

ALLEGATO **TAV.16**
relazione geologica

**COMUNE
DI
CESENA**

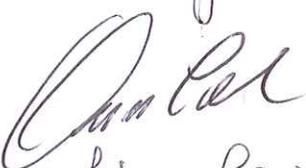
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
COMPARTO
AT3 04/09 S. EGIDIO-VIA FAENZA

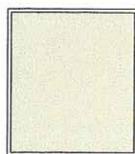
PROPRIETA'

Soc. S.O.M.
CASALI ANDREA
SIRRI LICIA
RICIPUTI MARIA GIOVANNA
GUIDI GIANCARLO
COMUNE DI CESENA

c/o via Emilia Ponente, 1315
47521 Cesena (FC)

Società Fra Operai Muratori S.p.a. - Cesena
IL PRESIDENTE


Società
Riciputi Maria Giovanna
Guidi Giancarlo

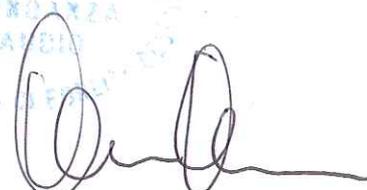


PROGETTISTA

STUDIO ASSOCIATO

arch. C. Abbondanza geom. D. Bocchini
via Morciano, 100
47521 Cesena (FC)

tel/fax 0547 384684 - 348 2250477
e-mail a.abbondanza@libero.it
www.architettoclaudioabbondanza.it


P.P.U.


progetto: 12-01-2012
aggiornamento: 20-06-2012

- RELAZIONE
- PLANIMETRIE
- PIANTE
- SEZIONI E PROFILI
- PROSPETTI
- PARTICOLARI COSTR.

Magnani dott. Andrea geologo



tel. 054725121 – fax 0547366469
Cesena, Piazzetta Isei n. 18

Comittenti : SOM S.p.A e Altri

Oggetto
INDAGINE GEOLOGICO-SISMICA IN AREA IN CUI E' PREVISTA
LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

Località : S. Egidio di Cesena, via Faenza

Cesena settembre 2011

Magnani dott. Andrea



INDICE

1. *Normative di Riferimento*
2. *Premessa*
3. *Ubicazione area d'indagine*
4. *Inquadramento morfologico*
5. *Inquadramento geologico*
6. *Indagini eseguite, metodologia ed elaborazione dati*
7. *Stratigrafia dell'area in esame*
8. *Acque di superficie e sotterranee, rischio di alluvionamento dell'area*
9. *Modellazione geotecnica del sito*
10. *Considerazioni sismiche*
11. *Valutazione del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione in caso di sisma*
12. *Valutazione capacità portante dei terreni di fondazione*
13. *Conclusioni*

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 14.01.2008: Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M.14.01.2008. Circolare 2.02.2009.

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n°36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture:

parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica - Parte I: Regole Generali. – UNI

Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002). – UNI

Leggi Regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Piano Stralcio dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

PREMESSA

Il progetto è inerente alla urbanizzazione di un'area a destinazione residenziale con la previsione di realizzare fabbricati per i quali si è ipotizzata una classe d'uso II.

In sostanza la presente relazione, sulla base dei dettami indicati nella norma attuale, è finalizzata a definire l'idoneità geologica e sismica delle due aree, in relazione a quanto previsto nel piano.

UBICAZIONE AREE D'INDAGINE

L'area in oggetto si sviluppa in fregio a via Faenza in località S.Egidio nel comune di Cesena. Dal punto di vista topografico il sito in esame è rilevabile negli allegati stralci di C.T.R. ottenuti dall'originario elemento in scala 1:10.000 (n°255040).

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

L'area si trova in pianura a quote medie prossime a m 26.00 sul livello del mare.

La morfologia superficiale si presenta sostanzialmente pianeggiante, con modesti avvallamenti, corrispondenti ad alcuni fossi interpoderali in disuso diretti da sud a nord.

In zona i processi morfogenetici che hanno modellato il territorio sono principalmente di origine fluviale, processi naturali ai quali in epoca storica si sono aggiunti gli interventi antropici che attraverso il rimodellamento superficiale hanno modificato il reticolo idrografico originario con conseguente influsso sull'ambiente attuale.

Trattandosi di un territorio pianeggiante i lineamenti geomorfologici risultano difficilmente individuabili direttamente sul terreno in quanto presentano dislivelli di entità minima, risultano al contrario chiaramente evidenti osservando le quote topografiche riportate in cartografia, essendo l'altimetria condizionata dall'evoluzione geomorfologica generale. Nel complesso la zona presenta una debole acclività generale (inferiore a 1°) diretta verso NE.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'area in esame è caratterizzata nel primo sottosuolo da una successione, più o meno lentiforme, di sedimenti argillosi, argilloso limosi e limosi, molto raramente sabbiosi. Si tratta di depositi di età pliocenico-quadernaria ascrivibili ai termini più recenti della sequenza deposizionale superiore (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, SERS), corrispondente alla più recente fase di forte subsidenza bacinale e quiescenza tettonica relativa iniziata all'incirca 0,45÷0,35 Ma fa (milioni di anni) e tuttora in atto.

In particolare, come riportato nell'allegato stralcio della Carta geologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, i terreni interessati dalle opere in progetto risultano appartenenti al seguente termine della successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano:

AES8 - SUBSINTEMA DI RAVENNA: argille, argille limose e limi argillosi di tracimazione fluviale (piana alluvionale). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 28 metri. *Pleistocene superiore-Olocene*

Al tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei a basso grado di alterazione. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana.

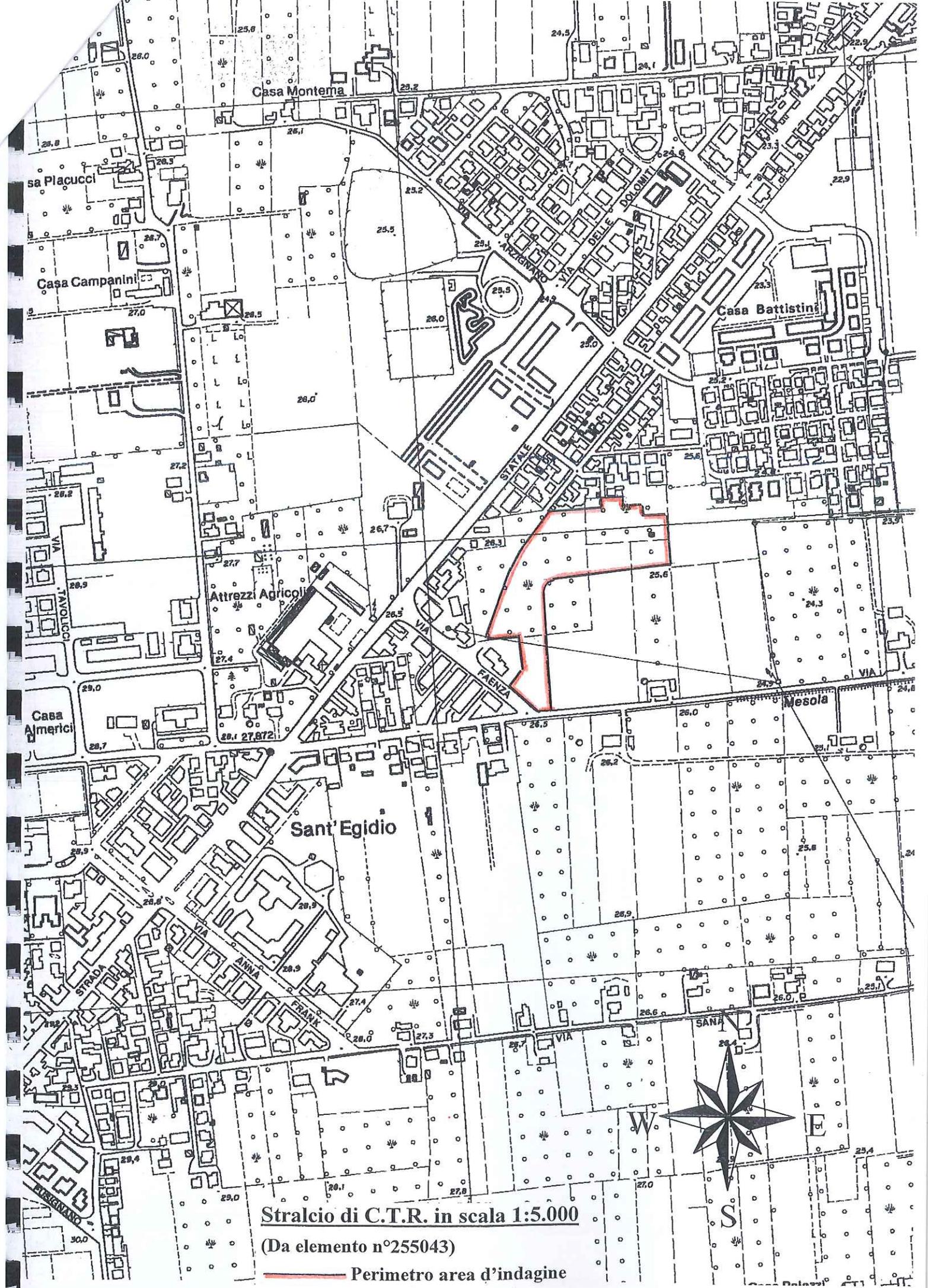
ALLEGATI

Stralcio di C.T.R. in scala 1:5.000

Stralcio di C.T.R. in scala 1:10.000

Tavoletta II NE – foglio n°100 “Forlì” in scala 1:25.000

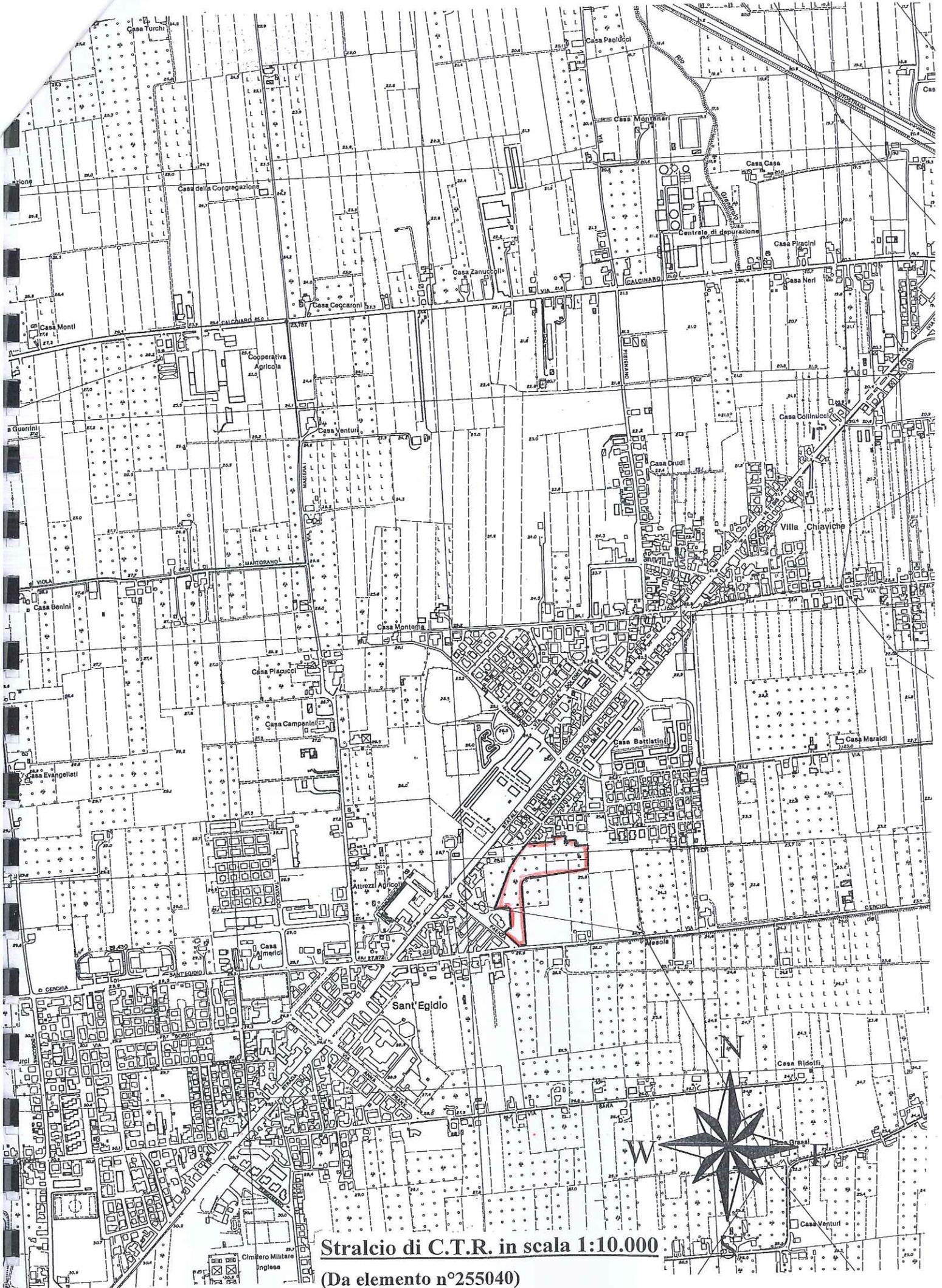
Stralcio di Carta Geologica



Stralcio di C.T.R. in scala 1:5.000

(Da elemento n°255043)

— Perimetro area d'indagine



Stralcio di C.T.R. in scala 1:10.000
(Da elemento n°255040)

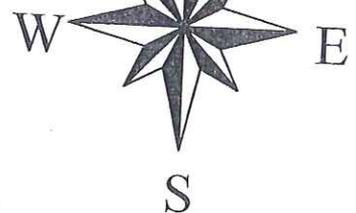
— Perimetro area d'indagine

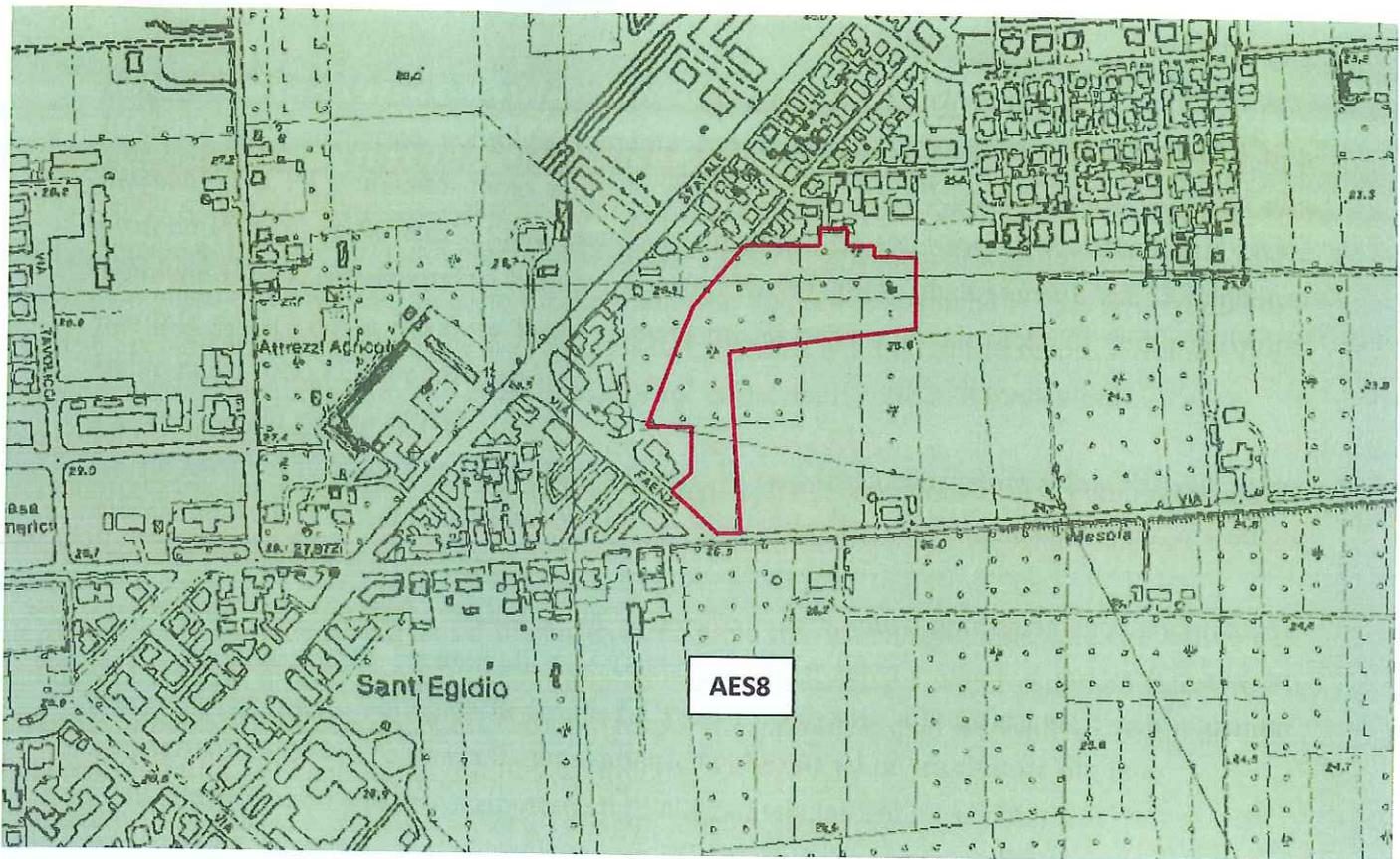


Stralcio di C.T.R. in scala 1:25.000

(Da tavoletta 100 II NE)

 Area d'indagine





Legenda

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

-  AES - Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore
-  AES8 - Subsistema di Ravenna

AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di trascinamento fluviale (piana inondabile, argine, e trascinamenti indifferenziati). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvion Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità circa 28 metri.

Pleistocene sup. - Olocene

INDAGINI ESEGUITE , METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI

Il sito è stato esplorato complessivamente con cinque (6) penetrometrie statiche di tipo meccanico (CPT), ubicate come indicato nella planimetria allegata e spinte ciascuna alla profondità di m-15.00 dall'attuale piano di campagna. Si sono inoltre realizzate due prove sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con le quali si è valutata la frequenza naturale del terreno e il valore V_{S30} (velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi trenta metri sotto alle fondazioni).

Penetrometria statica (CPT)

La penetrometria statica consiste nel valutare la resistenza alla penetrazione di una punta meccanica (CPT) di caratteristiche e dimensioni standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante : $v = 2$ cm/s +/- 0.5 cm/s.

La penetrazione avviene mediante un dispositivo di spinta opportunamente ancorato, che agisce su una doppia batteria di aste (esterne cave e interne piene e coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario alla infissione viene registrato, ad intervalli di 20 cm, da una cella tensiometrica collegata ad un trasduttore digitale.

I dati rilevati durante la prova, riportati sugli allegati tabulati, sono i seguenti:

$q_c(Rp)(kg/cm^2)$ resistenza statica alla punta; $f_s(Rl)(kg/cm^2)$ resistenza all'attrito laterale locale

Prova sismica (HSVR)

La prova sismica, basata sulla registrazione dei microtremori naturali, è stata realizzata con un tromometro digitale modello "Tromino" al cui interno sono posizionati tre velocimetri elettrodinamici ortogonali e ad alta definizione, con intervallo di frequenza compreso fra 0.1 e 256 Hz. Il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo pari a 20 minuti. Per la determinazione della velocità delle onde di taglio e quindi del valore V_{S30} si è utilizzato un codice di calcolo in grado di interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde superficiali (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piano paralleli (i risultati sono riportati in allegato al capitolo relativo alla caratterizzazione sismica del sito d'indagine).

ALLEGATI

Planimetria in scala 1:1.000 con ubicate prove CPT e HVSR

Tabulati con dati penetrometrici

N°6 Profili penetrometrici comprensivi di colonne stratigrafiche



Planimetria in scala 1:1.000

- Ubicazione penetrometrie
- Ubicazione prove sismiche HVSR
- Traccia sezioni stratigrafiche

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: S.O.M. Società Operai e Muratori di Cesena e altri Cantiere: Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09) Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...	PAGANI 100 kN
Prova eseguita in data	13/09/2011
Profondità prova	m-15.00
	Falda idrica: Quota iniziale = m-12.60

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	46	73	46.138	3.066667	15.0449983646741	6.64672720967532
0.40	95	141	95.138	3.533333	26.9258515967785	3.71390296201308
0.60	83	136	83.138	3.533333	23.5296248612854	4.24996150977892
0.80	106	159	106.138	3.466667	30.6167278253146	3.26618835855207
1.00	95	147	95.138	3	31.7126666666667	3.15331413315394
1.20	89	134	89.276	3.466667	25.7526898314721	3.88308952013979
1.40	83	135	83.276	2.6	32.0292307692308	3.12214803785004
1.60	45	84	45.276	3.133333	14.4497887712541	6.92051638837353
1.80	43	90	43.276	3.6	12.0211111111111	8.31869858582124
2.00	30	84	30.276	2.533333	11.9510542040861	8.36746267670762
2.20	26	64	26.414	2.666667	9.90524876184391	10.0956576058151
2.40	27	67	27.414	2.2	12.4609090909091	8.02509666593711
2.60	27	60	27.414	2.8	9.79071428571429	10.2137593930109
2.80	22	64	22.414	1.933333	11.5934502747328	8.62555991790845
3.00	24	53	24.414	1.4	17.4385714285714	5.73441468010158
3.20	20	41	20.552	1.466667	14.0127240880173	7.13637115609186
3.40	19	41	19.552	1.266667	15.4357854116354	6.47845233224223
3.60	23	42	23.552	1.466667	16.0581781685959	6.22735648777174
3.80	20	42	20.552	1.266667	16.2252588880898	6.16322985597509
4.00	19	38	19.552	1	19.552	5.11456628477905
4.20	18	33	18.69	0.9333333	20.0250007151786	4.99375762439807
4.40	14	28	14.69	0.8	18.3625	5.44588155207624
4.60	17	29	17.69	0.866667	20.4115376764793	4.89918993781798
4.80	14	27	14.69	0.866667	16.9499993480769	5.89970524166099
5.00	19	32	19.69	0.866667	22.7192298954142	4.40155764347384
5.20	20	33	20.828	1.066667	19.5262438980488	5.12131265603995
5.40	18	34	18.828	1.066667	17.6512444839861	5.66532292330572
5.60	15	31	15.828	0.866667	18.2630762206509	5.47552880970432
5.80	16	29	16.828	0.7333333	22.9472737703306	4.35781613976705
6.00	15	26	15.828	0.666667	23.7419988129001	4.21194528683346
6.20	13	23	13.966	0.666667	20.9489989525501	4.77349778032364
6.40	12	22	12.966	0.5333334	24.3112469610941	4.11332253586303
6.60	11	19	11.966	0.466667	25.6414267398981	3.89993899381581
6.80	12	19	12.966	0.466667	27.784283729694	3.59915702606818
7.00	12	19	12.966	0.466667	27.784283729694	3.59915702606818
7.20	13	20	14.104	0.666667	21.1559989422001	4.72679169030062
7.40	12	22	13.104	0.666667	19.6559990172	5.08750534188034
7.60	12	22	13.104	0.666667	19.6559990172	5.08750534188034
7.80	16	26	17.104	0.5333334	32.0699959912505	3.11817937324602
8.00	13	21	14.104	0.7333333	19.2327281469422	5.19947036301758
8.20	11	22	12.242	0.5333334	22.9537471307816	4.35658715896095
8.40	10	18	11.242	0.5333334	21.0787473651566	4.74411492616972
8.60	15	23	16.242	0.666667	24.3629987818501	4.10458502647457
8.80	15	25	16.242	0.666667	24.3629987818501	4.10458502647457
9.00	13	23	14.242	0.666667	21.3629989318501	4.68099073163881
9.20	13	23	14.38	0.666667	21.5699989215001	4.63606884561891
9.40	13	23	14.38	0.7333333	19.6090918004133	5.0996752433936
9.60	18	29	19.38	0.9333333	20.7642864558674	4.8159613003096
9.80	18	32	19.38	1	19.38	5.15995872033024

10.00	16	31	17.38	0.7333333	23.7000010772728	4.21940909090909
10.20	18	29	19.518	0.8	24.3975	4.0987806127677
10.40	19	31	20.518	0.8666667	23.6746144740533	4.22393361926114
10.60	23	36	24.518	0.9333333	26.2692866524745	3.80672689452647
10.80	21	35	22.518	0.8666667	25.9823066929882	3.84877298161471
11.00	14	27	15.518	0.5333334	29.0962463629692	3.43686944193839
11.20	14	22	15.656	0.4	39.14	2.55493101686255
11.40	13	19	14.656	0.7333333	19.9854554538843	5.00363878275109
11.60	17	28	18.656	0.8666667	21.5261530182249	4.64551189965695
11.80	15	28	16.656	0.7333333	22.712728305124	4.40281760326609
12.00	14	25	15.656	0.9333333	16.7742863133674	5.96150549310169
12.20	25	39	26.794	0.9333333	28.7078581681378	3.48336679853699
12.40	23	37	24.794	1.4	17.71	5.64652738565782
12.60	18	39	19.794	0.8666667	22.8392298907989	4.37843134283116
12.80	14	27	15.794	0.6	26.3233333333333	3.79891097885273
13.00	15	24	16.794	0.7333333	22.9009101318596	4.36663868048112
13.20	14	25	15.932	0.5333334	29.872496265938	3.34756088375596
13.40	23	31	24.932	1	24.932	4.01090967431414
13.60	25	40	26.932	0.8666667	31.0753834201776	3.21798121194119
13.80	15	28	16.932	1	16.932	5.90597684857075
14.00	15	30	16.932	0.9333333	18.1414292193368	5.51224486180014
14.20	19	33	21.07	0.8	26.3375	3.796867584243
14.40	18	30	20.07	0.8666667	23.1576914170119	4.3182197309417
14.60	20	33	22.07	0.8666667	25.4653836359468	3.92689941096511
14.80	17	30	19.07	1.066667	17.8781194130877	5.59342947037231
15.00	19	35	21.07	0		0

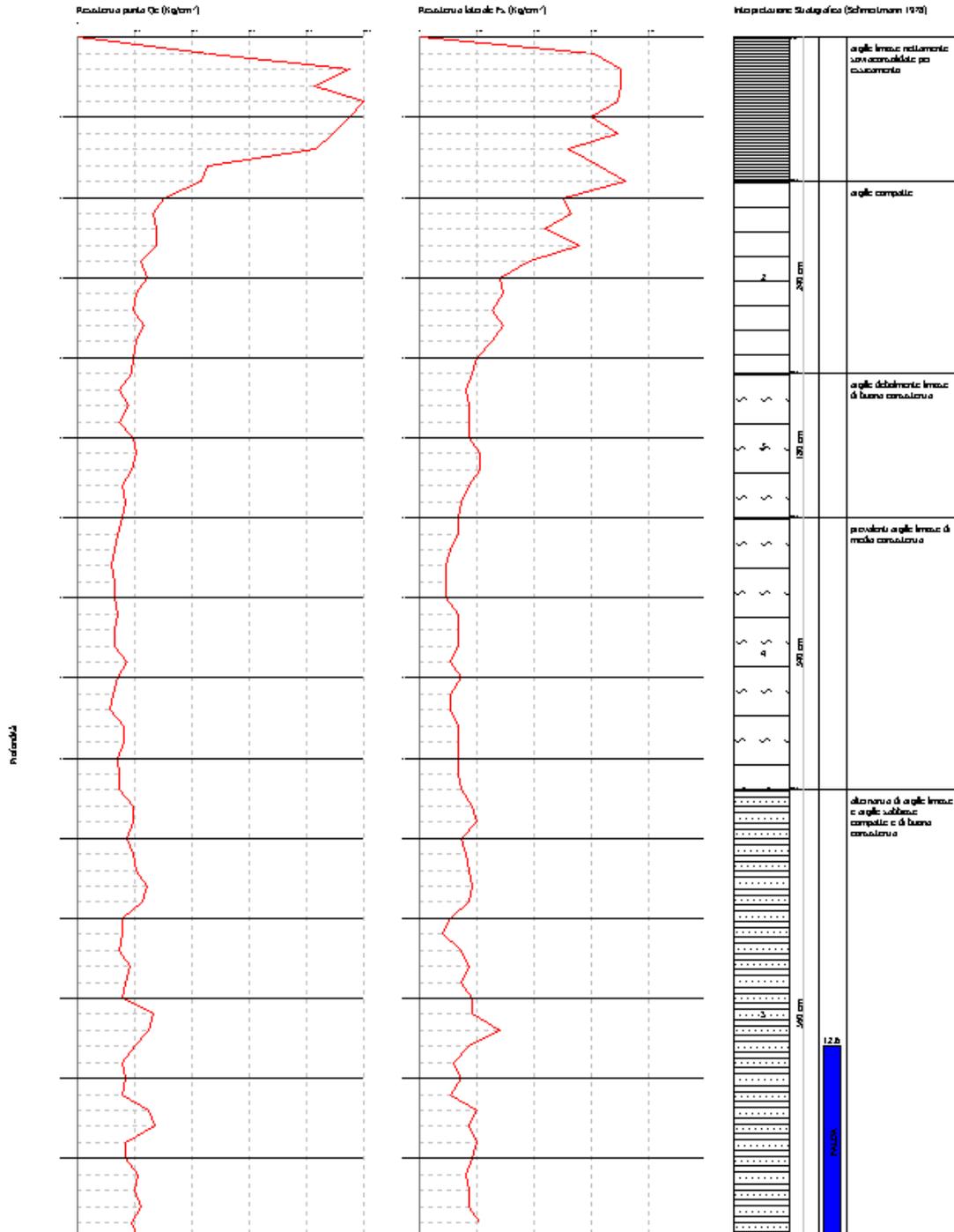
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.80	76.31045	3.266667	2.188211	Coesivo	argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento
4.20	23.39967	1.744444	1.992354	Coesivo	argille compatte
6.00	17.21111	0.8666667	1.935681	Coesivo	argille debolmente limose di buona consistenza
9.40	13.84236	0.6078432	1.88992	Coesivo	prevalenti argille limose di media consistenza
15.00	19.60679	0.8142858	1.942627	Coesivo	alternanza di argille limose e argille sabbiose compatte e di buona consistenza

Profilo CPT - Core Penetration Test
 Sperimentazione... PASCANI 100 kN
 Diagramma Risultato c.p.t.

Committente : S.O.M. Società Opere e Progetti di Costruzione e altri
 Cliente : Puro Urbanistica Allavone (P.U.A. - At 2-04/09)
 Località : S. Agata di Cozzano, via Puzzone

Data : 15/07/2011

Scala 1:10



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: S.O.M. Società Operai e Muratori di Cesena e altri
 Cantiere: Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
 Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 13/09/2011
 Profondità prova m-15.00
 Falda idrica: Quota iniziale = m-12.60

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	74	97	74.138	1.8	41.1877777777778	2.42790471822817
0.40	68	95	68.138	2.8	24.335	4.10930758167249
0.60	81	123	81.138	3.533333	22.9635870720365	4.35472035297887
0.80	85	138	85.138	3	28.3793333333333	3.52369094881252
1.00	94	139	94.138	3.066667	30.6971705763945	3.25762922518005
1.20	101	147	101.276	3.133333	32.322131098099	3.09385540503179
1.40	107	154	107.276	1.866667	57.4692754519151	1.74006021850181
1.60	58	86	58.276	3.2	18.21125	5.49111126364198
1.80	49	97	49.276	2.933333	16.7986382725725	5.95286346294342
2.00	40	84	40.276	3.066667	13.1334768333177	7.61413000297944
2.20	57	103	57.414	3	19.138	5.22520639565263
2.40	53	98	53.414	3.2	16.691875	5.99093870520837
2.60	39	87	39.414	3.066667	12.8523899073489	7.78065408230578
2.80	35	81	35.414	2.933333	12.0729559173814	8.28297565934376
3.00	30	74	30.414	2.533333	12.0055278954642	8.32949628460577
3.20	33	71	33.552	2.8	11.9828571428571	8.34525512637101
3.40	31	73	31.552	2.733333	11.54341604188	8.66294688133874
3.60	29	70	29.552	2.6	11.3661538461538	8.79805089334055
3.80	27	66	27.552	1.866667	14.7599973642862	6.77506896051103
4.00	23	51	23.552	1.733333	13.5876949207106	7.35960003396739
4.20	24	50	24.69	1.333333	18.5175046293762	5.40029566626164
4.40	22	42	22.69	1.133333	20.0205941237042	4.99485676509476
4.60	23	40	23.69	1.333333	17.7675044418761	5.62825242718447
4.80	21	41	21.69	1.6	13.55625	7.37667127708621
5.00	24	48	24.69	1.4	17.6357142857143	5.67031186715269
5.20	22	43	22.828	1.4	16.3057142857143	6.13281934466445
5.40	18	39	18.828	1.266667	14.8642066146825	6.72757063947313
5.60	17	36	17.828	1.2	14.8566666666667	6.73098496746691
5.80	17	35	17.828	1.066667	16.7137447769548	5.98309961857752
6.00	20	36	20.828	1.066667	19.5262438980488	5.12131265603995
6.20	18	34	18.966	1	18.966	5.27259306126753
6.40	19	34	19.966	1	19.966	5.00851447460683
6.60	20	35	20.966	1	20.966	4.76962701516741
6.80	18	33	18.966	0.866667	21.8838453121598	4.56958082885163
7.00	15	28	15.966	1.066667	14.9681203224624	6.68086558937743
7.20	17	33	18.104	1.2	15.0866666666667	6.6283694211224
7.40	18	36	19.104	1	19.104	5.23450586264657
7.60	16	31	17.104	1	17.104	5.8465855940131
7.80	14	29	15.104	0.733333	20.596364572562	4.85522576800847
8.00	12	23	13.104	0.6	21.84	4.57875457875458
8.20	13	22	14.242	0.533333	26.7037466620317	3.74479286617048
8.40	10	18	11.242	0.6	18.7366666666667	5.33712862479986
8.60	12	21	13.242	0.6	22.07	4.53103760761214
8.80	11	20	12.242	0.6	20.4033333333333	4.90115994118608
9.00	11	20	12.242	0.6	20.4033333333333	4.90115994118608
9.20	13	22	14.38	0.6	23.9666666666667	4.17246175243394
9.40	14	23	15.38	0.533333	28.837496395313	3.46770741222367
9.60	12	20	13.38	0.666667	20.0699989965001	4.98256128550075
9.80	11	21	12.38	0.666667	18.5699990715001	5.38502988691438

10.00	12	22	13.38	0.6	22.3	4.48430493273543
10.20	15	24	16.518	1	16.518	6.05400169512047
10.40	17	32	18.518	0.9333333	19.8407149943112	5.04014094394643
10.60	16	30	17.518	0.7333333	23.8881829040083	4.18617022491152
10.80	12	23	13.518	0.6	22.53	4.43852640923213
11.00	10	19	11.518	0.6	19.1966666666667	5.20923771488106
11.20	11	20	12.656	0.5333334	23.7299970337504	4.21407553729456
11.40	11	19	12.656	0.6	21.0933333333333	4.74083438685209
11.60	12	21	13.656	0.6	22.76	4.39367311072056
11.80	16	25	17.656	0.6	29.4266666666667	3.39827820570911
12.00	15	24	16.656	0.6	27.76	3.60230547550432
12.20	12	21	13.794	0.6666667	20.6909989654501	4.83301942873713
12.40	13	23	14.794	0.5333334	27.7387465326567	3.60506556712181
12.60	15	23	16.794	0.6	27.99	3.57270453733476
12.80	13	22	14.794	0.5333334	27.7387465326567	3.60506556712181
13.00	12	20	13.794	0.6666667	20.6909989654501	4.83301942873713
13.20	15	25	16.932	0.6	28.22	3.54358610914245
13.40	14	23	15.932	0.6	26.5533333333333	3.76600552347477
13.60	16	25	17.932	0.7333333	24.4527283842149	4.08952319875084
13.80	17	28	18.932	0.6	31.5533333333333	3.1692372702303
14.00	14	23	15.932	0.8666667	18.3830762160355	5.43978596535275
14.20	19	32	21.07	0.7333333	28.73181948781	3.48046179401993
14.40	15	26	17.07	0.6666667	25.6049987197501	3.90548740480375
14.60	14	24	16.07	0.6	26.7833333333333	3.73366521468575
14.80	16	25	18.07	0.8	22.5875	4.42722744881018
15.00	17	29	19.07	0		0

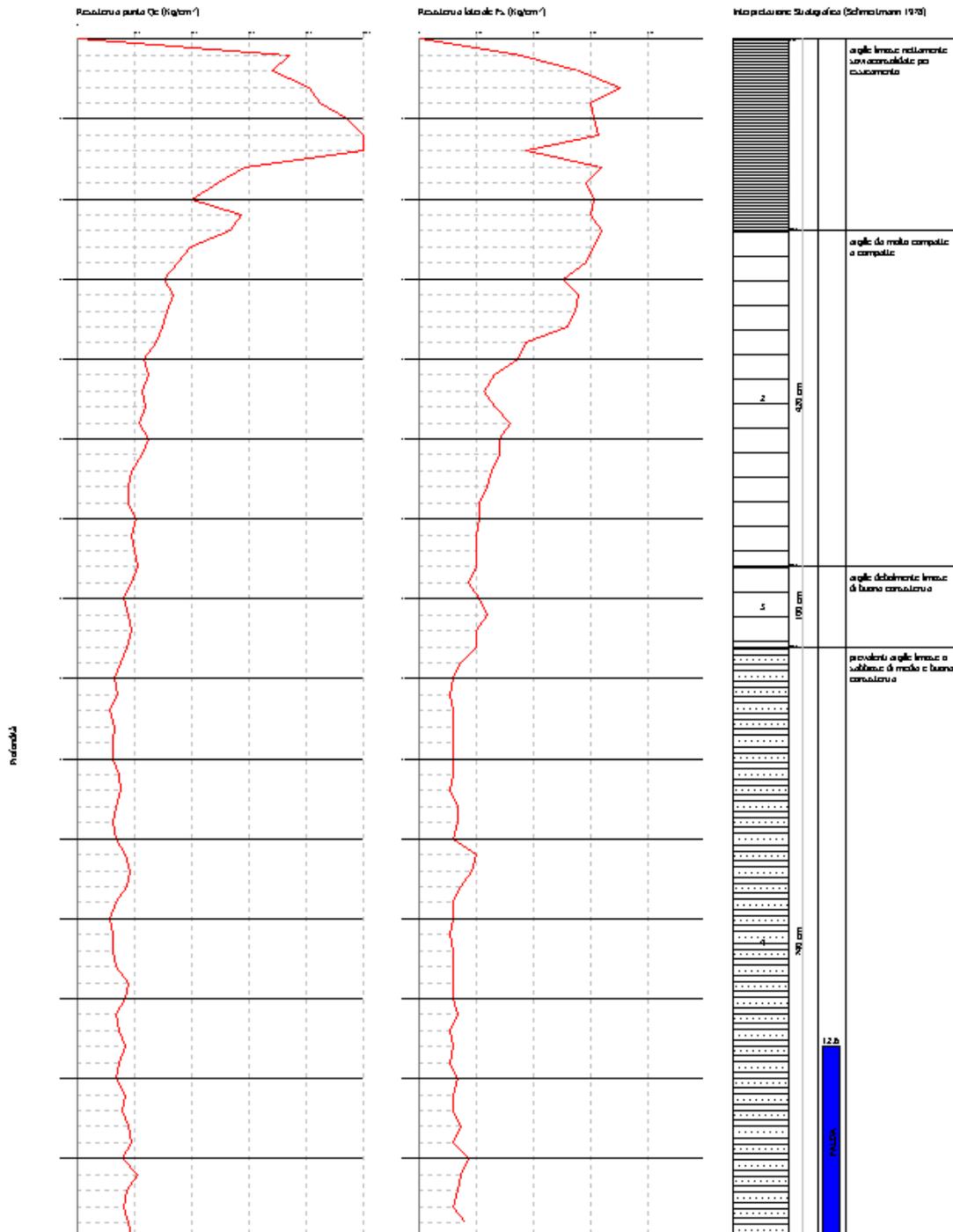
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.40	72.4915	2.883333	2.160257	Coesivo	argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento
6.60	25.07096	1.71746	1.999503	Coesivo	argille da molto compatte a compatte
7.60	17.8488	1.026667	1.939355	Coesivo	argille debolmente limose di buona consistenza
15.00	15.19373	0.6306307	1.897287	Coesivo	prevalenti argille limose o sabbiose di media e buona consistenza

Probe CPT - Core Perforation P6.2
 Sperimentazione... PASCANI 100 kN
 Diagramma Risultato q_c & f_s

Committente : S.O.M. Società Opere e Progetti di Costruzione e altri
 Cliente : Puro Urbanistica Assistenza (P.U.A. - Art.2-04/07)
 Località : S. Zeghe di Cozzano, via Puzos

Data : 15/07/2011

Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: S.O.M. Società Operai e Muratori di Cesena e altri
 Cantiere: Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
 Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova

PAGANI 100 kN
 13/09/2011
 m-15.00
 Falda idrica: Quota iniziale = m-12.60

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	68	96	68.138	2.733333	24.9285396254317	4.01146643576272
0.40	83	124	83.138	2.933333	28.342503220739	3.52826986456253
0.60	72	116	72.138	1.6	45.08625	2.21797111092628
0.80	69	93	69.138	2.066667	33.4538655719572	2.98919118285169
1.00	53	84	53.138	1.133333	46.8864843783778	2.13281079453498
1.20	46	63	46.276	1.066667	43.3837364425824	2.30501123692627
1.40	35	51	35.276	1.8	19.5977777777778	5.10261934459689
1.60	30	57	30.276	2.533333	11.9510542040861	8.36746267670762
1.80	37	75	37.276	3.466667	10.7526912737797	9.29999731730872
2.00	67	119	67.276	4.933333	13.6370279484478	7.33297609846008
2.20	62	136	62.414	5.133333	12.1585722180891	8.22464991828756
2.40	54	131	54.414	4.866667	11.1809581382905	8.94377733671482
2.60	41	114	41.414	2.866667	14.4467425061927	6.92197566040469
2.80	23	66	23.414	2.066667	11.3293530113947	8.82662936704536
3.00	24	55	24.414	2	12.207	8.19202097157369
3.20	25	55	25.552	1.866667	13.6885689841841	7.3053655291171
3.40	25	53	25.552	1.4	18.2514285714286	5.47902316844083
3.60	22	43	22.552	1.2	18.7933333333333	5.32103582830791
3.80	20	38	20.552	1	20.552	4.86570650058388
4.00	19	34	19.552	0.8	24.44	4.09165302782324
4.20	21	33	21.69	0.8	27.1125	3.68833563854311
4.40	23	35	23.69	0.866667	27.3346143332841	3.6583651329675
4.60	17	30	17.69	0.866667	20.4115376764793	4.89918993781798
4.80	18	31	18.69	0.8	23.3625	4.28036383092563
5.00	17	29	17.69	0.866667	20.4115376764793	4.89918993781798
5.20	15	28	15.828	0.666667	23.7419988129001	4.21194528683346
5.40	13	23	13.828	0.533333	25.9274967590629	3.8569091698004
5.60	13	21	13.828	0.533333	25.9274967590629	3.8569091698004
5.80	12	20	12.828	0.666667	19.2419990379	5.19696523230433
6.00	11	21	11.828	0.533333	22.1774972278128	4.50907507609063
6.20	11	19	11.966	0.466667	25.6414267398981	3.89993899381581
6.40	10	17	10.966	0.533333	20.5612474298441	4.86351814699982
6.60	15	23	15.966	0.666667	23.9489988025501	4.17553989728172
6.80	10	20	10.966	0.4	27.415	3.64763815429509
7.00	8	14	8.966	0.466667	19.2128557705103	5.20484831585992
7.20	9	16	10.104	0.333333	30.3120030312003	3.29902315914489
7.40	11	16	12.104	0.666667	18.1559990922	5.50782138136153
7.60	14	24	15.104	1.4	10.7885714285714	9.26906779661017
7.80	20	41	21.104	1.533333	13.7634812529307	7.26560367702805
8.00	29	52	30.104	0.933333	32.2542868662245	3.10036307467446
8.20	24	38	25.242	0.733333	34.4209106554959	2.9052107598447
8.40	17	28	18.242	0.8	22.8025	4.38548404780178
8.60	18	30	19.242	0.866667	22.2023068383728	4.50403648269411
8.80	18	31	19.242	0.733333	26.2390921017769	3.81110747323563
9.00	17	28	18.242	0.733333	24.8754556761571	4.02002686108979
9.20	13	24	14.38	0.666667	21.5699989215001	4.63606884561891
9.40	14	24	15.38	0.733333	20.9727282260331	4.76809687906372
9.60	13	24	14.38	0.4	35.95	2.78164116828929
9.80	12	18	13.38	0.333333	40.1400040140004	2.4912802690583

10.00	9	14	10.38	0.4666667	22.2428555540818	4.49582562620424
10.20	10	17	11.518	0.3333333	34.5540034554003	2.8940206633096
10.40	13	18	14.518	0.6	24.1966666666667	4.13280066124811
10.60	13	22	14.518	0.4666667	31.1099977778573	3.21440074390412
10.80	11	18	12.518	0.4	31.295	3.19539862597859
11.00	13	19	14.518	0.6666667	21.7769989111501	4.59200096432015
11.20	13	23	14.656	0.4666667	31.4057120424491	3.1841341430131
11.40	11	18	12.656	0.4666667	27.1199980628573	3.68731589759798
11.60	13	20	14.656	0.6666667	21.9839989008001	4.5487629639738
11.80	13	23	14.656	0.4666667	31.4057120424491	3.1841341430131
12.00	11	18	12.656	0.4666667	27.1199980628573	3.68731589759798
12.20	13	20	14.794	0.4666667	31.701426307041	3.15443220224415
12.40	13	20	14.794	0.5333334	27.7387465326567	3.60506556712181
12.60	11	19	12.794	0.4666667	27.4157123274491	3.64754337970924
12.80	14	21	15.794	0.5333334	29.6137462982817	3.37681018108142
13.00	16	24	17.794	0.6	29.6566666666667	3.37192312015286
13.20	12	21	13.932	0.6666667	20.8979989551001	4.7851471432673
13.40	14	24	15.932	0.5333334	29.872496265938	3.34756088375596
13.60	16	24	17.932	1.4	12.8085714285714	7.80727191612759
13.80	18	39	19.932	0.6666667	29.8979985051001	3.34470549869556
14.00	15	25	16.932	0.6666667	25.3979987301001	3.93731809591306
14.20	15	25	17.07	0.5333334	32.0062459992193	3.12439015817223
14.40	14	22	16.07	0.6	26.7833333333333	3.73366521468575
14.60	16	25	18.07	0.5333334	33.8812457648443	2.95148533480908
14.80	16	24	18.07	0.6666667	27.1049986447501	3.68935639180963
15.00	15	25	17.07	0		0

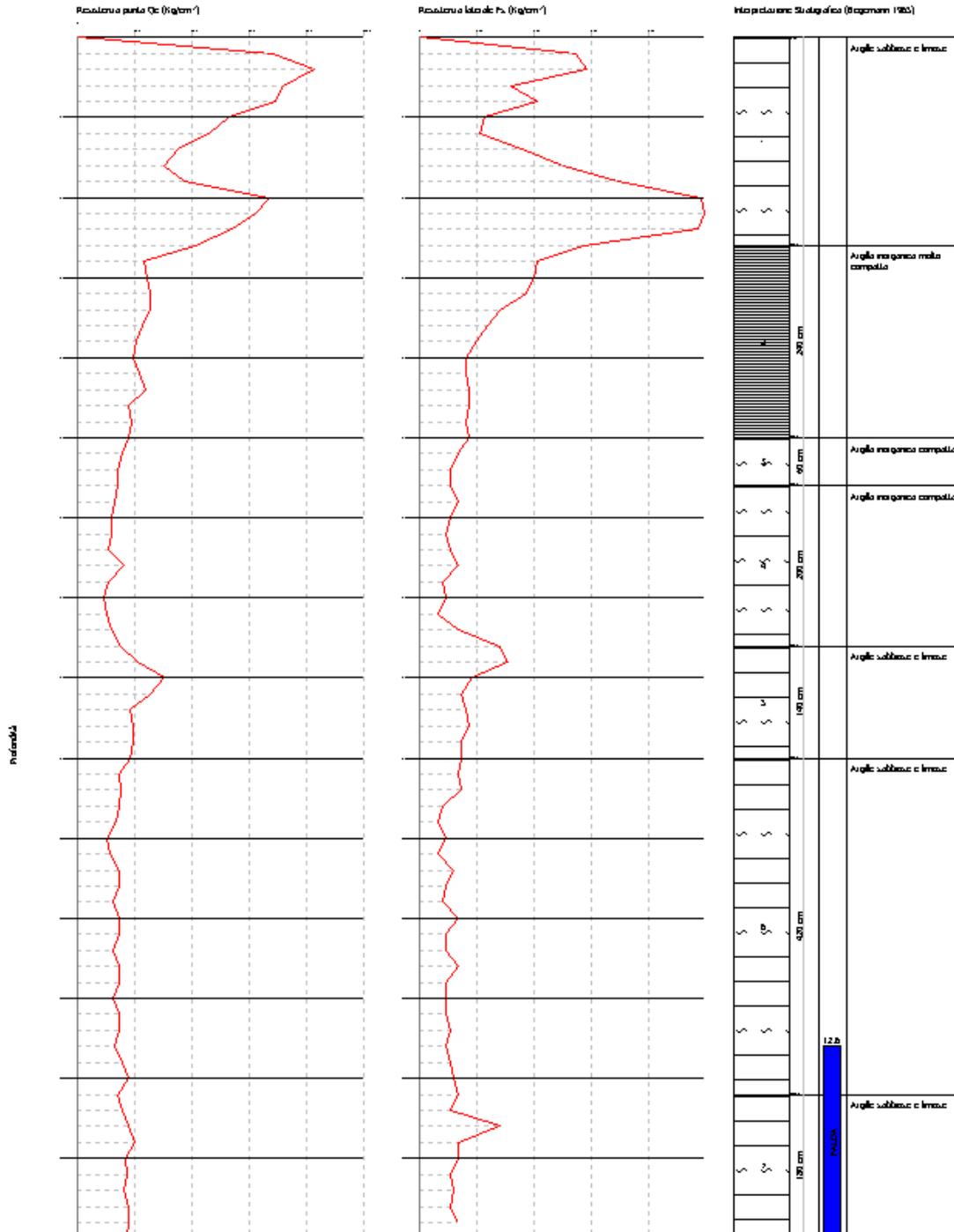
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.60	55.40862	2.85641	2.154448	Coesivo	Argille sabbiose e limose
5.00	21.75317	1.211111	2.018772	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
5.60	14.49467	0.5777778	1.961004	Coesivo	Argilla inorganica compatta
7.60	12.0798	0.6133333	1.949332	Coesivo	Argilla inorganica compatta
9.00	21.63115	0.9047618	1.877499	Coesivo	Argille sabbiose e limose
13.20	14.032	0.5174604	1.893559	Coesivo	Argille sabbiose e limose
15.00	17.45311	0.6222222	1.921375	Coesivo	Argille sabbiose e limose

Profilo CPT - Case Paredi del F. S.
 Sperimento alla scala... PASCANI 100 kN
 Diagramma Risultato: q_c & f_s

Committente : S.O.M. Società Opere e Progetti di Costruzione e altri
 Contatto : Puro Urbanistica Assistenza (P.U.A. - Art. 2-04/07)
 Località : S. Angelo di Caserta, via Puzos

Data : 15/07/2011

Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: S.O.M. Società Operai e Muratori di Cesena e altri
 Cantiere: Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
 Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 14/09/2011
 Profondità prova m-15.00
 Falda idrica: Quota iniziale = m-12.60

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	58	83	58.138	3	19.3793333333333	5.16013622759641
0.40	81	126	81.138	3	27.046	3.69740442209569
0.60	87	132	87.138	2.066667	42.1635415865256	2.37171727604489
0.80	74	105	74.138	1.4	52.9557142857143	1.88837033639969
1.00	66	87	66.138	1.466667	45.0940806604362	2.21758595663612
1.20	47	69	47.276	3.133333	15.0880867114986	6.62774557915221
1.40	45	92	45.276	2	22.638	4.41735135612687
1.60	38	68	38.276	2.733333	14.00341634188	7.14111453652419
1.80	35	76	35.276	3.133333	11.2582990700318	8.88233643270212
2.00	53	100	53.276	4.533333	11.7520596876514	8.50914670771079
2.20	50	118	50.414	3.133333	16.0895761797421	6.21520410996945
2.40	44	91	44.414	3.6	12.3372222222222	8.10555230332778
2.60	31	85	31.414	3.2	9.816875	10.1865410326606
2.80	29	77	29.414	3.066667	9.59152069657384	10.4258754334671
3.00	27	73	27.414	2.866667	9.56302214383464	10.4569453563872
3.20	32	75	32.552	2.666667	12.2069984741252	8.19202199557631
3.40	27	67	27.552	2.2	12.5236363636364	7.98490127758421
3.60	24	57	24.552	1.333333	18.4140046035011	5.43064923427827
3.80	26	46	26.552	1.4	18.9657142857143	5.27267249171437
4.00	21	42	21.552	1.066667	20.2049936859395	4.94927152932442
4.20	23	39	23.69	1.333333	17.7675044418761	5.62825242718447
4.40	24	44	24.69	1.666667	14.8139970372006	6.75037262049413
4.60	20	45	20.69	1.333333	15.517503879376	6.44433542774287
4.80	23	43	23.69	1.666667	14.2139971572006	7.03531869987336
5.00	22	47	22.69	1.533333	14.7978293038759	6.75774790656677
5.20	19	42	19.828	1.4	14.1628571428571	7.06072221101473
5.40	16	37	16.828	1.2	14.0233333333333	7.13097218920846
5.60	18	36	18.828	1.133333	16.6129460626312	6.0194019545358
5.80	17	34	17.828	0.866667	20.5707684395858	4.86126710792013
6.00	16	29	16.828	1	16.828	5.94247682434039
6.20	19	34	19.966	0.8	24.9575	4.00681157968546
6.40	21	33	21.966	0.866667	25.3453836405622	3.94549166894291
6.60	21	34	21.966	0.666667	32.9489983525501	3.0349936265137
6.80	16	26	16.966	0.666667	25.4489987275501	3.92942767888719
7.00	13	23	13.966	1.066667	13.0931209083997	7.6375984533868
7.20	25	41	26.104	1.133333	23.032947950867	4.34160665032179
7.40	18	35	19.104	0.733333	26.0509102750414	3.83863745812395
7.60	17	28	18.104	0.733333	24.6872738494215	4.05067001767565
7.80	10	21	11.104	0.4	27.76	3.60230547550432
8.00	12	18	13.104	0.533333	24.5699969287504	4.07000457875458
8.20	11	19	12.242	0.4	30.605	3.26743996079072
8.40	10	16	11.242	0.4	28.105	3.55808574986657
8.60	12	18	13.242	0.533333	24.8287468964066	4.02758948799275
8.80	16	24	17.242	0.666667	25.8629987068501	3.86652766500406
9.00	11	21	12.242	0.466667	26.2328552690818	3.81201355987584
9.20	12	19	13.38	0.666667	20.0699989965001	4.98256128550075
9.40	12	22	13.38	0.666667	20.0699989965001	4.98256128550075
9.60	13	23	14.38	0.6	23.9666666666667	4.17246175243394
9.80	10	19	11.38	0.8	14.225	7.0298769771529

10.00	17	29	18.38	1.333333	13.7850034462509	7.25426006528836
10.20	19	39	20.518	0.6666667	30.7769984611501	3.24917974461448
10.40	10	20	11.518	0.5333334	21.5962473004691	4.63043410314291
10.60	13	21	14.518	0.6666667	21.7769989111501	4.59200096432015
10.80	10	20	11.518	0.9333333	12.3407147264541	8.10325837819066
11.00	14	28	15.518	0.8666667	17.905383926716	5.58491235984019
11.20	13	26	14.656	0.8666667	16.9107685803551	5.9133917849345
11.40	15	28	16.656	1.133333	14.6964749107279	6.8043527857829
11.60	15	32	16.656	0.5333334	31.2299960962505	3.20204971181556
11.80	11	19	12.656	0.4666667	27.1199980628573	3.68731589759798
12.00	12	19	13.656	0.4	34.14	2.92911540714704
12.20	13	19	14.794	0.4666667	31.701426307041	3.15443220224415
12.40	14	21	15.794	0.5333334	29.6137462982817	3.37681018108142
12.60	12	20	13.794	0.5333334	25.8637467670317	3.86641583297086
12.80	12	20	13.794	0.9333333	14.7792862421174	6.76622662026968
13.00	17	31	18.794	0.8666667	21.6853837813314	4.61140097903586
13.20	15	28	16.932	0.4	42.33	2.3623907394283
13.40	12	18	13.932	0.7333333	18.9981826817356	5.2636613551536
13.60	18	29	19.932	0.8666667	22.9984606539054	4.34811709813366
13.80	12	25	13.932	0.8666667	16.0753839971006	6.22069121447028
14.00	23	36	24.932	0.9333333	26.7128580968878	3.74351556232954
14.20	14	28	16.07	0.6	26.7833333333333	3.73366521468575
14.40	12	21	14.07	0.8	17.5875	5.68585643212509
14.60	15	27	17.07	0.7333333	23.2772737853306	4.29603573520797
14.80	14	25	16.07	0.7333333	21.9136373597108	4.56336838830118
15.00	16	27	18.07	0		0

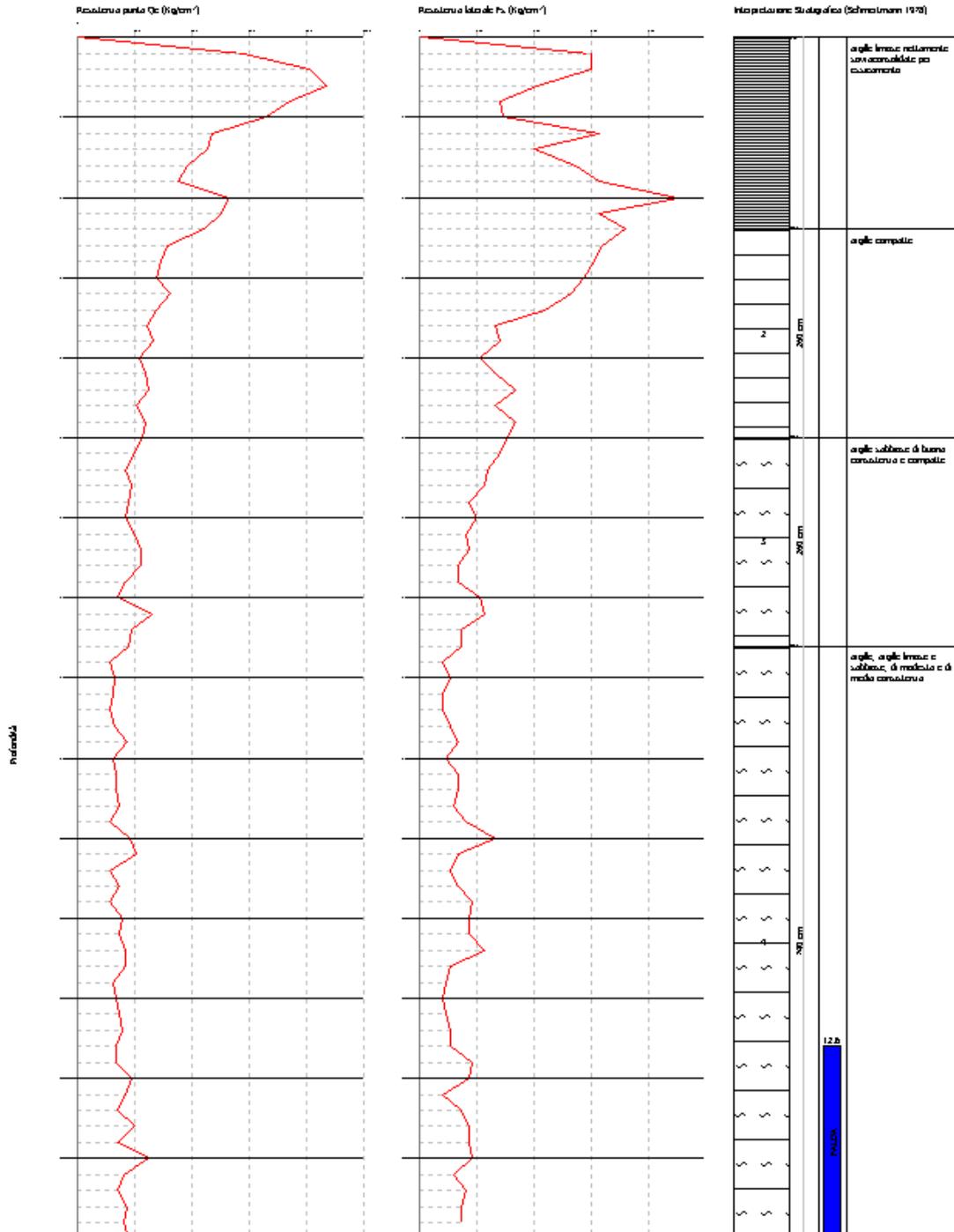
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.40	56.7415	2.766667	2.116309	Coesivo	argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento
5.00	25.88092	1.948718	2.009606	Coesivo	argille compatte
7.60	19.09862	0.9435897	1.951566	Coesivo	argille sabbiose di buona consistenza e compatte
15.00	15.0586	0.6630631	1.892107	Coesivo	argille, argille limose e sabbiose, di modesta e di media consistenza

Probe CPT - Core Percolation P6-A
 Sperimentazione... PASCANI 100 KN
 Diagramma Risultato q_c & f_s

Committente : S.O.M. - Società Opere e Progetti di Costruzione e altri
 Cliente : Pura Urbanistica Allastina (P.U.A. - A.T.S. 04/07)
 Località : S. Angelo di Cosentino, via Pizzuto

Data : 14/07/2011

Scala 1:10



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: S.O.M. Società Operai e Muratori di Cesena e altri
 Cantiere: Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
 Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 14/09/2011
 Profondità prova m-15.00
 Falda idrica: Quota iniziale = m-12.60

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	65	93	65.138	2.866667	22.7225554973773	4.40091344530075
0.40	71	114	71.138	2.533333	28.0807931685254	3.56115297028311
0.60	58	96	58.138	2.466667	23.5694562743978	4.24277924937218
0.80	42	79	42.138	1.933333	21.7955209992278	4.58809862831648
1.00	41	70	41.138	2.266667	18.1491149780713	5.5099105449949
1.20	39	73	39.276	3.733333	10.5203580821748	9.50537987575109
1.40	35	91	35.276	3.133333	11.2582990700318	8.88233643270212
1.60	35	82	35.276	3.6	9.79888888888889	10.2052386891938
1.80	24	78	24.276	2.8	8.67	11.5340253748558
2.00	30	72	30.276	2.8	10.8128571428571	9.24824943849914
2.20	29	71	29.414	2.6	11.3130769230769	8.83932821105596
2.40	26	65	26.414	2.066667	12.7809656804894	7.82413492844703
2.60	24	55	24.414	1.8	13.5633333333333	7.37281887441632
2.80	23	50	23.414	1.8	13.0077777777778	7.68770820876399
3.00	27	54	27.414	1.666667	16.4483967103207	6.07961990223973
3.20	26	51	26.552	1.8	14.7511111111111	6.77915034648991
3.40	19	46	19.552	0.7333333	26.6618193937191	3.75068177168576
3.60	16	27	16.552	0.7333333	22.5709101168596	4.43048151280812
3.80	18	29	18.552	0.8666667	21.4061530228403	4.67155401034929
4.00	19	32	19.552	0.9333333	20.9485721767347	4.77359502864157
4.20	19	33	19.69	1	19.69	5.07872016251905
4.40	17	32	17.69	1	17.69	5.65291124929339
4.60	17	32	17.69	0.9333333	18.9535721054847	5.27605031091012
4.80	15	29	15.69	0.8666667	18.1038454575444	5.52368833652008
5.00	14	27	14.69	0.8666667	16.9499993480769	5.89970524166099
5.20	14	27	14.828	0.8	18.535	5.39519827353655
5.40	17	29	17.828	0.9333333	19.1014292536225	5.23521034328023
5.60	16	30	16.828	0.7333333	22.9472737703306	4.35781613976705
5.80	13	24	13.828	0.7333333	18.8563644934711	5.30324920451258
6.00	15	26	15.828	0.4666667	33.91714043449	2.9483617639626
6.20	16	23	16.966	0.8	21.2075	4.71531297889897
6.40	16	28	16.966	0.8666667	19.5761530932249	5.10825592361193
6.60	17	30	17.966	0.6666667	26.9489986525501	3.71071301346989
6.80	22	32	22.966	1.133333	20.2641236070952	4.93482974832361
7.00	18	35	18.966	0.8666667	21.8838453121598	4.56958082885163
7.20	21	34	22.104	0.6666667	33.1559983422001	3.0160455121245
7.40	17	27	18.104	0.8	22.63	4.41891294741494
7.60	19	31	20.104	0.8666667	23.1969221847338	4.31091673298846
7.80	17	30	18.104	0.6666667	27.1559986422001	3.68242764030049
8.00	14	24	15.104	0.6666667	22.6559988672001	4.4138420286017
8.20	16	26	17.242	0.6666667	25.8629987068501	3.86652766500406
8.40	14	24	15.242	0.7333333	20.7845463992976	4.81126689410838
8.60	14	25	15.242	0.5333334	28.5787464276567	3.49910379215326
8.80	16	24	17.242	0.7333333	23.5118192505372	4.25318002551908
9.00	11	22	12.242	0.7333333	16.6936371224381	5.99030632249632
9.20	13	24	14.38	0.7333333	19.6090918004133	5.0996752433936
9.40	15	26	16.38	1.533333	10.6826110179589	9.36100732600733
9.60	14	37	15.38	0.9333333	16.4785720170919	6.06848699609883
9.80	23	37	24.38	0.8	30.475	3.28137817883511

10.00	15	27	16.38	1.133333	14.4529454273369	6.91900488400488
10.20	16	33	17.518	0.6	29.1966666666667	3.42504852152072
10.40	15	24	16.518	0.4	41.295	2.42160067804819
10.60	18	24	19.518	0.6	32.53	3.07408545957578
10.80	12	21	13.518	0.5333334	25.3462468317191	3.94535730137594
11.00	13	21	14.518	0.6666667	21.7769989111501	4.59200096432015
11.20	12	22	13.656	0.4666667	29.2628550526532	3.41730155243117
11.40	16	23	17.656	0.6	29.4266666666667	3.39827820570911
11.60	15	24	16.656	0.6	27.76	3.60230547550432
11.80	25	34	26.656	0.8	33.32	3.00120048019208
12.00	16	28	17.656	1.133333	15.57882811142	6.41896805618487
12.20	14	31	15.794	0.5333334	29.6137462982817	3.37681018108142
12.40	13	21	14.794	0.8	18.4925	5.407597674733
12.60	14	26	15.794	0.6	26.3233333333333	3.79891097885273
12.80	14	23	15.794	0.4666667	33.8442832968369	2.95470875015829
13.00	14	21	15.794	0.4666667	33.8442832968369	2.95470875015829
13.20	15	22	16.932	0.6	28.22	3.54358610914245
13.40	14	23	15.932	0.6	26.5533333333333	3.76600552347477
13.60	17	26	18.932	0.6666667	28.3979985801001	3.52137492076907
13.80	16	26	17.932	0.6666667	26.8979986551001	3.71774871737676
14.00	14	24	15.932	0.4	39.83	2.51067034898318
14.20	15	21	17.07	1.066667	16.003119999025	6.24878148799063
14.40	57	73	59.07	0.8666667	68.1576896862427	1.46718588115795
14.60	48	61	50.07	1.6	31.29375	3.19552626323148
14.80	18	42	20.07	0.9333333	21.5035721965561	4.65039013452915
15.00	16	30	18.07	0		0

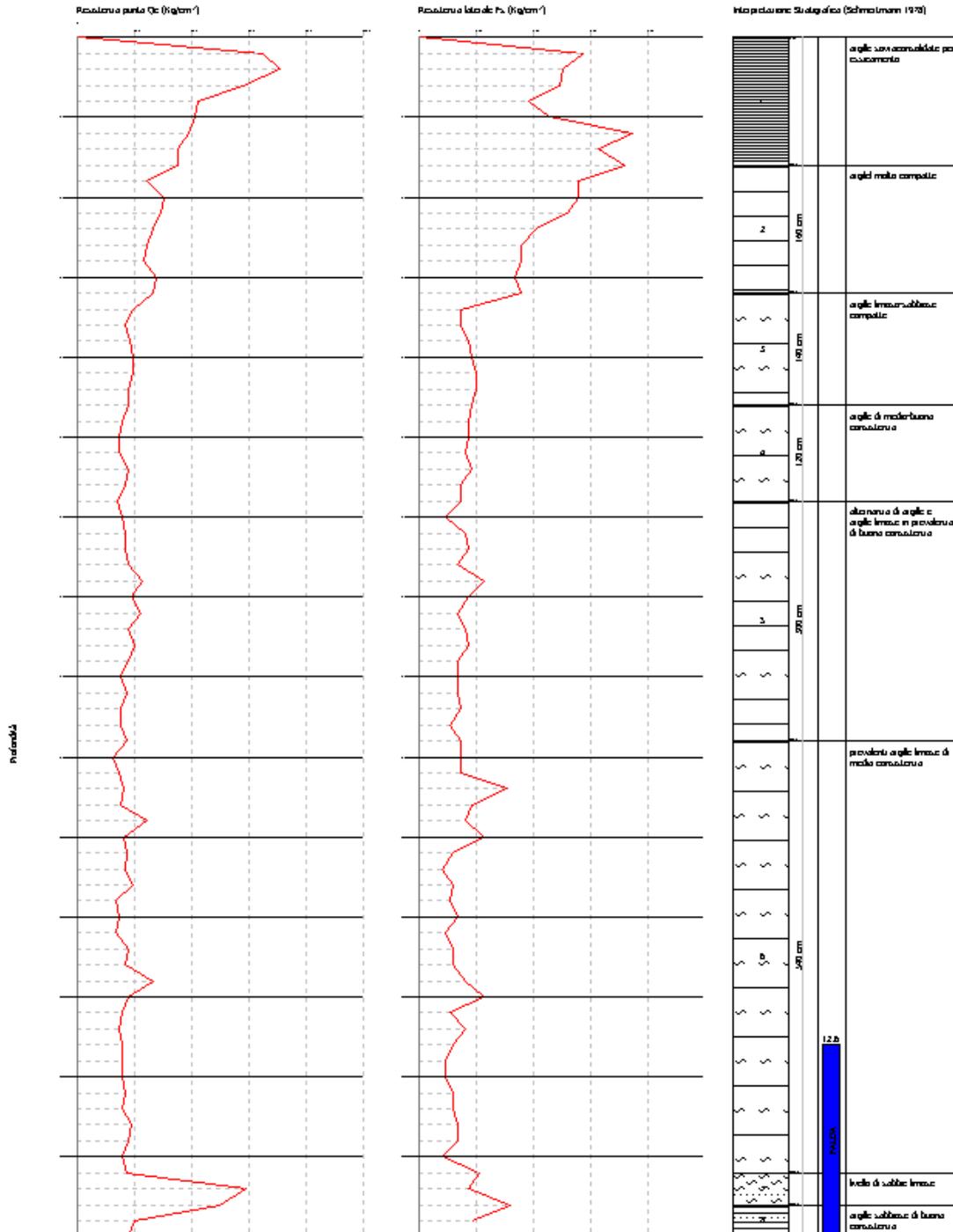
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.60	48.43975	2.816667	2.114853	Coesivo	argille sovraconsolidate per essiccamento
3.20	26.52175	2.166667	2.016425	Coesivo	argille molto compatte
4.60	18.46829	0.8857142	1.951661	Coesivo	argille limoso-sabbiose compatte
5.80	15.61533	0.8222222	1.91879	Coesivo	argille di medio-buona consistenza
8.80	17.8764	0.7422222	1.938056	Coesivo	alternanza di argille e argille limose in prevalenza di buona consistenza
14.20	16.80415	0.7086421	1.916658	Coesivo	prevalenti argille limose di media consistenza
14.60	54.57	1.233333	2.00903	Incoerente	livello di sabbie limose
15.00	19.07	0.4666666	1.87484	Coesivo	argille sabbiose di buona consistenza

Profilo CPT - Core Percolation P6.3
 Sperimentazione... PASCANI 100 kN
 Diagramma Risultato q_c & f_s

Committente : S.O.M. - Società Opere e Progetti di Costruzione e altri
 Cliente : Pura Urbanistica Alluvione (P.U.A. - Art. 04/07)
 Località : S. Agata di Cozzano, via Pozzani

Data : 14/07/2011

Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: S.O.M. Società Operai e Muratori di Cesena e altri
 Cantiere: Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
 Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data 14/09/2011
 Profondità prova m-15.00
 Falda idrica: Quota iniziale = n-12.60

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	43	61	43.138	1.4	30.8128571428571	3.24539848857156
0.40	58	79	58.138	1.666667	34.8827930234414	2.86674292201314
0.60	51	76	51.138	1	51.138	1.9554929797802
0.80	47	62	47.138	1.466667	32.139538150105	3.11143239000382
1.00	42	64	42.138	1.866667	22.5739245403706	4.42988988561394
1.20	34	62	34.276	2.533333	13.5300017802634	7.39098202824133
1.40	32	70	32.276	3.133333	10.3008521596651	9.7079346883133
1.60	39	86	39.276	3.466667	11.3296142952294	8.82642580710867
1.80	35	87	35.276	4.333333	8.14061601081662	12.2840826624334
2.00	31	96	31.276	3.533333	8.85169894827349	11.2972662744596
2.20	22	75	22.414	2.333333	9.60600137228591	10.4101588293031
2.40	21	56	21.414	2.2	9.73363636363636	10.273652750537
2.60	25	58	25.414	2.4	10.5891666666667	9.44361375619737
2.80	22	58	22.414	2.066667	10.8454821216964	9.22042919603819
3.00	20	51	20.414	1.266667	16.1163115483391	6.20489370040168
3.20	21	40	21.552	1.333333	16.164004041001	6.18658593170007
3.40	20	40	20.552	1.733333	11.856925357101	8.43388964577657
3.60	21	47	21.552	1.666667	12.9311974137605	7.73323589458055
3.80	22	47	22.552	1.666667	13.5311972937605	7.39032901738205
4.00	21	46	21.552	1.733333	12.4338485449709	8.04256217520416
4.20	24	50	24.69	1.466667	16.834087083162	5.94032806804374
4.40	27	49	27.69	1.533333	18.0586995779782	5.53749729144095
4.60	20	43	20.69	1.133333	18.2558877223199	5.4776848719188
4.80	23	40	23.69	1.533333	15.4500033586964	6.47249050232166
5.00	19	42	19.69	1.2	16.4083333333333	6.09446419502285
5.20	23	41	23.828	1.4	17.02	5.87544065804935
5.40	17	38	17.828	0.933333	19.1014292536225	5.23521034328023
5.60	14	28	14.828	0.666667	22.2419988879001	4.49599878608039
5.80	15	25	15.828	0.666667	23.7419988129001	4.21194528683346
6.00	15	25	15.828	0.8	19.785	5.05433409148345
6.20	13	25	13.966	0.8	17.4575	5.72819704997852
6.40	20	32	20.966	1.133333	18.4994172057109	5.40557569398073
6.60	20	37	20.966	1.2	17.4716666666667	5.7235524182009
6.80	23	41	23.966	1.4	17.1185714285714	5.84160894600684
7.00	19	40	19.966	0.666667	29.9489985025501	3.33900981668837
7.20	13	23	14.104	0.866667	16.273845527929	6.14482912648894
7.40	21	34	22.104	0.933333	23.6828579886735	4.22246335504886
7.60	21	35	22.104	1.133333	19.5035351480986	5.12727560622512
7.80	20	37	21.104	1.333333	15.828003957001	6.31791603487491
8.00	15	35	16.104	0.8	20.13	4.96770988574267
8.20	18	30	19.242	0.8	24.0525	4.15757197796487
8.40	16	28	17.242	0.933333	18.4735720883419	5.41313826702239
8.60	15	29	16.242	0.6	27.07	3.6941263391208
8.80	18	27	19.242	0.8	24.0525	4.15757197796487
9.00	13	25	14.242	0.533333	26.7037466620317	3.74479286617048
9.20	13	21	14.38	0.466667	30.8142835132655	3.24524826147427
9.40	27	34	28.38	0.8	35.475	2.81888653981677
9.60	25	37	26.38	0.4	65.95	1.51630022744503
9.80	37	43	38.38	1.066667	35.9812387558629	2.77922615945805
10.00	47	63	48.38	0.466667	103.671421166327	0.964585985944605

10.20	35	42	36.518	1.733333	21.068080974631	4.7465167862424
10.40	16	42	17.518	1	17.518	5.70841420253454
10.60	14	29	15.518	0.8	19.3975	5.15530351849465
10.80	14	26	15.518	0.6	25.86333333333333	3.86647763887099
11.00	15	24	16.518	0.8666667	19.0592300361835	5.24680167090447
11.20	17	30	18.656	0.6	31.09333333333333	3.21612349914237
11.40	22	31	23.656	1.2	19.71333333333333	5.07270882651336
11.60	24	42	25.656	1.4	18.3257142857143	5.45681322107889
11.80	23	44	24.656	1.266667	19.4652580354584	5.13735804672291
12.00	23	42	24.656	1.066667	23.1149927765648	4.3261964633355
12.20	18	34	19.794	0.8666667	22.8392298907989	4.37843134283116
12.40	17	30	18.794	0.8666667	21.6853837813314	4.61140097903586
12.60	21	34	22.794	1	22.794	4.38711941739054
12.80	23	38	24.794	1	24.794	4.03323384689844
13.00	23	38	24.794	1.333333	18.5955046488762	5.37764378478664
13.20	21	41	22.932	1.266667	18.1042057620511	5.52357840572126
13.40	26	45	27.932	1.133333	24.6458896017322	4.05747171702707
13.60	19	36	20.932	0.6666667	31.3979984301001	3.18491639594879
13.80	28	38	29.932	0.9333333	32.0700011453572	3.11817887211012
14.00	20	34	21.932	0.6666667	32.8979983551001	3.0396986138975
14.20	19	29	21.07	0.8666667	24.3115375264793	4.11327337446607
14.40	17	30	19.07	0.8	23.8375	4.19507079181961
14.60	16	28	18.07	0.9333333	19.3607149771684	5.16509850581074
14.80	21	35	23.07	1	23.07	4.33463372345037
15.00	19	34	21.07	0		0

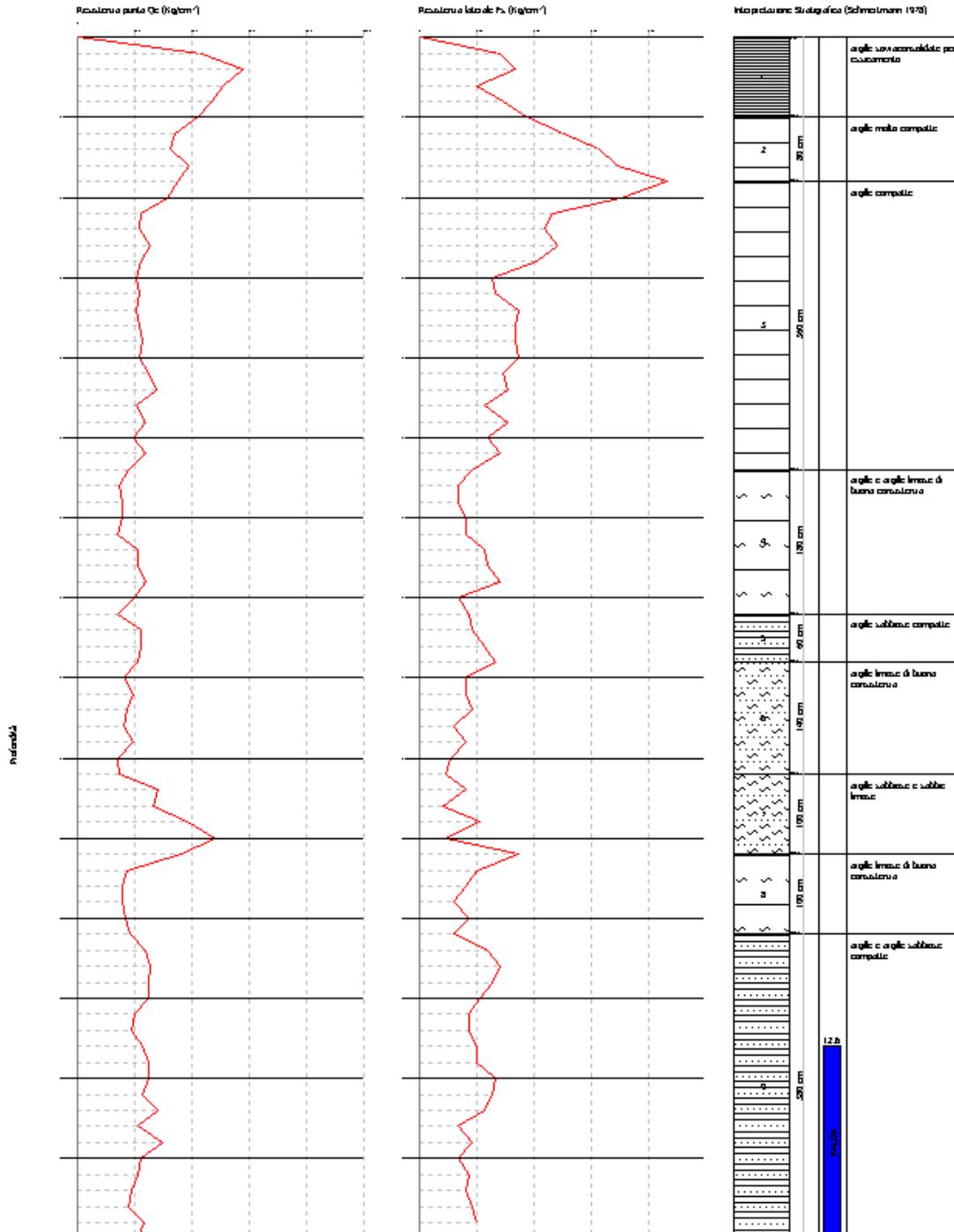
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.00	48.338	1.48	2.07362	Coesivo	argille sovraconsolidate per essiccamento
1.80	35.276	3.366667	2.066603	Coesivo	argille molto compatte
5.40	22.734	1.72963	1.987625	Coesivo	argille compatte
7.20	17.82422	0.9111111	1.938007	Coesivo	argille e argille limose di buona consistenza
7.80	21.77067	1.133333	1.975388	Coesivo	argille sabbiose compatte
9.20	16.67057	0.7047619	1.923247	Coesivo	argille limose di buona consistenza
10.20	35.6076	0.8933333	1.99197	Incoerente	argille sabbiose e sabbie limose
11.20	16.7456	0.7733334	1.920969	Coesivo	argille limose di buona consistenza
15.00	22.92653	0.9614036	1.972261	Coesivo	argille e argille sabbiose compatte

Profilo CPT - Core Percolation P6 B
 Sperimentazione... PASCANI 100 KN
 Diagramma Risultato q_c f_s

Committente : S.O.M. Società Opere e Progetti di Costruzione e altri
 Cliente : Puro Urbanistica Allastina (P.U.A. - A.T.S. 04/07)
 Località : S. Angelo di Cosentino, via Puzos

Data : 14/07/2011

Scala 1:70



STRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME

Dalla elaborazione dei dati penetrometrici si è ricostruita la successione dei litotipi presenti nei diversi sondaggi realizzati, litotipi il cui riconoscimento è stato ottenuto utilizzando il rapporto q_c/f_s (Begemann 1965 – raccomandazioni A.G.I.) e in base alla relazione fra i valori di q_c ed il rapporto $FR = (f_s/q_c)\%$ (Schmertmann 1977).

La stratigrafia dei punti sondati si configura come segue:

Penetrometria n°1

Dal p.c. a m-1.80 : argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento

Da m-1.80 a m-4.20 : argille compatte

Da m-4.20 a m-6.00 : argille debolmente limose di buona consistenza

Da m-6.00 a m-9.40 : prevalenti argille limose di media consistenza

Da m-9.40 a m-15.00 : alternanza di argille limose e sabbiose compatte e di buona consistenza

Penetrometria n°2

Dal p.c. a m-2.40 : argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento

Da m-2.40 a m-6.60 : argille da molto compatte a compatte

Da m-6.60 a m-7.60 : argille debolmente limose di buona consistenza

Da m-7.60 a m-15.00 : prevalenti argille limose o sabbiose di media e di buona consistenza

Penetrometria n°3

Dal p.c. a m-2.60 : argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento

Da m-2.60 a m-5.00 : argille compatte

Da m-5.00 a m-5.60 : argille limose di media consistenza

Da m-5.60 a m-7.60 : argille limose di modesta consistenza

Da m-7.60 a m-9.00 : argille sabbiose compatte

Da m-9.00 a m-13.20 : argille limose di modesta e di media consistenza

Da m-13.20 a m-15.00 : argille limose di buona consistenza

Penetrometria n°4

Dal p.c. a m-2.40 : argille limose nettamente sovraconsolidate per essiccamento

Da m-2.40 a m-5.00 : argille compatte

Da m-5.00 a m-7.60 : argille sabbiose di buona consistenza e compatte

Da m-7.60 a m-15.00 : argille, argille limose e sabbiose di modesta e di media consistenza

Penetrometria n°5

Dal p.c. a m-1.60 : argille sovraconsolidate per essiccamento

Da m-1.60 a m-3.20 : argille molto compatte

Da m-3.20 a m-4.60 : argille limoso-sabbiose compatte

Da m-4.60 a m-5.80 : argille di medio-buona consistenza

Da m-5.80 a m-8.80 : alternanza di argille e argille limose in prevalenza di buona consistenza

Da m-8.80 a m-14.20 : prevalenti argille limose di media consistenza

Da m-14.20 a m-14.60 : livello di sabbie limose

Da m-14.60 a m-15.00 : argille sabbiose di buona consistenza

Penetrometria n°6

Dal p.c. a m-1.00 : argille sovraconsolidate per essiccamento

Da m-1.00 a m-1.80: argille molto compatte

Da m-1.80 a m-5.40 : argille compatte

Da m-5.40 a m-7.20 : argille e argille limose di buona consistenza

Da m-7.20 a m-7.80 : argille sabbiose compatte

Da m-7.80 a m-9.20 : argille limose di buona consistenza

Da m-9.20 a m-10.20 : argille sabbiose e sabbie limose

Da m-10.20 a m-11.20 : argille limose di buona consistenza

Da m-11.20 a m-15.00 : argille e argille sabbiose compatte

Si è in presenza di terreni quasi esclusivamente coesivi, salvo che per rari e sottili livelli di sabbie limose rilevate nella CPT n°5 fra m-10.20 e m-11.60 e nella CPT n°6 fra m-di profondità. Si tratta di terreni in superficie sovraconsolidati per essiccamento e poi normalconsolidati, con configurazione lenticolare e di consistenza da buona a media, non particolarmente sensibili alle sollecitazioni di carico che deriveranno dalle opere in progetto.

ALLEGATI

N°6 profili stratigrafici secondo Begemann

N°6 profili stratigrafici secondo Schmertmann

N°2 Sezioni stratigrafiche con profili penetrometrici e colonne stratigrafiche

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.1

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 13/09/2011

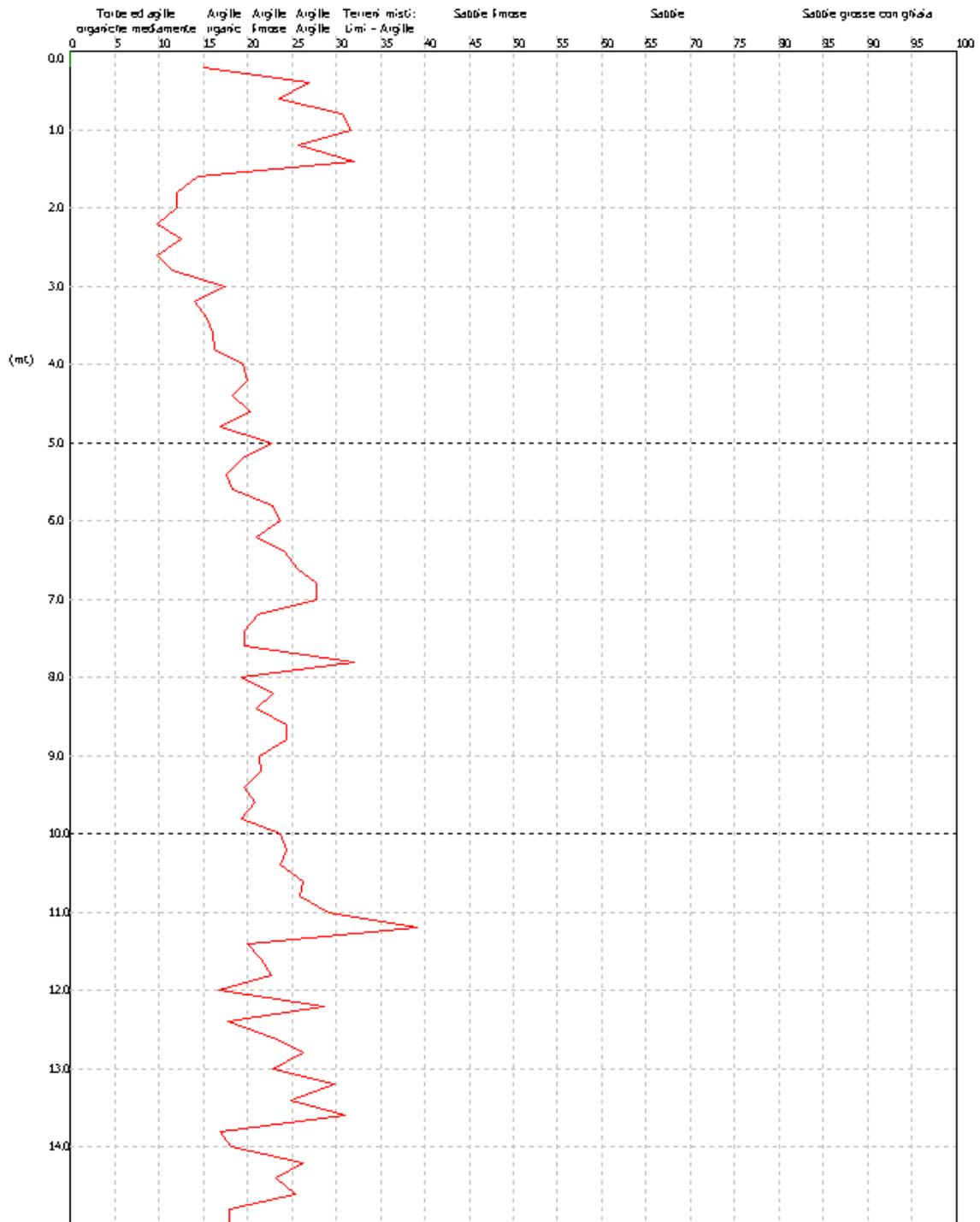


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.1

Committente :
Cantiere :
Località :

S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
S. Egidio di Cesena, via Faenza

Data :13/09/2011

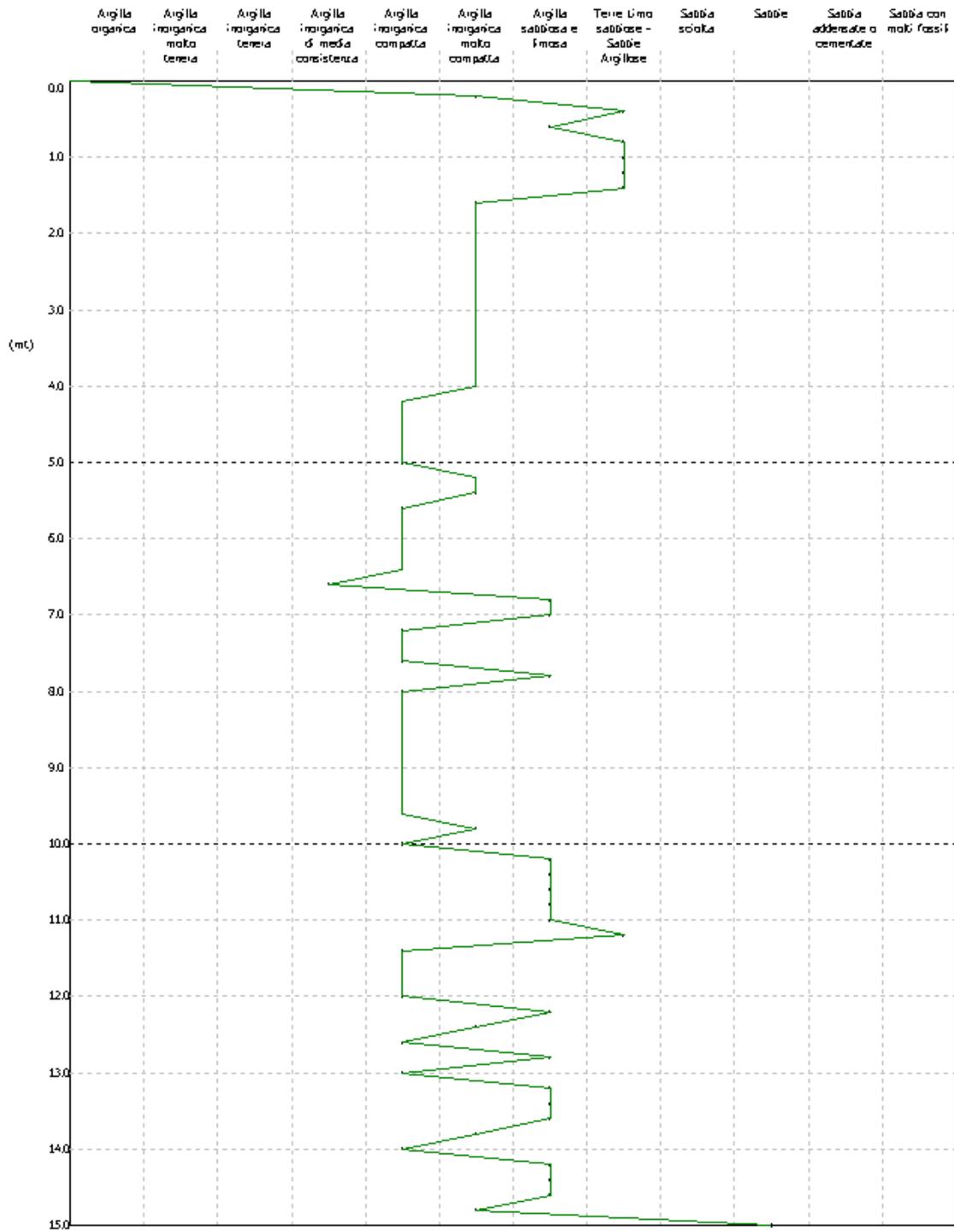


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.2

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 13/09/2011

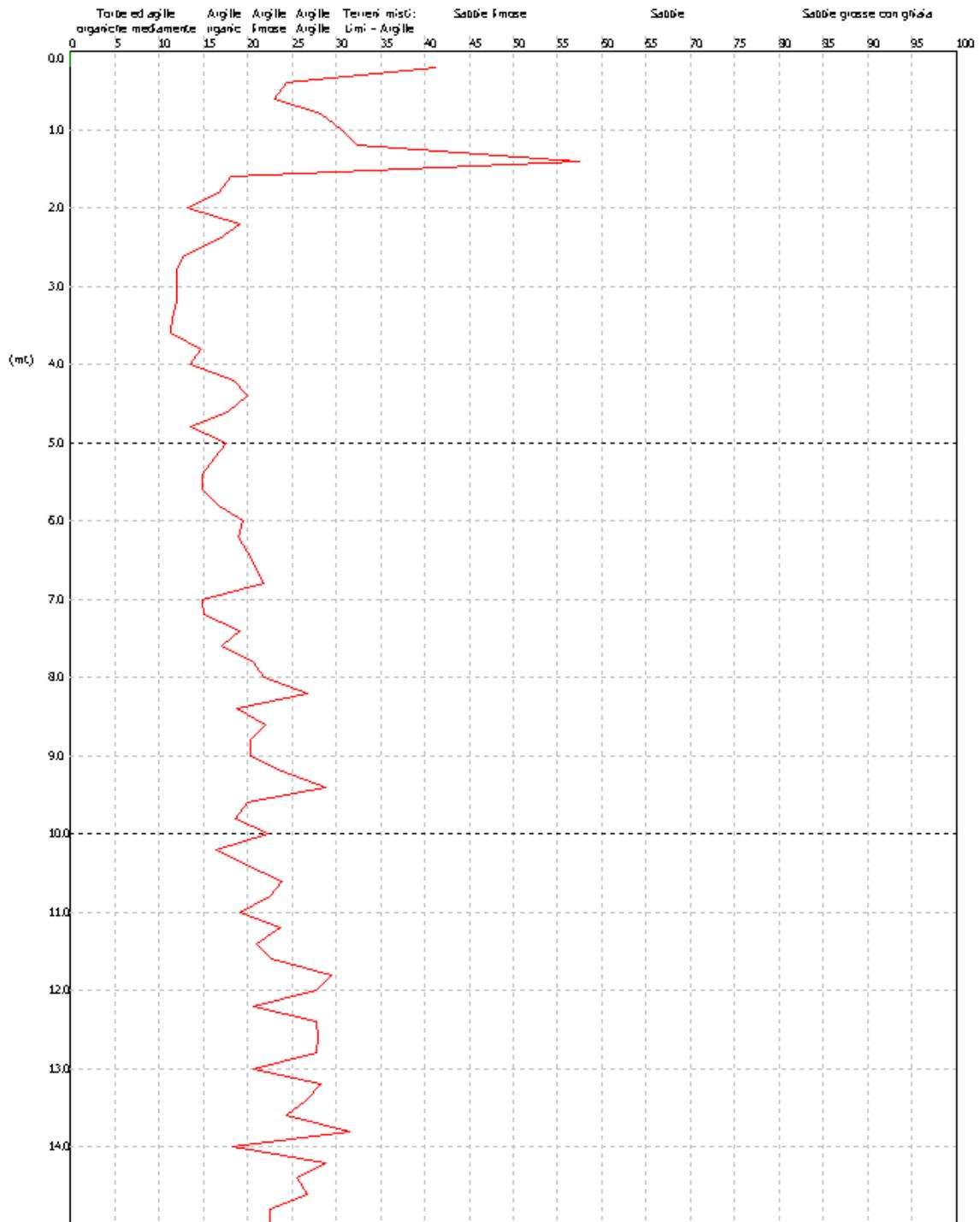


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.2

Committente :
Cantiere :
Località :

S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
S. Egidio di Cesena, via Faenza

Data :13/09/2011

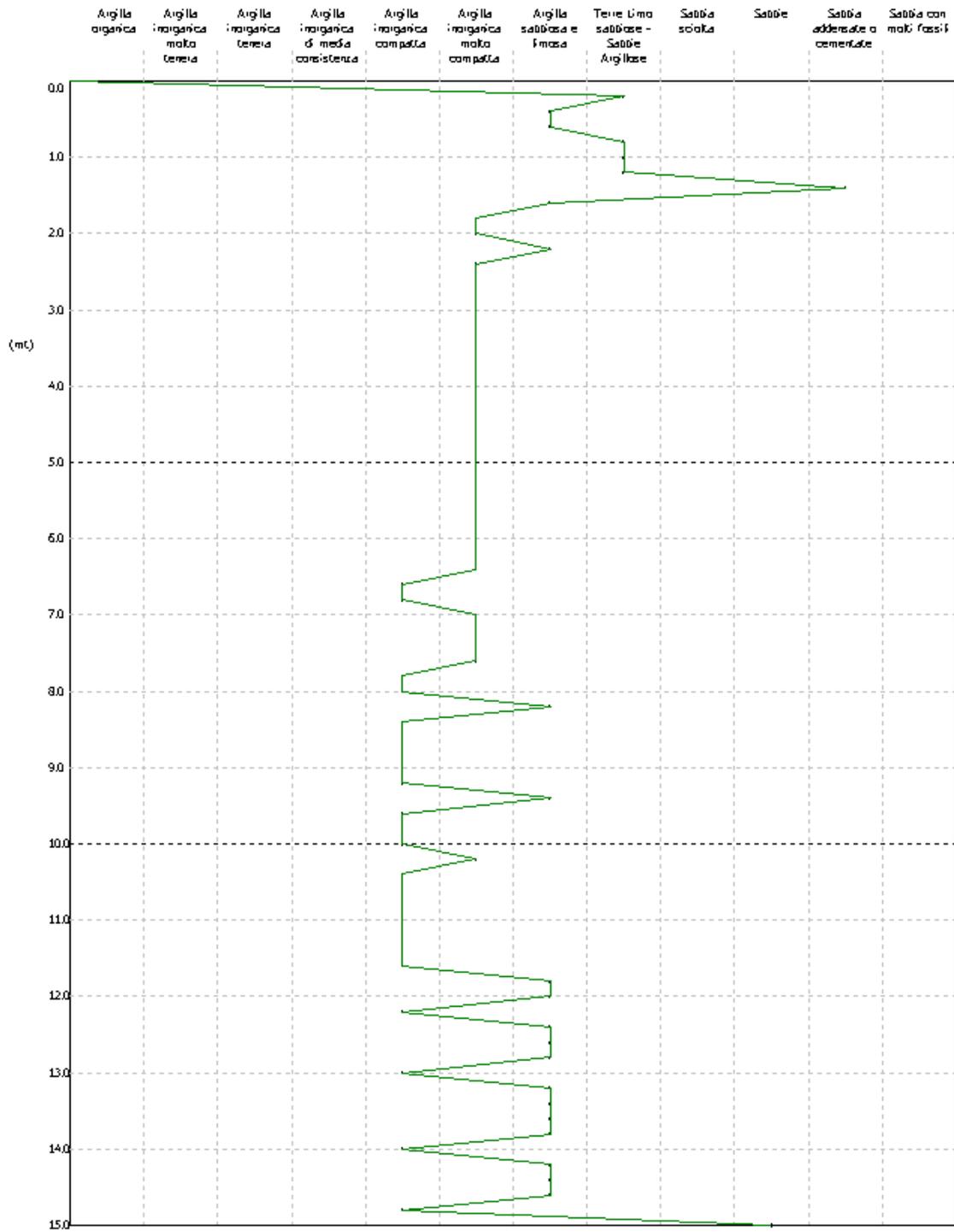


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.3

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 13/09/2011

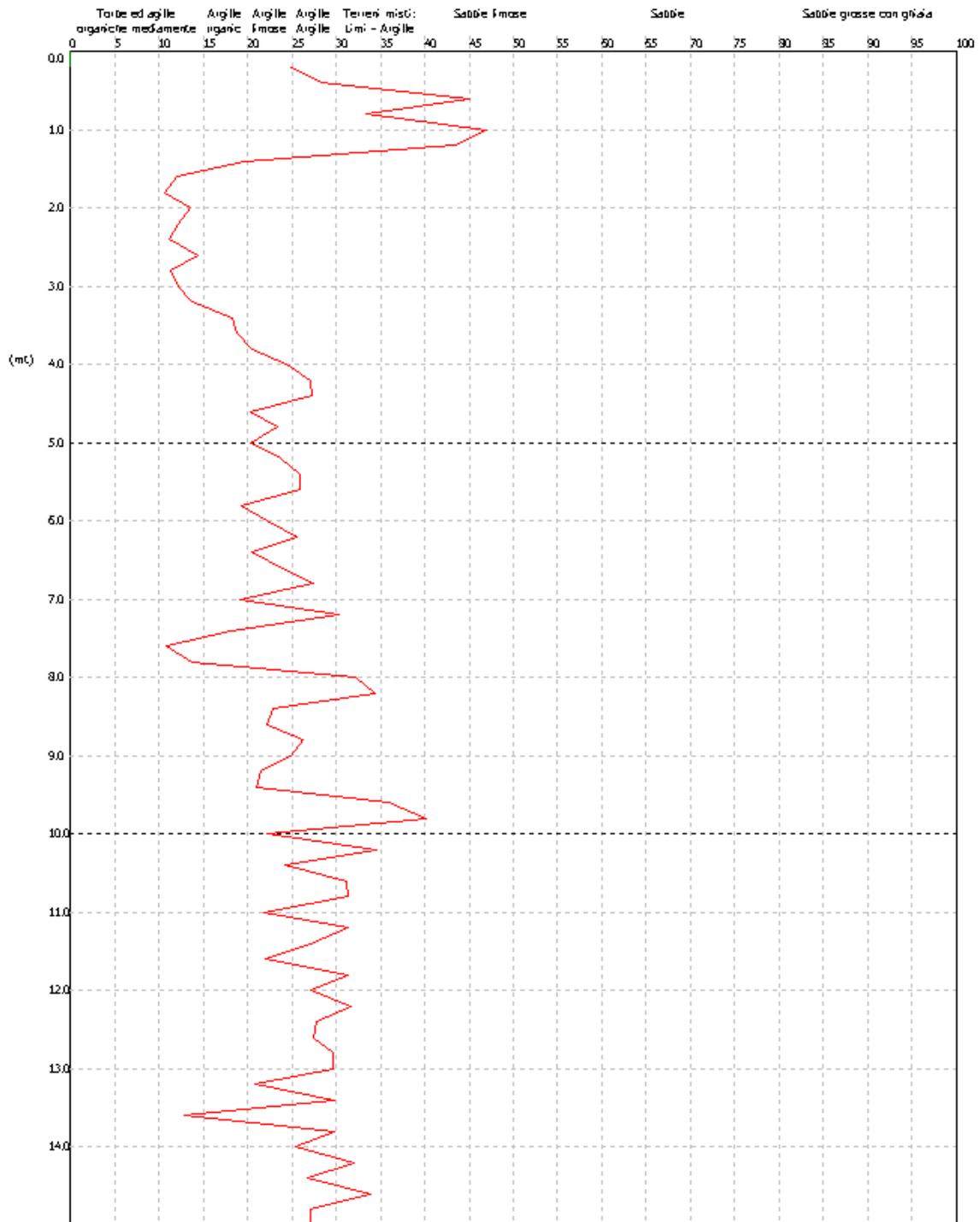


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.3

Committente :
Cantiere :
Località :

S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3-04/09)
S. Egidio di Cesena, via Faenza

Data :13/09/2011

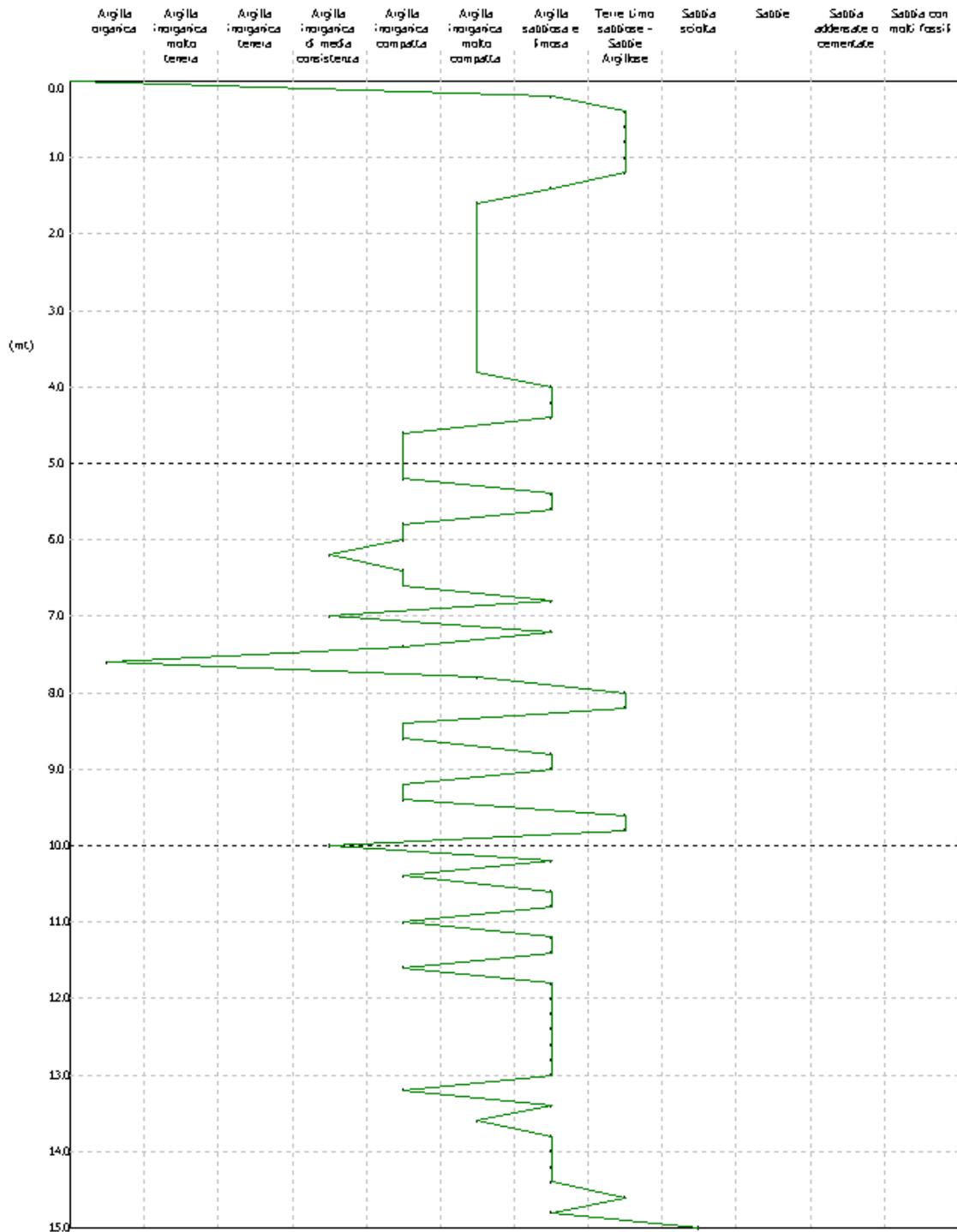


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.4

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 14/09/2011

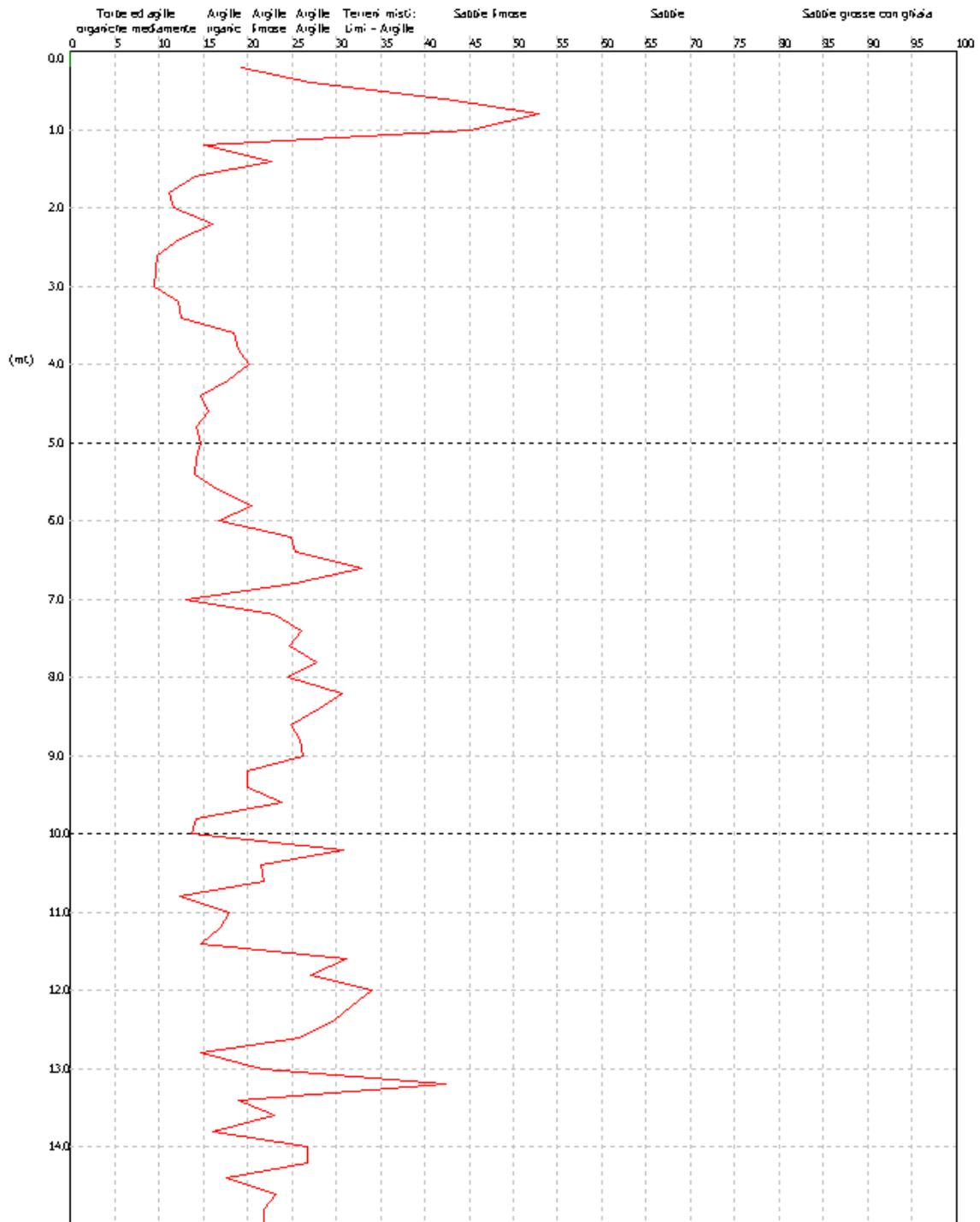


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.4

Committente :
Cantiere :
Località :

S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
S. Egidio di Cesena, via Faenza

Data :14/09/2011

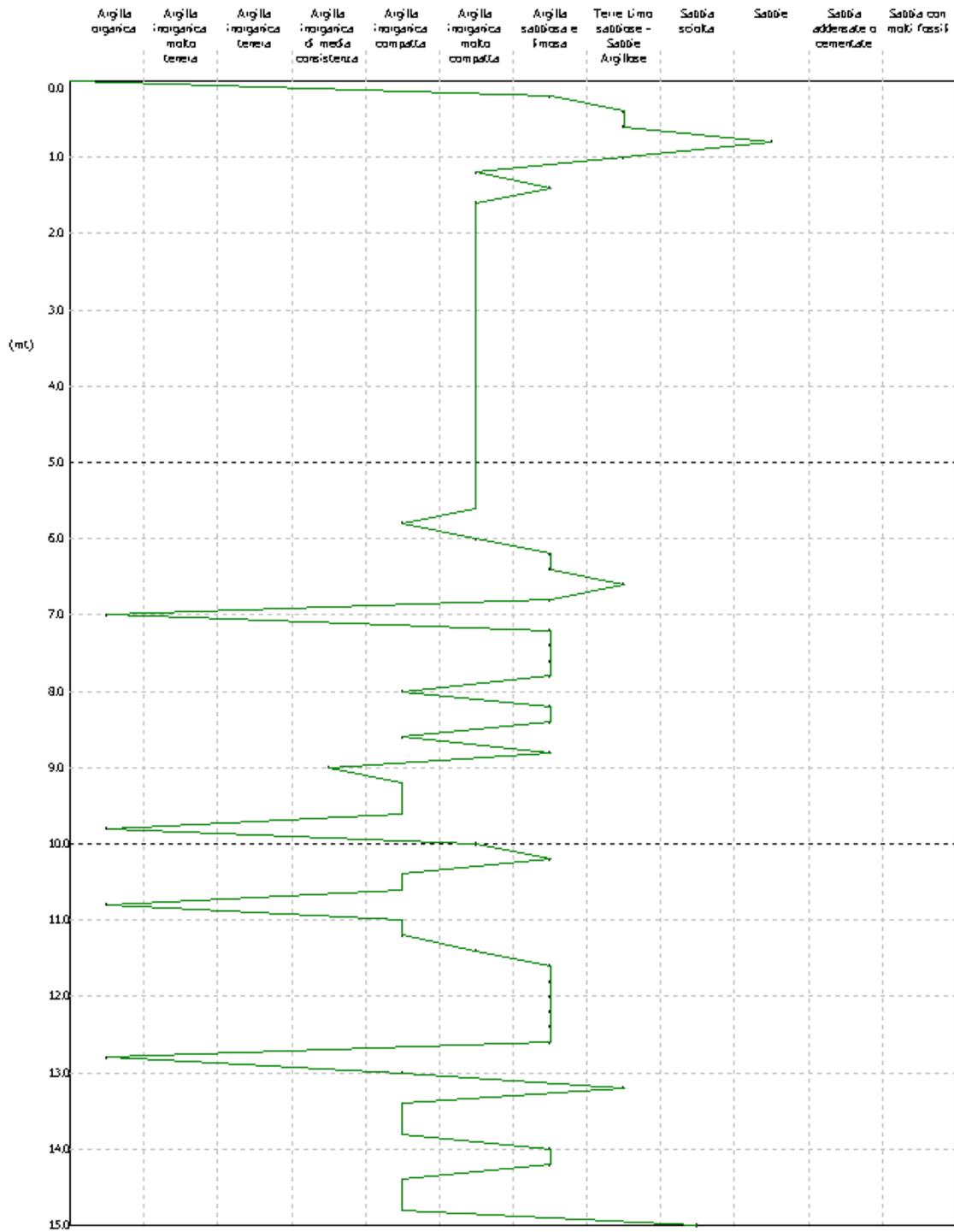


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.5

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 14/09/2011

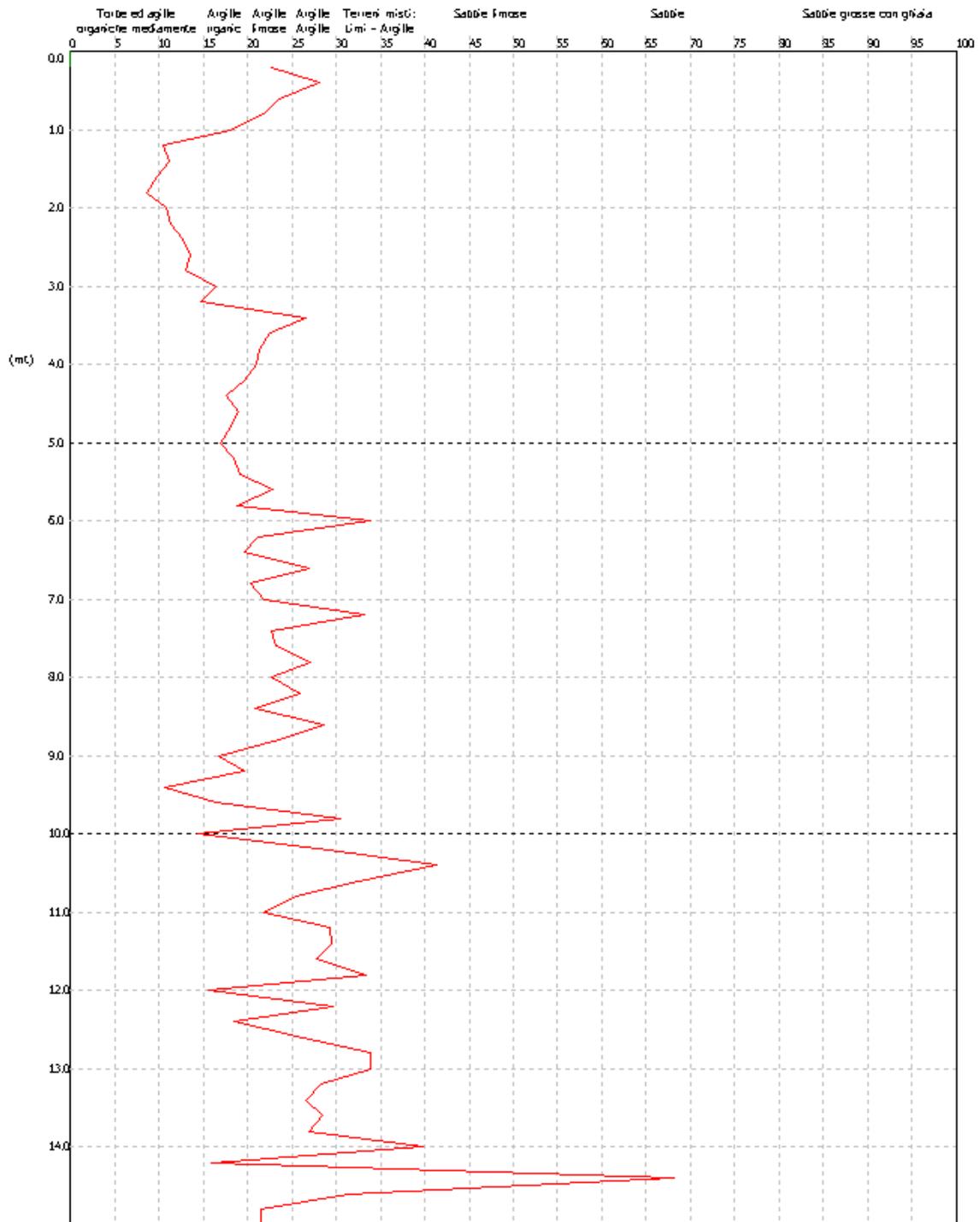


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.5

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 14/09/2011

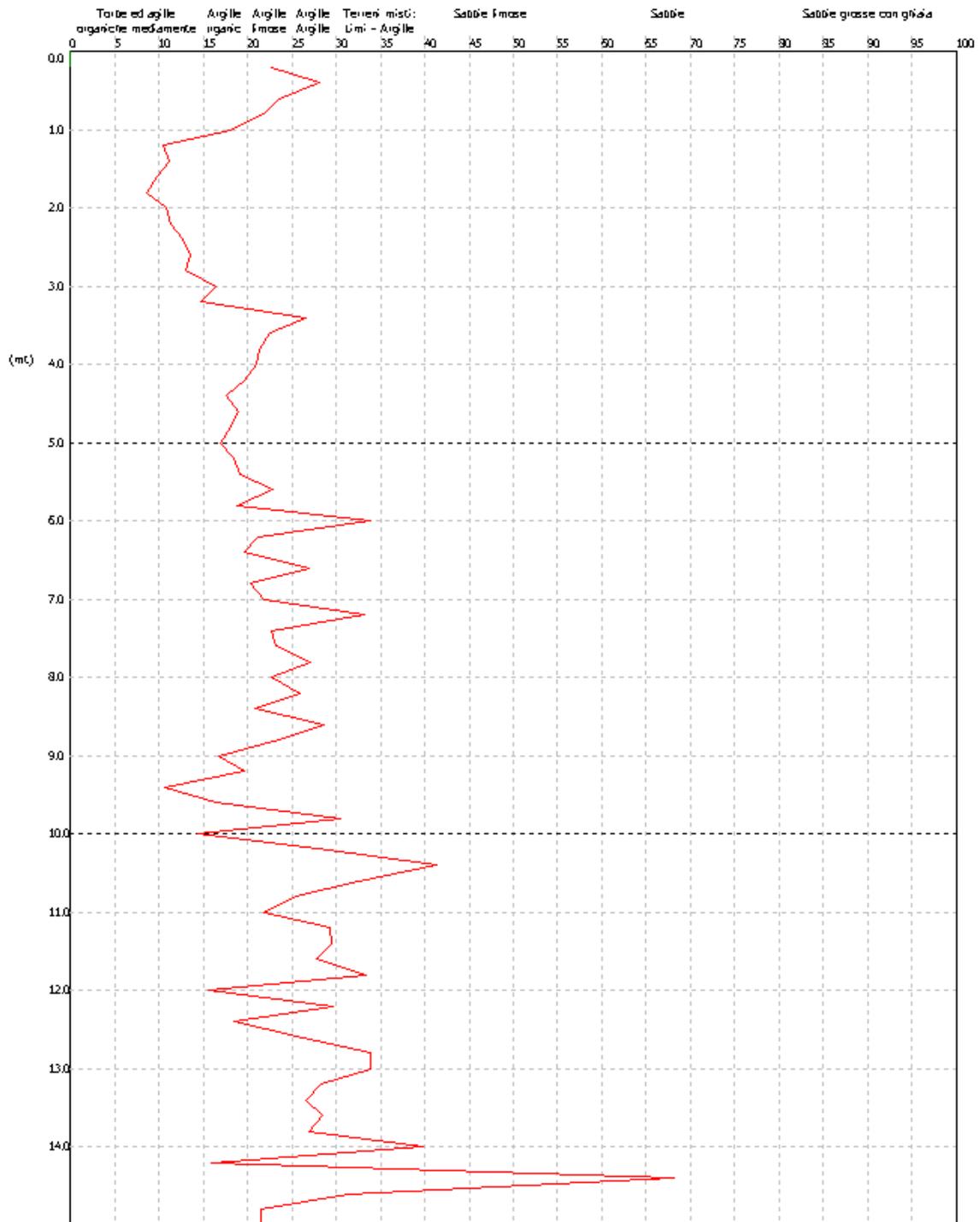


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.5

Committente :
Cantiere :
Località :

S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/09)
S. Egidio di Cesena, via Faenza

Data :14/09/2011

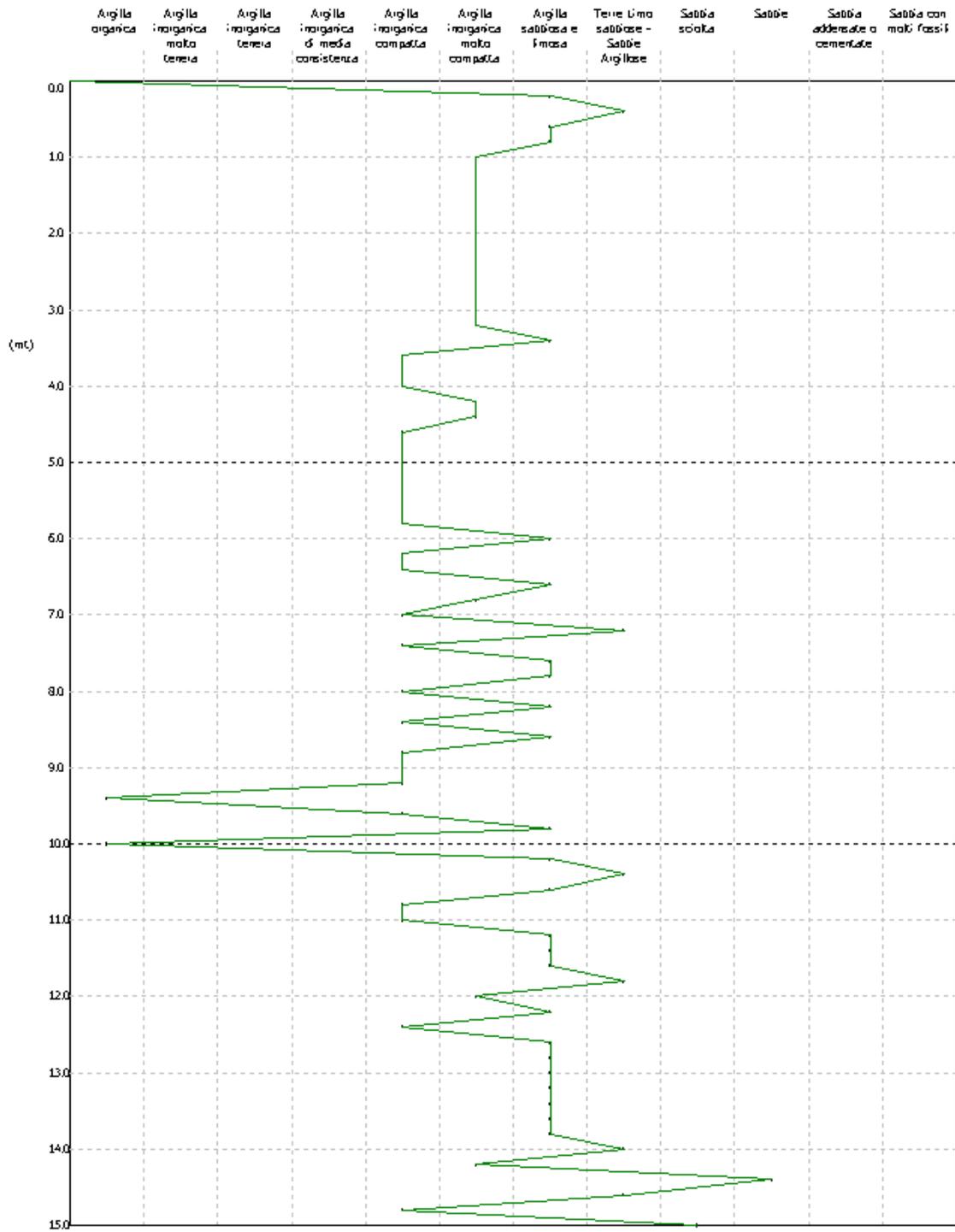


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: Nr.6

Committente : S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Cantiere : Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/08)
Località : S. Egidio di Cesena, via Ferrara

Data : 14/09/2011

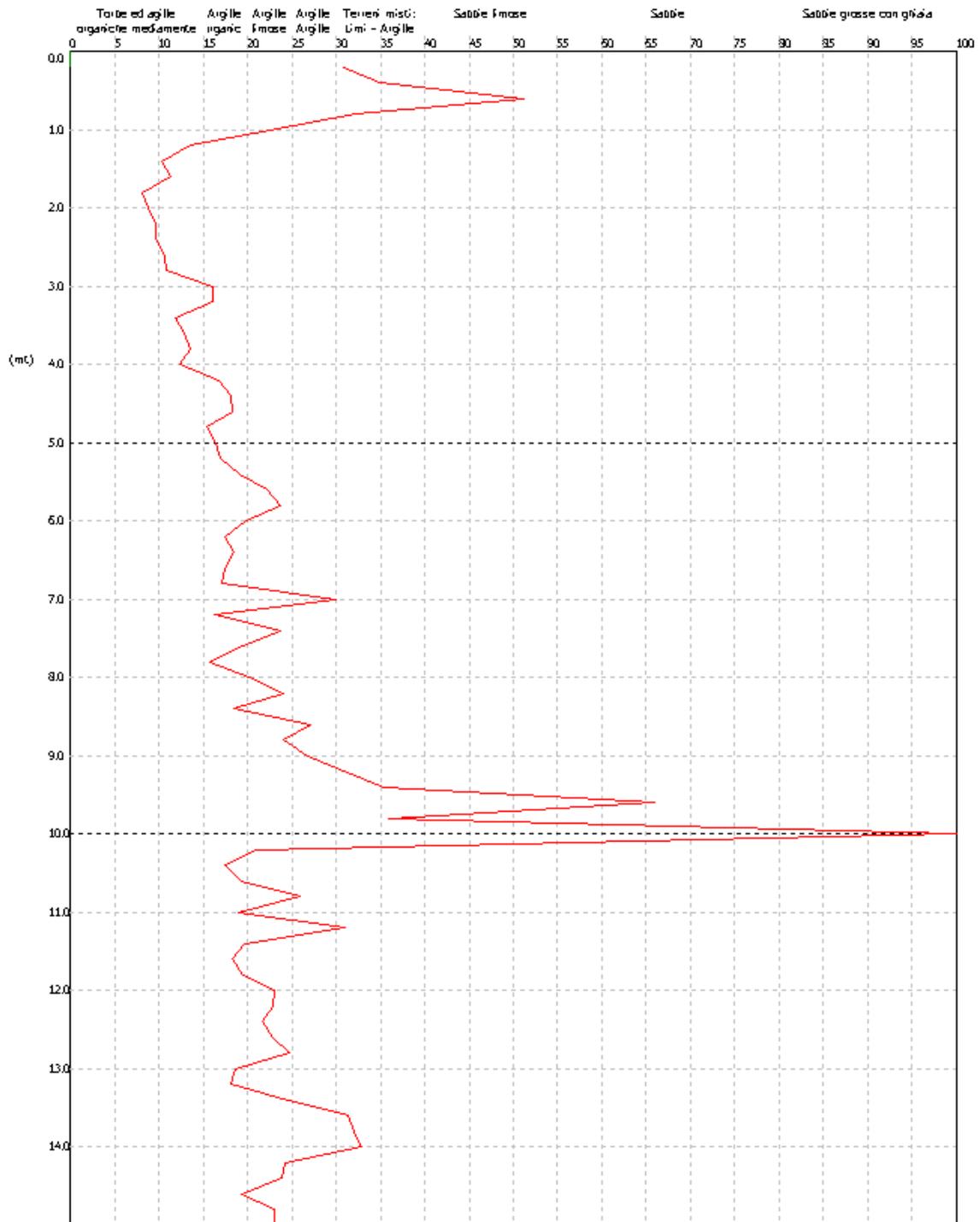
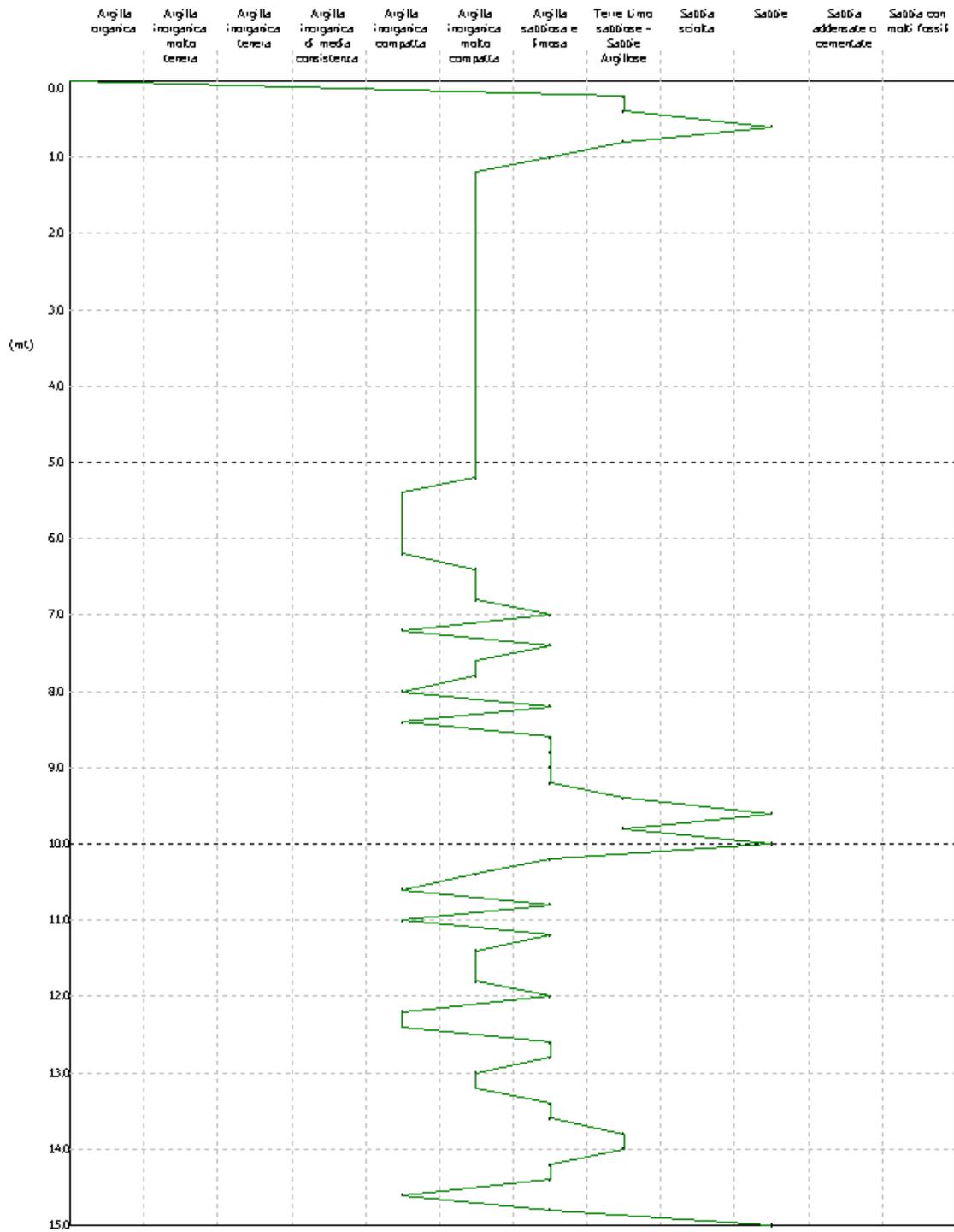


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.6

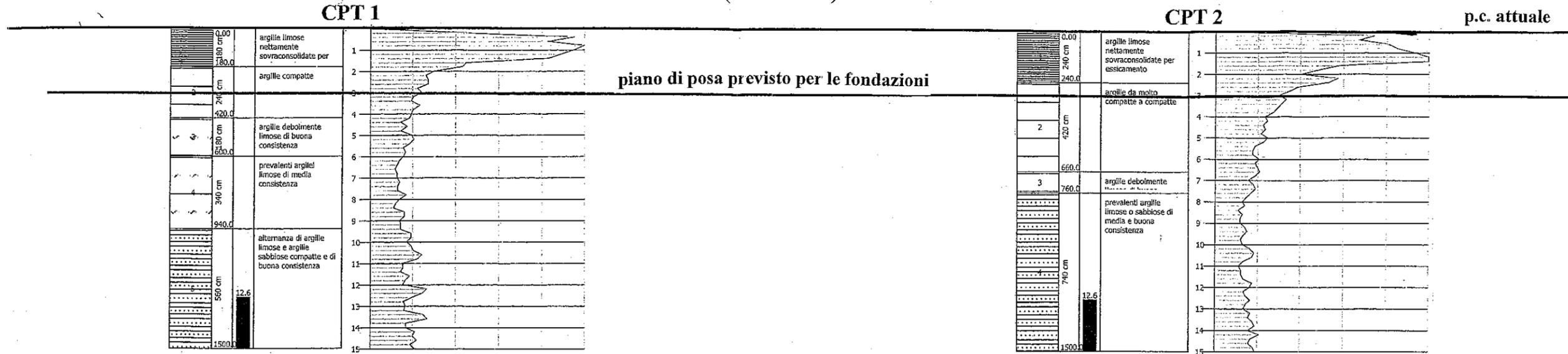
Committente :
Cantiere :
Località :

S.O.M. Società Opere e Muratori di Cesena e altri
Piano Urbanistico Attuativo (P.U.A. AT3 04/08)
S. Egidio di Cesena, via Faenza

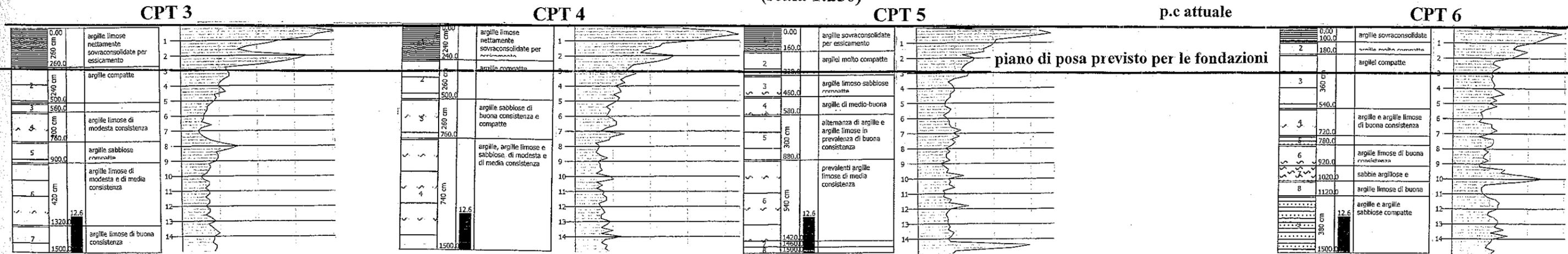
Data :14/09/2011



Sezione stratigrafica con profili penetrometrici
(scala 1:200)



Sezione stratigrafica con profili penetrometrici
(scala 1:250)



ACQUE DI SUPERFICIE E SOTTERRANEE, RISCHIO IDROGEOLOGICO

Acque superficiali

Nelle aree in esame il drenaggio delle acque meteoriche è legato in parte all'assorbimento diretto del terreno, indicato a permeabilità *molto alta* nella Carta Idrogeologica del P.T.C.P. ed in parte al deflusso nei fossi interpoderali tributari degli scolo consorziali presenti in zona (Mesola del Montaletto e Redichiaro 4°).

Falda idrica

In zona esiste una falda idrica sospesa, a pelo libero, che al momento dell'indagine è stata rilevata a m-12.60 dal p.c. (pozzo presente nell'area in esame). Si tratta di falda ad alimentazione prevalentemente meteorica e quindi soggetta a regolari oscillazioni stagionali di livello (vedere carta tematica allegata con isofreatiche e livello minimo e massimo rilevato in pozzi presenti in zona, livello riferito al p.c. – da Carta di P.R.G.). Vi è poi una prima falda idrica confinata più profonda avente scarse comunicazioni con quella superficiale, falda alimentata da circolazione idrica sotterranea, che è stata rilevata ad una profondità prossima a m+2.50 sul livello del mare e cioè a circa m-23.50 dal piano di campagna (Da Carta Idrogeologica del P.T.C.P. - fonte IDROSER/ARPA, vedere allegati).

Rischio idrogeologico dell'area

L'area in esame si trova interamente in zona indicata “*di potenziale allagamento - Art.6*” (da Carta del Rischio Idrogeologico del Piano Stralcio dell'Autorità dei Bacini regionali Romagnoli). Andrà pertanto predisposto il piano di calpestio del piano terra ad una quota adeguata rispetto al piano di campagna attuale.

Interventi da prevedersi in relazione alla impermeabilizzazione dell'area

L'attuazione del piano porterà alla impermeabilizzazione di parte delle aree, quindi per mantenere l'invarianza idraulica della zona e cioè per evitare l'incremento di deflusso nella rete scolante circostante, si dovrà operare in modo che la portata d'acqua attuale non aumenti dopo l'intervento e il deflusso dovrà essere controllato in modo da non superare l'attuale stato di carico durante il tempo in cui si verificano precipitazioni meteoriche. A tale scopo si dovrà provvedere la rete fognante, di opportune opere di stoccaggio da dimensionarsi per una capienza minima da valutarsi sulla base di quanto disposto dalle autorità competenti.

ALLEGATI

Carta comunale in scala 1:10.000 con indicazioni relative alla falda idrica superficiale sospesa

Carta Idrogeologica con riportate le isofreatiche relative alla prima falda confinata

Carta del Rischio Idrogeologico (Autorità dei Bacini regionali Romagnoli)

Carta del Dissesto e della Vulnerabilità Territoriale (P.T.C.P, Forlì-Cesena)

Carta Tematica in scala 1:10.000

Perimetro area d'indagine

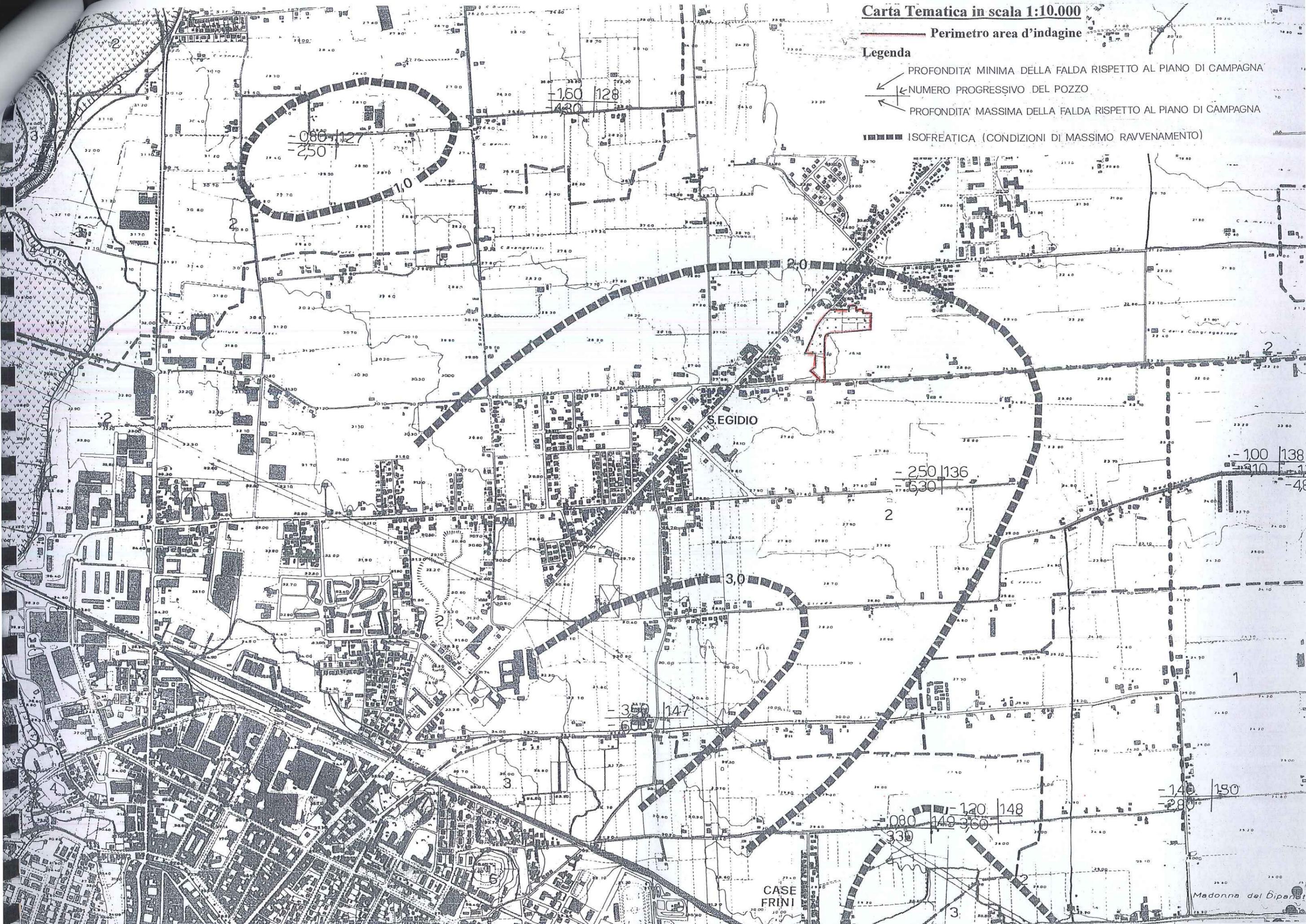
Legenda

PROFONDITA' MINIMA DELLA FALDA RISPETTO AL PIANO DI CAMPAGNA

NUMERO PROGRESSIVO DEL POZZO

PROFONDITA' MASSIMA DELLA FALDA RISPETTO AL PIANO DI CAMPAGNA

ISOFREATICA (CONDIZIONI DI MASSIMO RAVVENAMENTO)



S. EGIDIO

CASE FRINI

Madonna del Dipan...

 Zona in cui si trova l'area in esame



CARTA IDROGEOLOGICA

LEGENDA

PERMEABILITA'

Individuazione in pianura delle aree ad uguale accettazione delle acque meteoriche, identificate in base alla "Carta dei suoli" della Regione Emilia-Romagna (1994)

-  Molto alta
-  Molto alta - moderata
-  Alta - molto alta
-  Alta
-  Alta - moderata
-  Moderata
-  Moderata - bassa

ACQUIFERI

Zone di ricarica degli acquiferi

Perimetrazione delle aree di ricarica degli acquiferi di montagna e pianura

Fonti: Carta del rischio geoambientale Regione Emilia-Romagna 1978;

Regione Emilia-Romagna 1998



PIEZOMETRIA

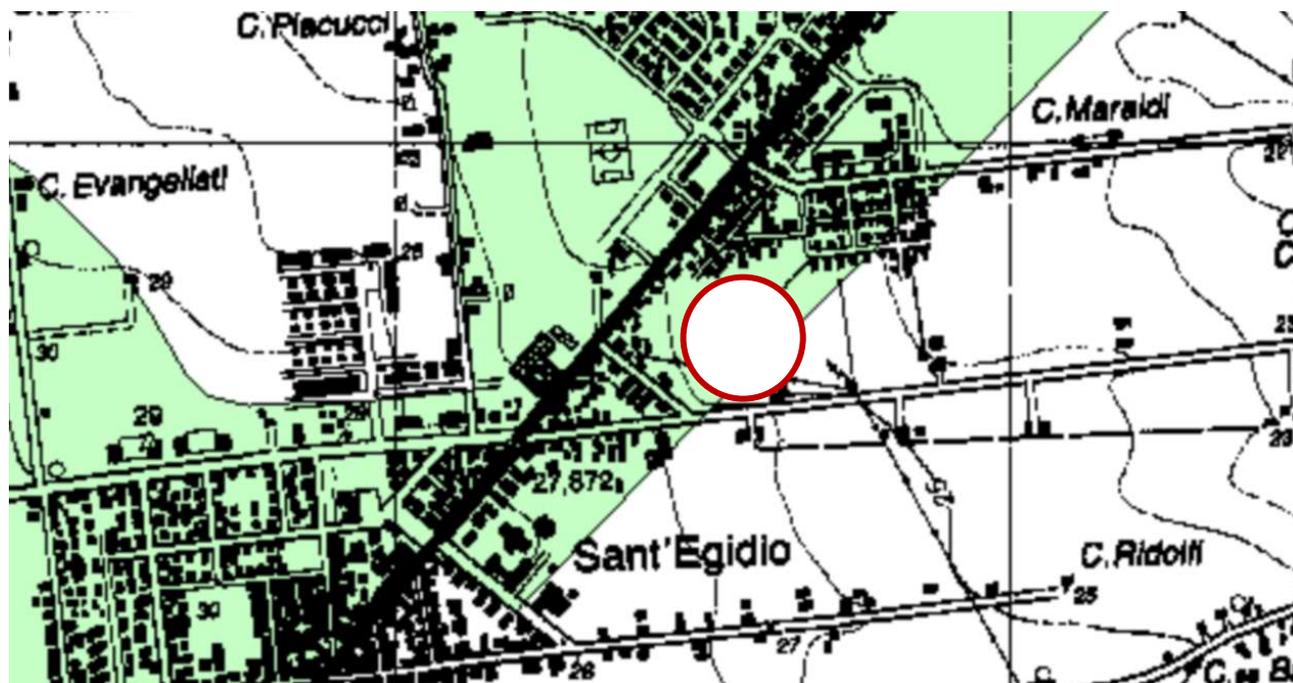
Isofreatiche relative alla piezometria media dell'acquifero piu' superficiale nell'anno 1993, in m.

Fonte: Idroser/A.R.P.A. (1995)

 Piezometria di pianura



Zona in cui si trova l'area in esame



Aree a rischio idrogeologico



Art. 2 ter - alveo

Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione



Art. 3 - comma 8



Art. 3 - comma 1 lettera b - fascia a maggiore pericolosità



Art. 3 - comma 1 lettera b



Art. 3 - comma 1 lettera a

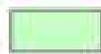
Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione



Art. 4 - comma 3



Art. 4 - comma 2



Art. 6 - aree di potenziale allagamento



Art. 5 - aree a bassa probabilità di esondazione

MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni sondatisi sono utilizzate correlazioni empiriche con i dati penetrometrici, correlazioni elaborate da diversi autori. Qui di seguito vengono riportate alcune delle correlazioni utilizzate.

Parametri degli strati coesivi

I principali parametri geotecnici calcolabili per terreni coesivi (componente limosa o argillosa dominante) attraverso le correlazioni dirette con i valori di R_p sono i seguenti:

- coesione non drenata C_u
- modulo edometrico E_d
- rapporto di sovraconsolidazione OCR
- modulo dinamico di taglio G_0
- indice di compressione vergine C_c
- permeabilità

Coesione non drenata (Lunne e Eide)

Il metodo è valido per argille in genere e si basa sulla seguente relazione:

$$c_u (\text{kg/cmq}) = \frac{R_p - \sigma}{20.7 - 0.18IP} \quad \text{dove:}$$

R_p (kg/cmq)= Resistenza alla punta media dello strato

IP Indice di plasticità medio dello strato

σ (kg/cmq)= Pressione litostatica efficace a metà strato

Modulo edometrico (Mitchell e Gardner)

Il metodo, valido per argille in genere, si basa sulla seguente relazione: $E_d (\text{kg/cmq}) = \alpha R_p$

dove R_p è la resistenza alla punta media dello strato e α è un coefficiente variabile in funzione del tipo di terreno, secondo la seguente tabella:

Terreno	α
CL	Per $0.7 > R_p$ $\alpha=5$
	Per $2 > R_p > 0.7$ $\alpha=3.5$
	Per $R_p > 2$ $\alpha=1.7$
ML	Per $2 > R_p$ $\alpha=2$
	Per $2 < R_p$ $\alpha=4.5$
MH-CH	$\alpha=4$
OL-OH	$\alpha=4$

Dove R_p è la resistenza alla punta espressa in Mpa

Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

Si basa sulla seguente relazione: $OCR = \left(\frac{C_u}{\sigma_{KK}}\right)^{1.25}$

C_u = coesione non drenata dello strato (Kg/cmq);

σ = Pressione efficace a metà strato (Kg/cmq);

KK = $7 - K_p$, parametro correttivo in funzione della profondità.

K_p viene calcolato come illustrato dalla seguente tabella:

Profondità media dello strato P(m)	K_p
$h \leq 1$	$K_p = 0.2(h/p)$
$1 < h < 4$	$K_p = (0.2/p) + [0.35(h-1)/p]$
$h > 4$	$K_p = (0.2/p) + (0.35 \cdot 3/p) + [0.5(h-4)/p]$

dove p è il passo di lettura della prova espresso in metri.

Nel caso risultasse $KK < 0.25$ si pone $KK = 0.25$.

Modulo dinamico di taglio (Imai e Tomauchi)

Il metodo, valido per tutti i tipi di terreno, si basa sulla seguente relazione:

$G_0 (kg/cm^2) = 28Rp^{0.611}$, dove R_p è la resistenza di punta media nello strato.

Fattore di Compressione (Schmertmann)

Per una stima del parametro C è possibile utilizzare la relazione Schmertmann:

$C_c = 0.09 - 0.055 \text{Log} \left(\frac{2c_u}{\sigma} \right)$ dove c_u è la coesione non drenata media dello strato e σ la pressione

litostatica efficace media a metà strato.

Permeabilità (Piacentini e Righi)

Un'indicazione della permeabilità dello strato può essere ottenuta attraverso la relazione di

Piacentini e Righi: $k(m/s) = 10^{-\left(\frac{165}{f_r} + \frac{160R_p}{f_r^{3.5}}\right)}$

Parametri degli strati incoerenti

I principali parametri geotecnici calcolabili per terreni incoerenti (componente sabbiosa o ghiaiosa dominante) attraverso le correlazioni dirette con i valori di R_p sono i seguenti:

- angolo di resistenza al taglio ϕ ;
- densità relativa $D_r(\%)$
- modulo di deformazione (σ di Young)
- modulo edometrico M_0 (E_{ed})
- modulo dinamico di taglio G_0
- permeabilità.

Angolo di resistenza al taglio efficace φ' (Caquot)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$\varphi = 9.8 + 4.96 \ln \left(\frac{Rp}{\sigma} \right)$ dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cm^2 e Rp la resistenza alla punta media misurata nello strato, sempre in kg/cm^2 .

Densità relativa (Schmertmann)

La densità relativa viene valutata attraverso correlazioni applicabili nel caso di terreni di punta media misurata nello strato e si basa sulla relazione: $Dr\% = -97.8 + 36.6 \ln Rp - 26.9 \ln \sigma$

Modulo di Young (E_{v50}) (Schmertmann)

Il metodo è valido per le sabbie in genere normalmente consolidate. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di Rp ad una diminuzione di E con la profondità: $E(\text{kg/cmq}) = 2.5Rp$

Modulo edometrico (Mitchell & Gardner)

Il metodo è valido per le sabbie in genere. Si basa sulla seguente relazione:

$$M(\text{kg/cmq}) = 0.03Rp + 11.7\sigma + 0.79Dr\%$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cmq , $Rp(\text{kg/cm}^2)$ la resistenza di punta media misurata nello strato e Dr la densità relativa in percentuale.

Modulo di deformazione di taglio (Imai e Tomauchi)

Il metodo, valido per tutti i tipi di terreno, si basa sulla seguente relazione:

$$G_0(\text{kg/cmq}) = 28Rp^{0.611} \text{ dove } Rp \text{ è la resistenza di punta media nello strato.}$$

Permeabilità (Piacentini e Righi)

Un'indicazione della permeabilità dello strato può essere ottenuta attraverso la relazione

$$k(m/s) = 10^{-\left(\frac{165}{fr} + \frac{160Rp}{fr^{3.5}} \right)}$$

dove Rp è la resistenza di punta media nello strato in kg/cmq e fr è il rapporto Rp/Rl

ALLEGATI

Tabulati con riportati i parametri geotecnici relativi agli strati con caratteristiche litologiche e meccaniche omogenee

Coesione non drenata**TERRENI COESIVI**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Lunne & Eide	4.359307
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Lunne & Eide	1.303935
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Lunne & Eide	0.9258221
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Lunne & Eide	0.7045022
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Lunne & Eide	0.9850983

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Mitchell & Gardner (1975)	228.9314
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Mitchell & Gardner (1975)	1169984
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Mitchell & Gardner (1975)	86.05554
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Mitchell & Gardner (1975)	69.2118
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Mitchell & Gardner (1975)	98.03395

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Ladd ed Altri 1977 n=30	114.6
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Ladd ed Altri 1977 n=30	35.1
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Ladd ed Altri 1977 n=30	25.8
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Ladd ed Altri 1977 n=30	20.7
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Ladd ed Altri 1977 n=30	29.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Imai & Tomauchi	395.7463
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Imai & Tomauchi	192.1964
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Imai & Tomauchi	159.3079
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Imai & Tomauchi	139.4561
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Imai & Tomauchi	172.5116

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Meyerhof	2.197531
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Meyerhof	1.994767
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Meyerhof	1.937234
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Meyerhof	1.891338
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Meyerhof	1.94766

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Meyerhof	2.277531
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Meyerhof	2.074767
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Meyerhof	2.017234
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Meyerhof	1.971338
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Meyerhof	2.02766

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Piacentini-Righi 1988	9.02E-10
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Piacentini-Righi 1988	7.99E-10
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Piacentini-Righi 1988	2.30E-08
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Piacentini-Righi 1988	4.89E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.80	76.31045	3.266667	0.196939	0.196939	Piacentini-Righi 1988	2.064439E-04
Strato 2	4.20	23.39967	1.744444	0.6329604	0.6329604	Piacentini-Righi 1988	7.019901E-07
Strato 3	6.00	17.21111	0.8666667	1.046254	1.046254	Piacentini-Righi 1988	4.124179E-05
Strato 4	9.40	13.84236	0.6078432	1.541752	1.541752	Piacentini-Righi 1988	9.547851E-04
Strato 5	15.00	19.60679	0.8142858	2.406974	2.406974	Piacentini-Righi 1988	2.877332E-03

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Lunne & Eide	4.137014
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Lunne & Eide	1.382165
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Lunne & Eide	0.9389221
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Lunne & Eide	0.7410966

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Mitchell & Gardner (1975)	217.4745
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Mitchell & Gardner (1975)	125.3548
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Mitchell & Gardner (1975)	89.244
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Mitchell & Gardner (1975)	75.96865

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Ladd ed Altri 1977 n=30	108.6
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Ladd ed Altri 1977 n=30	37.5
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Ladd ed Altri 1977 n=30	26.7
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Ladd ed Altri 1977 n=30	22.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Imai & Tomauchi	383.5248
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Imai & Tomauchi	200.471
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Imai & Tomauchi	162.8888
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Imai & Tomauchi	147.6233

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Meyerhof	2.188738
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Meyerhof	2.004556
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Meyerhof	1.939595
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Meyerhof	1.899845

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Meyerhof	2.268738
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Meyerhof	2.084556
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Meyerhof	2.019594
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Meyerhof	1.979845

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Piacentini-Righi 1988	9.58E-09
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Piacentini-Righi 1988	1.61E-11
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Piacentini-Righi 1988	6.27E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	2.40	72.4915	2.883333	0.2592309	0.2592309	Piacentini-Righi 1988	2.084478E-03
Strato 2	6.60	25.07096	1.71746	0.9383573	0.9383573	Piacentini-Righi 1988	7.521288E-07
Strato 3	7.60	17.8488	1.026667	1.455221	1.455221	Piacentini-Righi 1988	8.598506E-07
Strato 4	15.00	15.19373	0.6306307	2.254184	2.254184	Piacentini-Righi 1988	2.858656E-03

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPT.3)

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Lunne & Eide	3.157419
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Lunne & Eide	1.199929
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Lunne & Eide	0.7669632
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Lunne & Eide	0.6141205
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Lunne & Eide	1.142471
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Lunne & Eide	0.6769366
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Lunne & Eide	0.8487888

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Mitchell & Gardner (1975)	166.2259
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Mitchell & Gardner (1975)	108.7659
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Mitchell & Gardner (1975)	72.47335
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Mitchell & Gardner (1975)	60.399
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Mitchell & Gardner (1975)	108.1558
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Mitchell & Gardner (1975)	70.16
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Mitchell & Gardner (1975)	87.26555

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Ladd ed Altri 1977 n=30	83.1
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.7
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Ladd ed Altri 1977 n=30	21.6
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Ladd ed Altri 1977 n=30	18
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.4
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Ladd ed Altri 1977 n=30	21
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Ladd ed Altri 1977 n=30	26.1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Imai & Tomauchi	325.4496
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Imai & Tomauchi	183.8164
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Imai & Tomauchi	143.4354
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Imai & Tomauchi	128.3206
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Imai & Tomauchi	183.1857
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Imai & Tomauchi	140.6203
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Imai & Tomauchi	160.6728

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Meyerhof	2.143341
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Meyerhof	1.980802
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Meyerhof	1.905609
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Meyerhof	1.868271
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Meyerhof	1.972559
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Meyerhof	1.884632
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Meyerhof	1.92264

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	0.12849	0.0167
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	0.16178	0.02103
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	0.1432	0.01862

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2.60	55.40862	2.85641	0.2800783	0.2800783	Meyerhof	2.223341
Strato 2	5.00	21.75317	1.211111	0.8024092	0.8024092	Meyerhof	2.060802
Strato 3	5.60	14.49467	0.5777778	1.103492	1.103492	Meyerhof	1.985609
Strato 4	7.60	12.0798	0.6133333	1.357255	1.357255	Meyerhof	1.948272
Strato 5	9.00	21.63115	0.9047618	1.683613	1.683613	Meyerhof	2.052559
Strato 6	13.20	14.032	0.5174604	2.212686	2.212686	Meyerhof	1.964633
Strato 7	15.00	17.45311	0.6222222	2.783257	2.633257	Meyerhof	2.00264

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPT.4)**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Lunne & Eide	3.235255
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Lunne & Eide	1.438245
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Lunne & Eide	1.020304
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Lunne & Eide	0.7342899

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Mitchell & Gardner (1975)	170.2245
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Mitchell & Gardner (1975)	129.4046
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Mitchell & Gardner (1975)	95.4931
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Mitchell & Gardner (1975)	75.293

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Ladd ed Altri 1977 n=30	85.2
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Ladd ed Altri 1977 n=30	38.7
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Ladd ed Altri 1977 n=30	28.5
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Ladd ed Altri 1977 n=30	22.5

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Imai & Tomauchi	330.2109
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Imai & Tomauchi	204.4036
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Imai & Tomauchi	169.7658
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Imai & Tomauchi	146.8197

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Meyerhof	2.147432
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Meyerhof	2.011237
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Meyerhof	1.953559
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Meyerhof	1.898295

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Meyerhof	2.227432
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Meyerhof	2.091237
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Meyerhof	2.033559
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Meyerhof	1.978295

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Piacentini-Righi 1988	4.27E-11
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Piacentini-Righi 1988	1.07E-09
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Piacentini-Righi 1988	2.01E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	2.40	56.7415	2.766667	0.2539571	0.2539571	Piacentini-Righi 1988	7.275547E-06
Strato 2	5.00	25.88092	1.948718	0.769163	0.769163	Piacentini-Righi 1988	7.764276E-07
Strato 3	7.60	19.09862	0.9435897	1.284115	1.284115	Piacentini-Righi 1988	6.123052E-05
Strato 4	15.00	15.0586	0.6630631	2.237899	2.237899	Piacentini-Righi 1988	9.077702E-04

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPT.5)

TERRENI COESIVI
Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Lunne & Eide	2.764637
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Lunne & Eide	1.490381
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Lunne & Eide	1.012066
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Lunne & Eide	0.8342477
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Lunne & Eide	0.940504
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Lunne & Eide	0.8328032
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Lunne & Eide	0.9387879

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Mitchell & Gardner (1975)	145.3193
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Mitchell & Gardner (1975)	132.6088
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Mitchell & Gardner (1975)	92.34145
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Mitchell & Gardner (1975)	78.07664
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Mitchell & Gardner (1975)	89.382
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Mitchell & Gardner (1975)	84.02075
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Mitchell & Gardner (1975)	95.35

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Ladd ed Altri 1977 n=30	72.60001
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Ladd ed Altri 1977 n=30	39.9
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Ladd ed Altri 1977 n=30	27.6
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Ladd ed Altri 1977 n=30	23.4
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Ladd ed Altri 1977 n=30	26.7
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Ladd ed Altri 1977 n=30	25.2
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Ladd ed Altri 1977 n=30	28.5

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Imai & Tomauchi	299.7895
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Imai & Tomauchi	207.4813
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Imai & Tomauchi	166.3201
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Imai & Tomauchi	150.1128
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Imai & Tomauchi	163.0426
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Imai & Tomauchi	156.9956
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Imai & Tomauchi	169.6103

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof.	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Peso unità di volume
--	-------	----	----	----------	----------	--------------	----------------------

	Strato (m)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	litostatica totale (Kg/cm ²)	litostatica efficace (Kg/cm ²)		(t/m ³)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Meyerhof	2.121023
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Meyerhof	2.01722
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Meyerhof	1.952197
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Meyerhof	1.919737
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Meyerhof	1.939877
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Meyerhof	1.919445
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Meyerhof	1.93957

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	0.10361	0.01347

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Meyerhof	2.201023
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Meyerhof	2.097219
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Meyerhof	2.032197
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Meyerhof	1.999737
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Meyerhof	2.019877
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Meyerhof	1.999445
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Meyerhof	2.01957

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Schmertmann	<5

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Caquot	24.82

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Schmertmann	136.425

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Mitchell & Gardner 1975	92.77

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Imai & Tomauchi	322.4311

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Ocr
--	------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------	-----

	(m)			(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Piacentini Righi 1978	4.44

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Kulhawy-Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	0.10361	0.01347

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Meyerhof	2.1

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.271

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Robertson e Wride 1997	0.877

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Piacentini-Righi 1988	2.36E-09
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Piacentini-Righi 1988	2.99E-10
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Piacentini-Righi 1988	5.40E-08
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Piacentini-Righi 1988	4.24E-08
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Piacentini-Righi 1988	1.32E-04
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Piacentini-Righi 1988	7.80E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.60	48.43975	2.816667	0.1691882	0.1691882	Piacentini-Righi 1988	1.453192E-06
Strato 2	3.20	26.52175	2.166667	0.4996904	0.4996904	Piacentini-Righi 1988	7.956525E-07
Strato 3	4.60	18.46829	0.8857142	0.7976207	0.7976207	Piacentini-Righi 1988	1.307869E-04
Strato 4	5.80	15.61533	0.8222222	1.049364	1.049364	Piacentini-Righi 1988	1.398526E-05
Strato 5	8.80	17.8764	0.7422222	1.4552	1.4552	Piacentini-Righi 1988	2.894073E-03
Strato 6	14.20	16.80415	0.7086421	2.263406	2.263406	Piacentini-Righi 1988	2.139484E-03
Strato 7	14.60	54.57	1.233333	2.821085	2.641085	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 8	15.00	19.07	0.4666666	2.898762	2.678762	Piacentini-Righi 1988	4.46447

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPT.6)

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Lunne & Eide	2.762561
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Lunne & Eide	2.003779
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Lunne & Eide	1.260225
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Lunne & Eide	0.9485433
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Lunne & Eide	1.161187
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Lunne & Eide	0.8579807
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Lunne & Eide	0.8376575
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Lunne & Eide	1.167563

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Mitchell & Gardner (1975)	145.014
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Mitchell & Gardner (1975)	141.040
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Mitchell & Gardner (1975)	113.67
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Mitchell & Gardner (1975)	89.1211
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Mitchell & Gardner (1975)	108.8534
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Mitchell & Gardner (1975)	83.35285
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Mitchell & Gardner (1975)	83.728
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Mitchell & Gardner (1975)	114.6327

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Ladd ed Altri 1977 n=30	72.60001
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Ladd ed Altri 1977 n=30	52.8
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Ladd ed Altri 1977 n=30	34.2
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Ladd ed Altri 1977 n=30	26.7
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.7
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Ladd ed Altri 1977 n=30	24.9
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Ladd ed Altri 1977 n=30	25.2
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Ladd ed Altri 1977 n=30	34.5

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Imai & Tomauchi	299.4046
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Imai & Tomauchi	246.9835
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Imai & Tomauchi	188.8369
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Imai & Tomauchi	162.7517
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Imai & Tomauchi	183.9068
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Imai & Tomauchi	156.2319
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Imai & Tomauchi	156.6612
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Imai & Tomauchi	189.8125

Grado di sovraconsolidazione

	Prof.	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Ocr
--	-------	----	----	----------	----------	--------------	-----

	Strato (m)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	litostatica totale (Kg/cm ²)	litostatica efficace (Kg/cm ²)		
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Meyerhof	2.120897
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Meyerhof	2.066948
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Meyerhof	1.989039
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Meyerhof	1.941307
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Meyerhof	1.975289
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Meyerhof	1.924449
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Meyerhof	1.920422
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Meyerhof	1.976209

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	0.11557	0.01502

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Meyerhof	2.200897
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Meyerhof	2.146948
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Meyerhof	2.069039
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Meyerhof	2.021307
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Meyerhof	2.055289
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Meyerhof	2.004449
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Meyerhof	2.000422
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Meyerhof	2.056209

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Schmertmann	<5

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Caquot	24.27

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Schmertmann	89.019

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Mitchell & Gardner 1975	71.22

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Imai & Tomauchi	248.3994

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Piacentini Righi 1978	4.34

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Kulhawy-Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	0.11557	0.01502

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Meyerhof	2.1

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.271

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Robertson e Wride 1997	0.656

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Piacentini-Righi 1988	3.63E-06
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Piacentini-Righi 1988	5.07E-10
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Piacentini-Righi 1988	1.95E-10
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Piacentini-Righi 1988	4.07E-08
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Piacentini-Righi 1988	5.22E-05
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Piacentini-Righi 1988	6.50E-09
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Piacentini-Righi 1988	3.36E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.00	48.338	1.48	0.103681	0.103681	Piacentini-Righi 1988	0.5260813
Strato 2	1.80	35.276	3.366667	0.2900261	0.2900261	Piacentini-Righi 1988	1.05828E-06
Strato 3	5.40	22.734	1.72963	0.7304627	0.7304627	Piacentini-Righi 1988	6.8202E-07
Strato 4	7.20	17.82422	0.9111111	1.262656	1.262656	Piacentini-Righi 1988	2.708551E-05
Strato 5	7.80	21.77067	1.133333	1.496338	1.496338	Piacentini-Righi 1988	1.271263E-05
Strato 6	9.20	16.67057	0.7047619	1.690227	1.690227	Piacentini-Righi 1988	2.037926E-03
Strato 7	10.20	35.6076	0.8933333	1.924453	1.924453	Piacentini-Righi 1988	5.57956
Strato 8	11.20	16.7456	0.7733334	2.1201	2.1201	Piacentini-Righi 1988	3.266025E-04
Strato 9	15.00	22.92653	0.9614036	2.590878	2.540878	Piacentini-Righi 1988	2.314279E-03

CONSIDERAZIONI SISMICHE

Considerazioni sismiche di carattere generale

Il territorio del comune di Cesena è classificato in zona 2 (Ordinanza P.C.M. n°3274 del 23.03.2003) con coefficiente di intensità sismica $C = 0.07$, massimo macrosismico compreso fra l' VIII e il IX grado della scala MCS, magnitudo di riferimento $M_w = 6.14$ (da relazione consigliata dal G.N.D.T., $M = \frac{I+1.93}{1.78}$, con nel nostro caso $I = 9$ e accelerazione di picco orizzontale al suolo, (per suolo tipo A per $T = 0$) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, $a_g = 0.191 g$ per entrambi i punti in cui è stata realizzata la prova HVSR.

In particolare per le aree in esame l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dello stato limite preso in considerazione (SLV), viene definita partendo dalla pericolosità sismica di base del sito (lat.44°,1566N e long.12°,2686E per HVSR n°1 e lat.44°,1575N e long.12.2693E per HVSR n°2)

Determinazione della categoria del suolo di fondazione in base alla velocità equivalente di propagazione (V_{s30}) delle onde di taglio

Metodo previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

Vengono identificate 5 classi sismiche alle quali sono associati 5 spettri di risposta elastica. Lo schema di riferimento per la determinazione della classe sismica del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino ad una profondità di 30 metri dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Nella prova HVSR n°1 si ha $V_{s30} = 222$ m/s nella prova HVSR n°2 si ha $V_{s30} = 202$ m/s, corrispondenti in entrambe i casi a suoli di categoria **C**.

ALLEGATI

Metodologia e risultati delle indagini sismiche (HVSR)

Prova n°1

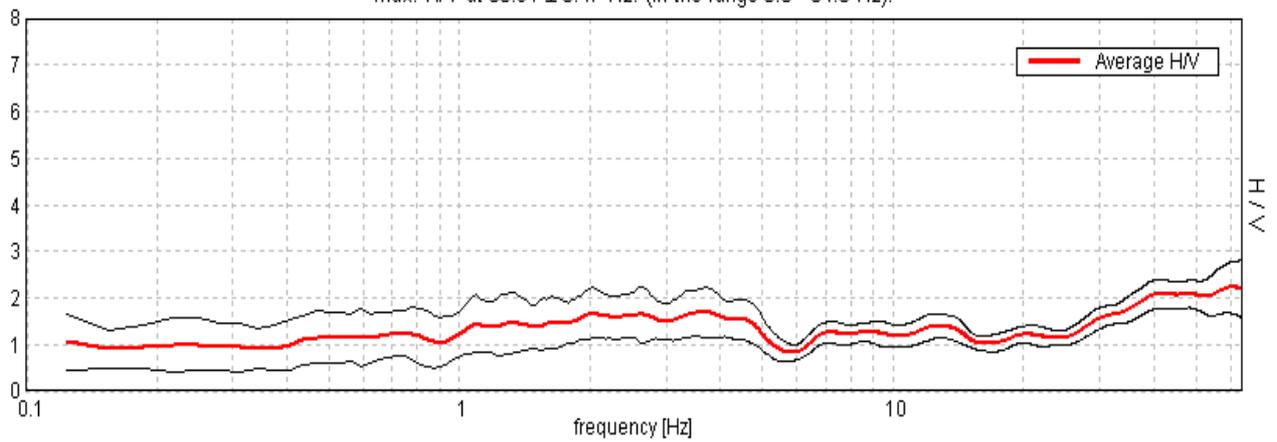
Committenti: SOM s.r.l. e altri
Lavoro: Area oggetto di PUA
Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

Strumento: TRZ-0112/01-10
Inizio registrazione: 23/08/11 08:45:34 Fine registrazione: 23/08/11 09:05:35
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

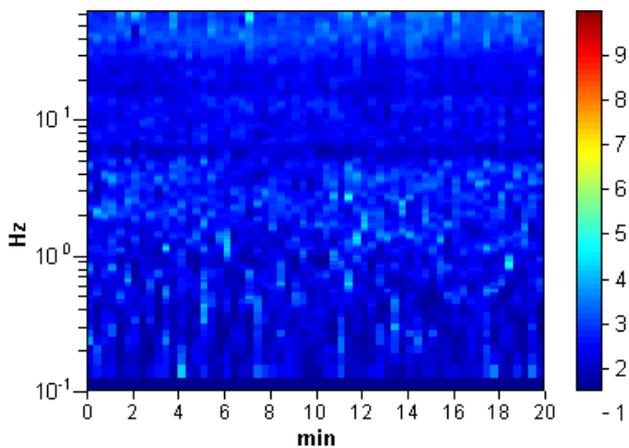
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

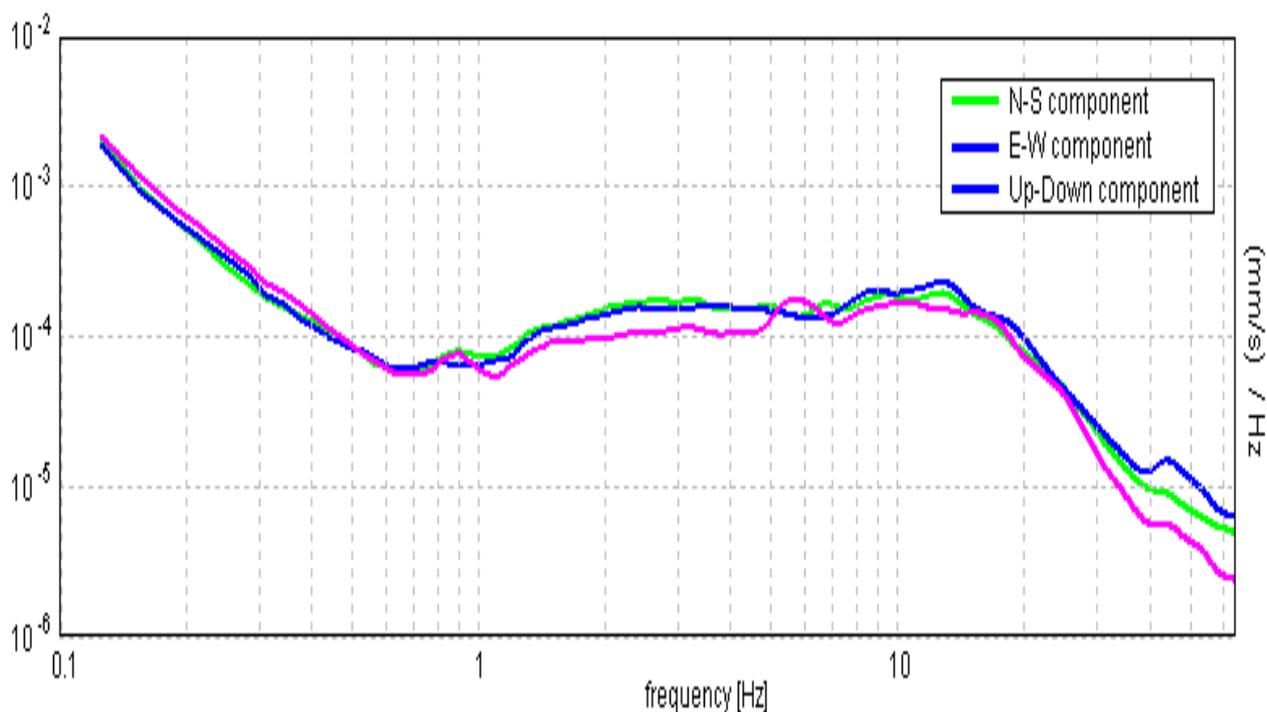
Max. H/V at 60.91 ± 5.47 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

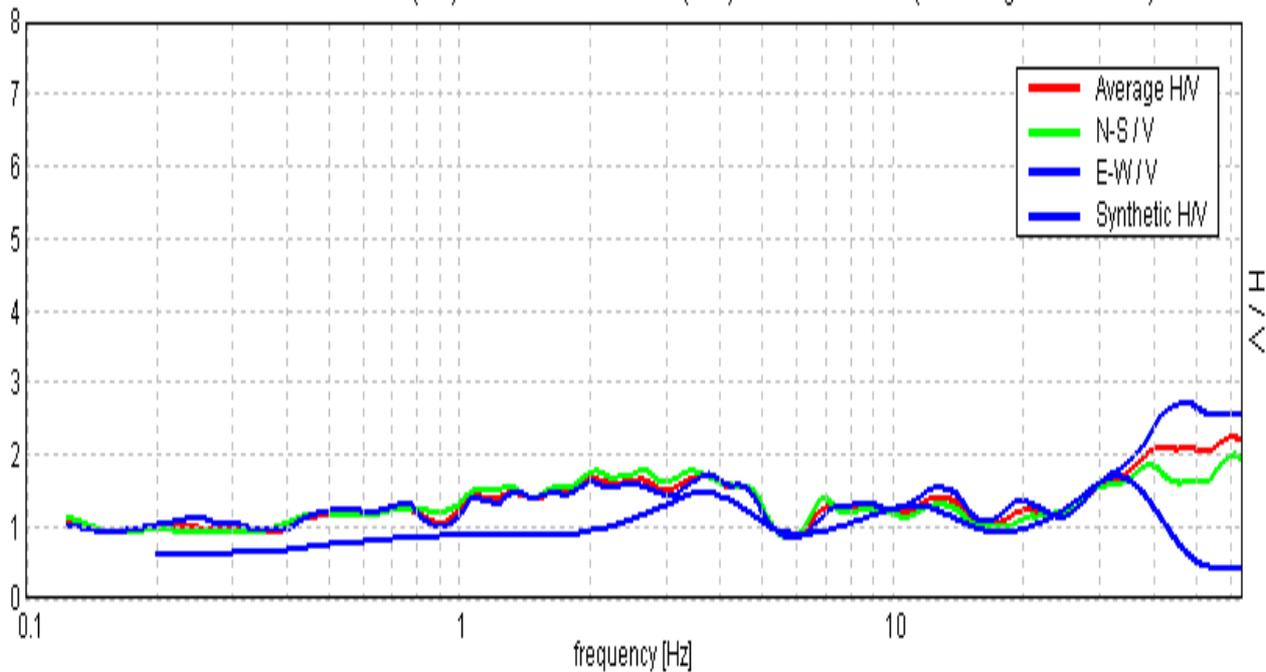


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



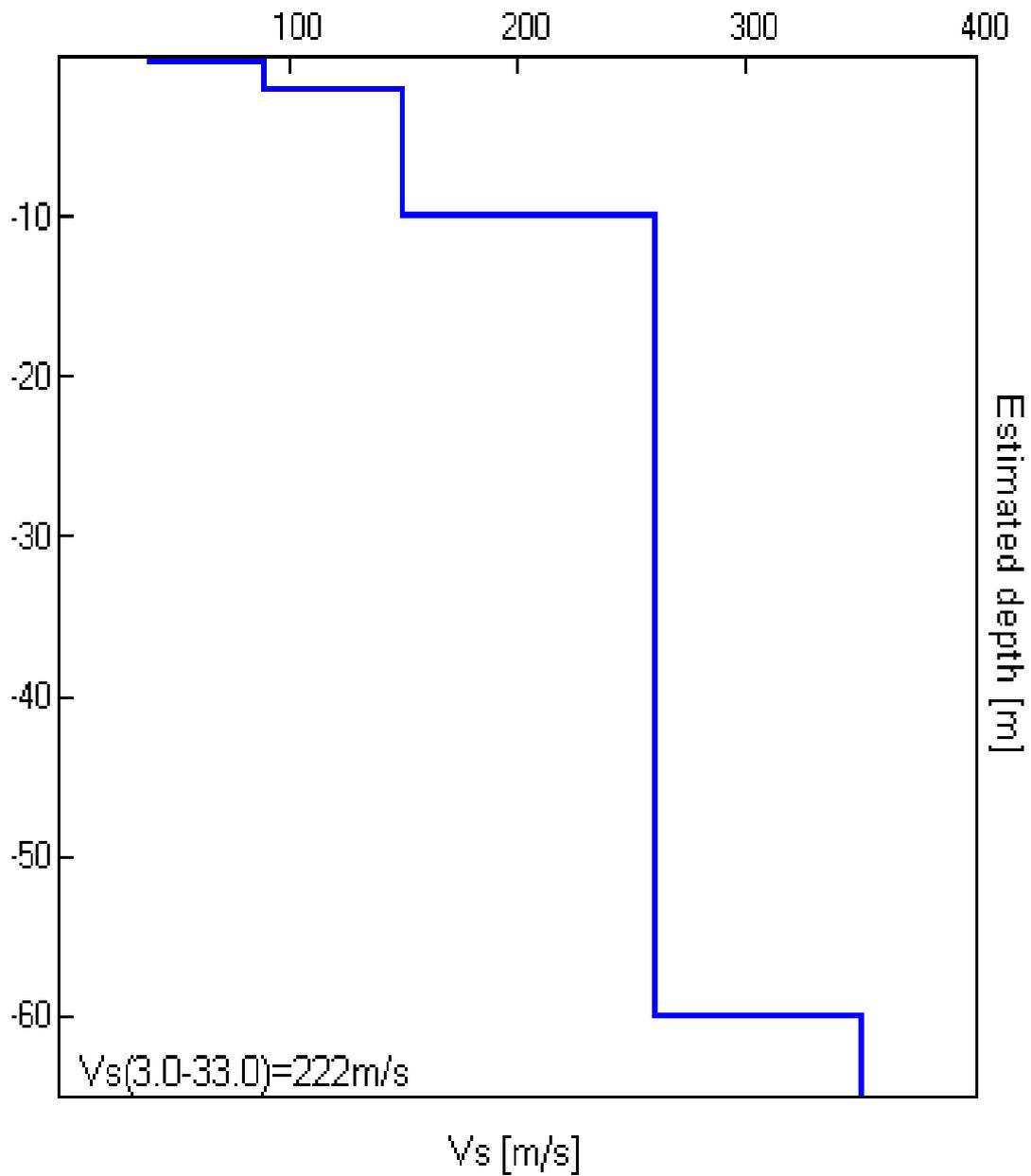
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 3.75 ± 0.44 Hz. Max.(N-S)/V: 2.63 ± 0.26 Hz. Max.(E-W)/V: 3.75 ± 0.38 Hz. (In the range 0.0 - 15.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	40	0.30
2.00	1.70	90	0.30
10.00	8.00	150	0.30
60.00	50.00	260	0.27
inf.	inf.	350	0.25

Vs(0.0-30.0)=192m/s



(Secondo le linee guida SESAME, 2005)

Picco H/V a 60.91 ± 5.47 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$60.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$73087.5 > 200$	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 1074	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	18.469 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.23 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04448 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.70908 < 3.04531$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2793 < 1.58$	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

Prova n°2

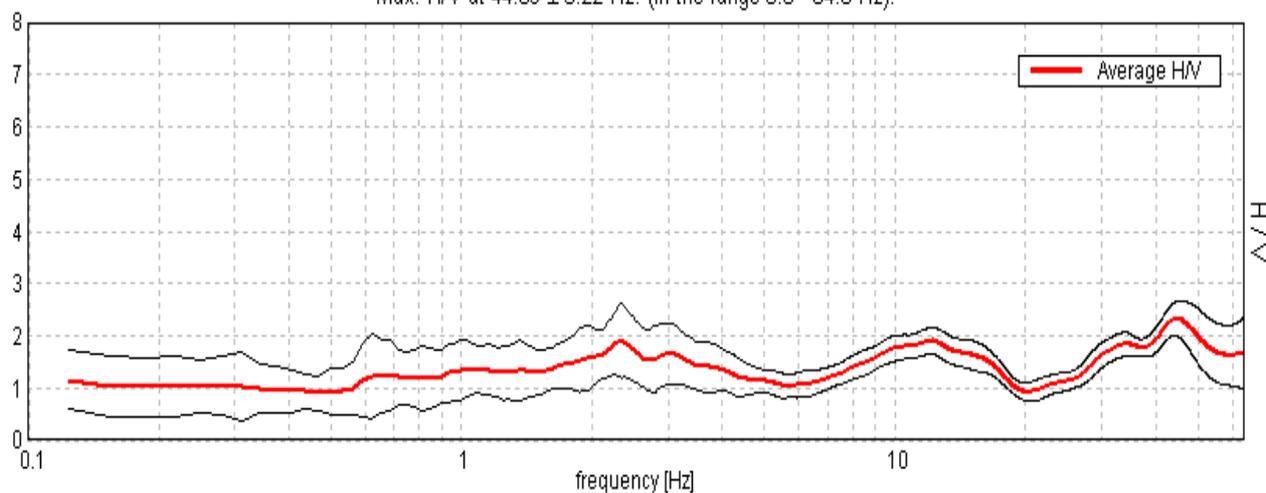
Committenti: SOM S.r.l. e altri
Lavoro: Area oggetto di PUA
Località: S.Egidio di Cesena, via Faenza

Strumento: TRZ-0112/01-10
Inizio registrazione: 23/08/11 09:21:52 Fine registrazione: 23/08/11 09:41:53
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

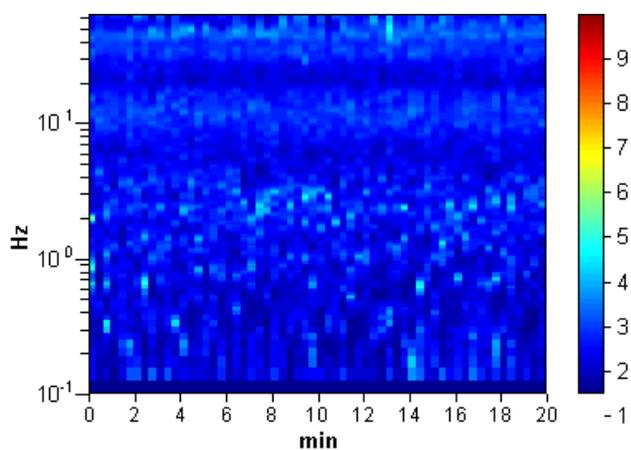
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

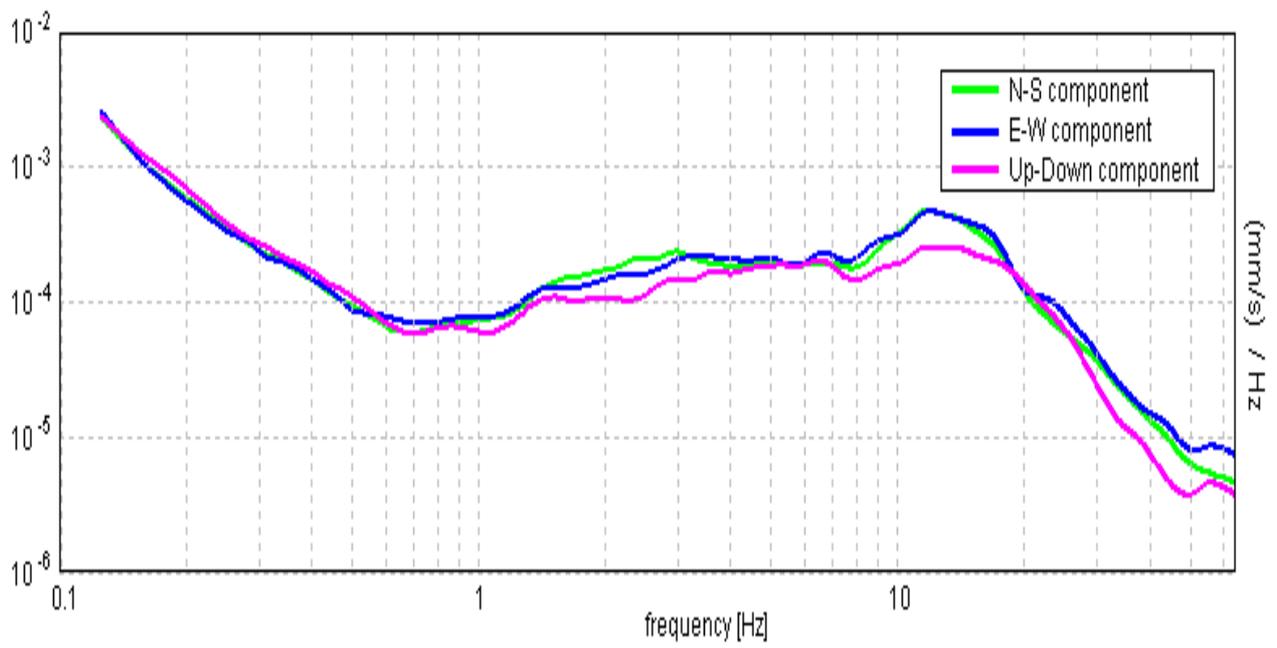
Max. H/V at 44.69 ± 3.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

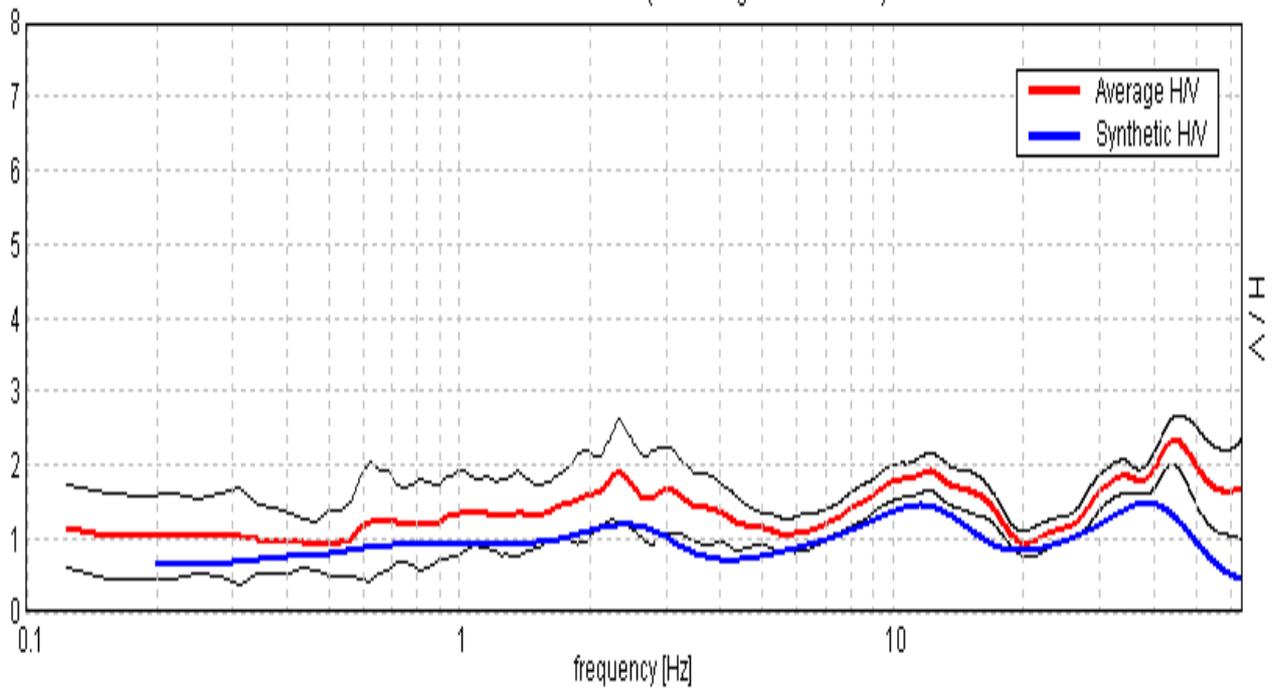


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



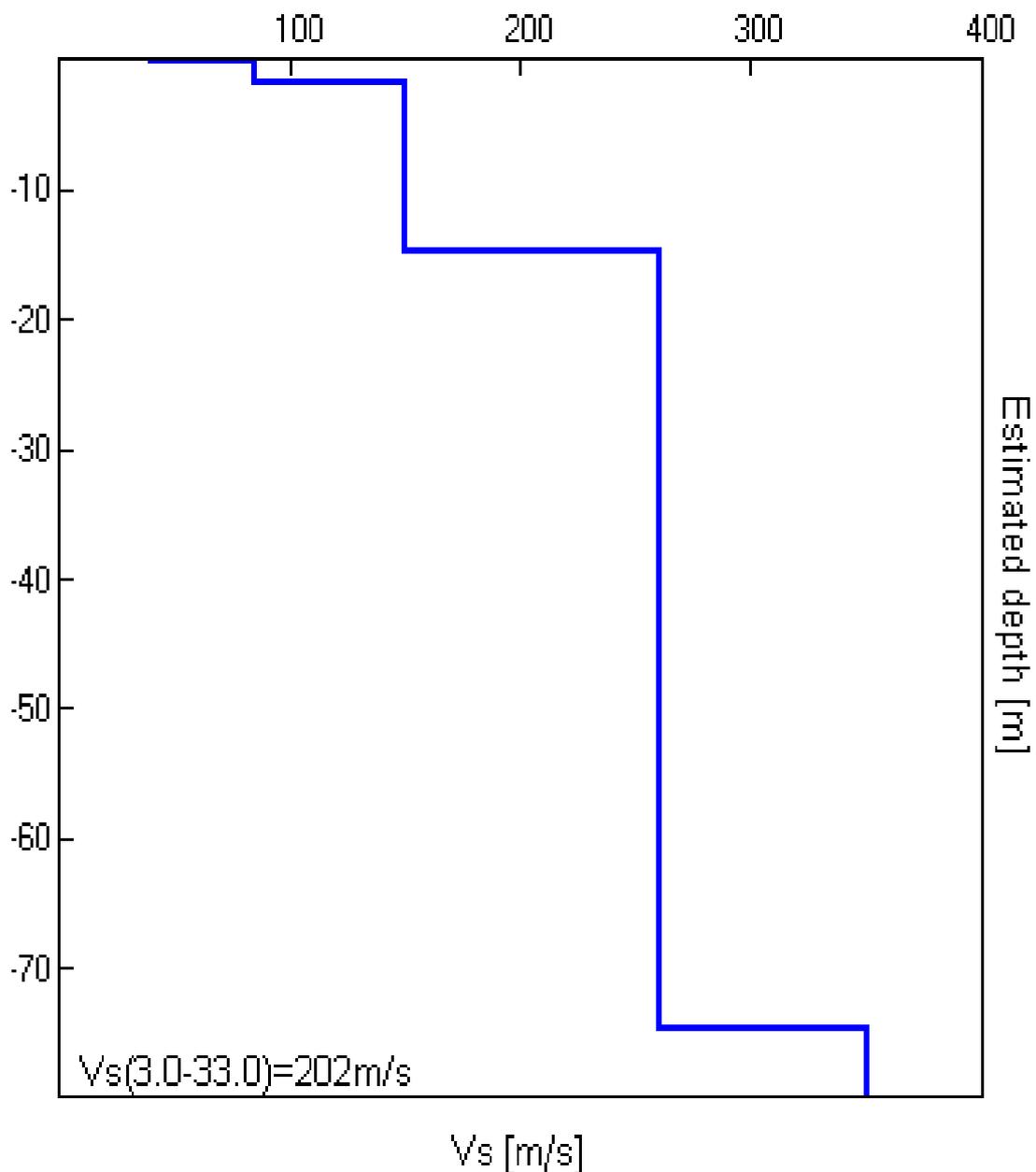
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 44.69 ± 3.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.25	0.25	40	0.30
1.75	1.50	85	0.30
14.75	13.00	150	0.30
74.75	60.00	260	0.27
inf.	inf.	350	0.25

Vs(0.0-30.0)=177m/s



(Secondo le linee guida SESAME, 2005)

Picco H/V a 44.69 ± 3.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$44.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$53625.0 > 200$	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 1334	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	25.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.33 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03565 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.59333 < 2.23438$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1653 < 1.58$	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

Stima della pericolosità sismica del sito in esame

Per definire la pericolosità sismica delle aree in esame, nonostante il comune di Cesena non si sia ancora dotato di PSC, ci si è attenuti a quanto disposto *nell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 (Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio), in merito a (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per pianificazione territoriale e urbanistica)*, si è quindi effettuata una analisi semplificata relativa al secondo livello di approfondimento (punto 4.1)

Definizione dello spettro di risposta elastico secondo il D.M. 14 gennaio 2008

Nel D.M. 14 gennaio 2008 è previsto uno spettro di risposta elastico dell'accelerazione, per la componente orizzontale del moto, caratterizzato dal seguente andamento:

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right] \text{ per } 0 \leq T < T_b; \quad a(g) = a_g S \eta F_0 \text{ per } T_b \leq T < T_c$$

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_c}{T} \right) \text{ per } T_c \leq T < T_d; \quad a(g) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_c T_d}{T^2} \right) \text{ per } T_d \leq T.$$

La grandezza a_g esprime l'accelerazione di picco nel bedrock in. Il parametro η è il fattore di

correzione per lo smorzamento viscoso ed è dato da: $\eta = \left[\frac{10}{5 + \xi} \right]^{0.5} \geq 0.55$.

S è una grandezza data dal prodotto: $S = S_s \cdot S_t$

dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_t il coefficiente di amplificazione topografico, ricavabili dalle tabelle che seguono:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00 (caso in esame)
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g \leq 1,50$ (caso in esame)
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g \leq 1,60$

F_0 è l'amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale e si ricava, da tabella B allegata al D.M.14 gennaio 2008 (allegato B). F_0 nel nostro è pari a **2.443**

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_c = C_c T_c^*$, in cui T_c^* è un parametro sempre dall'allegato B del D.M. e per il sito in esame è pari a **0.308 s** mentre C_c deriva dalla categoria del sottosuolo, con la tabella:

Categoria sottosuolo	C_c
A	1,00
B	$1,10(T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,05(T_c^*)^{-0,33}$ (valore utilizzato)
D	$1,25(T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,15(T_c^*)^{-0,40}$

Per cui risulta una valore $T_c = 0.477$ s

I parametri T_b e T_d sono correlati a T_c con le seguenti relazioni: $T_b = \frac{T_c}{3}$; $T_d = 4,0a_g + 1,6$

Dallo spettro di risposta elastico dell'accelerazione si ricava lo spettro di risposta dello spostamento, applicando, per ogni periodo T , la relazione: $u = a(g)g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$ dove g è l'accelerazione di gravità (981 cm/s^2). Lo spettro di risposta elastico verticale si ottiene con le stesse relazioni viste per quello orizzontale, sostituendo il parametro F_0 con la grandezza F_v ,

data da: $F_v = 1,35F_0 a_g^{0,5}$. I parametri a_g , F_0 e T_c^* sono ricavati dall'allegato B del D.M. in funzione del tempo di ritorno (Tr) preso in considerazione. Il parametro Tr viene ricavato dalla seguente relazione: $Tr(\text{anni}) = -\frac{V_r}{\ln(1 - P_{V_r})}$; in cui V_r è la vita di riferimento dell'opera e

P_{V_r} la probabilità di superamento legata allo stato limite di calcolo. La vita di riferimento (V_r) dell'opera è data da: $V_r(\text{anni}) = C_u V_n$, dove V_n è la vita nominale dell'opera e C_u un fattore moltiplicativo funzione della classe d'uso della struttura in progetto.

Tabella I

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	=10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	≥50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

Tabella II

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, ferrovie la cui interruzione non porti a situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e ferrovie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella III

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Il parametro P_{Vr} è invece funzione dello stato limite considerato, secondo la tabella:

Stati Limite	P_{Vr}
Stato Limite di Operatività (SLO):	0,81
Stato Limite di Danno (SLD):	0,63
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):	0,10
Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):	0,05

Spettri di risposta elastici per lo stato limite ultimo SLV

Di seguito si riportano parametri e spettri di risposta elastica e tabelle con parametri sismici relativi alle due aree in esame, ottenuti dal sito "Spettri NTC ver.1.0.2." del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sito "Spettri NTC ver.1.0.2."

L'accelerazione sismica massima nel sito in esame $a_{max} = a_g S$ (espressa in m/s^2), per lo stato limite ultimo considerato (SLV – stato limite di salvaguardia della vita), con accelerazione di picco per suoli di tipo A, risulta $a_{max} = 2.71 m/s^2$.

ALLEGATI

Spettri di risposta elastici e parametri relativi allo stato limite ultimo (SLV) (da Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Spettri NTC)

Fattori di amplificazione sismica (punto 4.1.1.)

Per quanto attiene ai fattori di amplificazione sismica F.A. , utilizzando le tabelle regionali al punto (A2.1.2 – pianura padana e costa adriatica), in base ai valori di V_{S30} ottenuti dalle due prove HVSR, per zona di *pianura 2* in cui si colloca l'area in esame, si ottengono i seguenti valori di amplificazione:

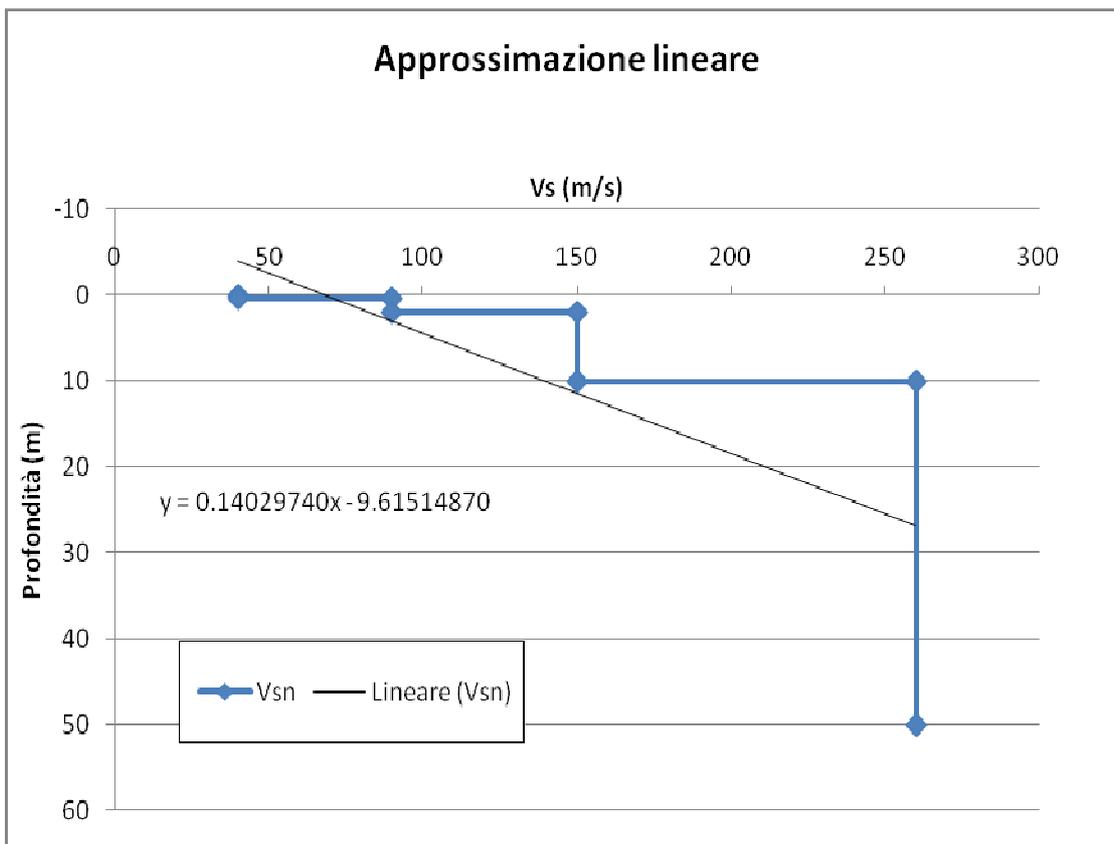
$$F.A. (P.G.A.) = 1.5$$

$$F.A. \text{ Intensità Spettrale} - 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.8$$

$$F.A. \text{ Intensità spettrale} - 0.5s < T_0 < 1.0s = 2.5$$

Definizione della profondità del bedrock sismico (punto 4.1.2)

Per definire la profondità del bedrock sismico si è estrapolato il profilo V_S (HVSR n°1) fino ai valori di 800 m/s, utilizzando una retta di regressione e ottenendo una profondità del bedrock pari a **m-103** dal p.c. attuale (vedere grafico sottoriportato)



VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE IN CASO DI SISMA

Introduzione

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb: $\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza $\langle \tau \rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano

verificate le condizioni: a) $c = 0$; b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $\langle c=0 \rangle$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Fattori che predispongono alla liquefazione

Di seguito si descrivono, nel dettaglio, i fattori principali che predispongono un terreno alla liquefazione, prima di passare ad illustrare i metodi di calcolo della suscettibilità.

1) Fattori geologici-geotecnici. Poiché ai terreni incoerenti sono associati generalmente valori del coefficiente di permeabilità relativamente elevati, l'applicazione di sovraccarichi graduali (per es. dovuti alla costruzione di un fabbricato) non conduce a significativi incrementi di $\langle u \rangle$. In questi casi infatti non si generano gradienti di pressione fra la zona sollecitata e quella indisturbata tali da produrre rapidi flussi idrici fra le due zone. I vuoti dello scheletro solido sono quasi sempre sufficientemente larghi da non ostacolare questo flusso. Nel caso viceversa di sollecitazioni intense sottoposte ad incrementi rapidi, come si verifica durante un evento sismico, i gradienti di pressione che si generano possono essere tali da produrre elevati flussi

idrici dall'interno verso l'esterno. Se il fenomeno si manifesta in depositi incoerenti a granulometria relativamente fine (per es. sabbie fini), la larghezza limitata dei vuoti dello scheletro tenderà ad ostacolare il flusso idrico, con il conseguente sviluppo di elevate pressioni neutre. Oltre alla granulometria, altri fattori condizionano la suscettibilità di un deposito sciolto al fenomeno della liquefazione. I principali sono la profondità del livello potenzialmente liquefacibile ed il suo grado di addensamento. Con l'aumentare della profondità del deposito diminuisce la probabilità di liquefazione dello stesso durante l'evento sismico. È evidente infatti che con l'aumentare della profondità siano richiesti valori di $\langle u \rangle$ sempre più elevati per annullare la pressione litostatica crescente. Inoltre con la profondità tende a diminuire anche l'intensità delle sollecitazioni indotte dal sisma. L'influenza della pressione litostatica permette di spiegare il fenomeno della migrazione della liquefazione dai depositi più superficiali a quelli più profondi. I livelli meno profondi sono quelli che per primi subiscono la liquefazione, che è facilitata dalla minore pressione litostatica. Gli strati più profondi, che inizialmente non subiscono il fenomeno, nel momento in cui il deposito superiore va in liquefazione risentono di un calo del peso della colonna di terreno sovrastante, evento che aumenta la probabilità che anch'essi subiscano la liquefazione. Fondamentale è anche il grado di addensamento del terreno, esprimibile attraverso il parametro densità relativa ($D_r\%$). I terreni molto addensati, se sollecitati, subiscono un aumento di volume (fenomeno di dilatazione) con conseguente diminuzione della $D_r\%$, che tende a portarsi verso un valore critico, variante in funzione principalmente della granulometria del deposito. L'aumento di volume ha come conseguenza, nei depositi saturi, un richiamo dell'acqua dall'esterno verso l'interno, con creazione di una u di segno negativo e si ha un aumento del termine ($\sigma_{v0} - u$). L'esatto contrario avviene in terreni poco addensati, dove una sollecitazione tende a produrre una diminuzione di volume, con conseguente flusso idrico verso l'esterno e la generazione di una $\langle u \rangle$ di segno positivo (diminuisce il valore di ($\sigma_{v0} - u$)).

In conclusione si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati.
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri)

In sostanza le attuali normative (DM14/01/08) indicano che il fenomeno della liquefazione non è da prevedersi se si verifica almeno una delle seguenti condizioni :

1)Eventi sismici attesi di magnitudo inferiore a 5

2)Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field (campo libero) inferiore a 0.10 g. Accelerazione massima minore di 0.15 g e terreni con:

I)Frazione di fine (FC) superiore al 20%, con indice di plasticità $P_I > 10$

II)FC > 35% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$.

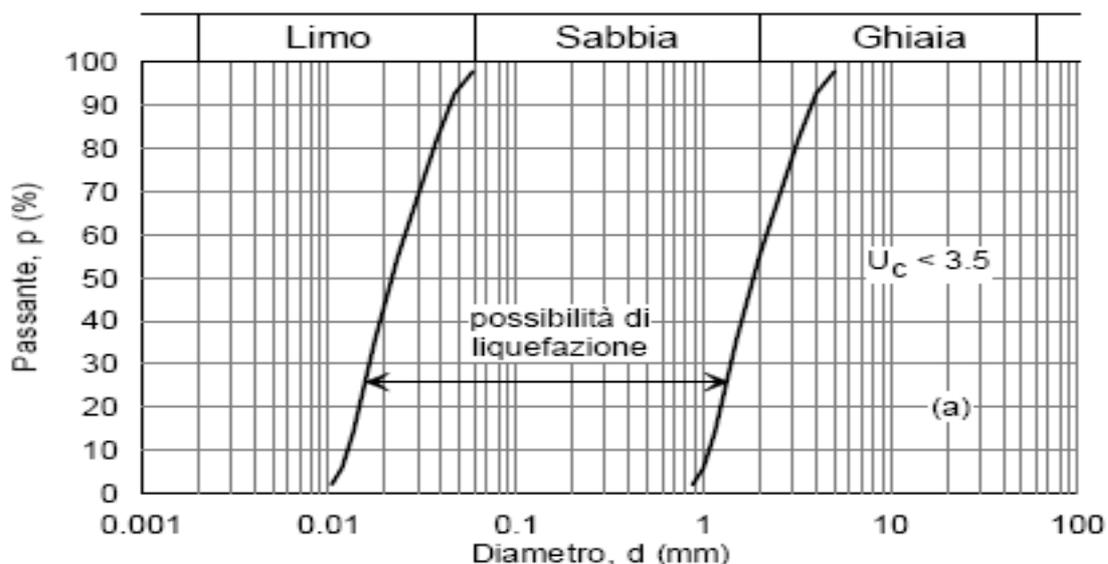
III)FC < 5% e resistenza $(N_1)_{60} > 25$.

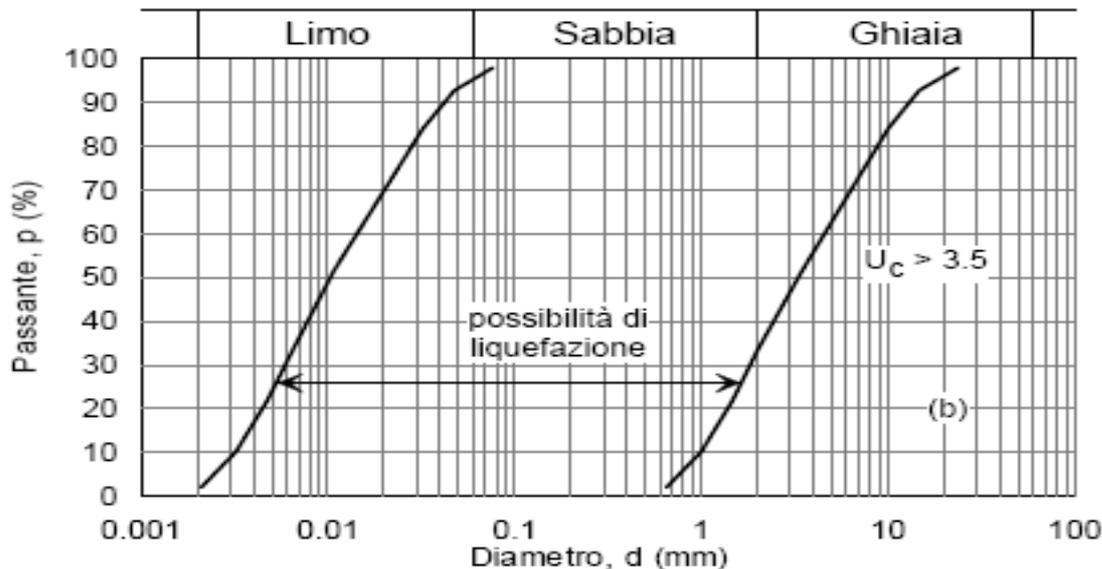
4)Profondità media della falda idrica inferiore a 15 metri dal p.c.

5)Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate dai fusi di liquefazione indicati nei grafici riportati nella pagina successiva (il primo grafico è relativo a terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e il secondo relativo ai terreni con $U_c > 3.5$), dove $U = D_{60}/D_{10}$

D_{60} = diametro delle particelle corrispondenti ad un passante pari al 60%

D_{10} = diametro delle particelle corrispondenti ad un passante pari al 10%





Verifica del rischio di liquefazione dei terreni nell'area in esame.

Per la verifica si sono utilizzati metodi cosiddetti semplificati che richiedono venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento.

I dati del sisma di progetto sono quelli riportati nelle pagine precedenti ($a_{\max} = 2.580 \text{ m/s}^2$) (possono essere ricavati attraverso l'analisi probabilistica dei dati del Catalogo Sismico

Mentre la magnitudo di riferimento è stata stimata dall'accelerazione al bedrock nel sito con la relazione consigliata dal G.N.D.T.:

$$M = \frac{\text{Log}_{10} a_{g\text{bedrock}} + 2,544}{0,363} \text{ da cui risulta, nel sito, una magnitudo di riferimento } M = 7.72$$

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà: $F_s = \frac{R}{T}$. Un deposito

dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1. La grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento ed è pertanto stata ricavata attraverso correlazioni con i risultati della prova penetrometrica statica realizzata.

La grandezza T si ottiene dalla relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF}; \text{ dove:}$$

a_{\max} = accelerazione sismica massima;

g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma,

ricavabile con la relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5}\right)^{-3.3}$ se $M \leq 7.5$ o con la

formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7.5$

Valutazione delle resistenza al taglio mobilitata R

Per la penetrometria statica (CPT) la resistenza al taglio mobilitata si ottiene utilizzando il metodo di Robertson & Wride. La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50; \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi. Si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \text{ e } F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}, \text{ dove:}$$

q_c (kg/cmq) = resistenza alla punta misurata;

f_s (kg/cmq) = attrito laterale specifico misurato;

σ_{v0} (kg/cmq) = pressione verticale totale;

σ_{v0}' (kg/cmq) = pressione verticale efficace.

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

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

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n; \text{ L'esponente } n \text{ viene valutato come segue:}$$

se $I_c > 2.6$ allora $n=1$; se $I_c \leq 2.6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n=0.5$; quindi si

ricalcola I_c con la relazione: $I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2.6 si conferma il valore $n=0.5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n=0.75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.

Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$, dove K_c è uguale a 1, se $I_c \leq 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88$$

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui risulti $FS > 1.25$

Verifica alla liquefazione dei terreni in esame

Come evidenziato nelle tabelle “Liquefazione” presenti negli allegati tabulati dei parametri geotecnici, in cui sono riportati i valori F_L degli strati incoerenti, ottenuti con un programma di calcolo automatico basato sul metodo di Robertson & Wride, nell’area in esame sono presenti due soli livelli incoerenti potenzialmente liquefacibili, con ($F_L \leq 1.25$), nella prova CPT n°5 a profondità compresa fra m-14.20 e m-14.60 ($F_L = 0.877$) e nella prova n°6 a profondità compresa fra m-9.20 e m-10.20 ($F_L = 0.656$).

Per definire il reale rischio di liquefazione del sito si è tenuto conto del criterio di Ishihara e Perlea (1984), con il quale si è dimostrato che in presenza di singoli strati suscettibili di liquefazione la probabilità che il fenomeno coinvolga il deposito nel suo complesso, con l’estensione della liquefazione in superficie, è da stimarsi in base al valore del rapporto fra lo spessore dello strato sovrastante non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile, secondo una regola empirica ottenuta esaminando i casi di liquefazione verificatisi a Bucarest nel terremoto del 1977. Indicando con H_1 lo spessore dello strato superiore non liquefacibile e con H_2 lo spessore dello strato liquefacibile, per terremoti con accelerazioni al suolo da 0.200 a 0.300 g, se si ha lo strato superiore non liquefacibile $H_1 \geq 5$ metri e quello liquefacibile $H_2 < 5$ metri, una eventuale liquefazione dello strato sottostante non comporta danni in superficie perchè la propagazione del fenomeno dal basso verso l’alto è impedita dallo strato non liquefacibile.

Si può pertanto affermare che nell’area in esame non sono prevedibili danni superficiali dovuti alla liquefazione.

VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Si è proceduto a valutare la portanza dei terreni di fondazione in base a quanto disposto dal testo unico DM 14/01/2008 e cioè sulla base della verifica agli stati limite.

Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d < R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza. La verifica di questa condizione deve essere fatta impiegando combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A_1 e A_2), per i parametri geotecnici (M_1 e M_2) e per le resistenze (R_1 , R_2 e R_3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio n.1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti, la prima più severa nei confronti del dimensionamento strutturale, la seconda più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio n.2) è prevista una unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche. Nella presente valutazione relativa al dimensionamento delle fondazioni è stata adottato sia la combinazione 2 ($A_2 + M_2 + R_2$) dell'approccio n°1 che la combinazione unica dell'approccio n°2 ($A_1 + M_1 + R_3$).

Per la scelta dei coefficienti parziali si sono utilizzate le tabelle presenti nel DM08 e si sono considerati terreni pianeggianti in condizioni non drenate (verifica a breve termine) e fondazioni continue con piano di posa orizzontale e carichi permanenti assiali.

I coefficienti parziali utilizzati nella presente indagine sono:

Coefficiente parziale per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza utilizzata	Coefficiente parziale	M_1	M_2
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4

Coefficienti parziali per capacità portante

Verifica	Coefficiente parziale	R_2	R_3
Capacità portante	γ_R	1.8	2.3

Valutazione capacità portante

Per i diversi fabbricati in progetto si sono ipotizzate fondazioni continue (trave rovescia) con lati di base $B \times L = m 1.00 \times m 10.00$ e con piano di posa a di m-3.00 dal p.c. attuale.

Per calcolo delle pressioni di progetto (q_d) da applicare alle fondazioni si è operato, nel rispetto delle attuali normative (DM 14/01/2008), con un approccio di tipo semiprobabilistico sulla base degli

stati limite ultimi (SLU), utilizzando la formula di Brinch-Hansen per terreni coesivi, con i parametri geotecnici ottenuti dalla penetrometria meno favorevole (CPT n°6):

$q_d = [c_{ud}N_c(1+s_c'+d_c')+qN_q]/\gamma_R$ dove:

c_{ud} = coesione non drenata di progetto

N_c = coefficiente di coesione che per ϕ uguale a zero gradi vale 5.14

N_q = coefficiente di portata che per ϕ uguale a zero gradi vale 1.00

$q = \gamma D$ - pressione litostatica totale a livello piano di posa delle fondazione, che per un piano di posa posto a m-3.00 dal p.c. vale 0.54 kg/cm^2 , (D = incastro)

$s_c' = 0.2(B/L)$ - fattore di forma della fondazione

$d_c' = 0.4k$ con $k = D/B$ per $(D/B) < 1$ e $k = \tan^{-1}D/B$ (rad) per $D/B > 1$, fattore di profondità

Per definire la coesione non drenata di progetto (c_{ud}) si è dapprima calcolato il suo valore caratteristico (c_{uk}), al quale è associata una probabilità di non superamento del 5% :

$c_{uk} = c_{um}(1+\chi V_{cu})$ dove:

c_{um} = valore medio della coesione non drenata per lo strato influenzato dalle tensioni generate dalle fondazioni, strato con spessore $H = 0.5B \tan(45^\circ + \phi/2)$ (Meyerhof 1953)

χ = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità di non superamento che nel nostro caso risulta pari a $\chi = -1.645$

V_{cu} = coefficiente di variazione di c_u , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio (deviazione standard) e la media dei valori di (c_{um})

Combinazione ($A_2 + M_2 + R_2$)

Nella CPT n°1 per lo strato di terreno compreso fra m-3.00 e m-3.50 si ha $c_{um} = 1.18 \text{ kg/cm}^2$ da cui risulta una coesione caratteristica $c_{uk} = 1.14 \text{ kg/cm}^2$ e una coesione di progetto pari a $c_{ud} = 0.81 \text{ kg/cm}^2$, da cui si ottiene un carico di progetto $q_d = 3.03 \text{ kg/cm}^2$.

Combinazione ($A_1 + M_1 + R_3$)

In questo caso si ha una coesione di progetto $c_{ud} = 1.14 \text{ kg/cm}^2$ da cui si ottiene un carico di progetto $q_d = 3.24 \text{ kg/cm}^2$. Peraltro considerando che a breve profondità dal piano di posa delle fondazioni sono presenti terreni di consistenza relativamente modesta, con carichi così elevati si potrebbero avere cedimenti difficilmente assimilabili, si consiglia pertanto di utilizzare un carico di esercizio di valore non superiore a **1.80 kg/cm²**

Coefficiente di sottofondo (modulo di reazione di Winkler)

Il coefficiente di sottofondo k_w , espresso in kg/cm^3 , dipende oltre che dal tipo di terreno, dal carico esercitato, dai cedimenti e dal tipo e dalla forma delle fondazioni e pertanto andrà definito dal progettista. Per una valutazione attendibile di k_w si suggerisce di utilizzare la relazione semplificata di Vesic: $k_w = Et/B(1 - \mu^2)$, dove:

B = larghezza fondazioni; μ = coefficiente di Poisson del terreno (Bowles nel caso di argille sature consiglia valori prossimi a 0.4); Et = modulo di elasticità del terreno (valore medio drenato e ponderato) valutato nell'ambito della profondità $2B$ sotto le fondazioni e ricavato dai valori del modulo edometrico M_o , in base alla seguente espressione teorica: $Et = 2/3M_o$.

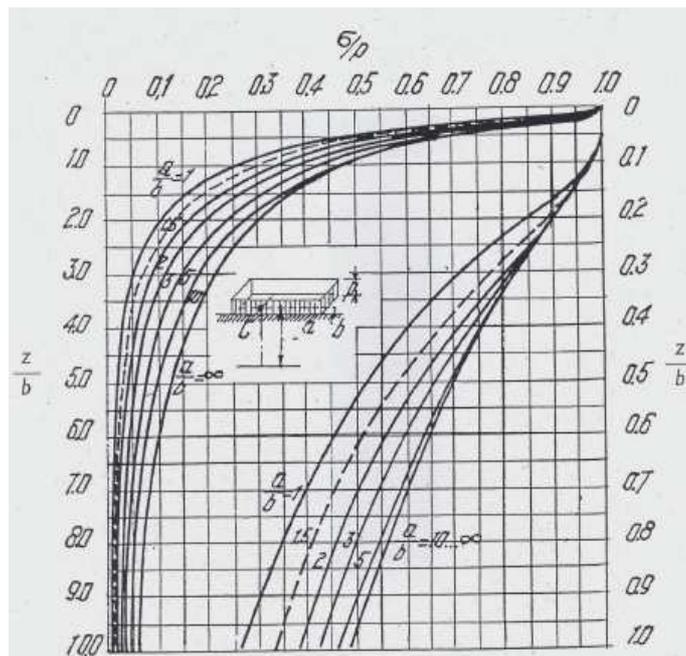
Sempre con riferimento alla penetrometria meno favorevole (CPTn°6) risulta un valore medio del modulo edometrico per lo strato di terreno di spessore $2B = 2$ metri sotto la base delle fondazioni pari a $M_{o_{med}} = 112.11 \text{ kg/cm}^2$ da cui si ha una costante elastica del terreno pari a $Et = 74.74 \text{ kg/cm}^2$.

Cedimenti dei terreni di fondazione

Per il carico di progetto consigliato (1.80 kg/cm^2) quindi per sovraccarichi effettivi sul piano di posa delle fondazioni, al netto del carico esercitato dal terreno asportato (m 3.00 di terreno in assenza di falda idrica equivalgono a circa 0.54 kg/cm^2), pari a **1.26 kg/cm^2** , si sono valutati i possibili cedimenti del terreno di fondazione relativamente ai punti sondati con le sei penetrometrie. Il calcolo dei cedimenti è stato fatto sulla base dei seguenti assunti :

Consolidazione monodimensionale (schema edometrico)

Tensioni verticali nel sottosuolo secondo la teoria della elasticità, per il calcolo è stato utilizzato il diagramma di Jelinek sotto riportato.



Valutazione dei cedimenti nell'ambito della profondità Hc del banco comprimibile, il cui spessore equivale allo strato di terreno alla base del quale la sovrappressione residua risulta inferiore a 15% del carico litostatico.

Modulo edometrico $M_o = \alpha R_p$ con α valutato in base alla litologia.

Il calcolo dei cedimenti è stato condotto per strati successivi omogenei valutando per ciascuno strato la tensione verticale σ_v (al centro della superficie di carico) e il valore del modulo edometrico M_o (ottenuto dalla elaborazione dei dati penetrometrici), in base alla espressione:
cedimento $S = n \Sigma(h \cdot \sigma_v / M_o)$

Cedimento (S) per trave rovescia da m 1.00 x 10.00 con sovraccarico netto pari a 1.26 kg/cm²

Penetrometria n°1

Profondità strato	Spessore strato(m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Cedimento strato (cm)
Da m-3.00 a m-4.00	1.00	0.88	103.76	0.85
Da m-4.00 a m-5.00	1.00	0.45	85.45	0.53
Da m-5.00 a m-5.40	0.40	0.33	99.14	0.13
Da m-5.40 a m-6.00	0.60	0.27	80.81	0.20
Da m-6.00 a m-7.60	1.60	0.16	65.71	0.39

Cedimento cm 2.10

Penetrometria n°2

Profondità strato	Spessore strato(m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Cedimento strato (cm)
Da m-3.00 a m-3.80	0.80	0.95	152.76	0.50
Da m-3.80 a m-5.20	1.40	0.44	117.02	0.53
Da m-5.20 a m-5.80	0.60	0.28	90.81	0.19
Da m-5.80 a m-6.80	1.00	0.23	99.69	0.23
Da m-6.80 a m-7.60	0.80	0.16	87.85	0.15

Cedimento cm 1.60

Penetrometria n°3

Profondità strato	Spessore strato(m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Cedimento strato (cm)
Da m-3.00 a m-3.40	0.40	1.13	127.76	0.35
Da m-3.40 a m-4.40	1.00	0.66	108.04	0.61
Da m-4.40 a m-5.20	0.80	0.38	87.37	0.35
Da m-5.20 a m-6.80	1.60	0.23	63.86	0.57
Da m-6.80 a m-7.60	0.80	0.16	57.85	0.22

Cedimento cm 2.10

Penetrometria n°4

Profondità strato	Spessore strato(m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Cedimento strato (cm)
Da m-3.00 a m-3.80	0.80	0.95	139.01	0.55
Da m-3.80 a m-5.00	1.20	0.48	114.17	0.50
Da m-5.00 a m-6.20	1.20	0.26	91.76	0.34
Da m-6.20 a m-6.60	0.40	0.20	109.83	0.07
Da m-6.60 a m-7.00	0.40	0.18	77.33	0.09
Da m-7.00 a m-7.60	0.60	0.15	105.52	0.09

Cedimento cm 1.64

Penetrometria n°5

Profondità strato	Spessore strato(m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Cedimento strato (cm)
Da m-3.00 a m-3.20	0.20	1.23	132.76	0.19
Da m-3.20 a m-4.60	1.40	0.66	92.34	1.00
Da m-4.60 a m-5.60	1.00	0.33	79.86	0.41
Da m-5.60 a m-6.60	1.00	0.21	81.55	0.26
Da m-6.60 a m-7.60	1.00	0.16	102.24	0.16

Cedimento cm 2.02

Penetrometria n°6

Profondità strato	Spessore strato(m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Cedimento strato (cm)
Da m-3.00 a m-4.00	1.00	0.88	98.76	0.89
Da m-4.00 a m-4.40	0.40	0.55	95.95	0.23
Da m-4.40 a m-5.20	0.80	0.38	116.12	0.26
Da m-5.20 a m-6.20	1.00	0.25	124.28	0.20
Da m-6.20 a m-7.00	0.80	0.21	123.58	0.14
Da m-7.00 a m-7.20	0.20	0.16	130.52	0.02
Da m-7.20 a m-7.60	0.40	0.15	158.02	0.04

Cedimento cm 1.78

E' evidente che con i carichi consigliati si avranno cedimenti assoluti assimilabili. I valori massimi di cedimenti consigliabili, secondo Skempton e McDonald (1955) sono:

Assoluti : per travi continue, plinti : S_{max} - cm 5.0 (in sabbie) - cm 7.5 (in argille)
 per platea rigida : S_{max} - cm 3.5-6.0 (in sabbie) – cm 3.5-10.0 (in argille)

CONCLUSIONI

La realizzazione di quanto previsto in progetto non comporta variazioni significative dell'ambiente fisico circostante, si avranno movimentazioni di terreno relativamente modeste. I terreni presentano caratteristiche meccaniche tali da permettere la realizzazione di fondazioni superficiali, si esprime pertanto parere geologico favorevole alla realizzazione di quanto richiesto. In ottemperanza con la Circ. Reg. 1288 dell'11/02/83, si rinvia alla fase di progetto esecutivo il definitivo approfondimento geologico (D.M. 11/03/88).

Cesena settembre 2011

Magnani dott. Andrea

