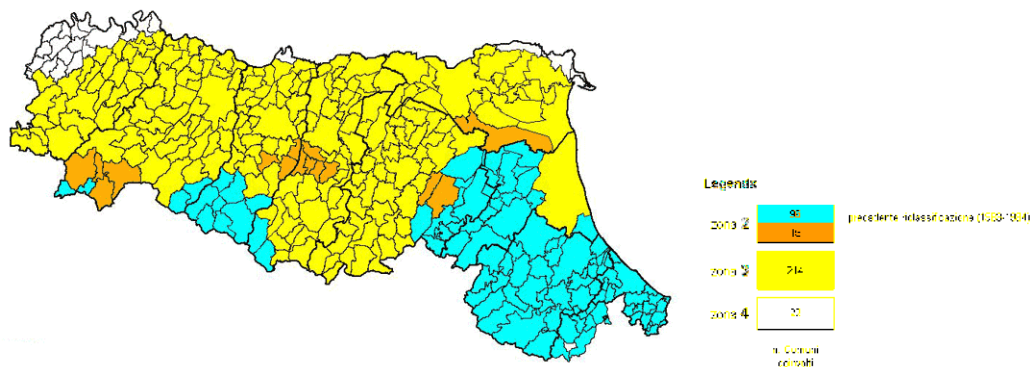


Fig 1: riclassificazione sismica dei Comuni dell'Emilia-Romagna (OPCM 3274/2003)

Il Comune di Faenza è soggetto ad una sismicità media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici che hanno causato effetti di intensità (I_s) fino a 8 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Seiberg) e magnitudo massima (M_w =Magnitudo Momento) pari a 5,88 (vedi tabella 1).

File downloaded from CPTI15 - DBMI15					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Faenza				
PlaceID	IT_41197				
Coordinates (lat, lon)	44.288, 11.881				
Municipality (ISTAT 2015)	Faenza				
Province	Ravenna				
Region	Emilia-Romagna				
No. of reported earthquakes	108				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	I_0	M_w
5-6	1117 01 03 15 15	Veronese	55	9	6,52
6-7	1279 04 30	Appennino forlivese	5	7-8	5,52
F	1504 12 31 04	Bolognese	15	6	5,02
F	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5,62
F	1505 01 20 23 50	Bolognese	11	5-6	4,76
7	1509 04 19	Faentino	5	7	5,02
6-7	1591 07 10	Romagna	6	6-7	5,13
5	1653 08 15	Romagna	3	5-6	4,4
7	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6,05
5	1672 04 14 15 45	Riminense	92	8	5,59
7	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5,84
5	1688 08 19 05 45	Faentino	1	5	4,16
4	1689 03 19	Faentino	3	4	3,7

6	1703 09 16 17	Faentino	1	6	4,63
6	1725 10 29 17 40	Appennino tosco-emiliano	28	8	5,67
6	1732 08 09	Romagna	3	6	4,63
F	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10	6,38
4-5	1768 10 19 23	Appennino forlivese	45	9	5,99
4	1779 06 01 23 55	Bolognese	8		
F	1779 06 02 07 30	Bolognese	3		
5	1779 06 04 07	Bolognese	12	7	5,22
3	1779 06 10 08 35	Bolognese	10		
3	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
F	1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5	4,7
7-8	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6,12
7	1781 07 17 09 40	Faentino	46	8	5,61
4	1786 12 25 01	Riminense	90	8	5,66
7	1813 09 21 07 45	Romagna	12	7	5,28
5	1828 10 08 22 30	Romagna	8	5-6	4,57
6-7	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5,13
6	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5,61
5	1871 01 22 21 30	Pianura romagnola	8	6	4,95
2-3	1874 10 07	Imolese	60	7	4,96
5-6	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
3	1881 02 12	Russi	13	5-6	4,69
6	1887 09 30 15 55	Faenza	10	5	4,12
4-5	1891 08 01 13 32 22.00	Lugo	15	4-5	4,36
NF	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5,09
NF	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4,81
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5,1
6	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
6	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5,26
4-5	1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6	5,09
3	1911 03 26 20 20 50.00	Casentino	8	6	4,54
5	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4,79
F	1913 07 29 22 24	Casentino	16	5-6	4,54
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
4	1915 01 13 19 30	Cesenate	5	5	4,38
5	1916 05 17 12 50	Riminense	132	8	5,82
4	1916 06 16 01 27	Riminense	17	6	4,82
5	1916 08 16 07 06 14.00	Riminense	257	8	5,82
5-6	1918 11 10 15 12 28.00	Appennino forlivese	187	9	5,96
5	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
3-4	1920 06 08 16 13	Appennino forlivese	19	5-6	4,54
4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
F	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5,48
4	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5,05
3	1929 04 11 00 56	Bolognese	10	4	4,72
2-3	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5,13
3	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5,36
4	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4,96
4	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
F	1931 04 01 06 01	Faentino	12	5	4,14
4-5	1931 04 05 13 34	Faentino	14	6	4,4
4	1931 04 11 01 26	Faentino	19	4-5	4,81
3-4	1931 09 05 01 25 53.00	Mugello	28	6	4,88
F	1931 12 15 03 23	Mugello	35	6	4,62
4	1934 05 28 21 09	Faentino	10	4	3,94
5	1934 11 30 02 58 23.00	Adriatico settentrionale	51	5	5,3
6	1935 06 05 11 48	Faentino	27	6	5,23
4	1936 10 18 03 10	Alpago Consiglio	269	9	6,06
F	1940 01 24 23 32 16.00	Appennino emiliano	6		
3	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5,17
4	1952 07 04 20 35 12.00	Appennino forlivese	64	7	4,94
4	1952 12 02 06 13 22.00	Appennino forlivese	53	5	4,42
3-4	1953 12 14 07 11 06.00	Appennino forlivese	48	5-6	4,7
4	1956 04 26 03 00 03.00	Appennino bolognese	89	6	4,74
4	1956 05 26 18 40	Appennino forlivese	76	7	4,99
2	1956 06 03 01 45 57.00	Appennino forlivese	62	6	4,51
3	1957 04 17 02 22	Appennino forlivese	14	6	4,68
F	1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	5	4,23
4	1960 04 30 00 52 06.00	Appennino forlivese	16	5	4,28
2	1960 10 29 00 08 39.00	Mugello	69	7	4,91
4	1961 05 08 22 45 51.00	Forlivese	40	5	4,37
F	1963 07 19 05 46 01.50	Mar Ligure	412		5,95
5-6	1965 12 18 09 22 25.00	Pianura romagnola	11	5	4,54
4	1968 01 11 17 08 09.00	Pianura romagnola	4	4	4,44
4	1969 01 10 16 17 32.00	Pianura Ravennate	22	5	4,38
NF	1970 09 26 16 42 28.00	Cesenate	18	4-5	3,93
3	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
4-5	1978 12 05 15 39 04.00	Romagna	34	4-5	4,61
3-4	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81

NF	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	69	6-7	4,57
2-3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
2-3	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
NF	1993 11 07 23 21 11.72	Cesenate	36	4-5	3,95
NF	1993 11 09 13 46 24.39	Cesenate	28	4-5	3,93
4-5	1995 12 27 23 44 27.69	Forlivese	37	5	3,97
3-4	1999 01 25 22 45 58.08	Appennino forlivese	97	5	4,36
5-6	2000 05 06 22 07 03.78	Faentino	85	5	4,08
5-6	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4,67
5-6	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4,82
NF	2002 11 02 10 57 44.89	Ferrarese	79	4	4,21
4	2003 01 26 19 57 03.21	Appennino forlivese	35	6	4,66
3-4	2003 01 29 23 50 16.38	Appennino forlivese	71	4-5	4,06
4-5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24
4-5	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4,18

Tab. 1: Elenco dei terremoti significativi per il Comune di Faenza e macrointensità stimata (fonte INGV, database Macrosismico Italiano 2011).

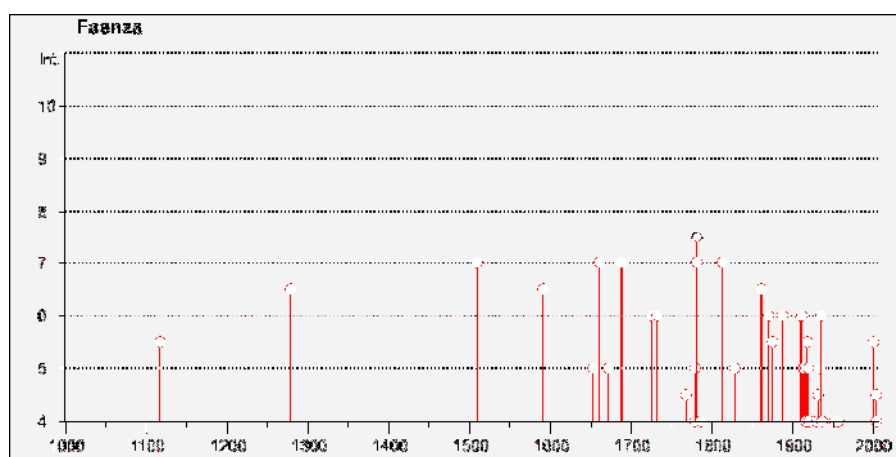


Fig. 2: Distribuzione e macrointensità stimata dei terremoti significativi per il Comune di Faenza (fonte INGV, database Macrosismico Italiano 2011)

La sismicità di un territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e dunque alla presenza di strutture geologicamente “attive”. L’attività sismica che caratterizza la zona d’interesse risulta connessa all’attività orogenetica appenninica e definita nell’ambito di specifiche sorgenti sismogenetiche composite (DISS Working Group, 2015), che derivano dal sistema di faglie del margine avanzato e sepolto dell’arco appenninico. Il sito in oggetto risulta collocato all’interno della **fascia sismogenica ITCS001 “Castel San Pietro Terme-Meldola”**, che comprende la fascia collinare pedeappenninica storicamente sede di terremoti con magnitudo massima **Mw = 5.8**.

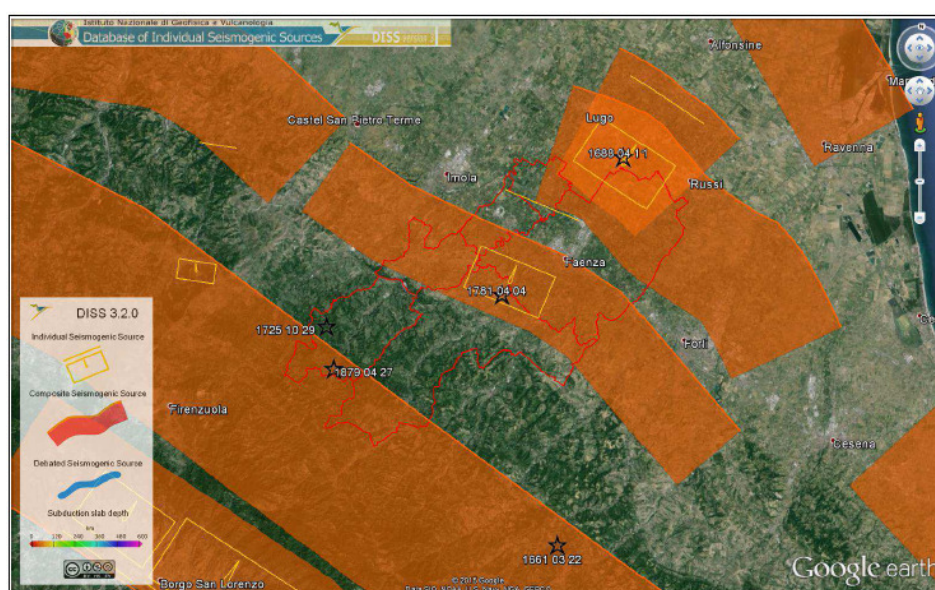


Fig. 3: Sorgenti sismogenetiche del database DISS 3.2.0

La ITCS001 si trova in corrispondenza della fascia collinare pedeappenninica, tra l'alta valle del Savio a Sud di Forlì e si estende verso la città di Bologna. I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una densa concentrazione di sismicità intermedia e di danno. I terremoti principali si sono verificati (da SE a NW) l'11 agosto 1483 (Mw 5.7, Romagna meridionale), il 19 febbraio 1911 (Mw 5.4, Romagna meridionale), il 30 ottobre 1870 (Mw 5.6, Meldola), il 3 luglio 1428 (Mw 5.6, Predappio), il 4 aprile 1383 (Mw 5.4, Forlì), il 21 settembre 1813 (Mw 5.3, Romagna centrale), il 17 luglio 1781 (Mw 5.5, Romagna), il 5 maggio 1935 (Mw 5.3, Faentino) e il più importante il 4 aprile 1781 (Mw 5.9, Faentino) e il più importante il 4 aprile 1781 (Mw 5.9, Faentino). Appena a S della zona ha avuto luogo l'evento del 30 aprile 1279 (Mw 5.5, Rocca San Casciano). Si tratta di un sistema di faglie Nord-Est vergente; è collocata ad una profondità compresa tra 2 e 8 km, con slip rate compreso tra 0,24 e 0,63 mm/anno, a cui è associata una magnitudo massima Mw = 5.8. Dati di sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981; Cassano et al., 1986), presenza di anomalie di drenaggio (Amoroso et al., 1996) e analisi strutturali (Castellarin et al. 1985) suggeriscono l'attività tettonica corrente del *Pedeappenninic Thrust Front* in questo settore.

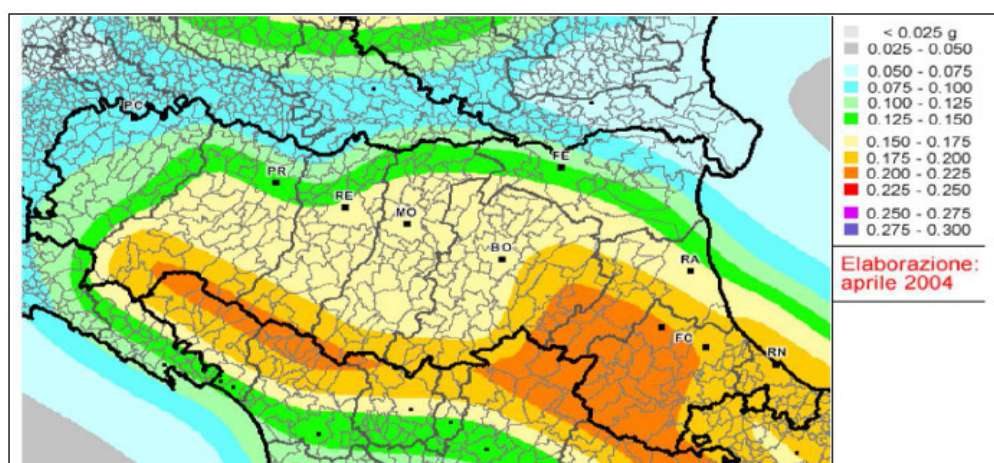


Fig. 4: Stralcio della Mappa di Pericolosità Sismica nazionale – pericolosità sismica di base

Gli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione ha effettuato a partire dagli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento, per gli studi applicati alla pianificazione territoriale, la pericolosità di base elaborata da INGV (O.P.C.M. 3519/2006). Tali indirizzi forniscono dati fondamentali per la valutazione semplificata dell'amplificazione locale e per valutazioni più approfondite della risposta sismica. Sulla base di questi dati è possibile calcolare, per ogni Comune, gli accelerogrammi e lo spettro di risposta riferito ad un periodo di ritorno di 475 anni e ad uno smorzamento pari al 5%, nonché i valori di PGA normalizzati e riferiti al suolo rigido. Per il Comune di Faenza la PGA di riferimento su suolo rigido attribuita dalla Regione (Allegato A4 D.A.L. 112/2007) risulta **0,205g**. Questo valore unico è calcolato mediando i dati di INGV alla scala nazionale (Gruppo di lavoro MPS04, 2004), sintetizzati nella Mappa di Pericolosità sismica nazionale MPS04 (fig. 5), che descrive anch'essa la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, i cui valori però sono riferiti ad ogni punto di una griglia di calcolo costruita sul territorio nazionale con una densità di circa un punto ogni 5 km. Tale mappa è diventata riferimento ufficiale per il territorio nazionale con l'O.P.C.M. 3519/2006.

L'attività sismica del territorio in esame risulta connessa all'attività orogenetica appenninica e definita nell'ambito di specifiche zone sismogenetiche, nelle quali gli eventi possono ritenersi circoscritti o definiti in relazione all'assetto tettonico del territorio. Recenti studi hanno messo in luce il legame sismogenetico tra la Pianura Padana e il fronte della catena appenninica. Con riferimento alla zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Gruppo di Lavoro INGV 2004), l'area in esame appartiene alla zona sismogenetica 914, per la quale la Tab. 6 del suddetto studio indica un valore di Mw_{max} pari a 6,14.

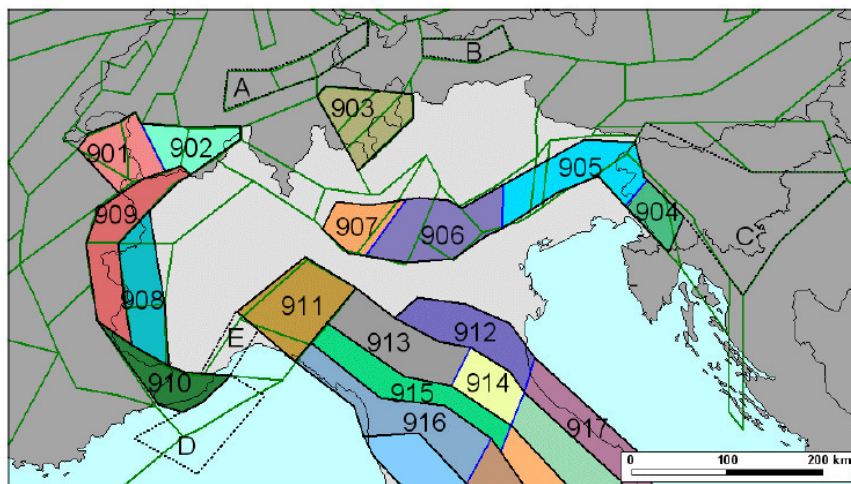


Fig. 5: Zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9

4.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

La stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie. L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definisce a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. Essa viene calcolata con la seguente relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum h_i / V_{si} \text{ (m/sec)}$$

Per la valutazione delle V_s ci si è avvalsi:

- di una prova geofisica Re.Mi - HVSR di repertorio (Relazione geologica per realizzazione pista ciclopedonale Faenza - Borgo Tuliero (Poggiali A., 2016));
- dell'esecuzione di una nuova prova geofisica di superficie mediante tecnica combinata MASW/Re.Mi e registrazione HVSR. La prova è stata commissionata a GEO-NET S.r.l. di Imola ed è stata eseguita dallo Studio Samuel Sangiorgi - Geologia applicata di Dozza (BO).

L'ubicazione delle suddette indagini geofisiche è riportata in allegato.

Attraverso l'indagine sismica integrata di repertorio, i cui risultati sono riportati in allegato, sono stati acquisiti valori di V_{s30} di 362 m/s.

La nuova registrazione HVSR ha evidenziato una marcata possibilità di amplificazione del segnale sismico ($H/V > 3$) in un range di frequenze tra 4 e 10 Hz, con massima ampiezza spettrale a circa 9,5 Hz. L'amplificazione è legata presumibilmente al tetto del primo intervallo ghiaioso che si trova alla profondità di circa 3,6 metri. L'esito della prova, pertanto, dimostrerebbe la possibilità di effetti di risonanza per edifici di 1-2-3 piani o manufatti caratterizzati da periodi di vibrazione equivalenti. Tramite l'elaborazione dei risultati della prova MASW/Re.Mi, si è stimata la distribuzione della velocità delle onde di taglio nei sedimenti e in particolare è stata misurata una V_{s30} a partire dal suolo (piano campagna) pari a circa di 352,7 m/s, che si correla con il valore determinato con la prova di repertorio.

La vigente normativa riferisce i primi 30 metri di profondità “per le fondazioni superficiali...al piano di imposta delle stesse” e “per le fondazioni su pali...alla testa dei pali”; tuttavia, non essendo disponibili al momento dell'esecuzione dell'indagine informazioni riguardo all'effettiva profondità di imposta delle fondazioni, la valutazione delle V_{s30} oltre al locale piano campagna:

- 0 m = 352,7 m/s

è stata riferita anche a partire dalle seguenti profondità:

- -1 m = 375,6 m/s
- -3 m = 413,4 m/s

Altre valutazioni sulla velocità delle onde di taglio potranno essere fatte sulla base della sismografia riportata in allegato. Tali esiti, anche considerando uno scarto nell'accuratezza della misura pari al $\pm 10\%$ della stima di Vs30 sopra riportate, permette di ascrivere i sedimenti indagati alla categoria di sottosuolo di fondazione "C" ($180 < V_{s30} < 360$ m/s) - *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 ms e 360 m/s"*. Tuttavia, bisogna tenere in considerazione la possibilità di amplificazione del primo spessore di sedimenti fini sovrastanti il primo banco di ghiaie, con VsH(4) = 170 m/s, calcolata sulla base degli esiti della prova. Nel caso di fondazioni poste all'interno delle unità U1-U2-U3, è pertanto consigliabile ascrivere i sedimenti alla categoria di sottosuolo di fondazione "E" - *"terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m"*. Per le categoria di sottosuolo di fondazione sopra proposte, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s e il coefficiente topografico S_T come riportato nella sottostanti tabelle: in ragione della categoria di sottosuolo risultante dalla specifica indagine si definisce quindi un coefficiente S_s che quantifica l'amplificazione stratigrafica.

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
C (Vs30)	1.00<1.70-0.60 F0 ag/g<1.50	1.10 (T*c)-0,33
E (VsH4)	1.00<2.00-1.10 F0 ag/g<1.60	1.15 (T*c)-0,40

Per quanto concerne la valutazione dell'influenza delle condizioni topografiche il sito di intervento è ascrivibile alla seguente categoria:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0

4.3 Stabilità nei confronti della liquefazione

Sulla base dei risultati degli studi di microzonazione sismica di terzo livello del Comune di Faenza, recentemente certificati, il sito in esame ricade in una macrozona omogenea in cui è esclusa la liquefacibilità dei terreni. A supporto di tale risultato si evidenzia che già nell'ambito della "Relazione geologica per realizzazione pista ciclopedonale Faenza - Borgo Tuliero (Poggiali A., 2016)" e dell'"Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico di corredo alla variante alla scheda n. 182 "Area via Don Giovanni Verità angolo via San Martino" del PRG del Comune di Faenza (S. Marabini, L. Bosoni, 2011)", le verifiche effettuate avevano dimostrato che i terreni in esame non erano suscettibili a liquefazione.

5. Conclusioni

La ricostruzione litostratigrafica dei terreni del primo sottosuolo e la stima delle loro caratteristiche di resistenza è stata effettuata sulla base di indagini geognostiche di repertorio rielaborate per la redazione del modello geologico. Per quanto riguarda la successiva fase di modellazione geotecnica, il progettista strutturale potrà valutare la necessità di integrare la campagna di indagini con ulteriori analisi e prove.

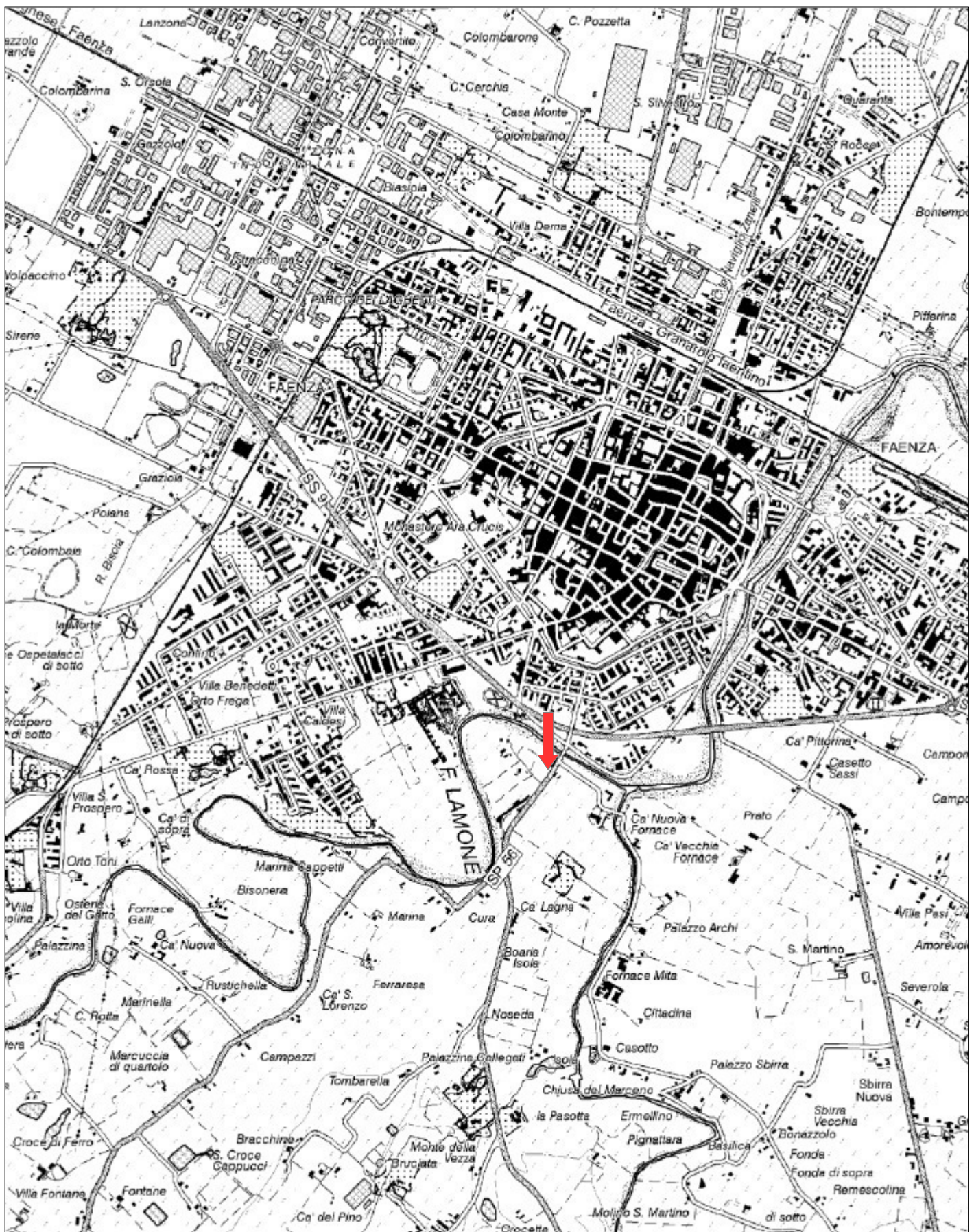
Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti, non sussistono impedimenti di tipo geologico alla realizzazione dell'opera in progetto, per la quale si esprime giudizio favorevole alla fattibilità, nel rispetto delle indicazioni e dei risultati contenuti nella presente relazione.

Se si verificassero localmente delle situazioni litologiche e/o di addensamento dei terreni discordanti da quelle descritte nella presente relazione, occorrerà avvertire lo scrivente che, dopo la valutazione del caso, indicherà gli opportuni interventi.

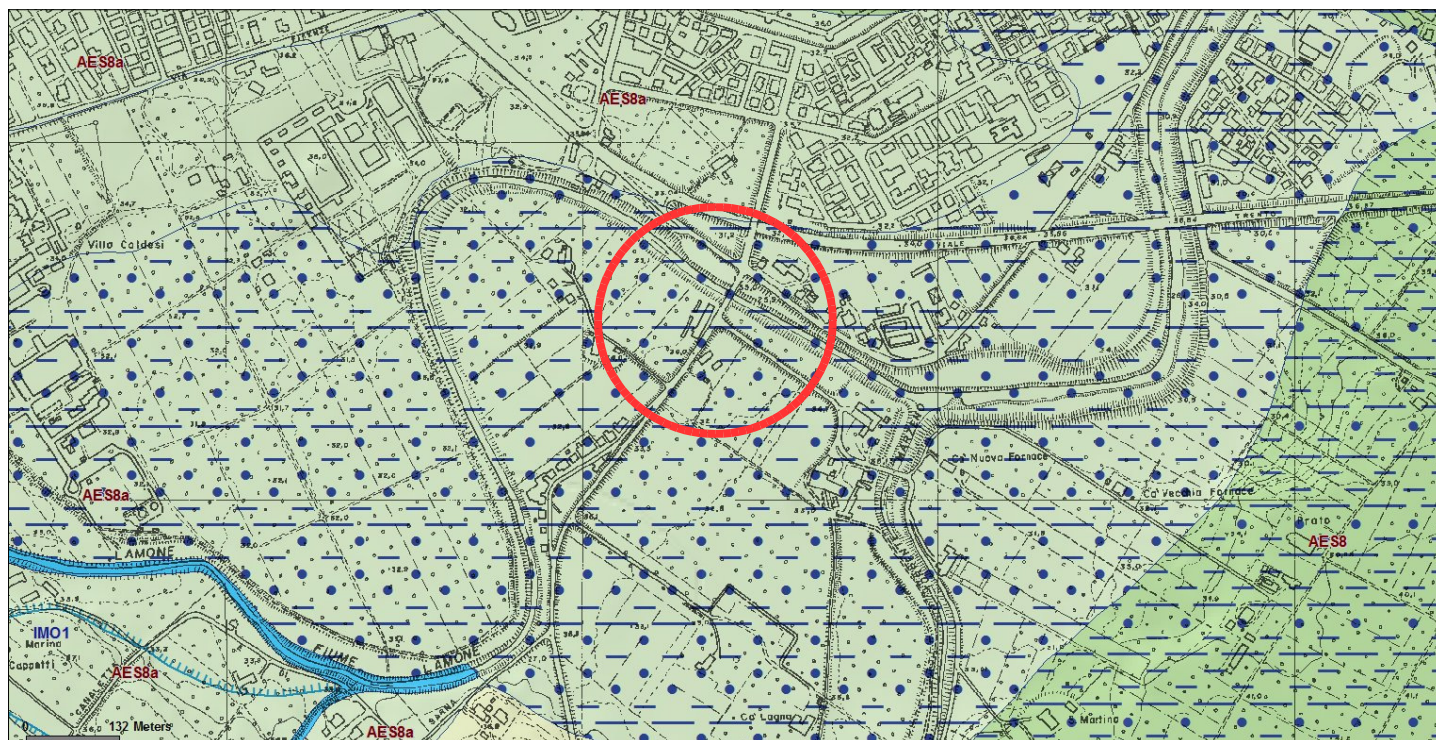
Faenza, 16 maggio 2018

dott. geol. Alessandro Poggiali
(documento sottoscritto digitalmente)

LOCALIZZAZIONE DEL SITO



CARTA GEOLOGICA



Legenda

Province

Comuni

Griglia 10.000

Linee geomorf./antrop. (10K)

orlo di terrazzo fluviale

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Limo Argilloso Sabbioso - Piana alluvionale

Sabbia Limoso Argillosa - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

AES7b - Unità di Vignola

AES8 - Subsintema di Ravenna

AES8a - Unità di Modena

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

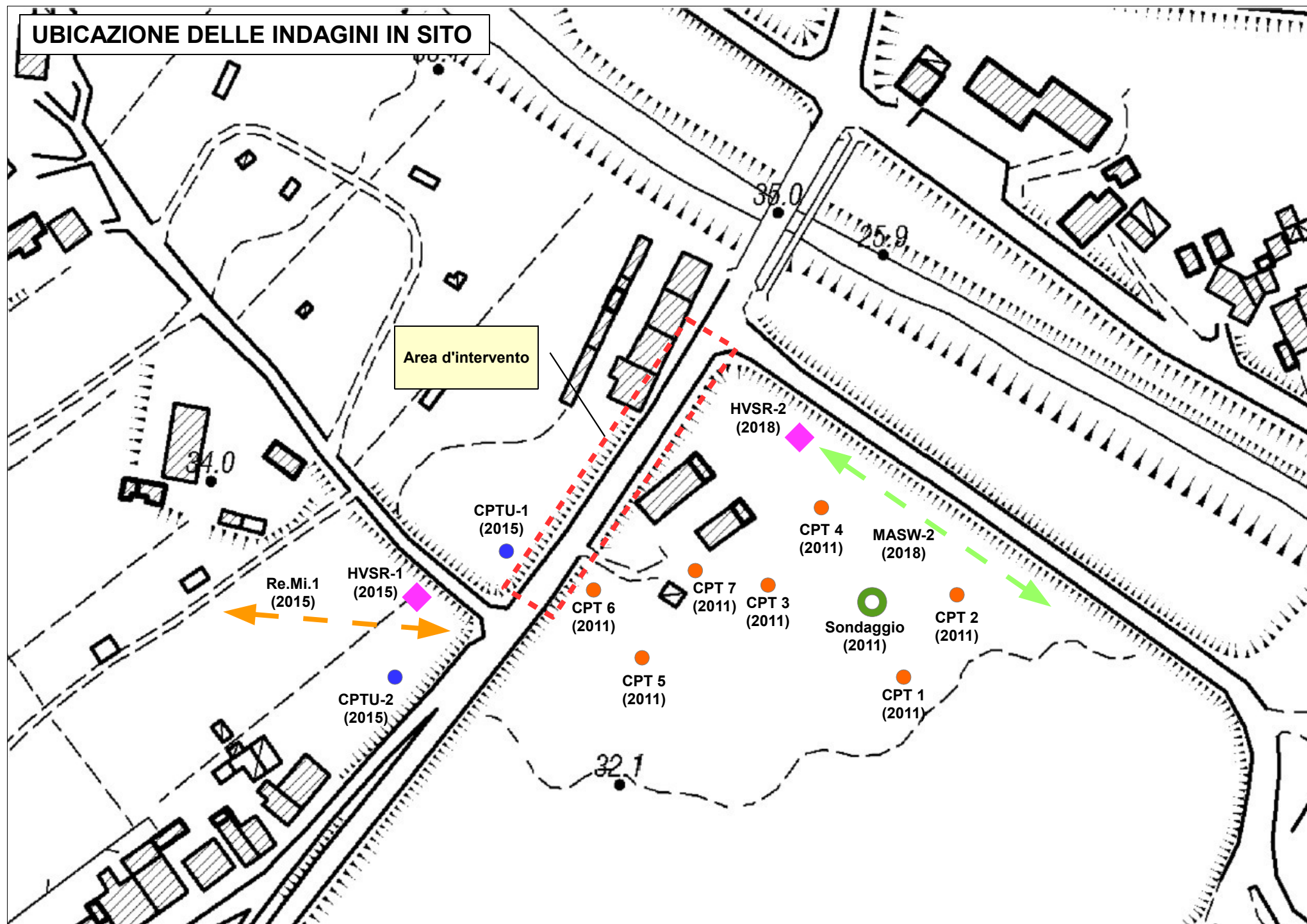
Limiti di unità geologiche (10K)

limite di natura incerta

Unità geologiche (10K)

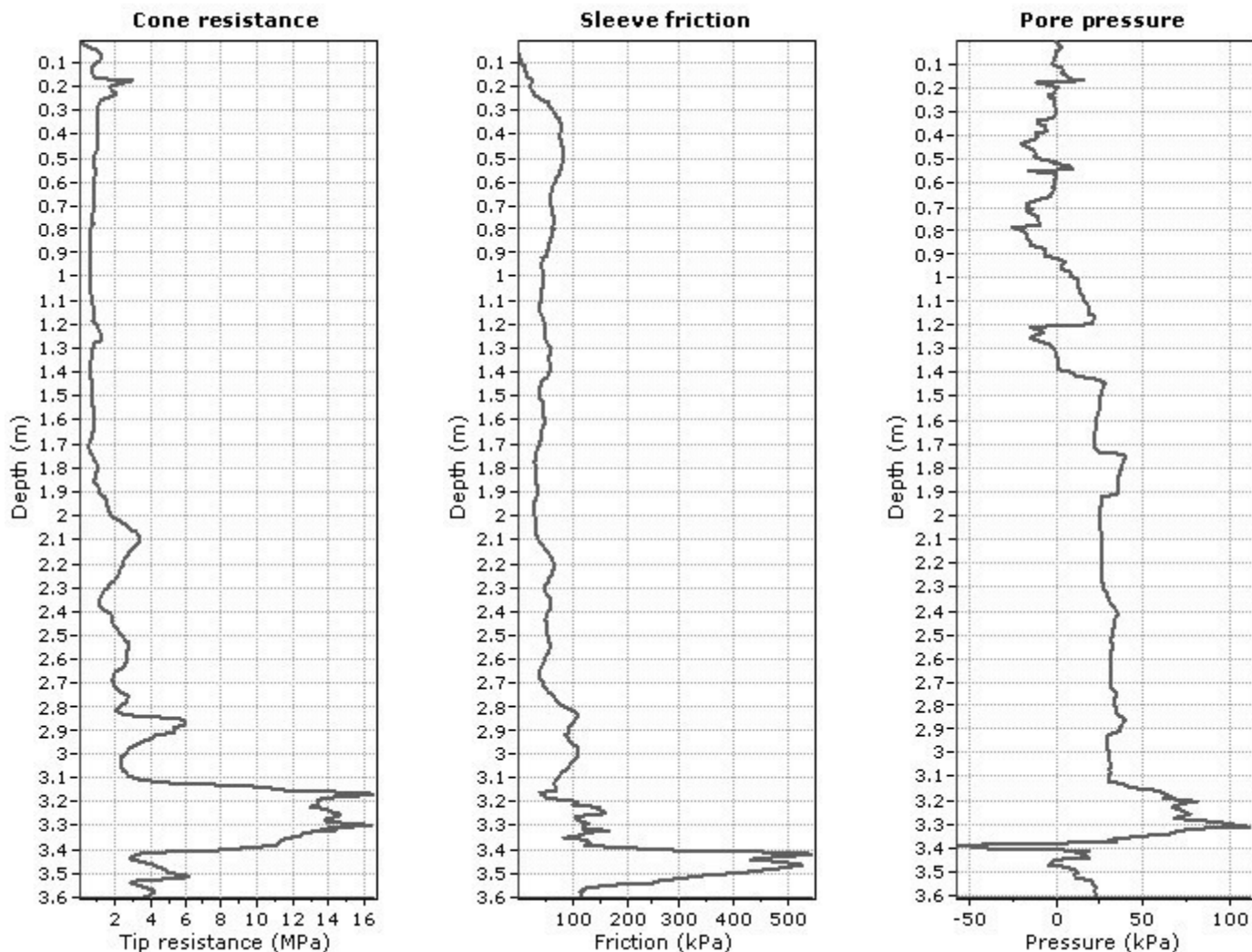
IMO1 - Sabbie di Imola - membro di Monte Castellaccio

UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITO

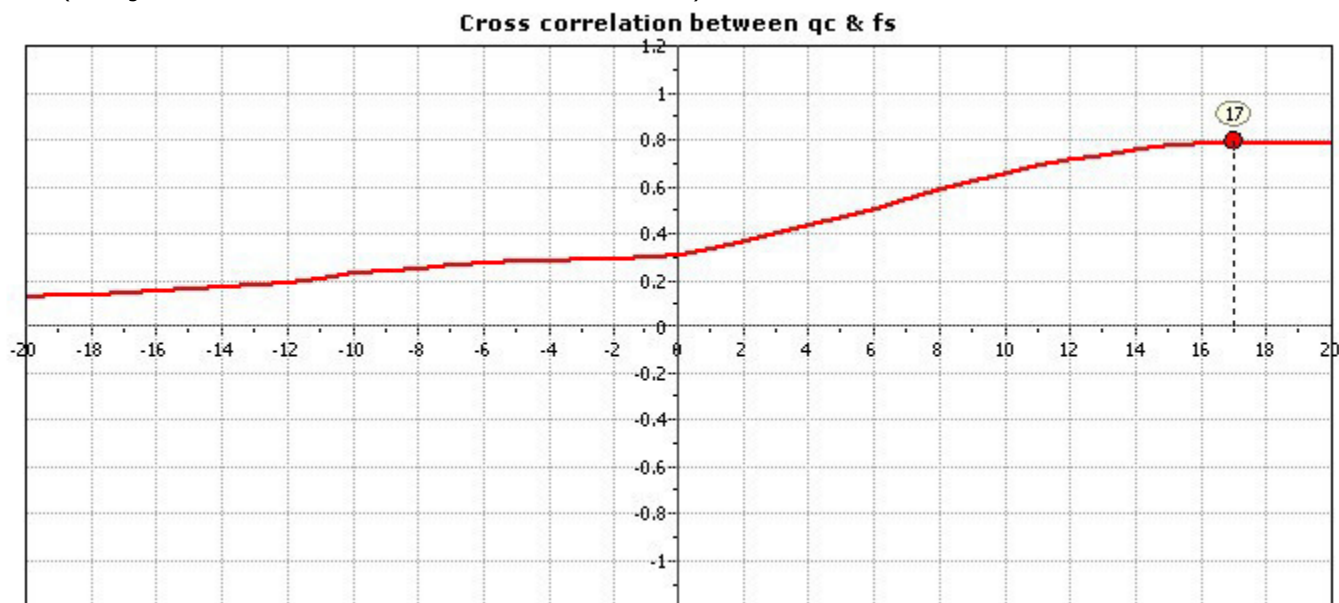


Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

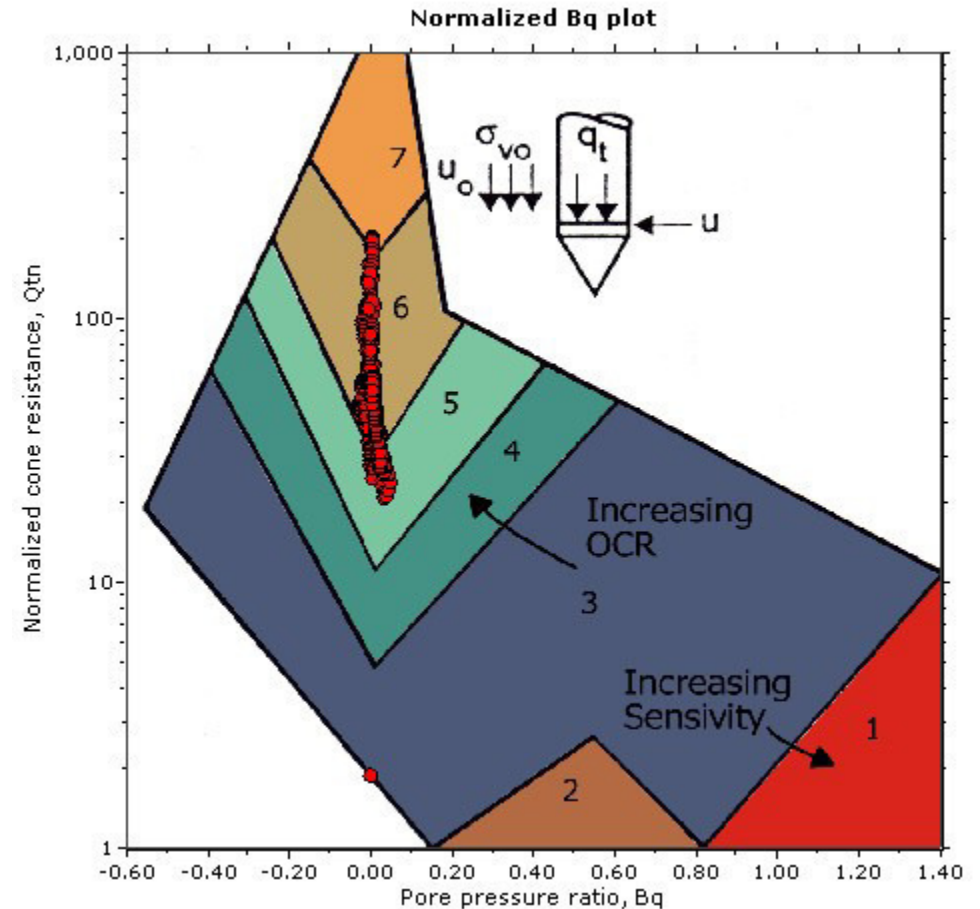
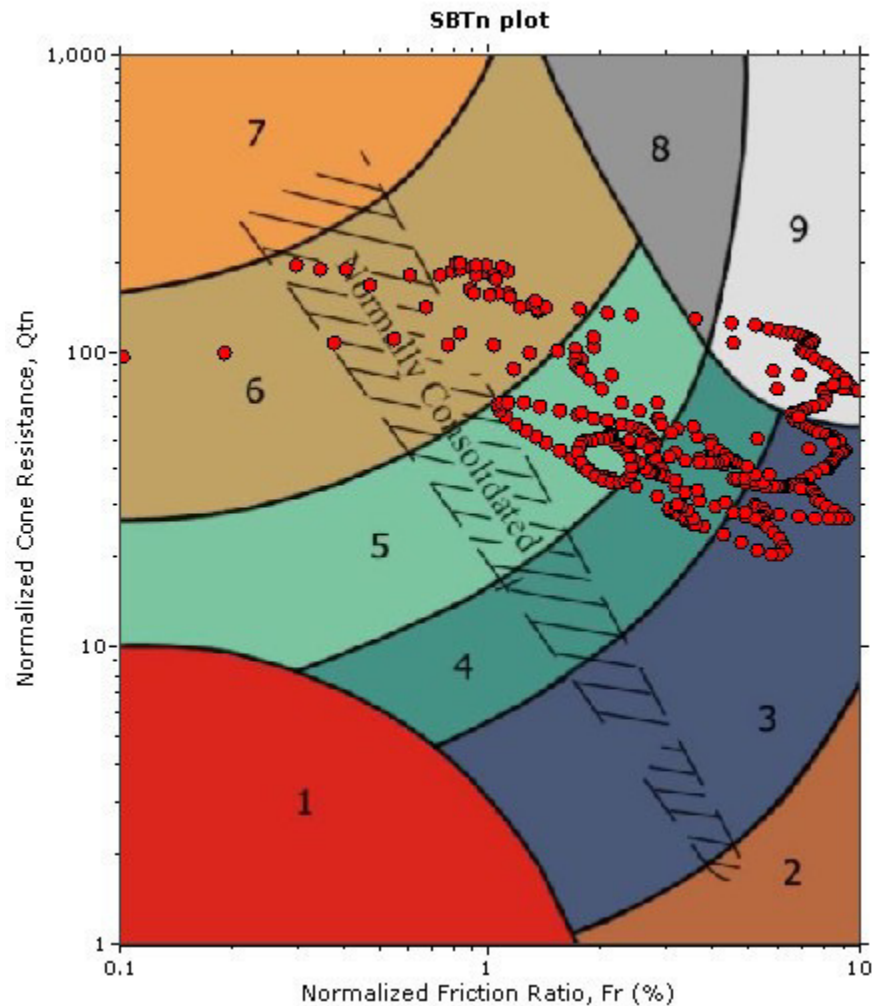
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



SBT - Bq plots (normalized)

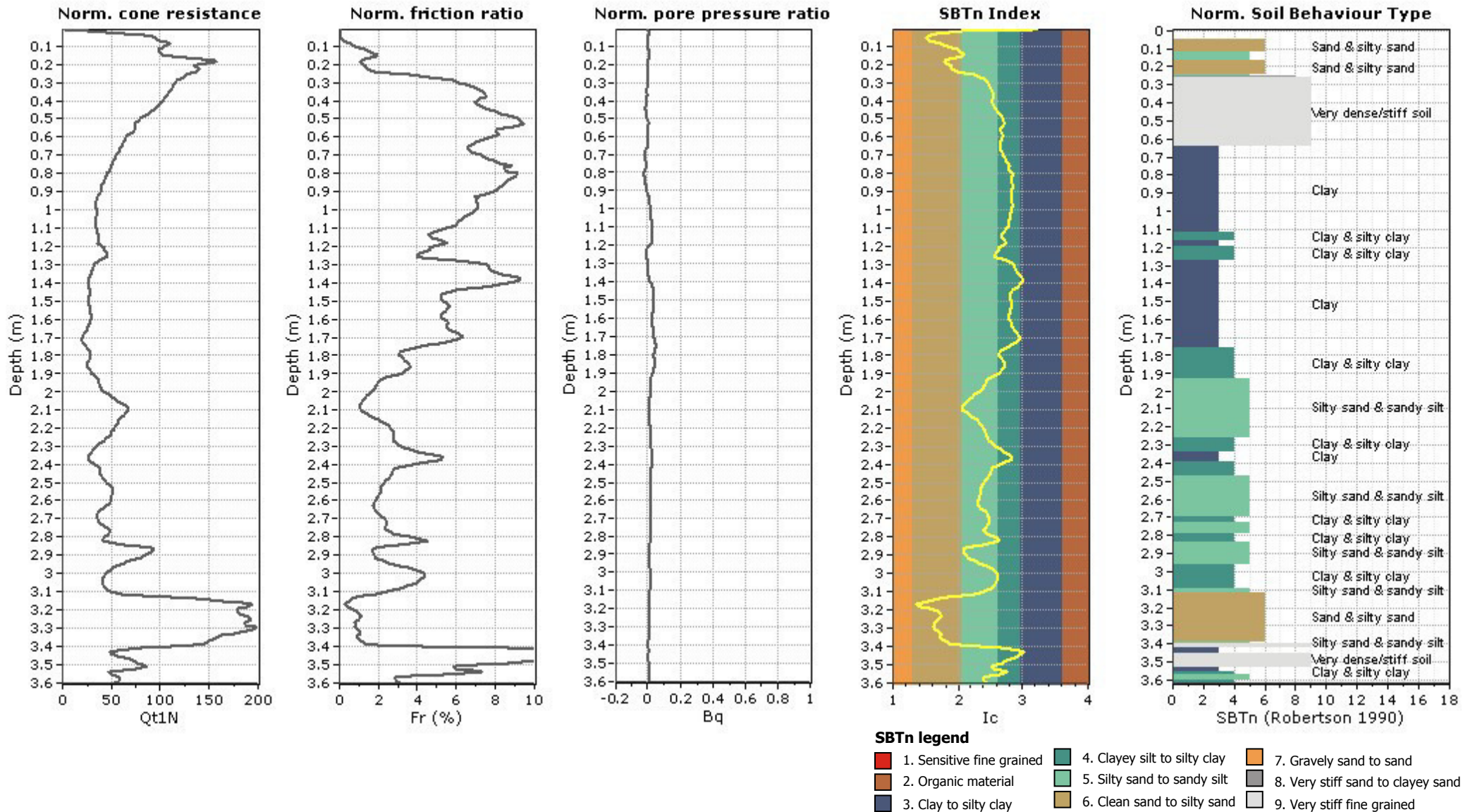


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

CPT: CPTU-01

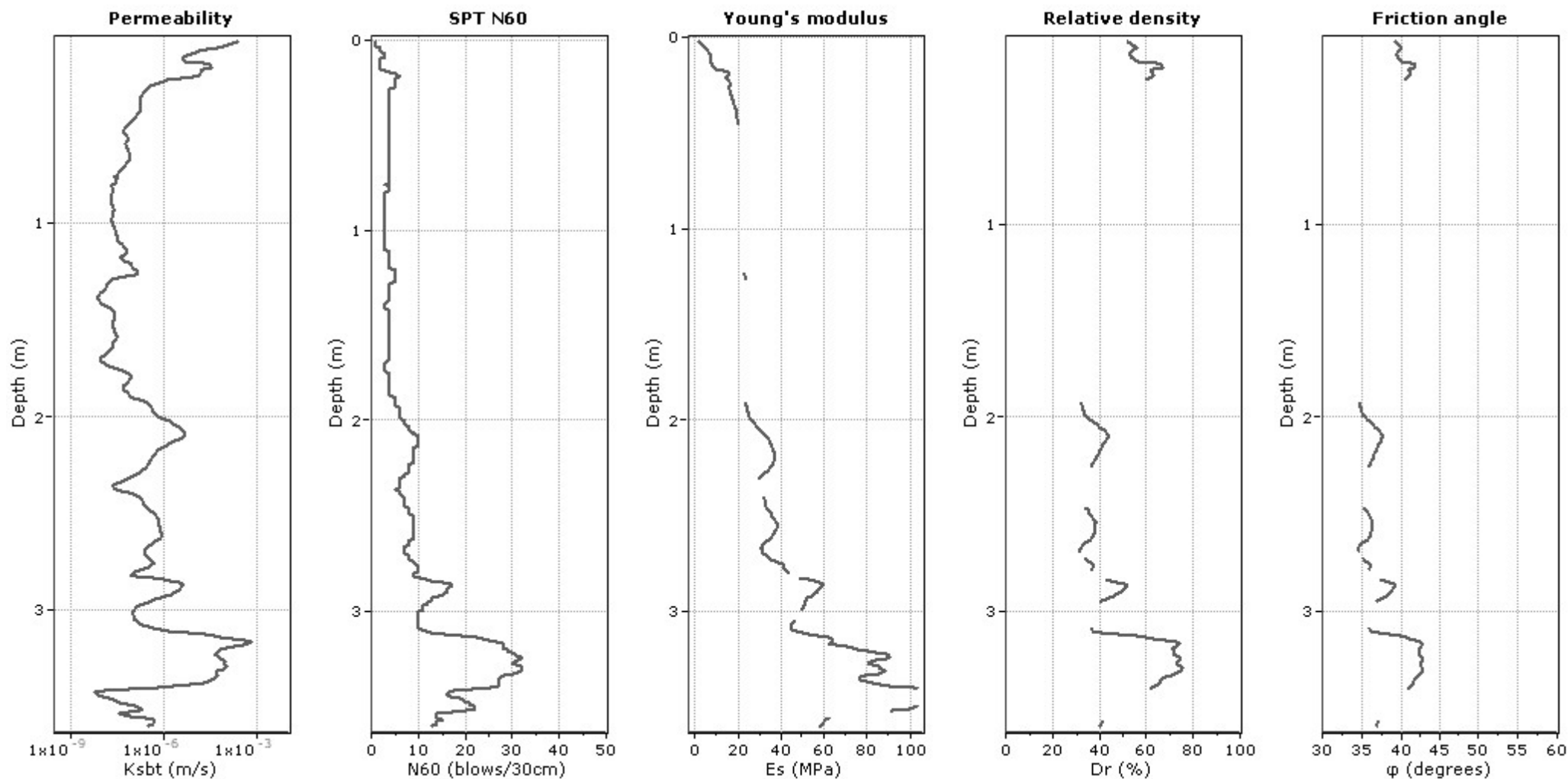
Total depth: 3.60 m, Date: 26/06/2015

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

CPT: CPTU-01

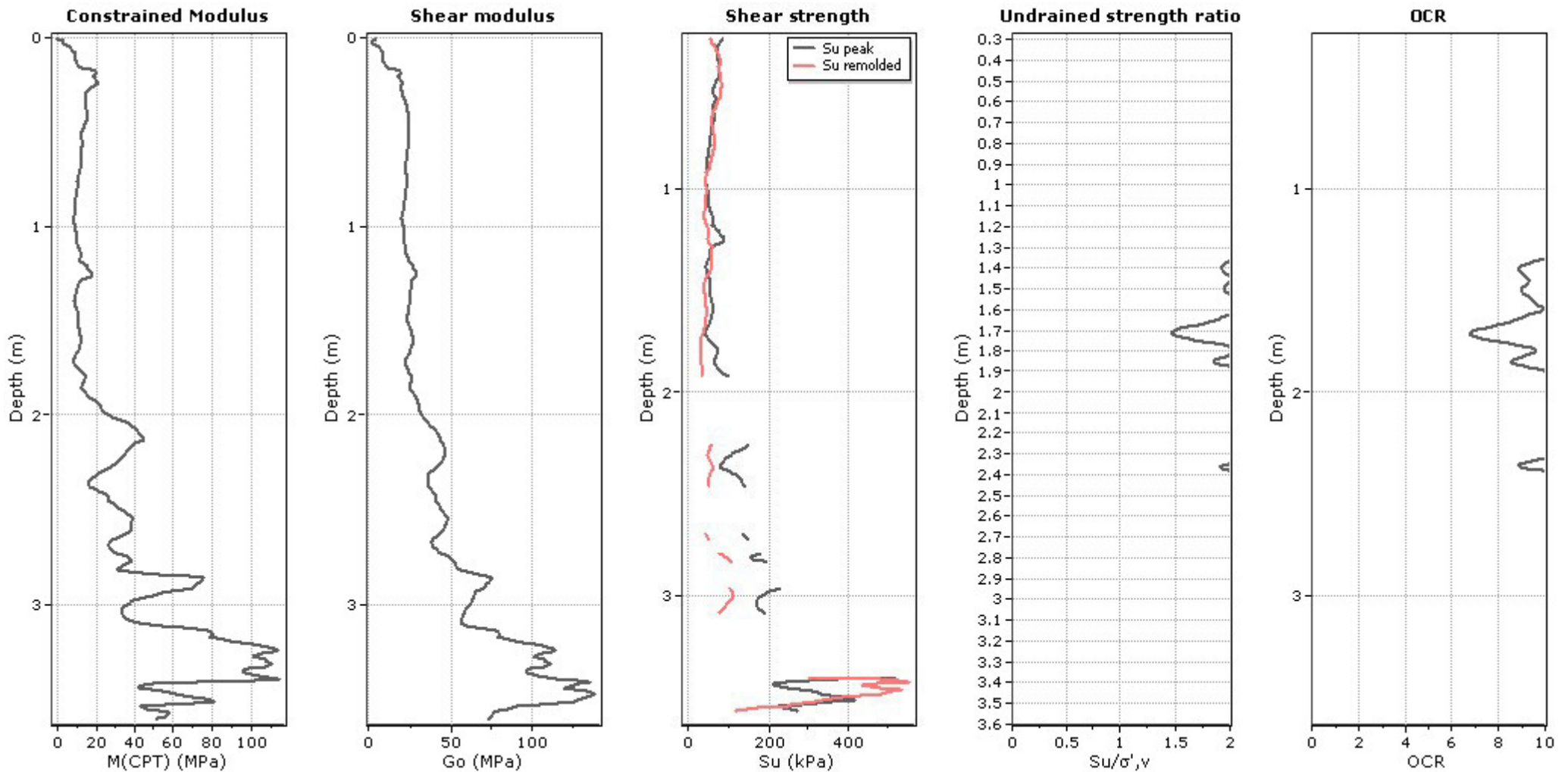
Total depth: 3.60 m, Date: 26/06/2015

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

CPT: CPTU-01

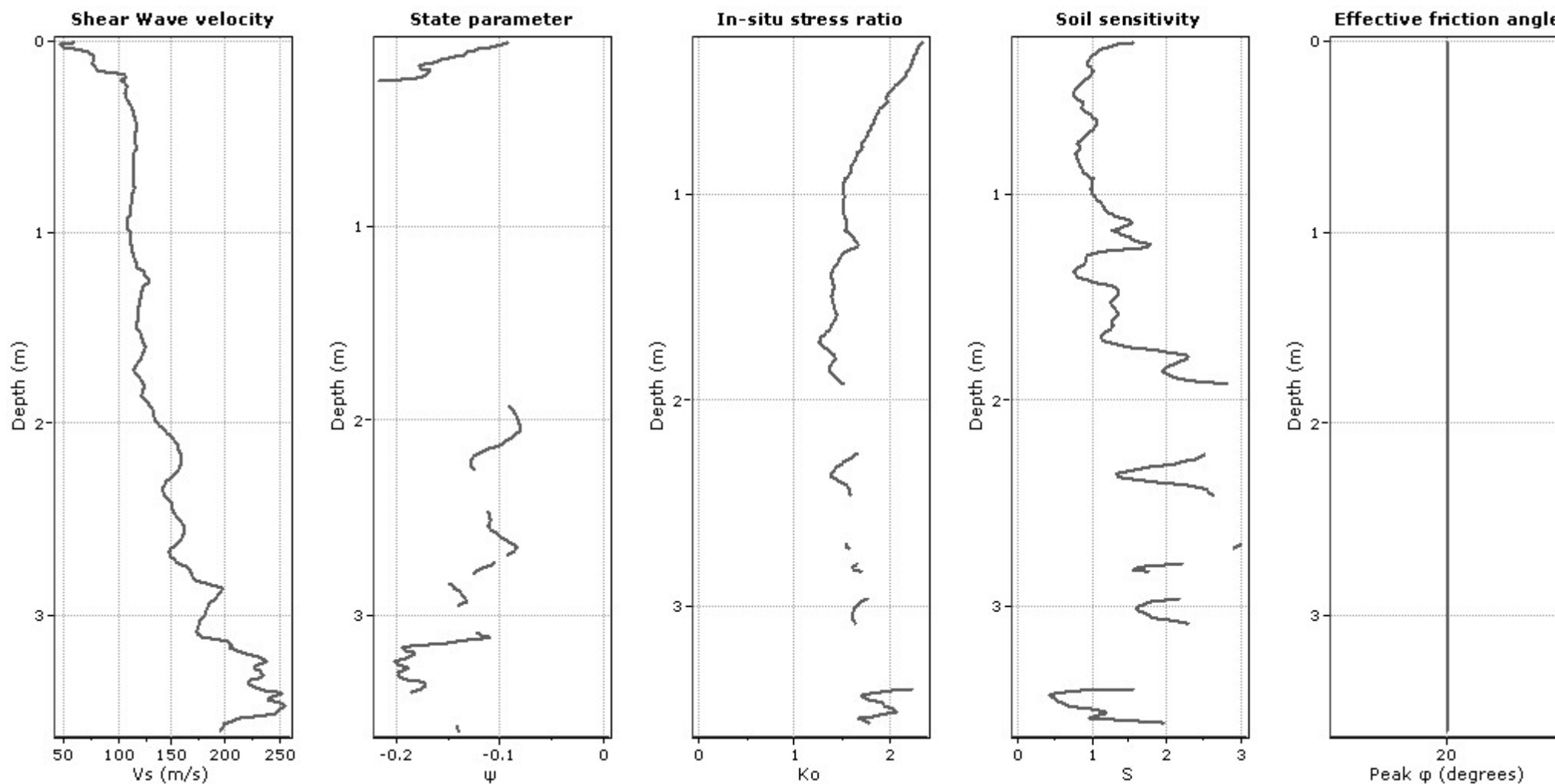
Total depth: 3.60 m, Date: 26/06/2015

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown



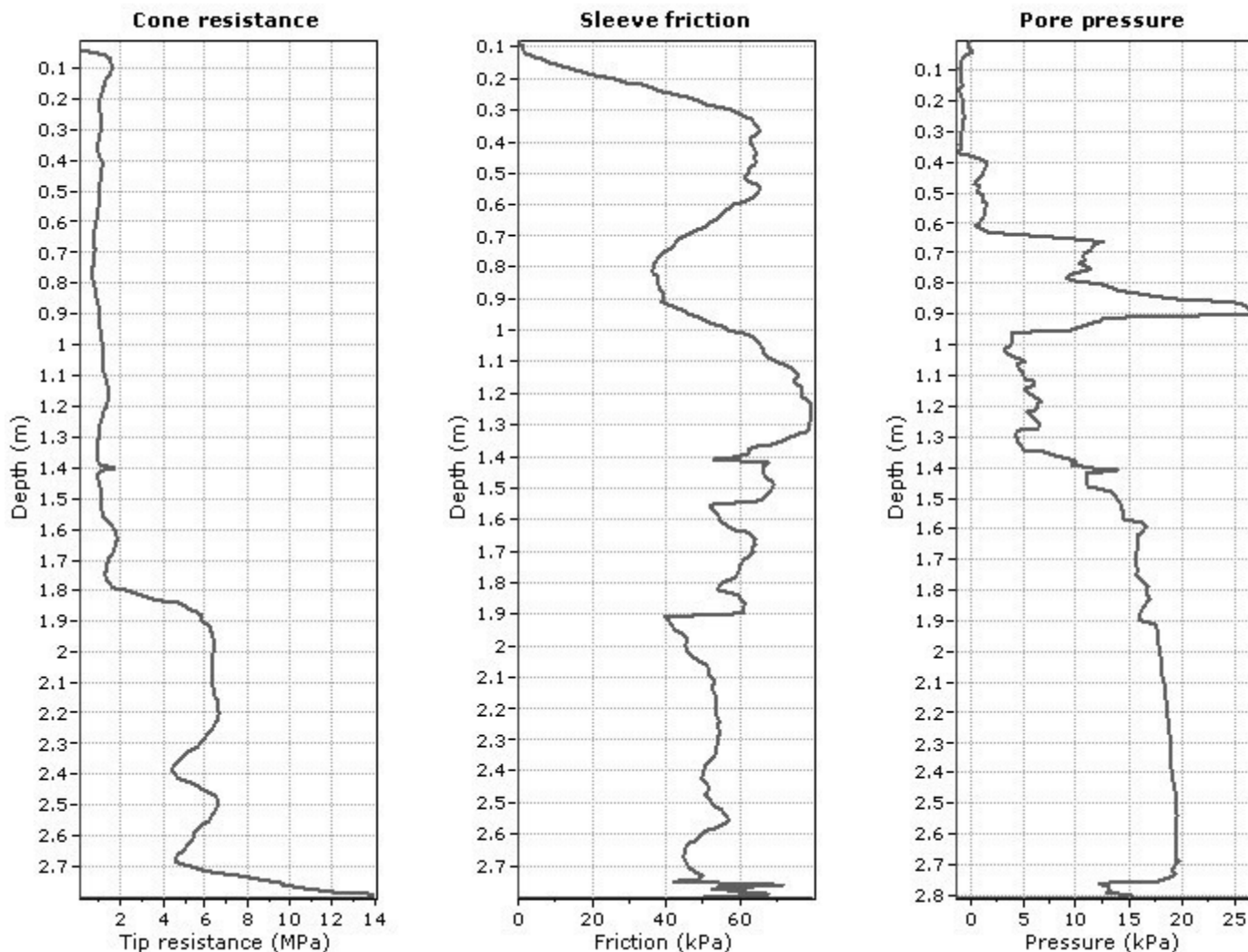
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

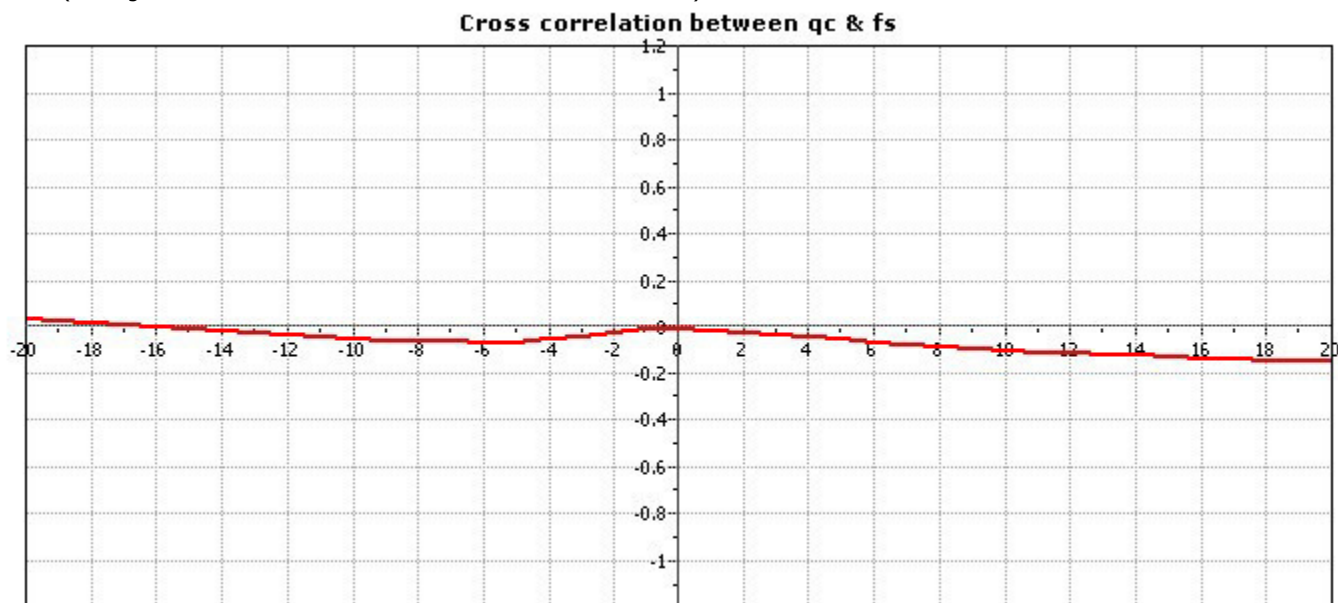
—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

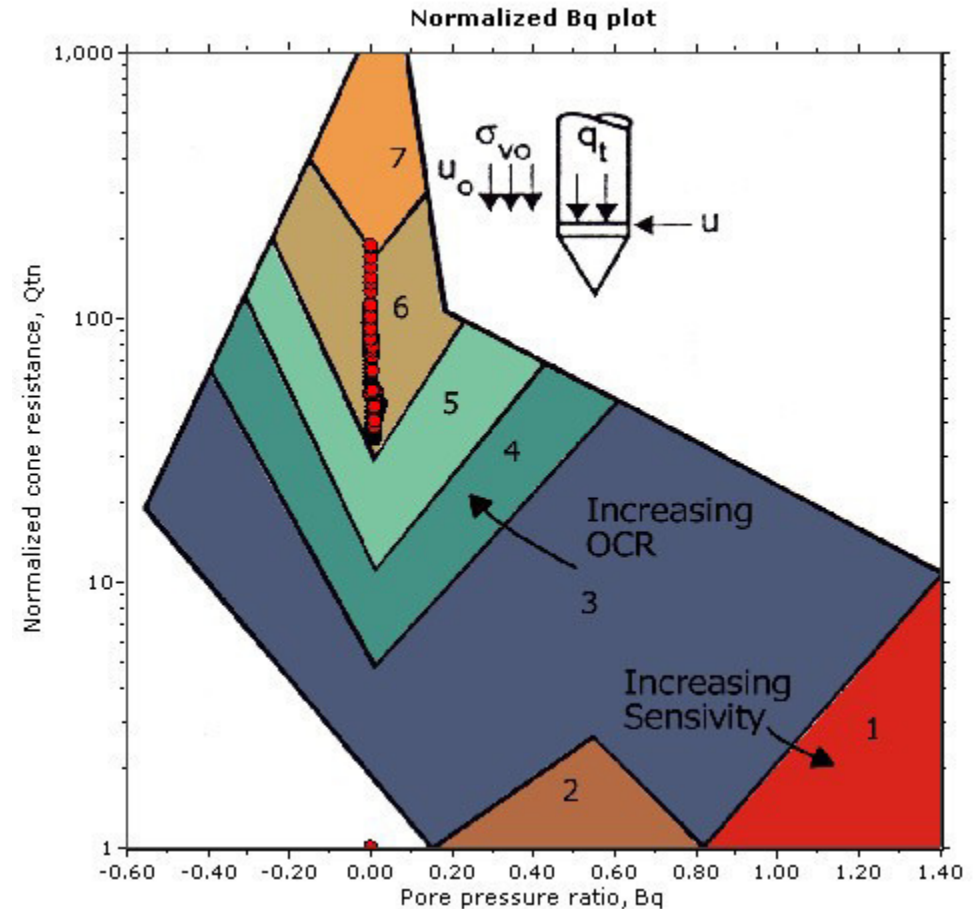
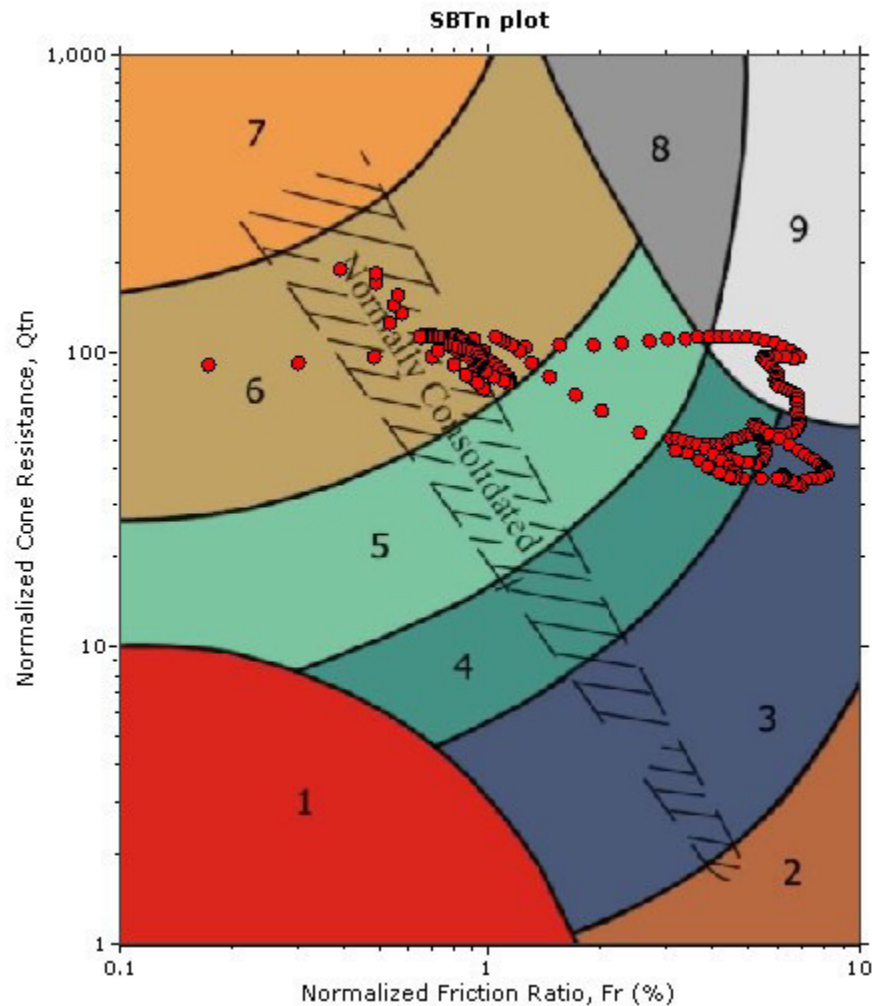
Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



SBT - Bq plots (normalized)

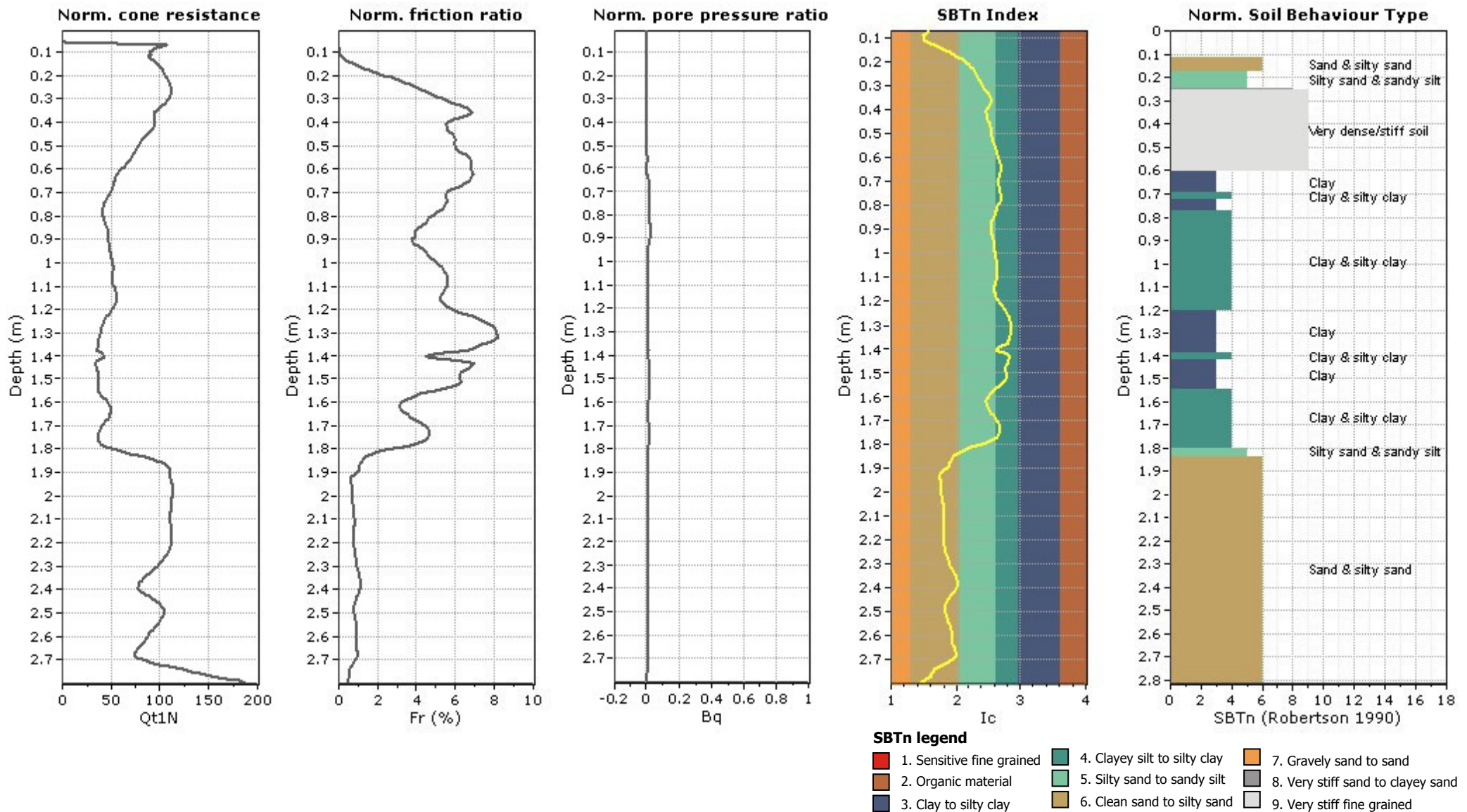


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

CPT: CPTU-02

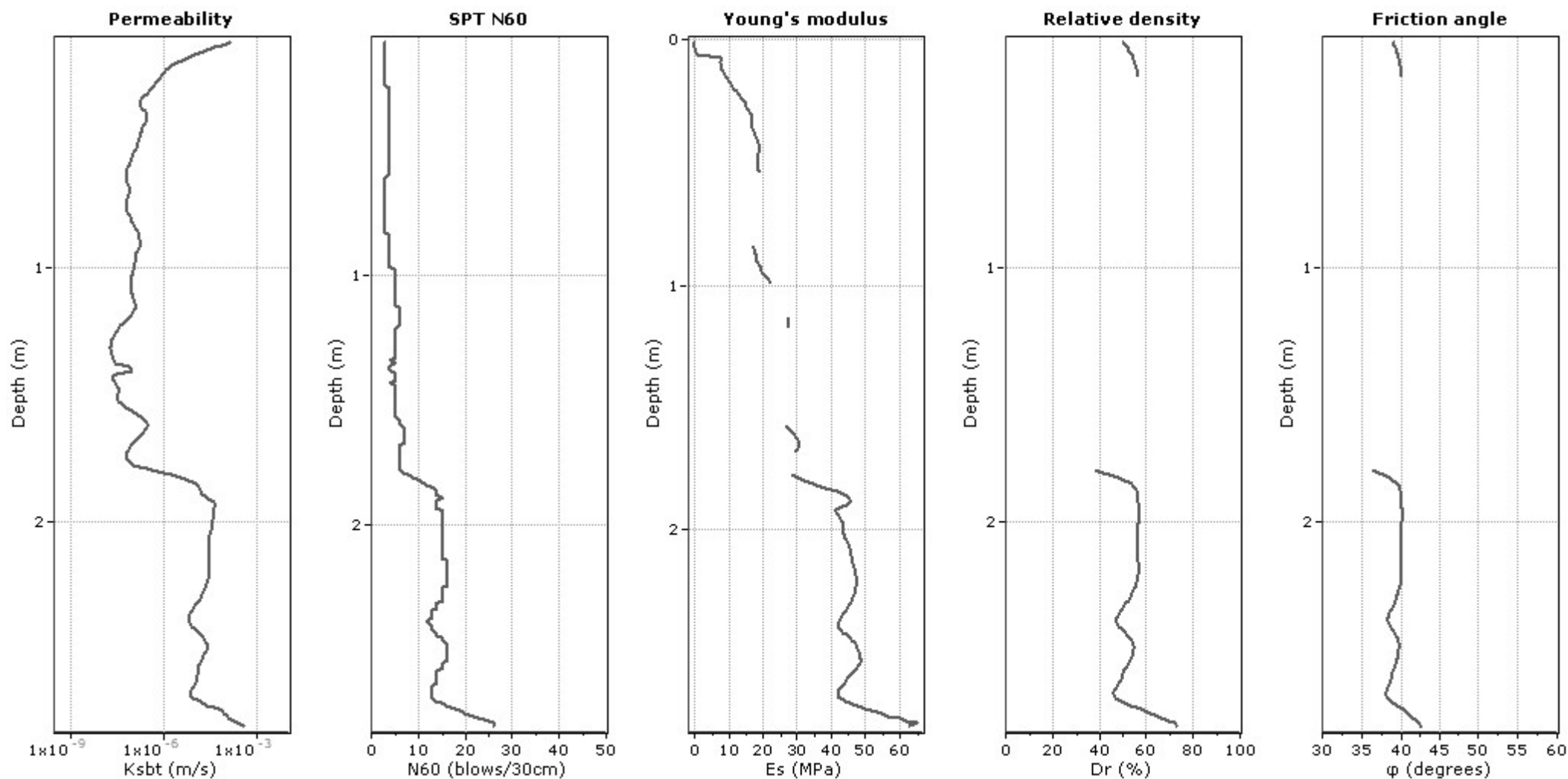
Total depth: 2.80 m, Date: 26/06/2015

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile

Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)

CPT: CPTU-02

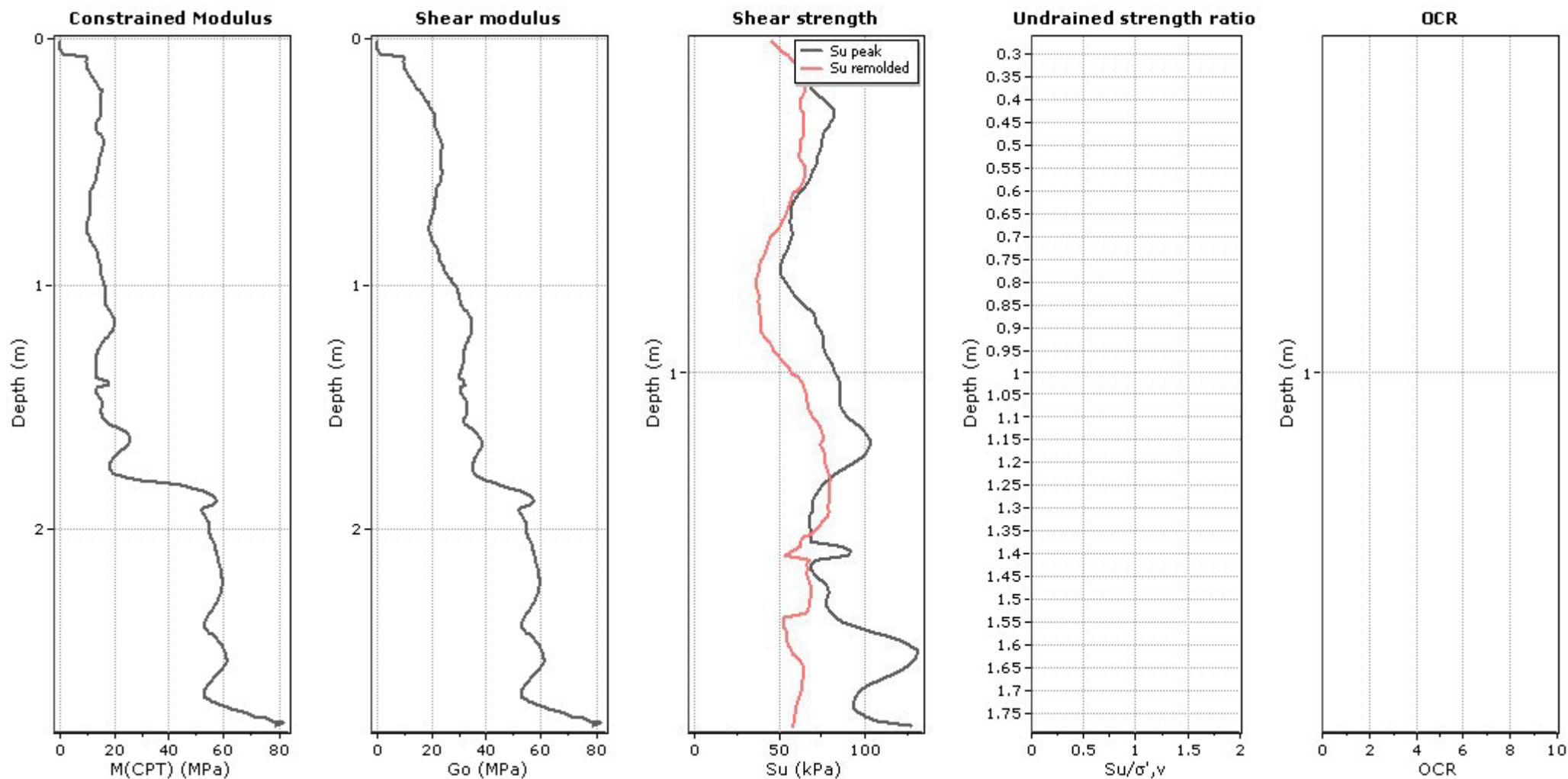
Total depth: 2.80 m, Date: 26/06/2015

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

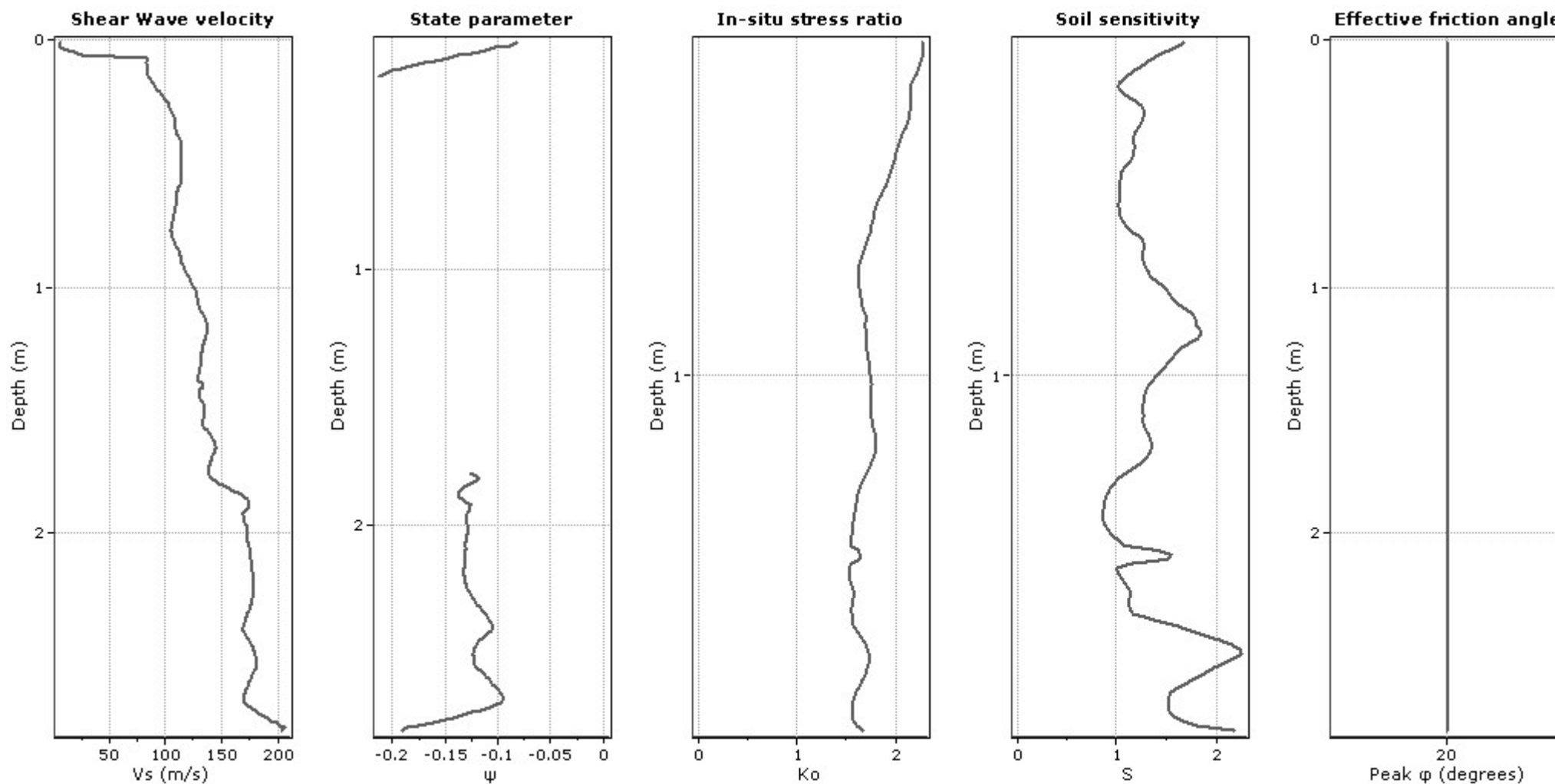
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

—●— User defined estimation data

Project: Comune di Faenza - Nuova pista ciclabile


Location: SP 16 "Marzeno" - Faenza (RA)



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

 SOGEO <small>INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI</small> <small>Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)</small> <small>Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com</small> <small>Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C</small> <small>Decr. n. 005754 del 05/07/2010</small>		COMMITTENTE: Sig. Luigi Montanari		SOND.N. S.1 - PROF. (m): 31,00
		CANTIERE: Faenza (RA) - Via Don G. Verità angolo Via San Martino		QUOTA (m): p.d.c.
		PERFORATRICE: CMV MK900 D1		LATITUDINE (°): N 44,27668°
		METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (°): E 11,87870°
		ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø101 mm		DATA INIZ-FINE: 27/05/2011-27/05/2011
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm				SCALA: 1:100
PIEZOMETRO:				PAGINA N°: 1 di 2
RIF.PREV.N°: 134-11	CERTIFICATO N°: C11-065-1	RAPPORTO N°: _____	DATA DI EMISSIONE: 30/05/2011	

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità' [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni amb.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Inclinometro
1	3.3	1.20	1.00		Sabbia limosa di colore marrone chiaro						
2	3.0	1.00									
2	2.0	1.00			Limo argilloso di colore marrone chiaro - grigio con striature nere e giallastre e con livelli millimetrici sabbiosi						
3	2.7	1.20									
3	2.0	1.00									
4			3.05		Sabbia fine - media di colore marrone chiaro						
4			3.30								
5											
5					Ghiaia media - grossa, subarrotondata, in matrice sabbiosa di colore marrone chiaro			5.00 30/22/23 5.45			
6											
7			6.90		Ghiaia media, arrotondata, in matrice limosa di colore grigio				7.40		
8			7.10		Sabbia fine - media di colore grigio con frustoli vegetali						
8			7.20								
9											
10					Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice sabbiosa di colore grigio con alcune variegature gialle, giallo da -11.5 m						
11											
12								11.00 14/22/26 11.45			
13	2.2	1.00	12.00		Limo con argilla di colore grigio - giallo con striature giallastre e nere e con lenti millimetriche sabbiose						
14	2.2	1.00	13.00								
14	1.8	0.80									
14	1.2	0.60			Limo argilloso, limo sabbioso da -13.15 a -13.20 m, di colore grigio con alcune striature nere e giallastre, con bioclasti e con alcune lenti sabbiose millimetriche						
15	1.5	0.70									
15	2.0	0.90									
16	1.2	0.60	15.20		Sabbia limosa di colore grigio - giallastro						
16	1.5	0.70	15.50								
17					Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice sabbiosa di colore giallo - marrone chiaro						
18											
18	1.5		18.00		Limo argilloso di colore grigio - giallo con striature giallastre e nere						
19			18.40								
20		0.70									
21											
22											
23											
24											
25					Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice sabbiosa di colore giallo - marrone chiaro, grigio - giallo da -25.50 m						
26											
27											
28											
29											
30											

Lo Sperimentatore







File: MOD_STR Rev-4

Mod_STR Rev.4 del 08/2010

Il Direttore del Laboratorio


 **SOGEO**
Indagini Geognostiche
(Dott. Federico Polcarli)

 SOGEO S.R.L. INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA) Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-rl.com Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C Descr. n. 005754 del 05/07/2010	COMMITTENTE: Sig. Luigi Montanari		SOND.N. S.1 - PROF. (m): 31,00	
	CANTIERE: Faenza (RA) - Via Don G. Verità angolo Via San Martino		QUOTA (m): p.d.c.	
	PERFORATRICE: CMV MK900 D1		LATITUDINE (°): N 44,27668°	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (°): E 11,87870°	
	RIVESTIMENTO: Ø 127 mm		ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø101 mm	
PIEZOMETRO:		DATA INIZ-FINE: 27/05/2011-27/05/2011		
RIF.PREV.N°: 134-11	CERTIFICATO N°: C11-065-1	RAPPORTO N°: _____	DATA DI EMISSIONE: 30/05/2011	PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita' [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni amb.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro
31			31.00		Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice sabbiosa di colore grigio - giallo						
32											
33											
34											
35											

Note:
Livello acqua rilevato a -7.40 m dal p.d.c. a fine sondaggio.

Lo Sperimentatore





Il Direttore del Laboratorio

**SOGEO**
Indagini Geognostiche
Ing. Federico Porcari

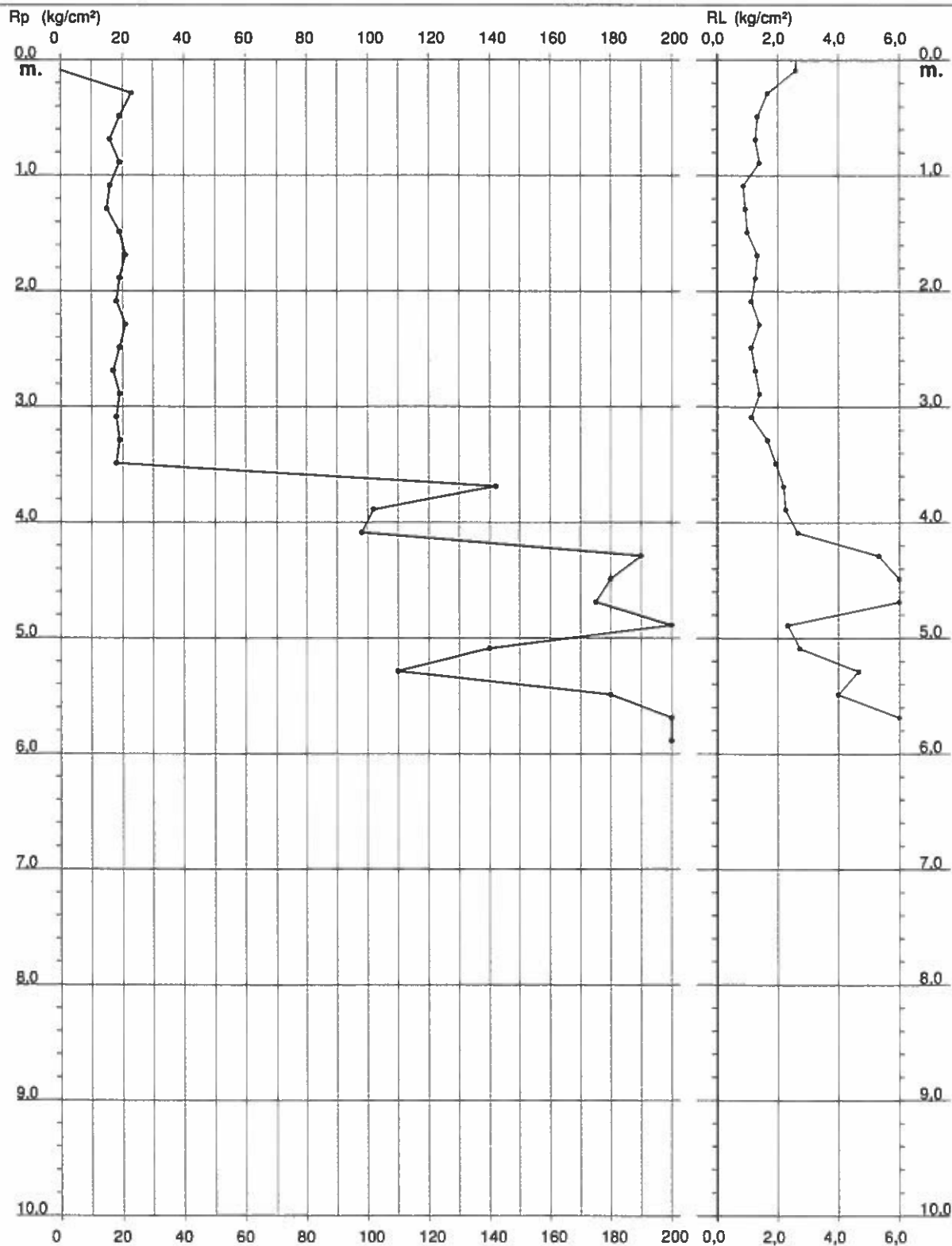
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen
- note : foro chiuso

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



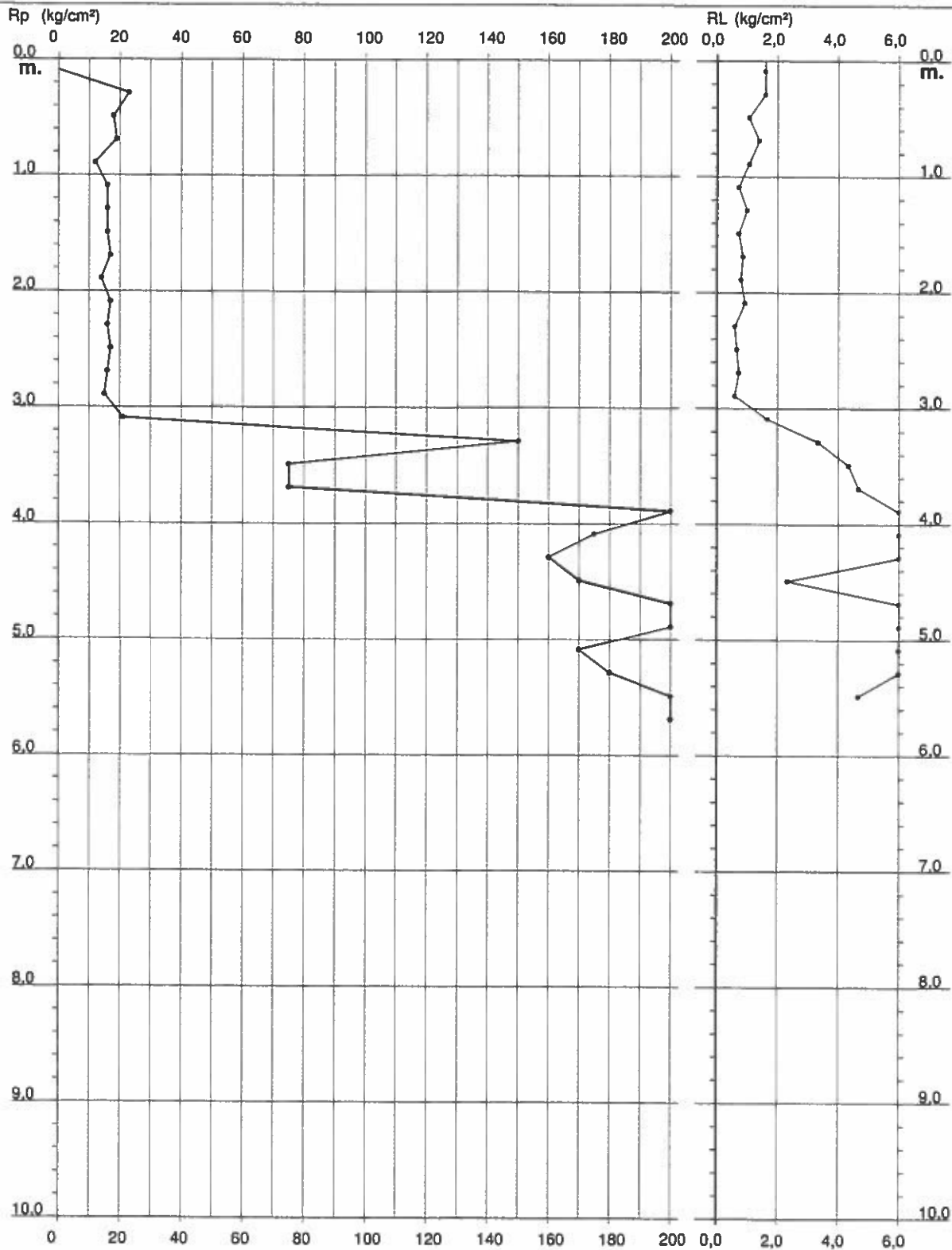
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen
- note : foro chiuso

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



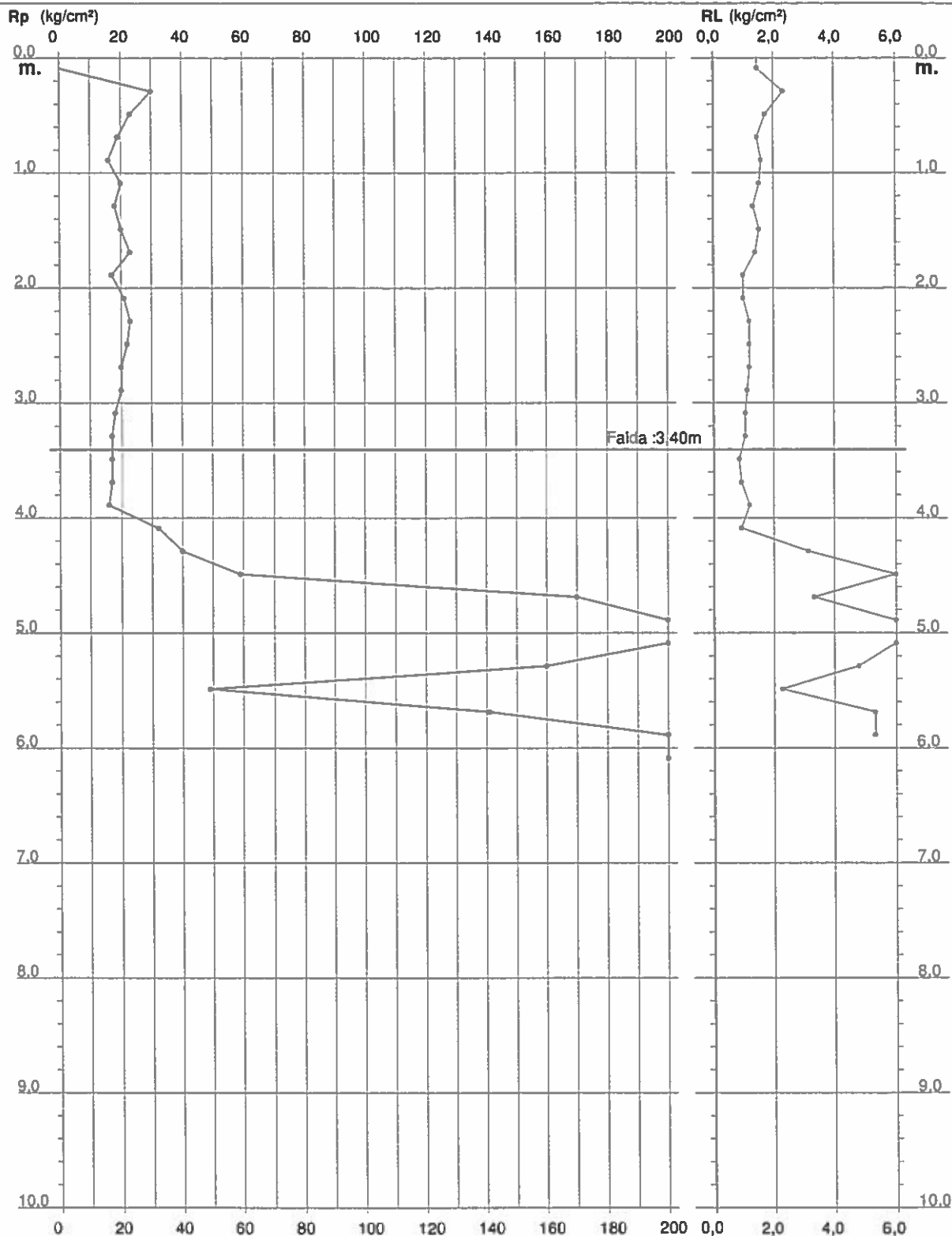
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



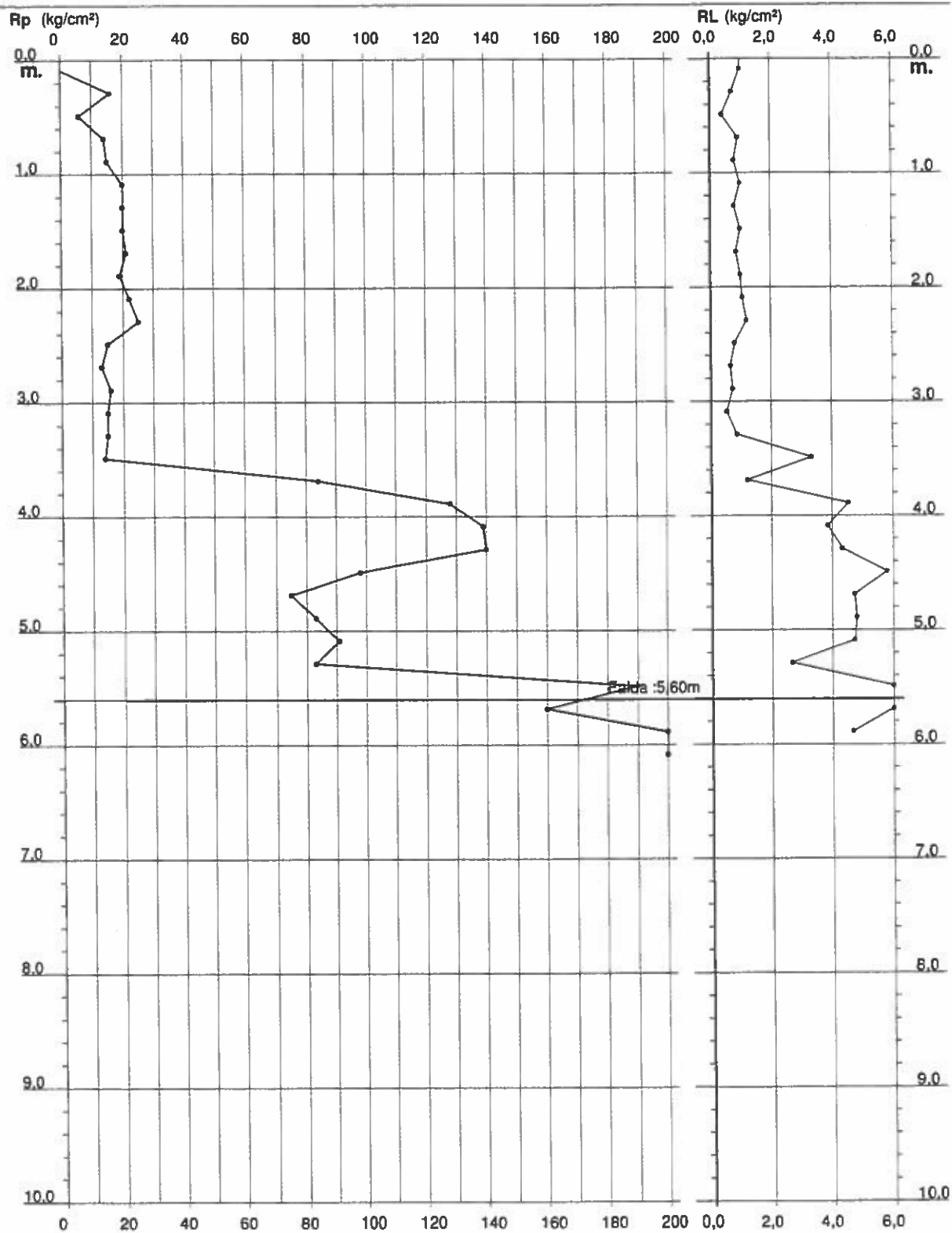
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 5,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



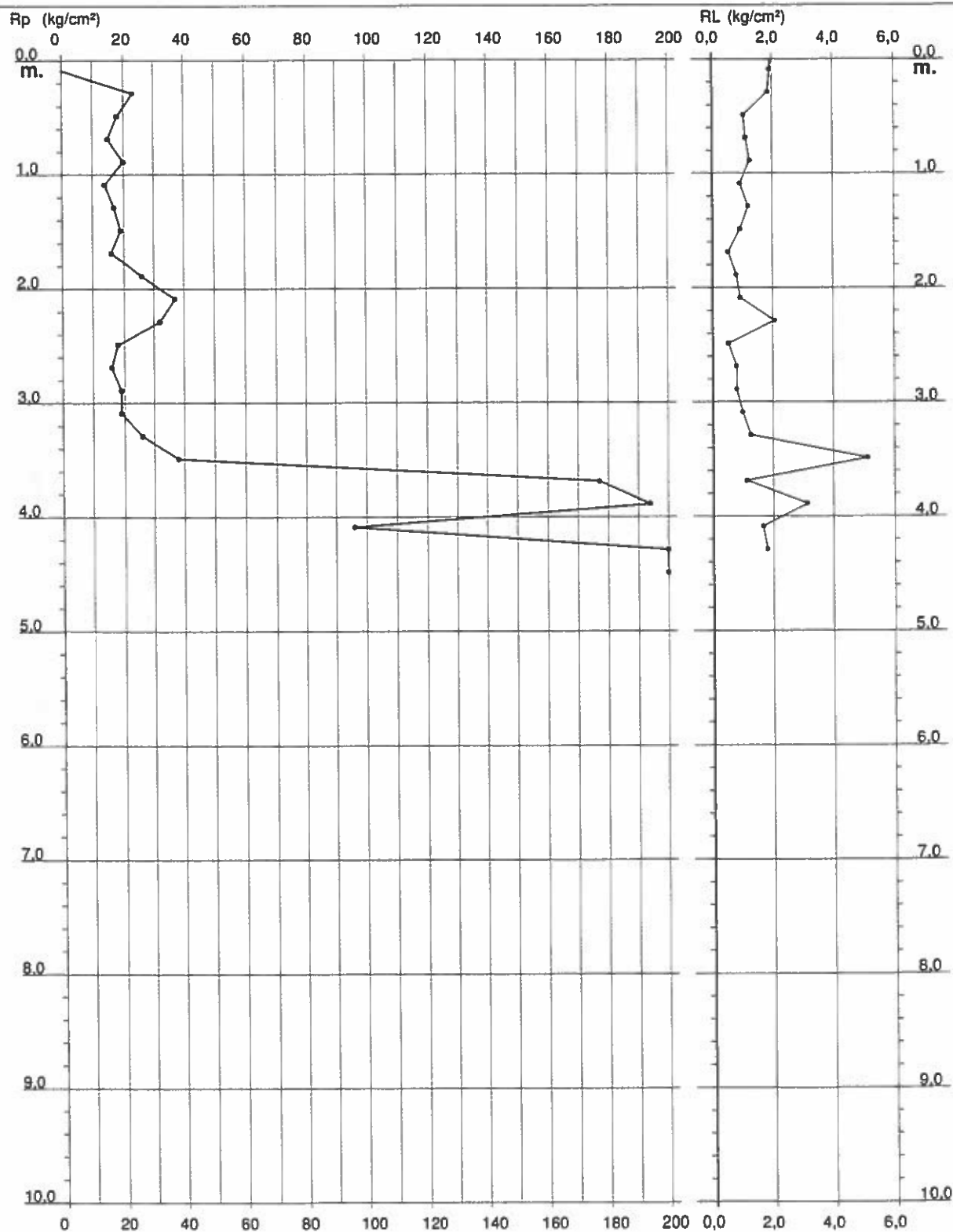
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



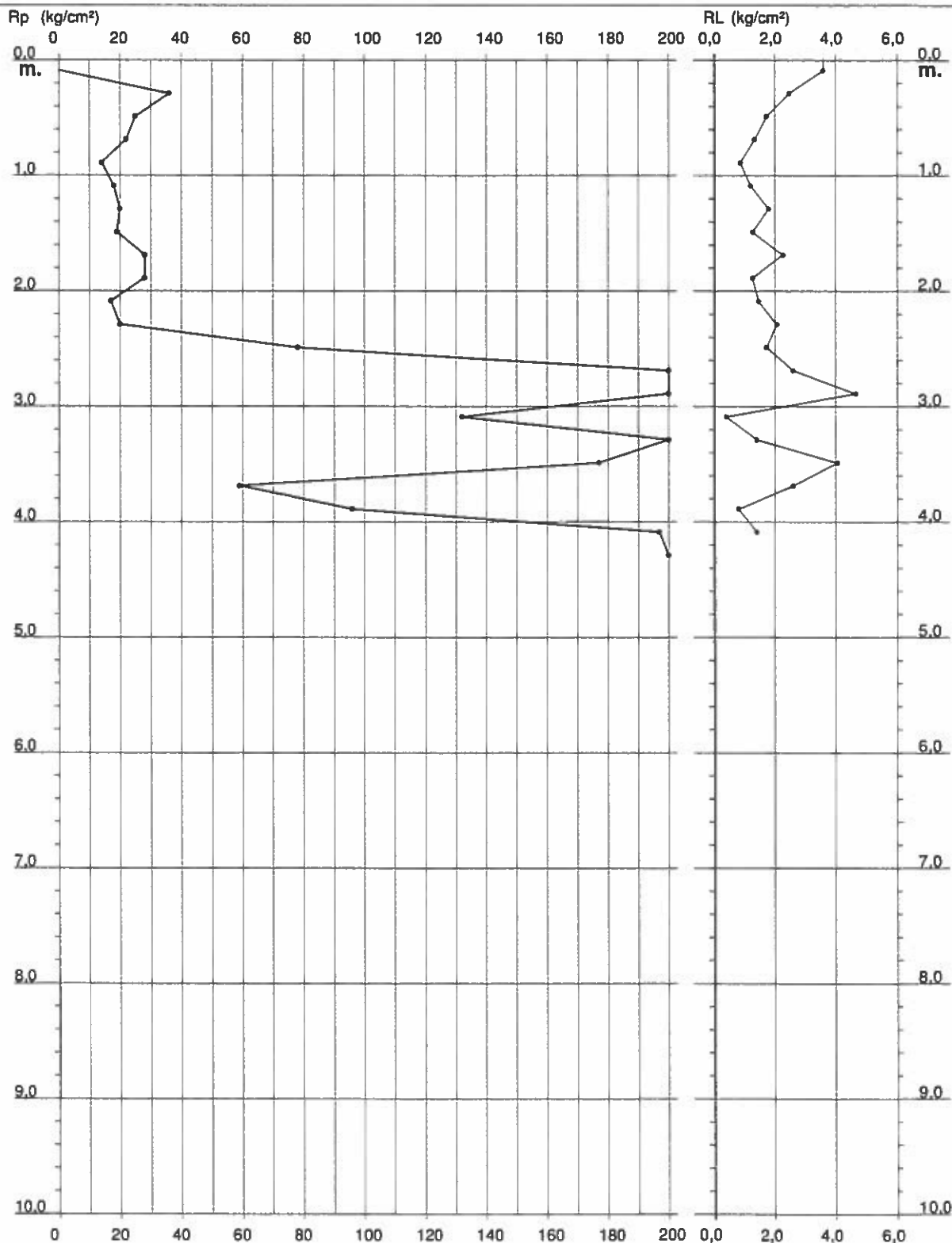
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



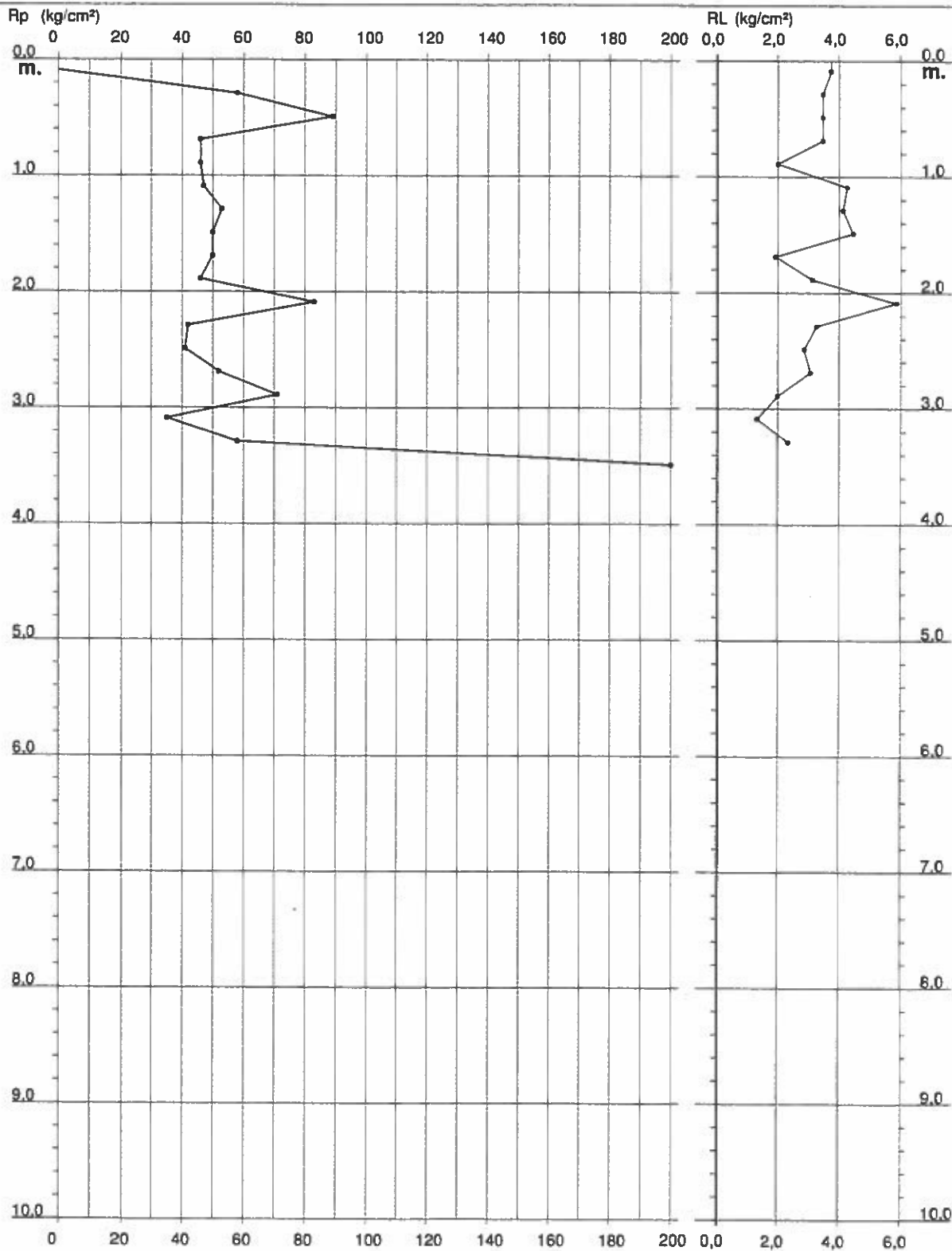
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 7

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



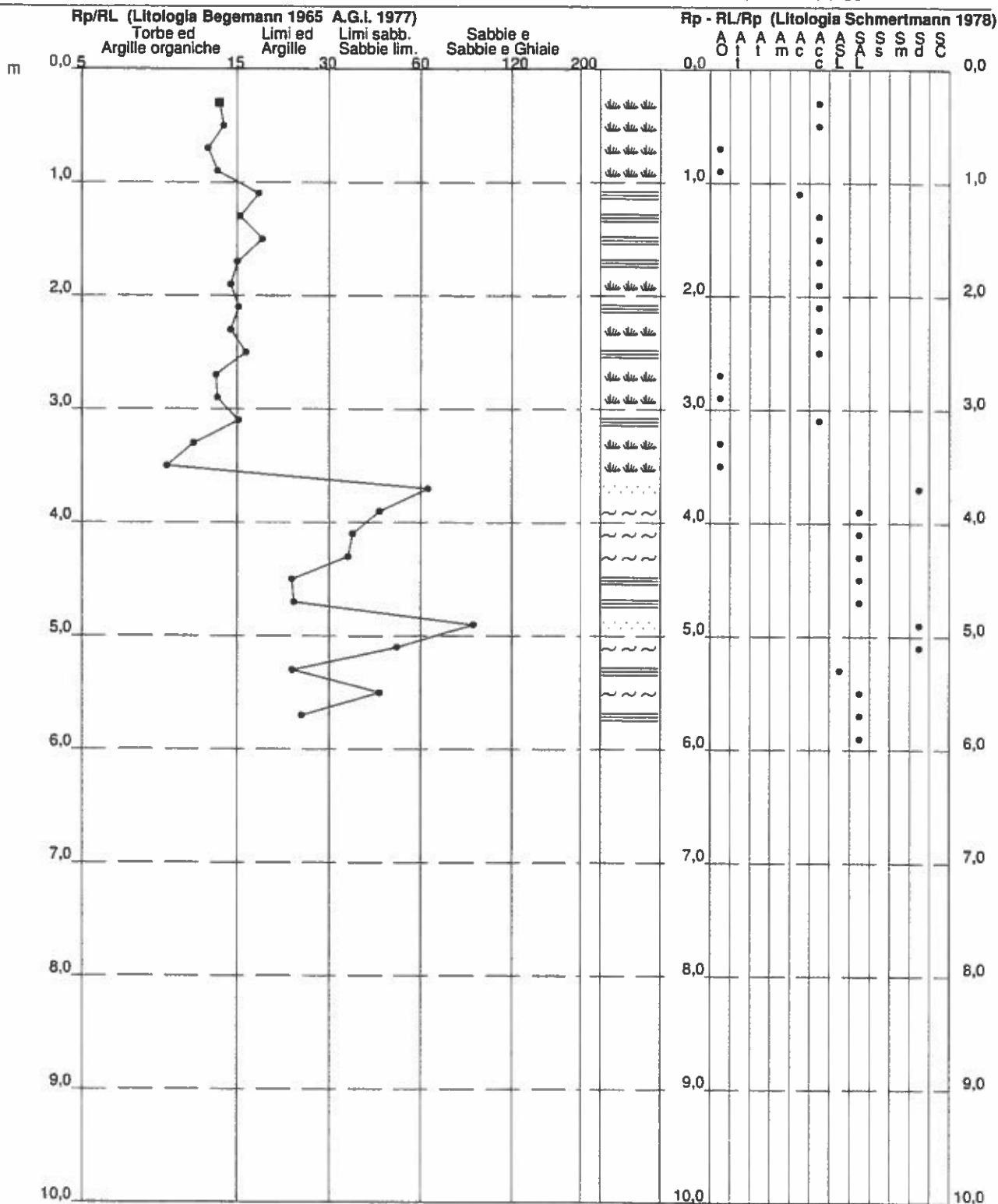
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faenza
- note : foro chiuso

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



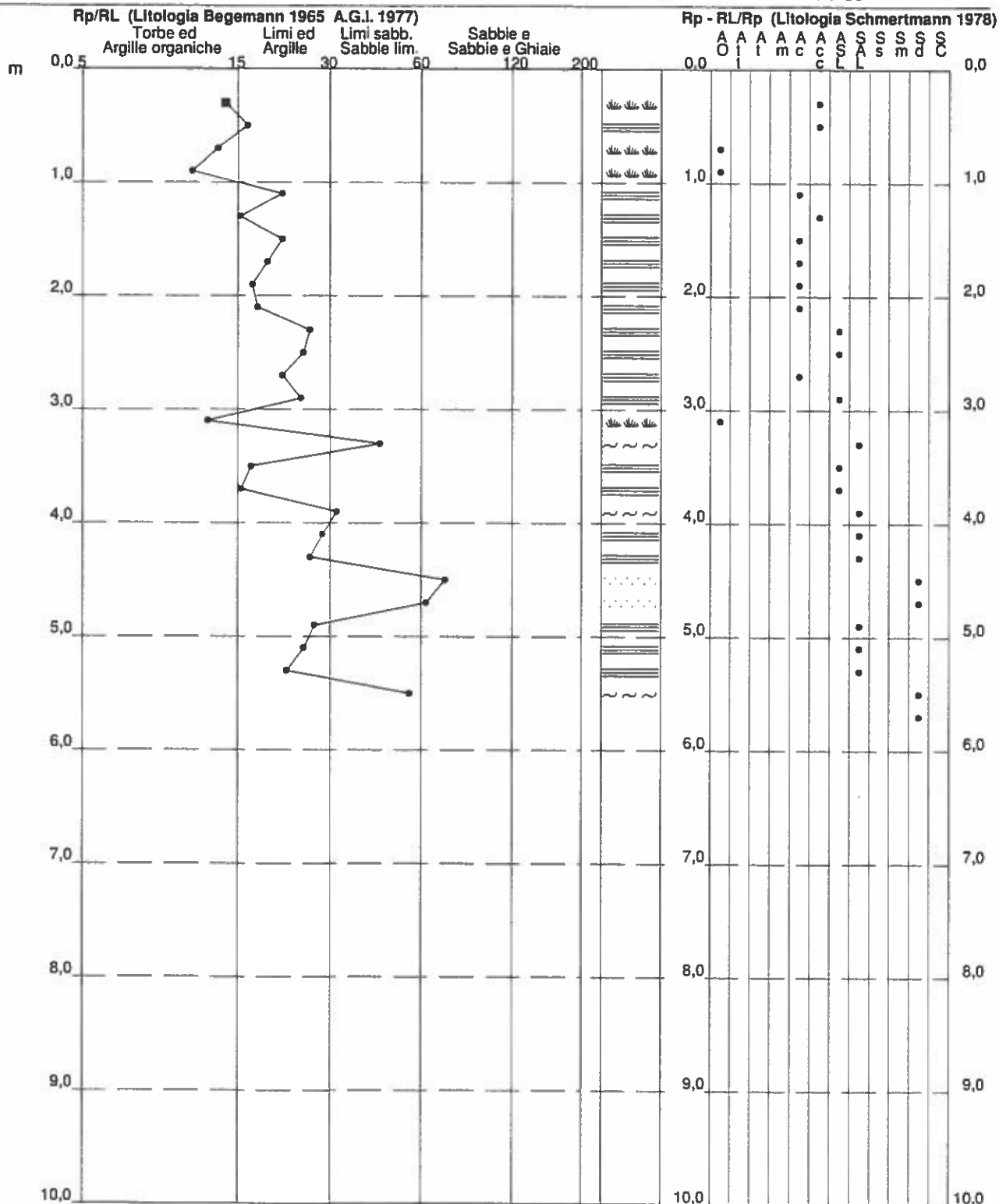
PROVA PENETROMETRICA STATICA **VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen
- note : foro chiuso

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



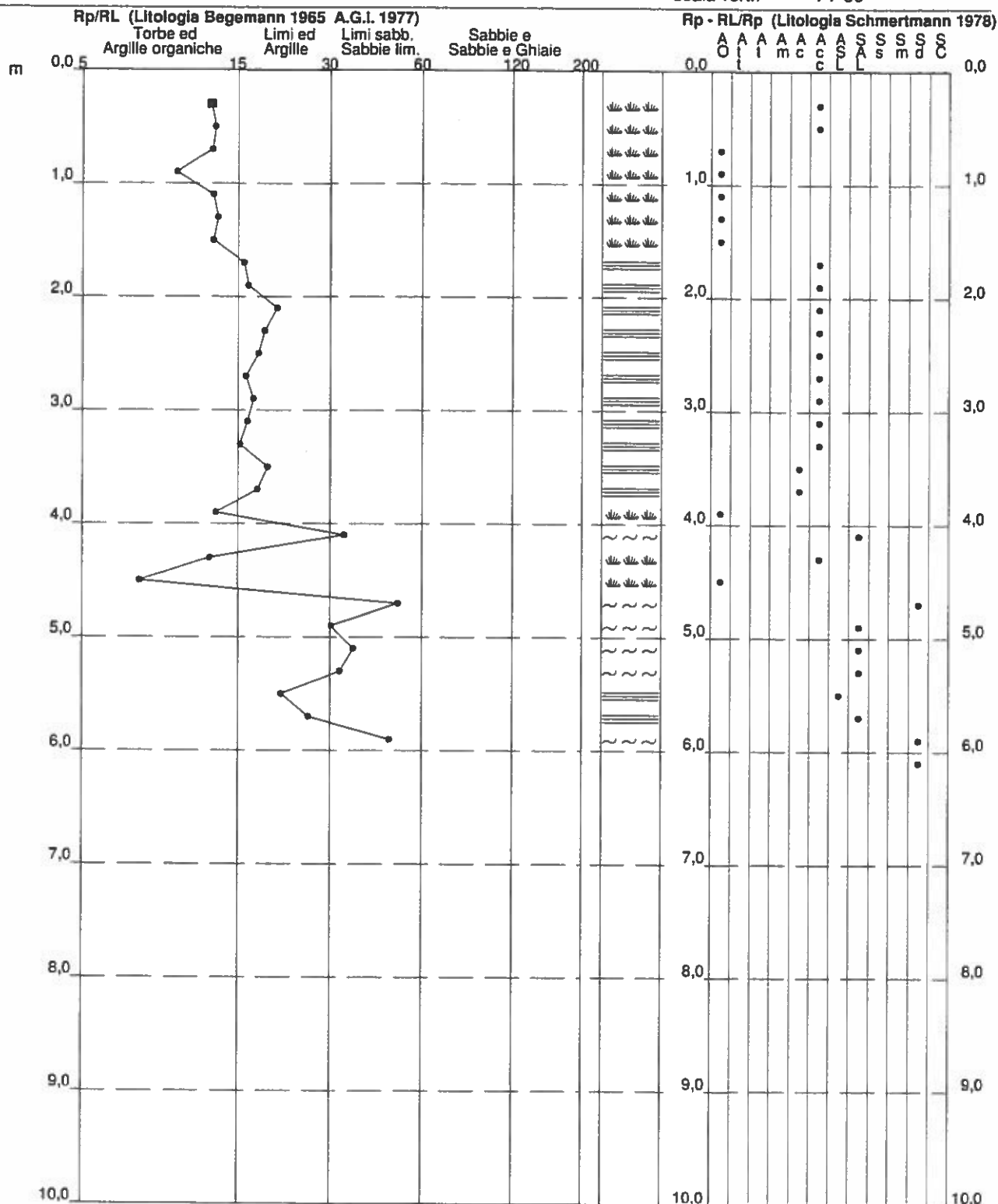
PROVA PENETROMETRICA STATICA **VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 3

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen
- note :

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



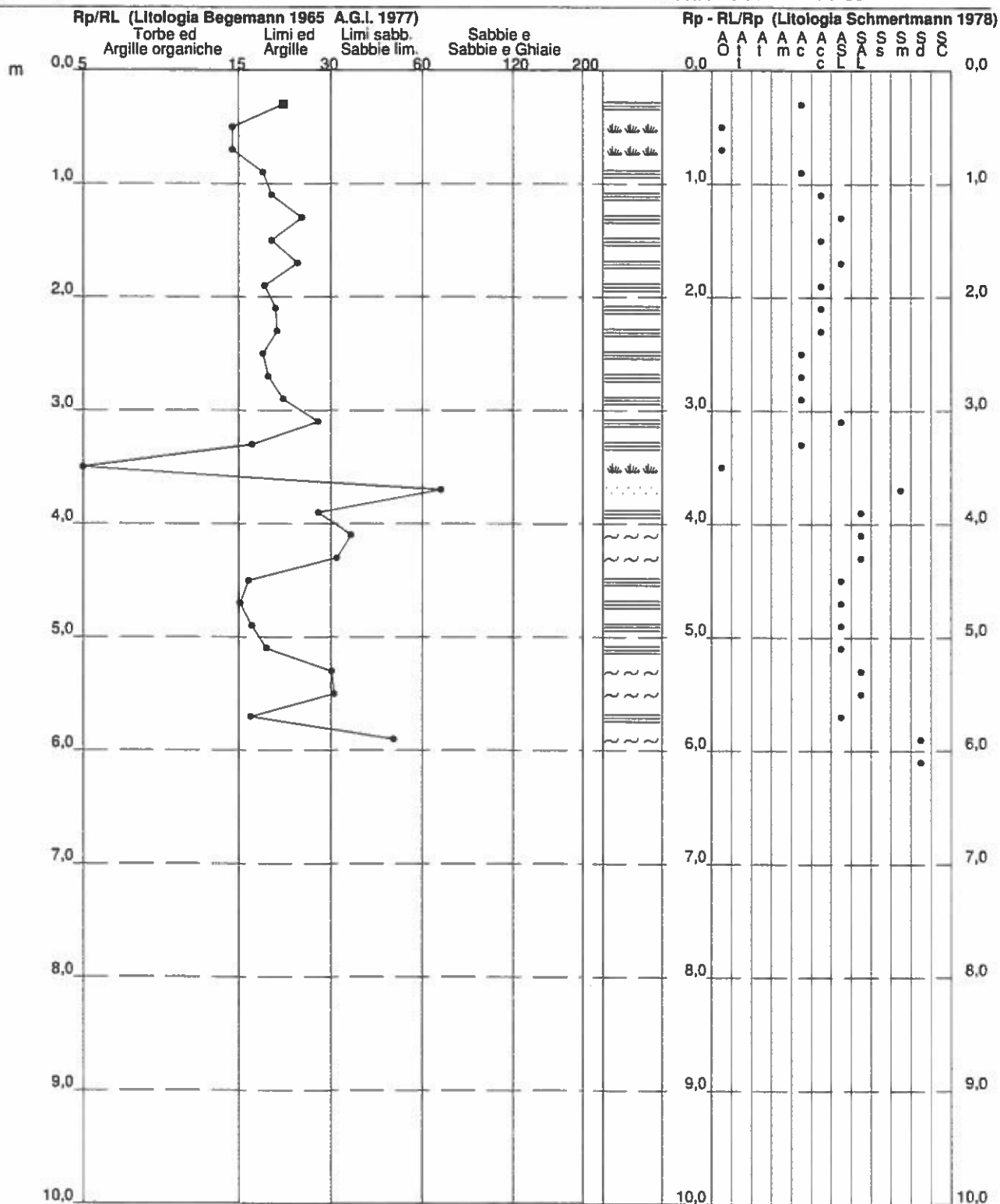
PROVA PENETROMETRICA STATICA **VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 4

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen
- note :

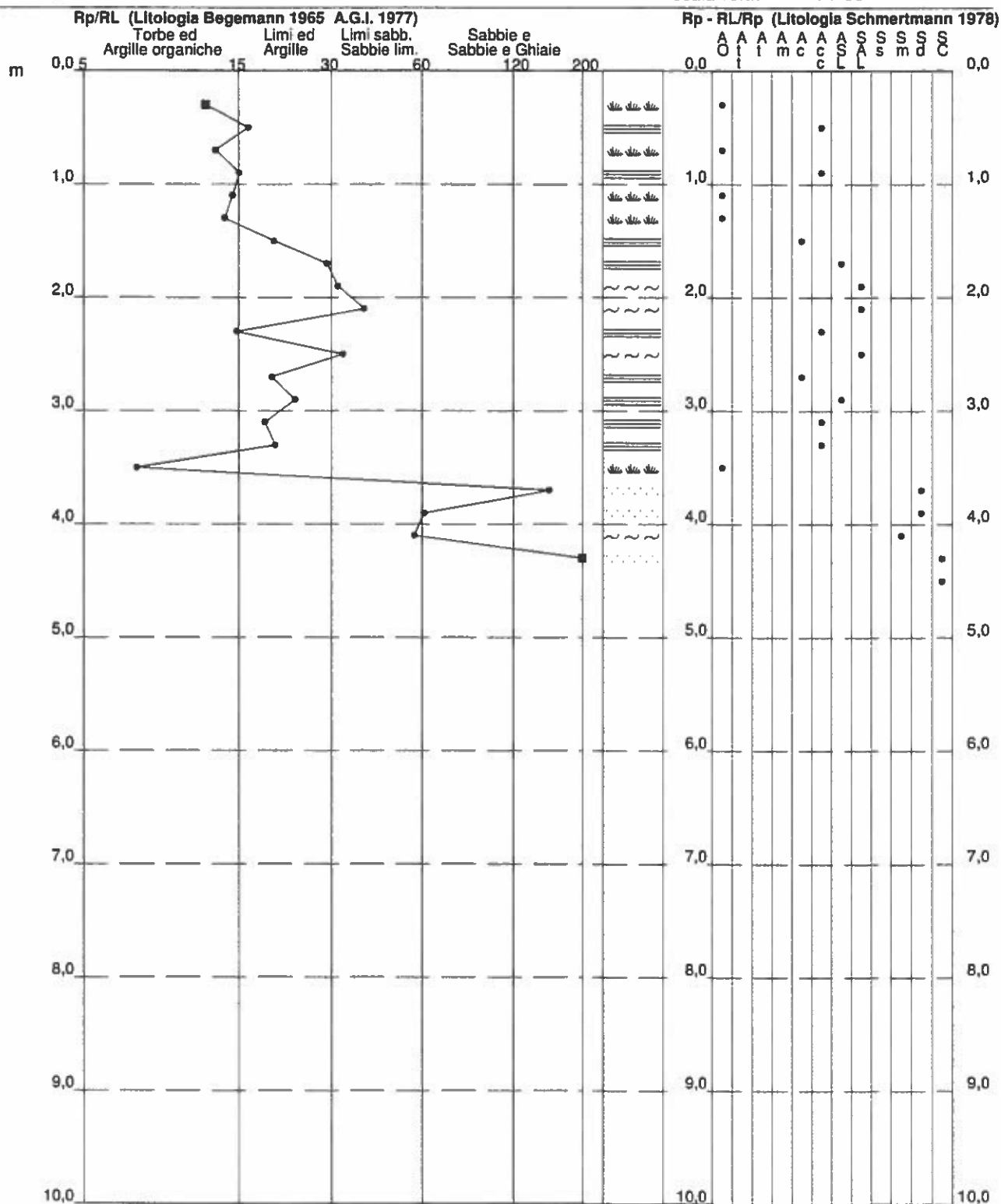
- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 5,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



CPT 5

2.010496-071

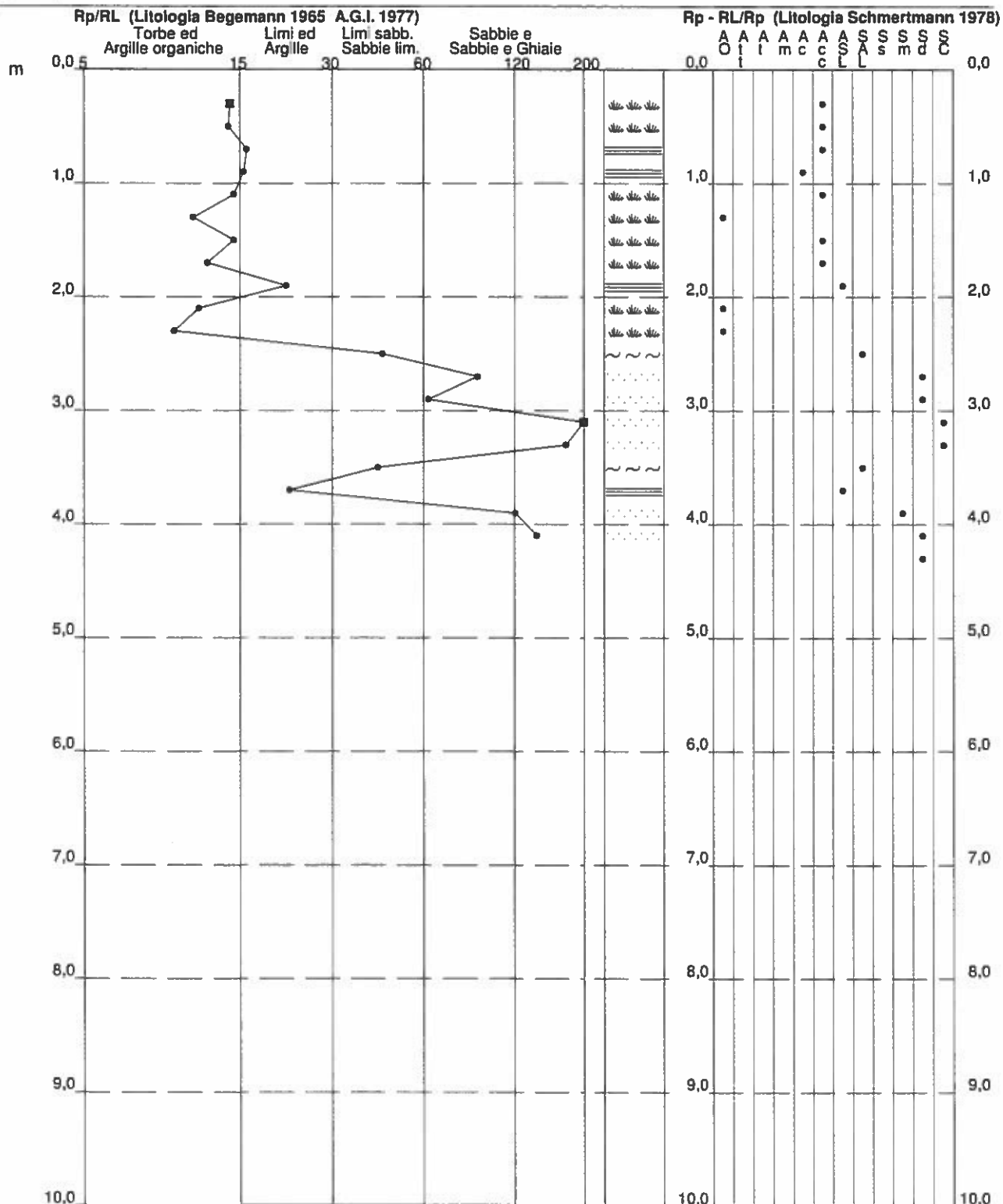
- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



CPT 6

2.010496-071

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



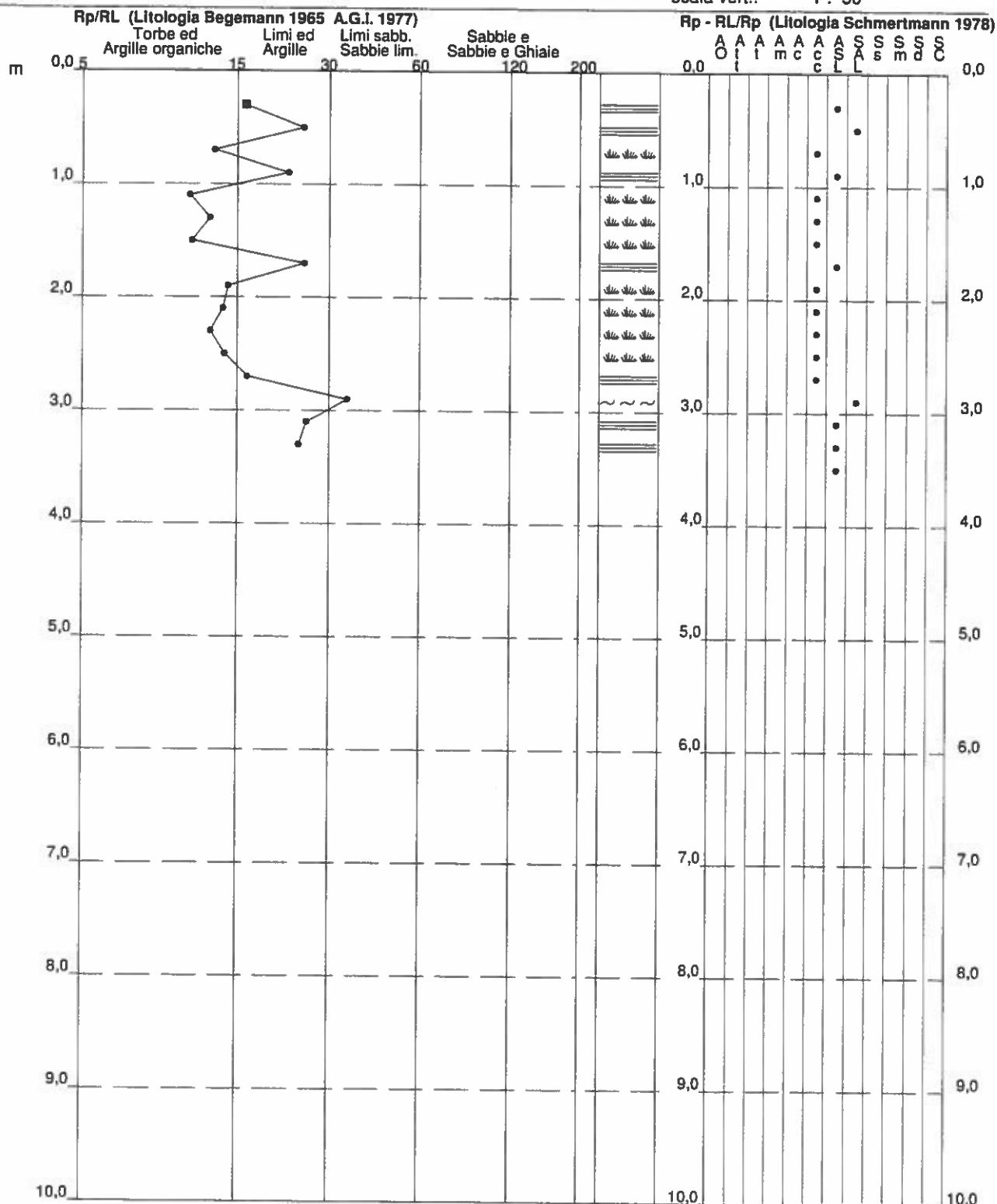
PROVA PENETROMETRICA STATICA **VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 7

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Stefano Marabini
- lavoro : Nuovo fabbricato
- località : Via Don Giovanni Verità angolo via S. Martino - Faen
- note :

- data : 04/07/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



INDAGINE GEOFISICA Re.Mi – HVSR condotta presso L'Area di indagine 1 Comune di Faenza (RA).

RILIEVO Re.Mi 1 (congiunto con HVSR-1)

Inizio registrazione: 26/06/15 15:00:28 Fine registrazione: 26/06/15 15:03:40

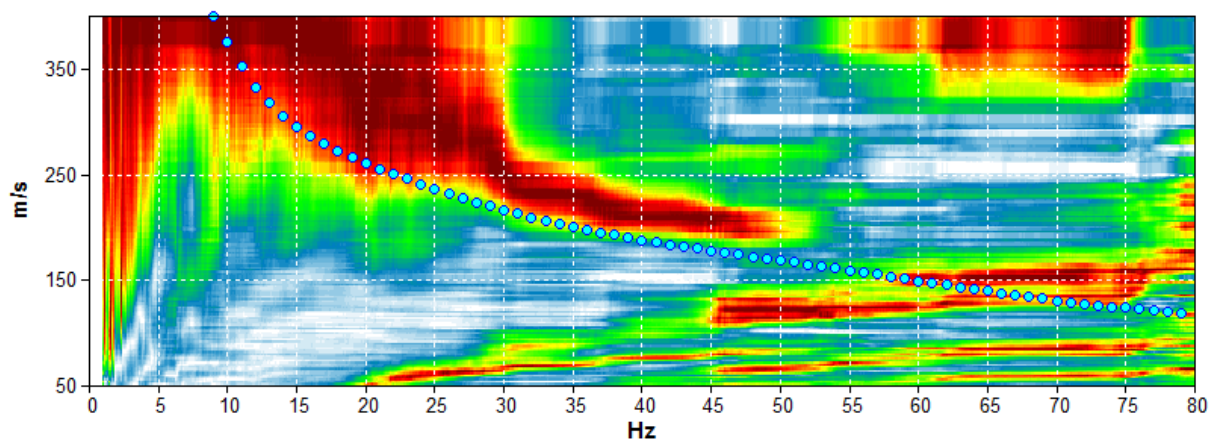
Durata registrazione: 0h03'12". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 256 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06 +TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10

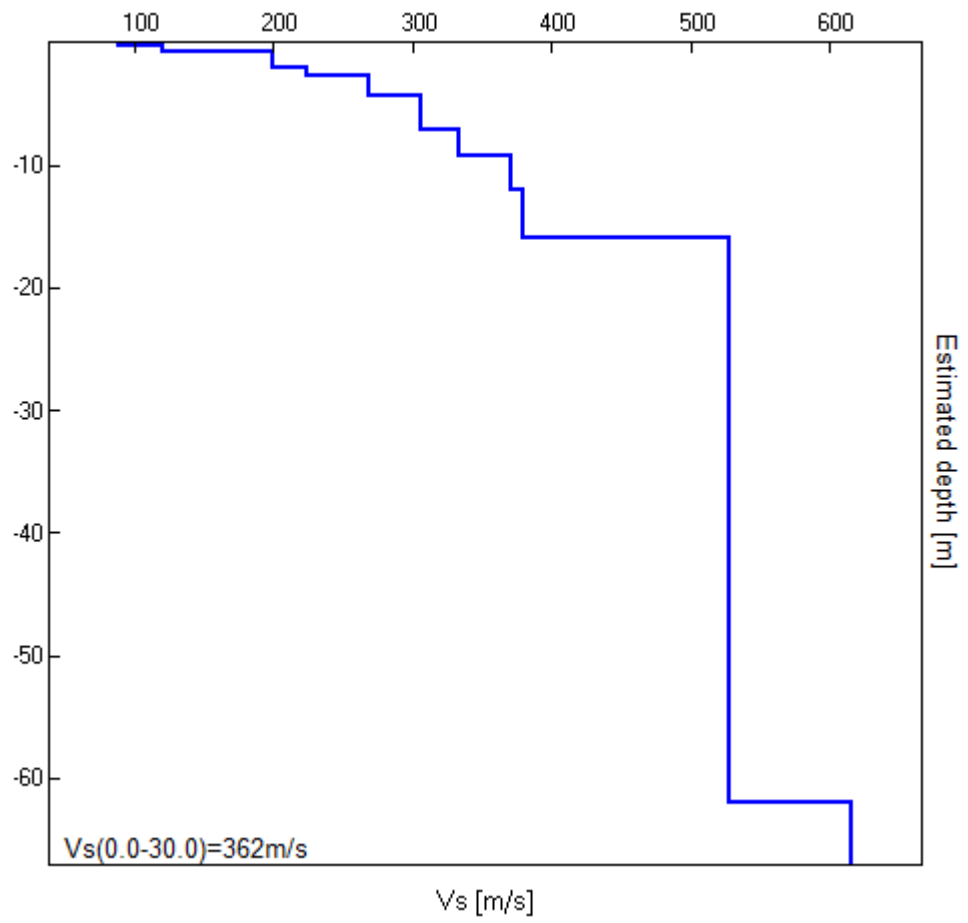
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	89	0.42
0.80	0.50	121	0.42
2.00	1.20	200	0.42
2.80	0.80	224	0.42
4.40	1.60	269	0.42
7.20	2.80	306	0.42
9.20	2.00	334	0.42
12.00	2.80	371	0.42
16.00	4.00	380	0.42
62.00	46.00	527	0.42
inf.	inf.	615	0.42

Vs(0.0-30.0)=362 m/s



RILIEVO HVSR-1 (Congiunto con Re.Mi 1)

Strumento: TEP-0111/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 25/06/15 14:41:52 Fine registrazione: 25/06/15 15:01:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 011°52.5976 E, 44°16.6016 N (26.4 m)

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

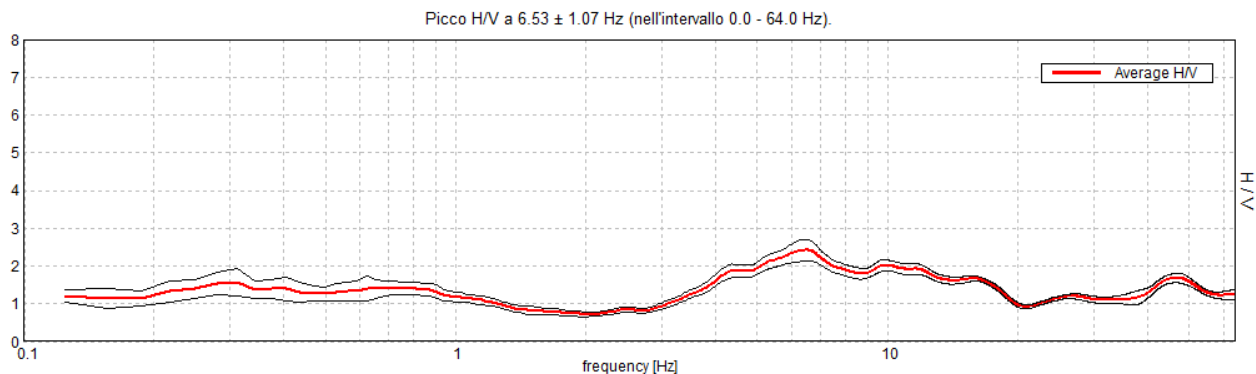
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

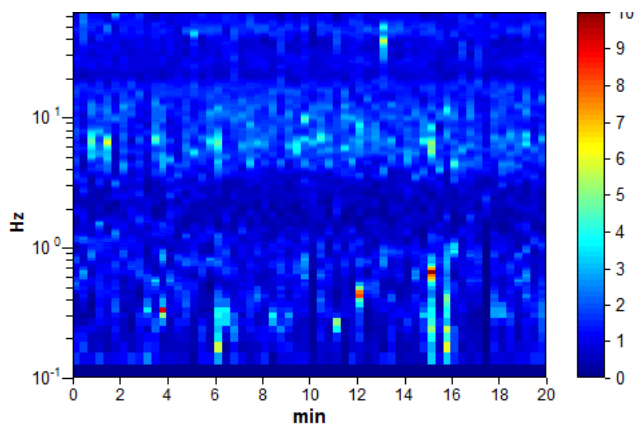
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

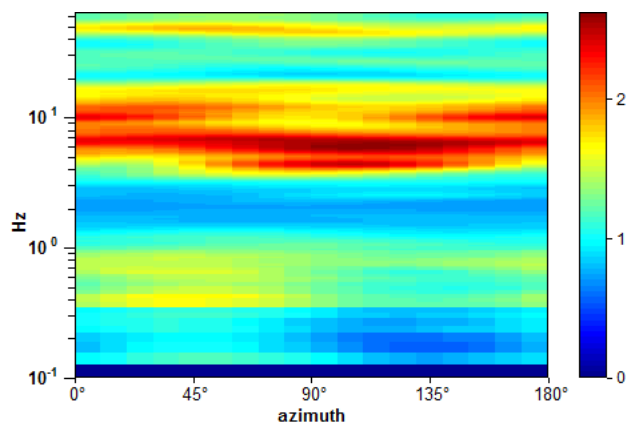
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



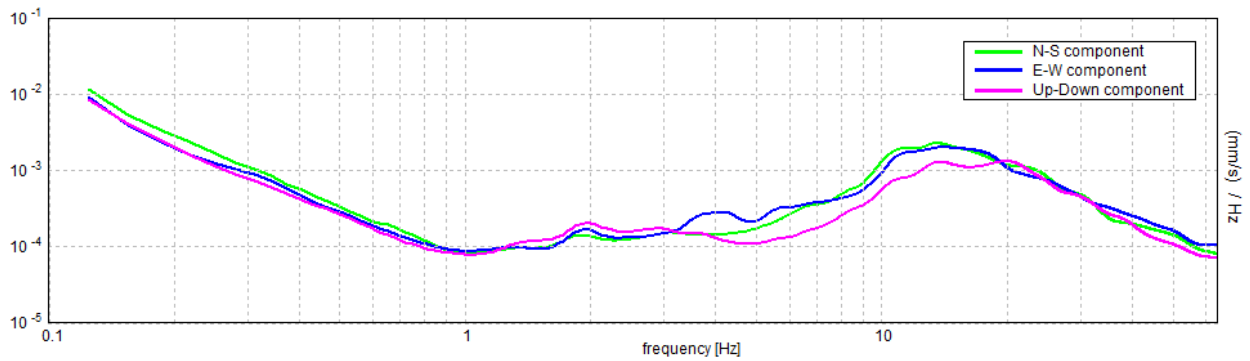
SERIE TEMPORALE H/V



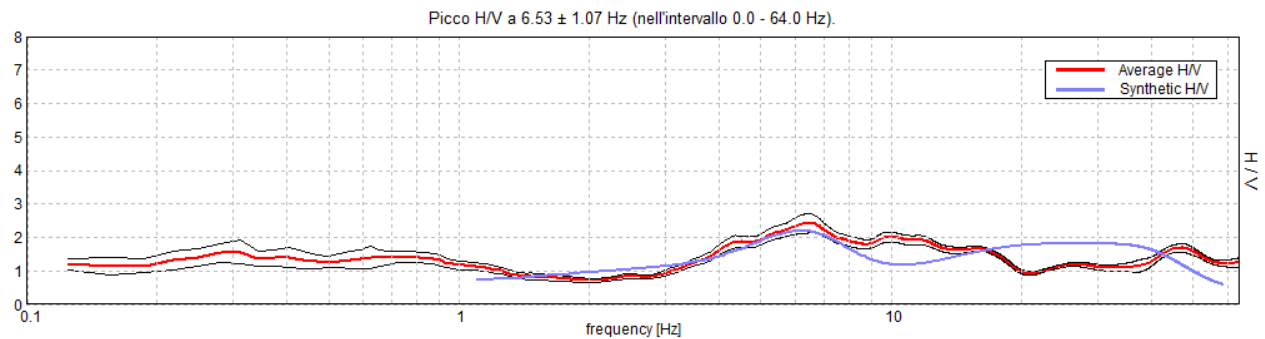
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

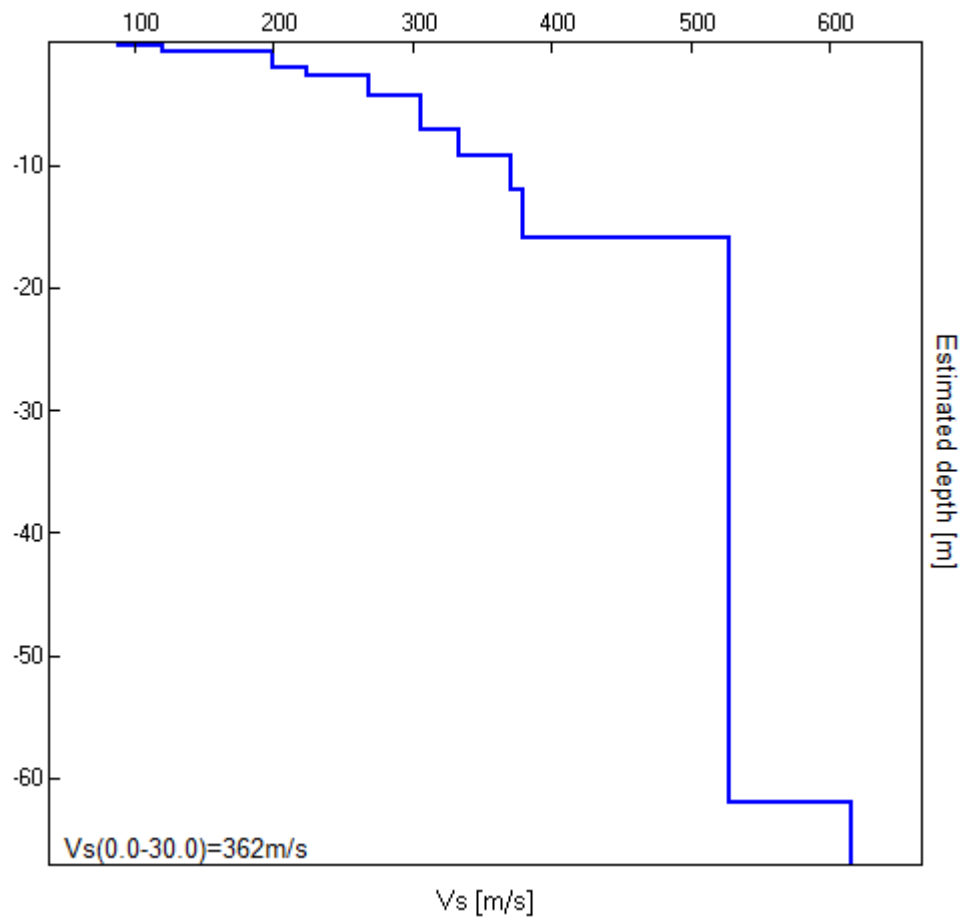


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	89	0.42
0.80	0.50	121	0.42
2.00	1.20	200	0.42
2.80	0.80	224	0.42
4.40	1.60	269	0.42
7.20	2.80	306	0.42
9.20	2.00	334	0.42
12.00	2.80	371	0.42
16.00	4.00	380	0.42
62.00	46.00	527	0.42
inf.	inf.	615	0.42

$V_s(0.0-30.0)=362\text{m/s}$



Picco H/V a 6.53 ± 1.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7837.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 314	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.406 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.42 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1636 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.06853 < 0.32656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2789 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

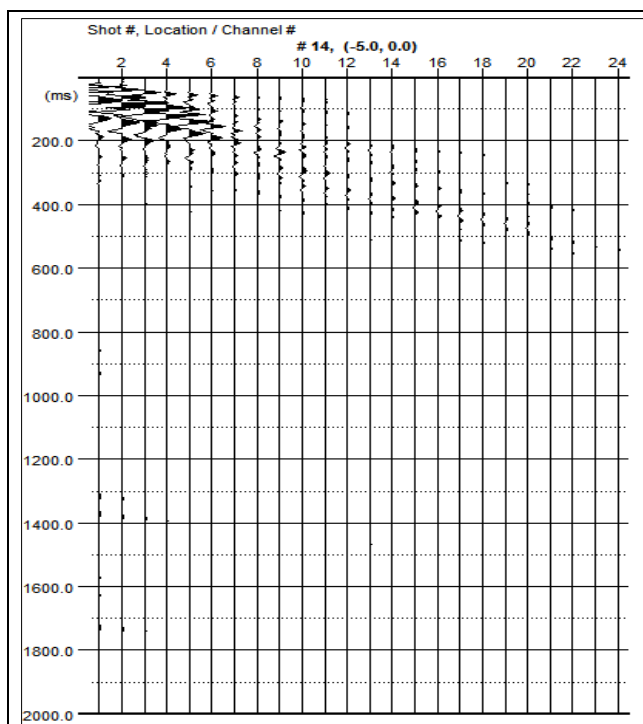
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

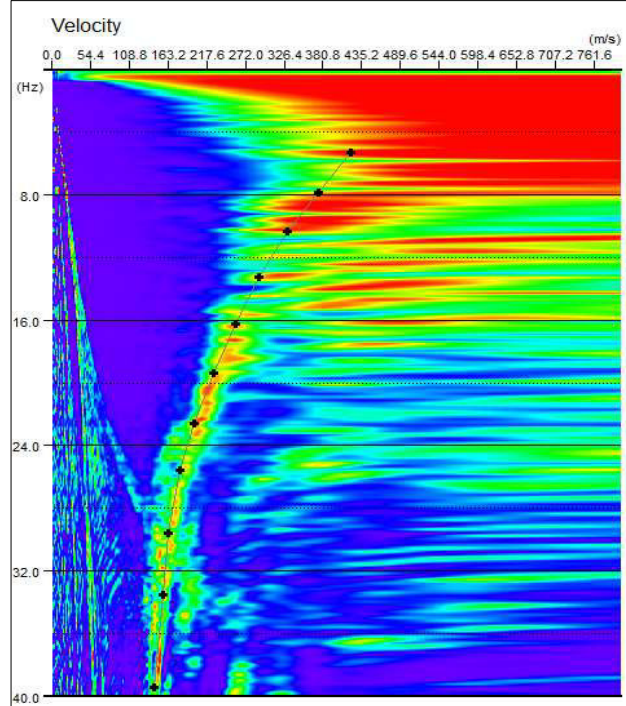
PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA ATTIVA/PASSIVA MASW/Re.Mi.

Località Ponte Rosso – Comune di Faenza (RA)

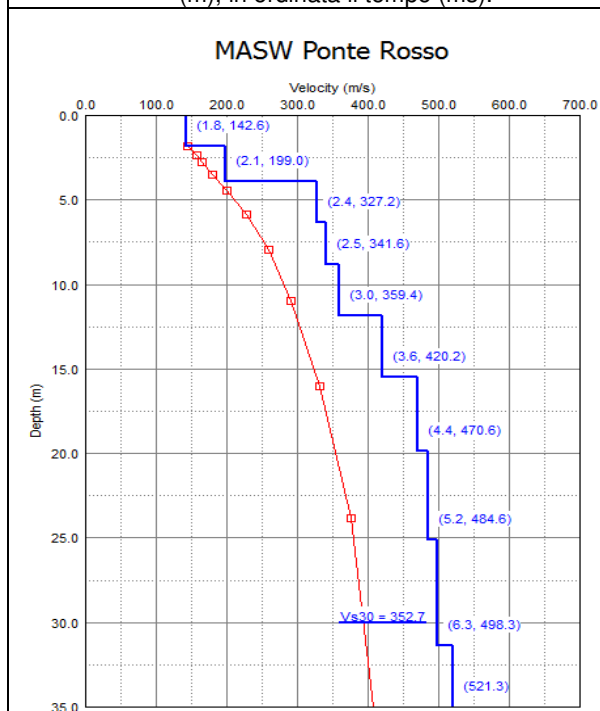
n° tracce	Δx (m)	L tot (m)	Δt (ms)	T (s)
15	2,5	57,5	0,5/2,0	2,0/32,0

 Δx : interdistanza geofonica; L tot: lunghezza profilo; Δt : passo di campionamento; T: durata registrazione.


Sismogramma registrato durante le acquisizioni di microtremore sismico. In ascissa la distanza tra i geofoni (m), in ordinata il tempo (ms).



Spettro di potenza nel dominio f - v e Picking della curva sperimentale delle onde R (croci nere).



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di V_s e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	1.8	1.8	142.6
2	3.9	2.1	199.0
3	6.3	2.4	327.2
4	8.8	2.5	341.6
5	11.8	3.0	359.4
6	15.4	3.6	420.2
7	19.8	4.4	470.6
8	25.0	5.2	484.6
9	31.3	6.3	498.3
10	∞	∞	521.3

$$V_{s30} = 352.7 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di V_{s30} calcolato.

FAENZA - CICLO-PEDONALE, PONTEROSSO FAENZA HVSR1

Instrument: TEP-0123/01-10

Start recording: 02/05/18 14:24:13 End recording: 02/05/18 14:44:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

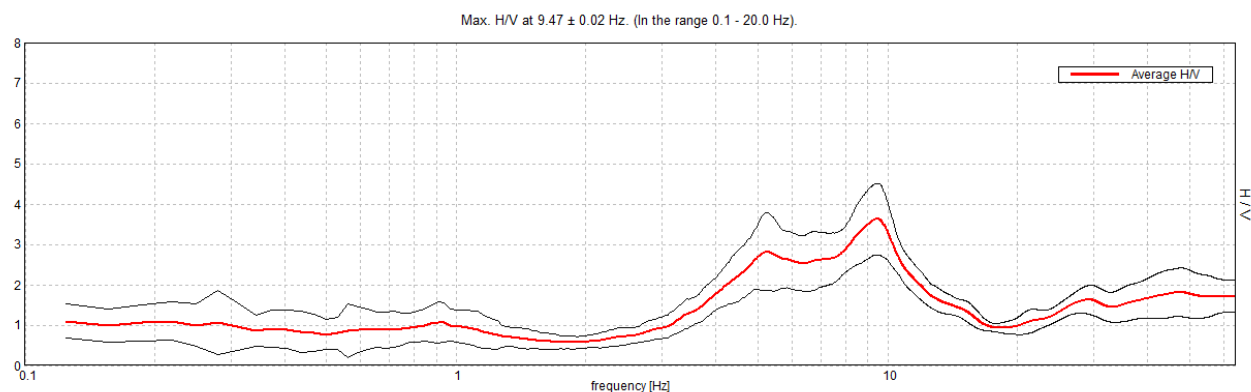
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

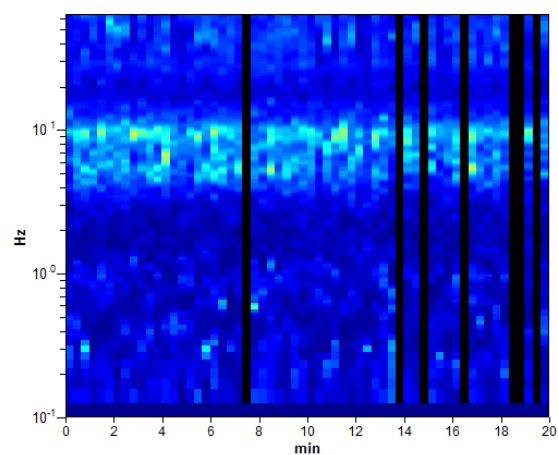
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

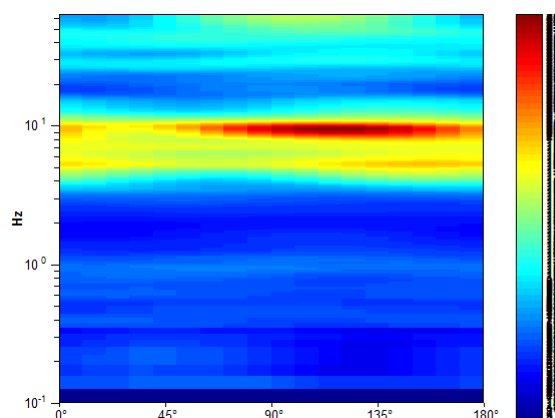
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



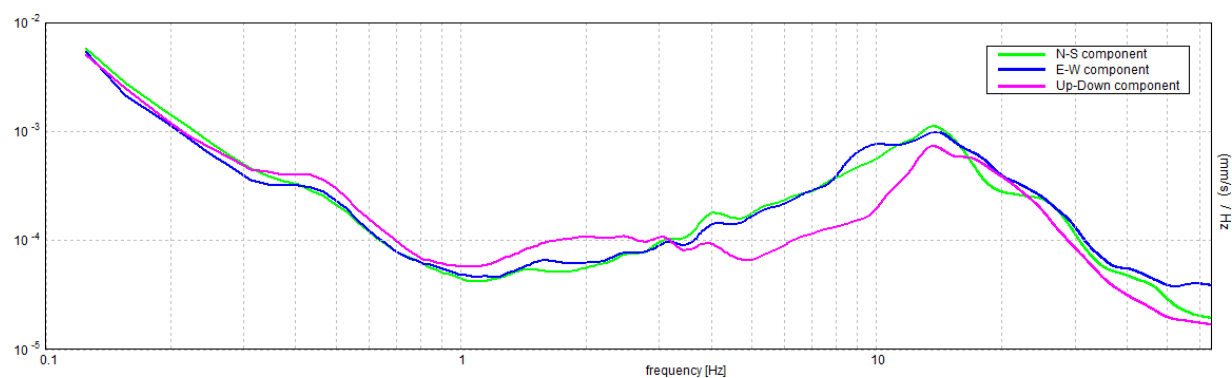
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 9.47 ± 0.02 Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$10036.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 456 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.031 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.63 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00092 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00867 < 0.47344$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4363 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20