

Indice

1 – Normativa di riferimento.....	Pag.	2
2 - Premessa	“	3
3 –Condizioni geologiche e morfologiche	“	4
4 – Acque superficiali e sotterranee	“	5
4.1 – Idrologia superficiale.....	“	5
4.2 –Idrogeologia del sottosuolo.....	“	5
5 – Caratteri del primo sottosuolo	“	6
5.1 – Successione stratigrafica.....	“	6
6 –Modellazione geotecnica.....	“	7
7 –Risposta sismica locale.....	“	7
7.1 – Storia sismica comunale.....	“	7
7.2 –Caratterizzazione sismica del sito.....	“	9
7.3 –Categoria del suolo di fondazione	“	9
7.4 –Condizioni topografiche.....	“	9
7.5– Pericolosità sismica.....	“	10
7.6– Liquefazione dei terreni.....	“	11
7.7– Frequenza di risonanza naturale del terreno.....	“	11

In allegato:

Indagine sismica

Grafici della prova penetrometrica

Report potenziale di liquefazione

1 - 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 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - 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 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

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

2 - Premessa

Vengono di seguito esposte le risultanze di uno studio geologico-sismico condotto sui terreni di fondazione della palestra sita in Via Giovannina 76 nel territorio comunale di Cento (Fig. 1).

Alla caratterizzazione del primo sottosuolo, sotto i profili stratigrafico, idrologico e geomeccanico si è risaliti perforando n° 2 penetrometrie statiche.

Per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita un'indagine geofisica utilizzando la tecnica dei microtremori (Re.Mi.) supportata dalla tecnica dell'analisi delle onde di superficie (MASW) e la tecnica HVSR (Horizontal-Vertical Spectral Ratio). La consultazione del sito della Ditta Geostru Software ha permesso l'individuazione dei vari coefficienti e parametri sismici.

Le condizioni morfologiche e la litologia di superficie sono state definite a seguito sopralluoghi.

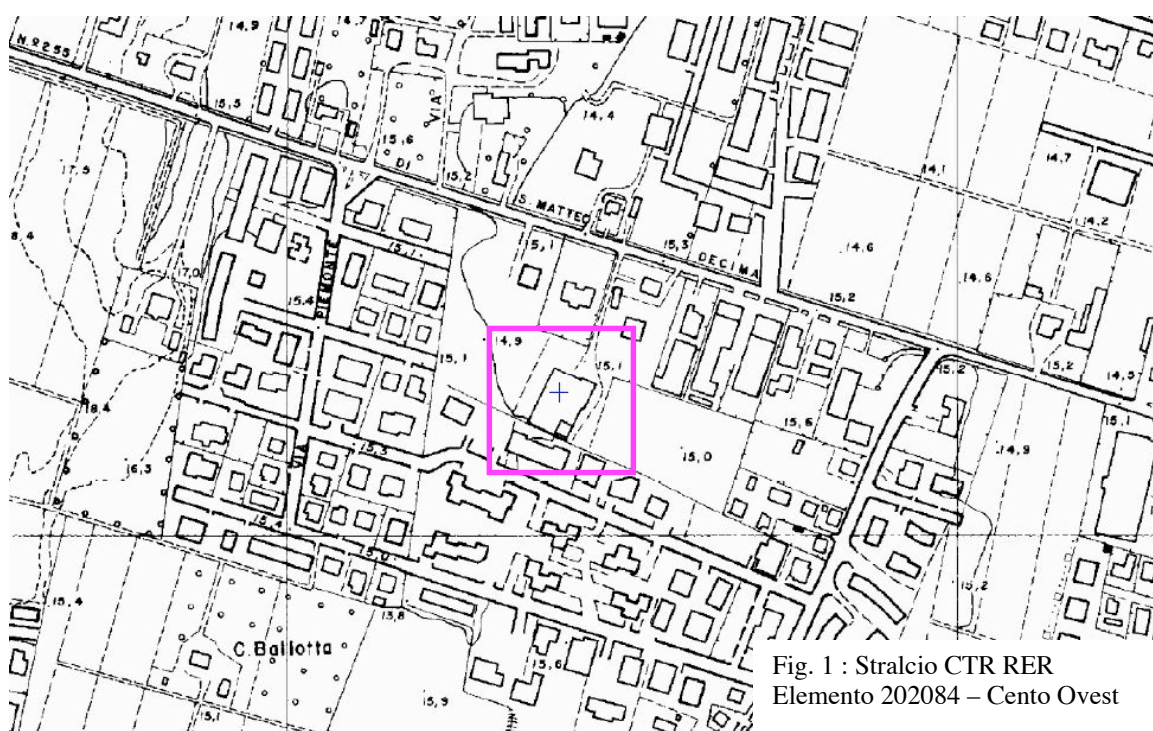


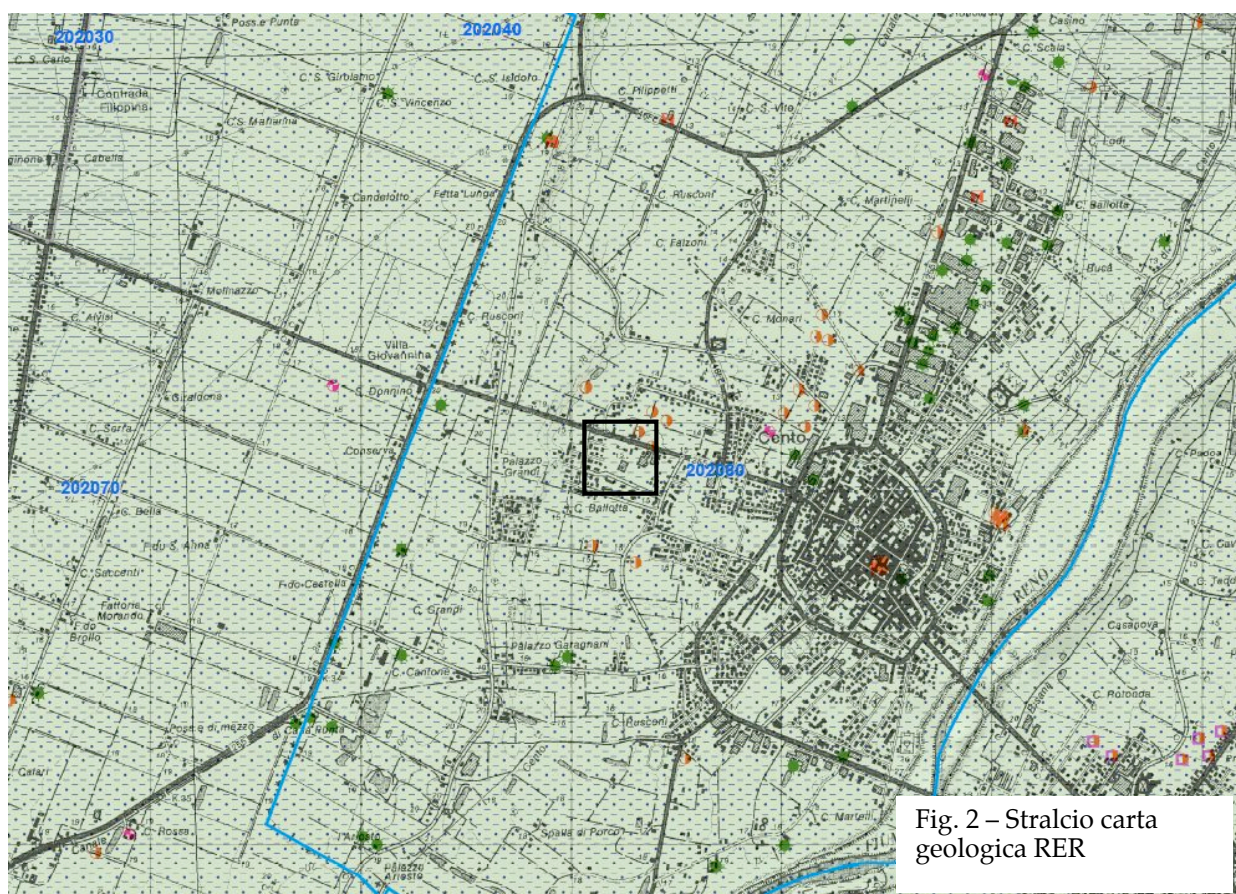
Fig. 1 : Stralcio CTR RER
Elemento 202084 – Cento Ovest

3 – Condizioni geologiche e morfologiche

Il comparto in esame si colloca nel dominio della pianura ferrrese ove sono presenti materiali alluvionali, di deposizione fluviale, riconducibili a depositi di canale, argine e rotta fluviale del Fiume Reno e del Fiume Panaro.

Da un punto di vista litologico siamo in presenza di limi, argille e sabbie, con tutti questi termini tra loro combinati secondo rapporti diversi da punto a punto. Non si deve dimenticare infatti che una caratteristica specifica di questi depositi è quella di presentare sostanziali variazioni strutturali e tessiturali in virtù dei processi che hanno regolato la loro messa in posto.

Più precisamente trova spazio su un deposito di canale, argine e rotta fluviale (**Fig. 2 – Aes8a– Unità di Modena**) costituito da sabbia limosa di piana alluvionale: la traccia di un paleocanale del Fiume Reno borda il fronte occidentale del lotto.



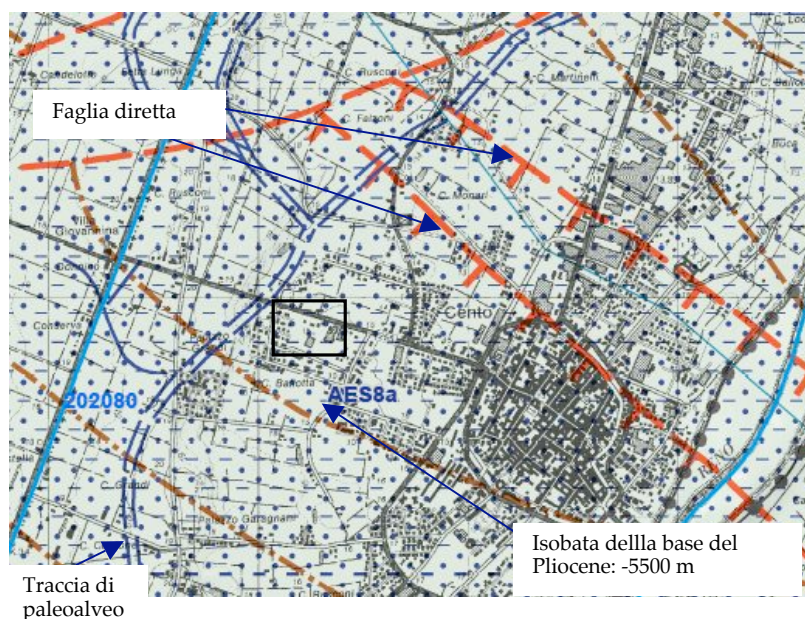
Il reticolo idrografico superficiale è rappresentato da fossi di scolo e canali, a gestione consortile, con deflusso libero e/o regolato da chiavica, facenti parte di alcuni sottobacini scolanti direttamente affluenti nel Fiume Reno.

Sotto il profilo geologico-strutturale va segnalato che l'area fa parte del cosiddetto

Appennino sepolto caratterizzato da una serie di faglie e sovrascorrimenti profondi a valenza regionale.

Come si evince dallo stralcio di cartografia RER (vedi Figura a lato) l'area è ubicata immediatamente a valle di una serie di faglie dirette con isobata della base del Pliocene posta a -5500 m.

L'esame morfologico effettuato in tale contesto riferisce di un piano campagna ad andamento pianeggiante (quota 14,1 m slm) all'interno di un'area urbanizzata.



4. Acque superficiali e sotterranee

4.1 Idrologia superficiale

Il comparto in esame è idraulicamente connesso con il bacino imbrifero di pianura del Fiume Reno.

Le campagne circostanti sono solcate da una fitta rete di fossi di scolo a gestione consortile che hanno assicurato nel tempo, e lo fanno anche attualmente, la distribuzione delle acque per i diversi usi e lo sviluppo di un'agricoltura più redditizia.

4.2 Idrogeologia del sottosuolo

I dati idrogeologici noti per questo territorio indicano la presenza di più falde acquifere superficiali, separate da terreni a bassa permeabilità, lateralmente interconnesse a formare un unico acquifero multifalda. I canali di scolo ed i fossi presenti nei dintorni dell'area in esame sono in connessione idraulica con le acque sotterranee più superficiali e durante l'anno possono essere sia drenanti che alimentanti.

Dalle misure effettuate nei fori di sondaggio della campagna geognostica si evince la presenza di una falda freatica il cui pelo libero è posto ad una profondità di circa

-1,8 m dal pdc (dicembre 2012). Si tratta di un acquifero superficiale con valori di permeabilità e trasmissività molto variabili e alimentato dai corsi d'acqua, ormai pensili, e dall'infiltrazione delle acque meteoriche. Si fa presente che tale falda è soggetta a forti escursioni stagionali.

La misura effettuata non collima con quanto riportato nella tavola idrogeologica del PSC di Cento (vedi figura a lato): nell'area in esame si evince una tavola d'acqua posta a -0,5 m dal pdc attuale. Verosimilmente si tratta di 2 misure effettuate in periodi differenti dell'anno.



5 – Caratteri del primo sottosuolo

Come da premessa, tali caratteri sono stati desunti tramite n° 2 penetrometrie statiche effettuate dalla Ditta Geo-Land di Faenza (RA), ubicate nell'intorno della palestra.(fig. 3).

Per eseguire la prova è stato impiegato un penetrometro statico Pagani tipo GOUDA da 20 t munito di punta a 3 stadi del Begemann. I grafici penetrometrici allegati in calce riportano in forma diagrammatica le variazioni con la profondità della resistenza di punta R_p e dell'attrito laterale R_l , espresse in kg/cm^2 , unitamente ad una classificazione su basi litologiche dei terreni attraversati ricavata sulla scorta delle indicazioni enunciate da Begemann e da Schmertmann.

Le prove sono state spinte fino ad una profondità max di -15 rispetto al p.d.c attuale.

5.1 – Successione stratigrafica

Negli intorni delle 2 prove i primi 0,6÷0,8 m dal p.d.c. sono impegnati da terreni di riporto e/o sottofondi posti a copertura del vecchio piano campagna.

Successivamente, fino a 2,4 m predominano limi argillosi ed argille con associate frazioni sabbiose, con questi ultimi presenti sia in forma diffusa che in sottili apparati lenticolari di ordine decimetrico o pressochè tali.



Fig. 3 - Ubicazione dei punti di indagine geognostica

Da - 2,4 m a -4 m sono presenti depositi di canali fluviali costituiti da limi sabbiosi e/o sabbie a diverso grado di addensamento.

Chiude la sequenza investigata un'unità di ambiente palustre sottoforma di limi ed argille a vario grado di consistenza.

6 - Modellazione geotecnica

Sulla scorta delle indagini svolte e delle informazioni acquisite nonché delle correlazioni disponibili in letteratura si riportano i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici attribuiti ai litotipi individuati. Le quote sono riferite al piano di campagna attuale

Litotipo - litologia	Intervallo (metri)	γ (t/m ³)	Cu_k (kg/cm ²)	C'_k (kg/cm ²)	ϕ'_k (°)	Mo (kg/cm ²)	$Eu \div E'$ (kg/cm ²)
A - Materiale di riporto e/o sottofondi	0 - 0,6	1,8	-	-	27	80	140
B - Argille limose	0,6 - 2,4	1,8	0,78	0,03	23	58	132
C- Limi sabbiosi/ sabbie	2,4- 4,0	1,75	-	--	31	48	40
D- Argille limose	4,0- 8,0	1,8	0,35	0,01-	21	11	35
E- Limi argillosi	8,0- 15,0	1,8	1,10	0,08-	23	99	280

7. Risposta sismica locale

7.1 Storia sismica comunale

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

Il territorio comunale di Cento è situato all'interno dell'area geologica denominata Dorsale Ferrarese: al di sotto delle spesse coltri di sedimenti sciolti alluvionali è presente un sistema roccioso, orogeneticamente legato alla catena appenninica, fagliato da diverse ed importanti linee sismotettoniche, la cui genesi è riconducibile alle forze compressive che da SO spingono verso NE. Tale zona rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale.

Qui di seguito vengono riportati i forti terremoti localizzati nel raggio di 60 km dal territorio dell'Associazione intercomunale delle Terre d'acqua bolognesi di cui Cento è zona confinante. Mancano quelli avvenuti nel Maggio-Giugno 2012

Anno	Mese	Giorno	Area massimi effetti	Intensità massima (MCS)	Intensità epicentrale (MCS)	Latitudine epicentrale	Longitudine epicentrale
1346	2	22	Ferrara	75	75	44.92	11.02
1365	7	25	Bologna	75	65	44.5	11.33
1399	7	20	Modenese	70	70	44.47	11.07
1433	5	4	Bologna	70	60	44.5	11.33
1455	2	6	Bolognese		75	44.4	11.25
1455	12	20	Media valle del Reno	75	70	44.42	11.27
1505	1	3	Bologna	70	70	44.48	11.25
1574	3	17	Finale Emilia	70	70	44.833	11.294
1586	1	12	Spilamberto		60	44.583	11
1666	4	14	Bologna		60	44.5	11.333
1850	9	18	Modena	60	60	44.614	10.965
1864	3	15	Zocca	65	65	44.337	11.059
1869	6	25	Vergate	75	75	44.314	11.116
1881	1	24	Bolognese	70	65	44.32	11.35
1889	3	8	Bologna	60	60	44.518	11.237
1901	1	20	Poggio Rusco		60	45	11.1
1908	6	28	Finale Emilia sud		60	44.8	11.3
1929	4	20	Bolognese	80	70	44.47	11.13
1951	10	29	Valle del Panaro	50	50	44.458	10.989
1957	8	27	Zocca	60	60	44.394	10.994
1966	5	26	Monteveglia		60	44.5	11.2
1967	10	1	Formigine		50	44.567	10.95
1986	12	6	Bondeno	60	60	44.879	11.334
1999	7	7	Frignano	55	50	44.308	10.944

tab. 6.2 - Forti terremoti localizzati nel raggio di 60 Km dal territorio dell'Associazione

Per la scelta della magnitudo massima da attribuire per le calcolazioni relative al potenziale di liquefazione, l'unico riferimento ufficiale è, a tutt'oggi, il Rapporto Conclusivo prodotto dall'INGV nell'ambito della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica¹; in tabella 6, pagina 38 vengono riportate le massime magnitudo per le diverse zone sismogenetiche individuate. L'area in studio si colloca nella zona 912 della quale si riportano le caratteristiche in termini di magnitudo attesa estratte dalla suddetta tabella 6.

¹ Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp + 5 appendici.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14

La magnitudo momento (MW) da applicare alle verifiche alla liquefazione è pertanto 6,14

7.2 – Caratterizzazione sismica del sito

Per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita dalla Ditta GeoExploration di Forlì un'indagine geofisica utilizzando la tecnica dei microtremiti (Re.Mi.) supportata dalla tecnica dell'analisi delle onde di superficie (MASW) e la tecnica HVSR (Horizontal-Vertical Spectral Ratio). Si rimanda al report (vedi allegato) per un'illustrazione dettagliata delle metodologie di indagine e dei relativi risultati.

7.3 – Categoria di suolo

Alla luce della situazione litostratigrafica dell'area e dei dati sismici acquisiti è possibile associare al parametro Vs30 richiesto dalle norme un valore compreso tra 192 m/s per la tecnica Re.Mi. e di 209 m/s per la tecnica MASW; per cui la categoria di suolo di fondazione è la C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle propriet. meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu,30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina). come definita nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC08.*

7.4 Condizioni topografiche

Per quanto riguarda gli effetti topografici, consultando la tabella 3.2.IV delle NTC, all'area di progetto va attribuita la categoria T1

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

7.5 - Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica di seguito riportati sono stati ricavati sul sito :

Geostru software - www.geostru.com

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame: latitudine: 44,731907 longitudine: 11,276319

Classe: 3 **Vita nominale:** 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15841 Lat: 44,7136 Lon: 11,2400 Distanza: 3518,810

Sito 2 ID: 15842 Lat: 44,7149 Lon: 11,3102 Distanza: 3278,704

Sito 3 ID: 15620 Lat: 44,7649 Lon: 11,3085 Distanza: 4462,014

Sito 4 ID: 15619 Lat: 44,7636 Lon: 11,2381 Distanza: 4638,397

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

	Probabilità di superamento	Tr:	ag:	Fo:	Tc*:
Operatività SLO:	81%	45 [anni]	0,053 g	2,488	0,266 [s]
Danno SLD:	63%	75 [anni]	0,068 g	2,487	0,275 [s]
Salvaguardia della vita SLV	10%	712 [anni]	0,184g	2,560	0,276[s]
Prevenzione al collasso SLC	5%	1462 [anni]	0,244 g	2,493	0,286 [s]

Dove

Tr: tempi di ritorno ag: accelerazione orizzontale massima di sito

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Tc*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Coefficienti Sismici

	Ss:	Cc:	St:	Kh:	Kv:	Amax (m/s ²):	Beta:
SLO:	1,500	1,630	1,000	0,016	0,008	0,780	0,200
SLD:	1,500	1,610	1,000	0,020	0,010	1,000	0,200
SLV	1,420	1,610	1,000	0,063	0,031	2,568	0,240
SLC	1,340	1,590	1,000	0,092	0,046	3,205	0,280

Dove:

Ss: Amplificazione stratigrafica Cc: Coeff. funz. Categoria St: Amplificazione topografica
Kh: Coefficiente sismico orizzontale Kv: Coefficiente sismico verticale

7.6. Liquefazione dei terreni

La Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 Maggio 2012 elaborata dalla Regione Emilia Romagna e dalla Protezione civile riporta (vedi stralcio) nell'area in esame la presenza di depositi sabbiosi di argine e paleocanali e che non sono stati osservati fenomeni di liquefazione.

In questo studio è stata effettuata la valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche utilizzando il metodo Robertson e Wride (1998)



contenuto nel Software inserito nei "Quaderni per la progettazione - Liquefazione dei terreni in condizioni sismiche" scritto da Sebastiano G. Monaco.

Il metodo Robertson e Wride (1998) è basato sulla determinazione della resistenza al taglio mobilizzata CRR da prove penetrometriche statiche (CPT).

L'analisi è stata effettuata sui riscontri penetrometrici delle 2 prove effettuate inserendo una profondità della falda a -1 m dal pdc, un'accelerazione orizzontale massima di sito $A_{max}/g = 0,262$ ed una magnitudo momento $M=6,14$ (evento atteso zona sismogenetica 912)

I risultati del presente studio confermano la presenza di livelli di terreno potenzialmente liquefacibili: si tratta di sedimenti sabbiosi e sabbioso limosi posti a profondità minore di 4 metri. Il calcolo dell'indice di liquefazione indica, tuttavia, un rischio di liquefazione basso.

7.7. Frequenza di risonanza naturale del terreno

Attraverso il metodo HVSR eseguito durante l'indagine sismica è stato possibile stimare la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale (si dovranno adottare adeguate precauzioni nella costruzione di edifici

aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi).

La frequenza di risonanza di sito (f_0), a meno di una certa variabilità, presenta un picco principale posto a 0.70 ± 0.12 Hz (valore medio tipico della Pianura Padana) e tre picchi secondari per una frequenza compresa tra 2 Hz e 4 Hz.. Tale frequenza principale rientra nel range $f \leq 2,7$ Hz: frequenze tipiche di edifici elevati (oltre 20 metri, oppure oltre 4-5 piani) e di riflettori sismici (strati più rigidi) nel sottosuolo la cui profondità è stimata ad oltre 20 metri.

Bologna, dicembre 2012

dott. geol. Beniamino Costantini

Ordine Geologi Abruzzo

n° 132



Allegato

Grafici delle prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
 - lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
 - località : Via Giovannina, Cento (FE)
 - note :

- data : 04/12/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	0,53	----	7,80	9,0	19,0	9,0	0,53	17,0
0,40	28,0	36,0	28,0	1,67	17,0	8,00	8,0	16,0	8,0	0,53	15,0
0,60	21,0	46,0	21,0	0,93	22,0	8,20	8,0	16,0	8,0	0,73	11,0
0,80	16,0	30,0	16,0	0,53	30,0	8,40	11,0	22,0	11,0	0,80	14,0
1,00	15,0	23,0	15,0	0,67	22,0	8,60	16,0	28,0	16,0	1,07	15,0
1,20	33,0	43,0	33,0	1,27	26,0	8,80	19,0	35,0	19,0	1,60	12,0
1,40	19,0	38,0	19,0	0,93	20,0	9,00	20,0	44,0	20,0	1,60	12,0
1,60	20,0	34,0	20,0	0,60	33,0	9,20	20,0	44,0	20,0	1,93	10,0
1,80	14,0	23,0	14,0	0,60	23,0	9,40	24,0	53,0	24,0	2,13	11,0
2,00	9,0	18,0	9,0	0,27	34,0	9,60	24,0	56,0	24,0	1,93	12,0
2,20	19,0	23,0	19,0	0,67	28,0	9,80	22,0	51,0	22,0	0,93	24,0
2,40	10,0	20,0	10,0	0,53	19,0	10,00	24,0	38,0	24,0	2,07	12,0
2,60	21,0	29,0	21,0	0,53	39,0	10,20	26,0	57,0	26,0	2,00	13,0
2,80	13,0	21,0	13,0	0,40	32,0	10,40	28,0	58,0	28,0	2,13	13,0
3,00	14,0	20,0	14,0	0,47	30,0	10,60	17,0	49,0	17,0	1,80	9,0
3,20	14,0	21,0	14,0	0,27	52,0	10,80	20,0	47,0	20,0	1,47	14,0
3,40	10,0	14,0	10,0	0,27	37,0	11,00	37,0	59,0	37,0	2,00	18,0
3,60	19,0	23,0	19,0	0,53	36,0	11,20	39,0	69,0	39,0	2,27	17,0
3,80	17,0	25,0	17,0	0,27	64,0	11,40	35,0	69,0	35,0	2,33	15,0
4,00	7,0	11,0	7,0	0,40	17,0	11,60	32,0	67,0	32,0	2,33	14,0
4,20	14,0	20,0	14,0	0,40	35,0	11,80	33,0	68,0	33,0	2,47	13,0
4,40	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	12,00	35,0	72,0	35,0	2,67	13,0
4,60	13,0	19,0	13,0	0,40	32,0	12,20	36,0	76,0	36,0	2,87	13,0
4,80	4,0	10,0	4,0	0,27	15,0	12,40	36,0	79,0	36,0	2,93	12,0
5,00	5,0	9,0	5,0	0,33	15,0	12,60	36,0	80,0	36,0	2,87	13,0
5,20	4,0	9,0	4,0	0,27	15,0	12,80	37,0	80,0	37,0	2,80	13,0
5,40	5,0	9,0	5,0	0,40	12,0	13,00	42,0	84,0	42,0	2,67	16,0
5,60	6,0	12,0	6,0	0,53	11,0	13,20	42,0	82,0	42,0	2,73	15,0
5,80	6,0	14,0	6,0	0,53	11,0	13,40	32,0	73,0	32,0	2,47	13,0
6,00	7,0	15,0	7,0	0,60	12,0	13,60	29,0	66,0	29,0	2,20	13,0
6,20	6,0	15,0	6,0	0,60	10,0	13,80	27,0	60,0	27,0	2,20	12,0
6,40	8,0	17,0	8,0	0,60	13,0	14,00	30,0	63,0	30,0	2,60	12,0
6,60	7,0	16,0	7,0	0,60	12,0	14,20	30,0	69,0	30,0	2,47	12,0
6,80	7,0	16,0	7,0	0,60	12,0	14,40	30,0	67,0	30,0	2,07	15,0
7,00	8,0	17,0	8,0	0,40	20,0	14,60	37,0	68,0	37,0	2,07	18,0
7,20	7,0	13,0	7,0	0,47	15,0	14,80	40,0	71,0	40,0	2,00	20,0
7,40	7,0	14,0	7,0	0,67	10,0	15,00	40,0	70,0	40,0	-----	-----
7,60	8,0	18,0	8,0	0,67	12,0						

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
 - lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
 - località : Via Giovannina, Cento (FE)
 - note :

- data : 04/12/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,50 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	0,40	----	7,80	6,0	11,0	6,0	0,47	13,0
0,40	35,0	41,0	35,0	2,13	16,0	8,00	7,0	14,0	7,0	0,47	15,0
0,60	14,0	46,0	14,0	0,80	17,0	8,20	8,0	15,0	8,0	0,53	15,0
0,80	20,0	32,0	20,0	1,20	17,0	8,40	11,0	19,0	11,0	0,67	16,0
1,00	15,0	33,0	15,0	0,87	17,0	8,60	14,0	24,0	14,0	0,93	15,0
1,20	13,0	26,0	13,0	0,60	22,0	8,80	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0
1,40	9,0	18,0	9,0	0,67	13,0	9,00	18,0	33,0	18,0	1,13	16,0
1,60	7,0	17,0	7,0	0,27	26,0	9,20	21,0	38,0	21,0	1,27	17,0
1,80	8,0	12,0	8,0	0,40	20,0	9,40	22,0	41,0	22,0	1,27	17,0
2,00	14,0	20,0	14,0	0,27	52,0	9,60	20,0	39,0	20,0	1,33	15,0
2,20	9,0	13,0	9,0	0,47	19,0	9,80	27,0	47,0	27,0	1,47	18,0
2,40	8,0	15,0	8,0	0,40	20,0	10,00	28,0	50,0	28,0	1,60	17,0
2,60	19,0	25,0	19,0	0,20	95,0	10,20	29,0	53,0	29,0	1,47	20,0
2,80	15,0	18,0	15,0	0,20	75,0	10,40	22,0	44,0	22,0	1,13	19,0
3,00	16,0	19,0	16,0	0,20	80,0	10,60	13,0	30,0	13,0	1,00	13,0
3,20	15,0	18,0	15,0	0,27	56,0	10,80	15,0	30,0	15,0	1,07	14,0
3,40	7,0	11,0	7,0	0,27	26,0	11,00	28,0	44,0	28,0	1,47	19,0
3,60	13,0	17,0	13,0	0,20	65,0	11,20	35,0	57,0	35,0	2,07	17,0
3,80	8,0	11,0	8,0	0,40	20,0	11,40	32,0	63,0	32,0	2,07	15,0
4,00	5,0	11,0	5,0	0,20	25,0	11,60	36,0	67,0	36,0	2,27	16,0
4,20	5,0	8,0	5,0	0,27	19,0	11,80	34,0	68,0	34,0	1,67	20,0
4,40	12,0	16,0	12,0	0,13	90,0	12,00	33,0	58,0	33,0	1,93	17,0
4,60	9,0	11,0	9,0	0,40	22,0	12,20	33,0	62,0	33,0	2,00	16,0
4,80	7,0	13,0	7,0	0,27	26,0	12,40	34,0	64,0	34,0	1,93	18,0
5,00	4,0	8,0	4,0	0,20	20,0	12,60	34,0	63,0	34,0	2,07	16,0
5,20	5,0	8,0	5,0	0,20	25,0	12,80	36,0	67,0	36,0	2,33	15,0
5,40	6,0	9,0	6,0	0,33	18,0	13,00	35,0	70,0	35,0	2,13	16,0
5,60	7,0	12,0	7,0	0,40	17,0	13,20	38,0	70,0	38,0	2,00	19,0
5,80	8,0	14,0	8,0	0,53	15,0	13,40	39,0	69,0	39,0	2,00	20,0
6,00	7,0	15,0	7,0	0,47	15,0	13,60	36,0	66,0	36,0	2,27	16,0
6,20	6,0	13,0	6,0	0,47	13,0	13,80	34,0	68,0	34,0	2,00	17,0
6,40	6,0	13,0	6,0	0,47	13,0	14,00	35,0	65,0	35,0	2,07	17,0
6,60	4,0	11,0	4,0	0,27	15,0	14,20	31,0	62,0	31,0	1,80	17,0
6,80	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0	14,40	36,0	63,0	36,0	1,93	19,0
7,00	5,0	10,0	5,0	0,40	12,0	14,60	32,0	61,0	32,0	2,00	16,0
7,20	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	14,80	36,0	66,0	36,0	2,07	17,0
7,40	6,0	12,0	6,0	0,27	22,0	15,00	38,0	69,0	38,0	-----	-----
7,60	5,0	9,0	5,0	0,33	15,0						

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

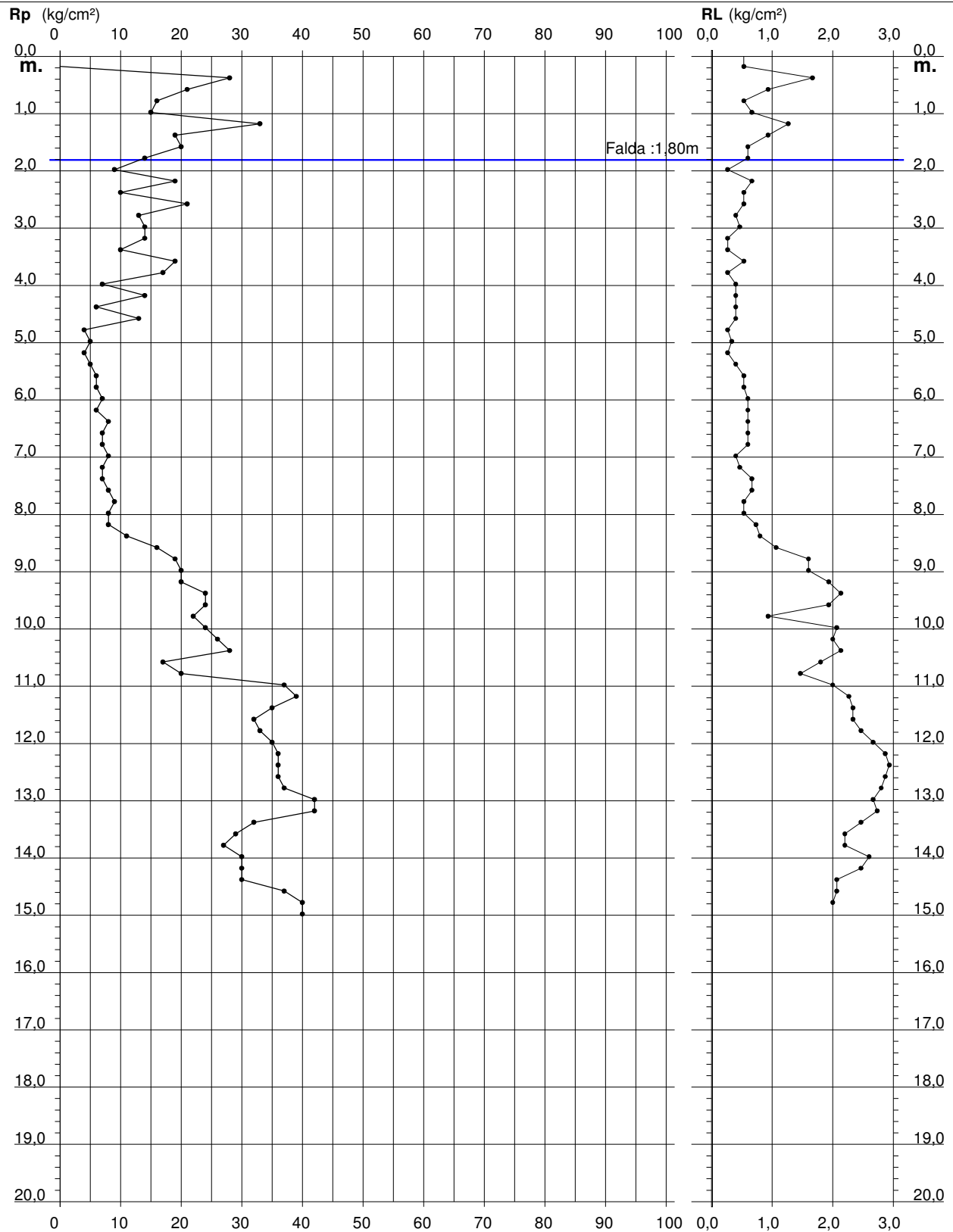
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
- lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
- località : Via Giovannina, Cento (FE)

- data : 04/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



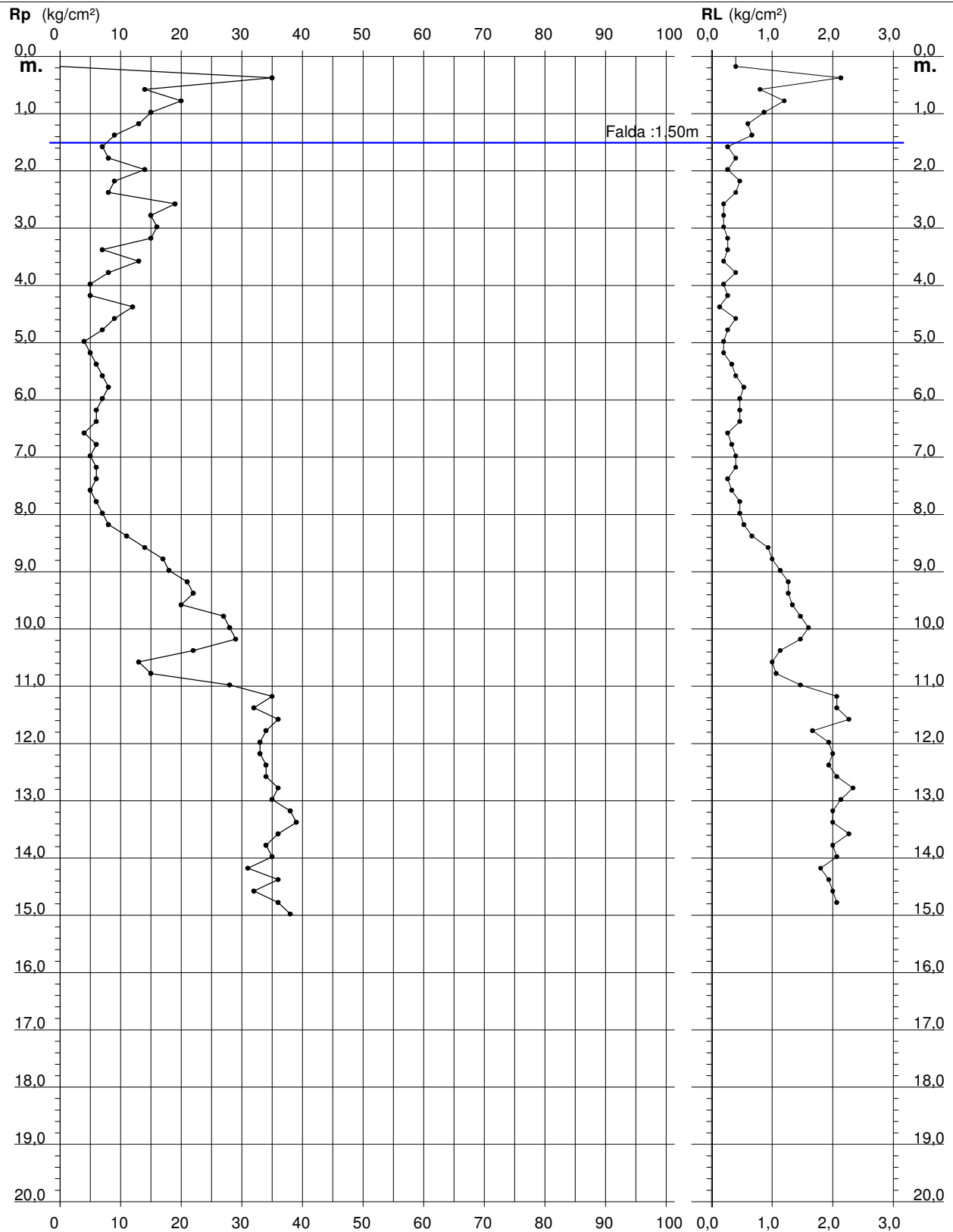
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
- lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
- località : Via Giovannina, Cento (FE)

- data : 04/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



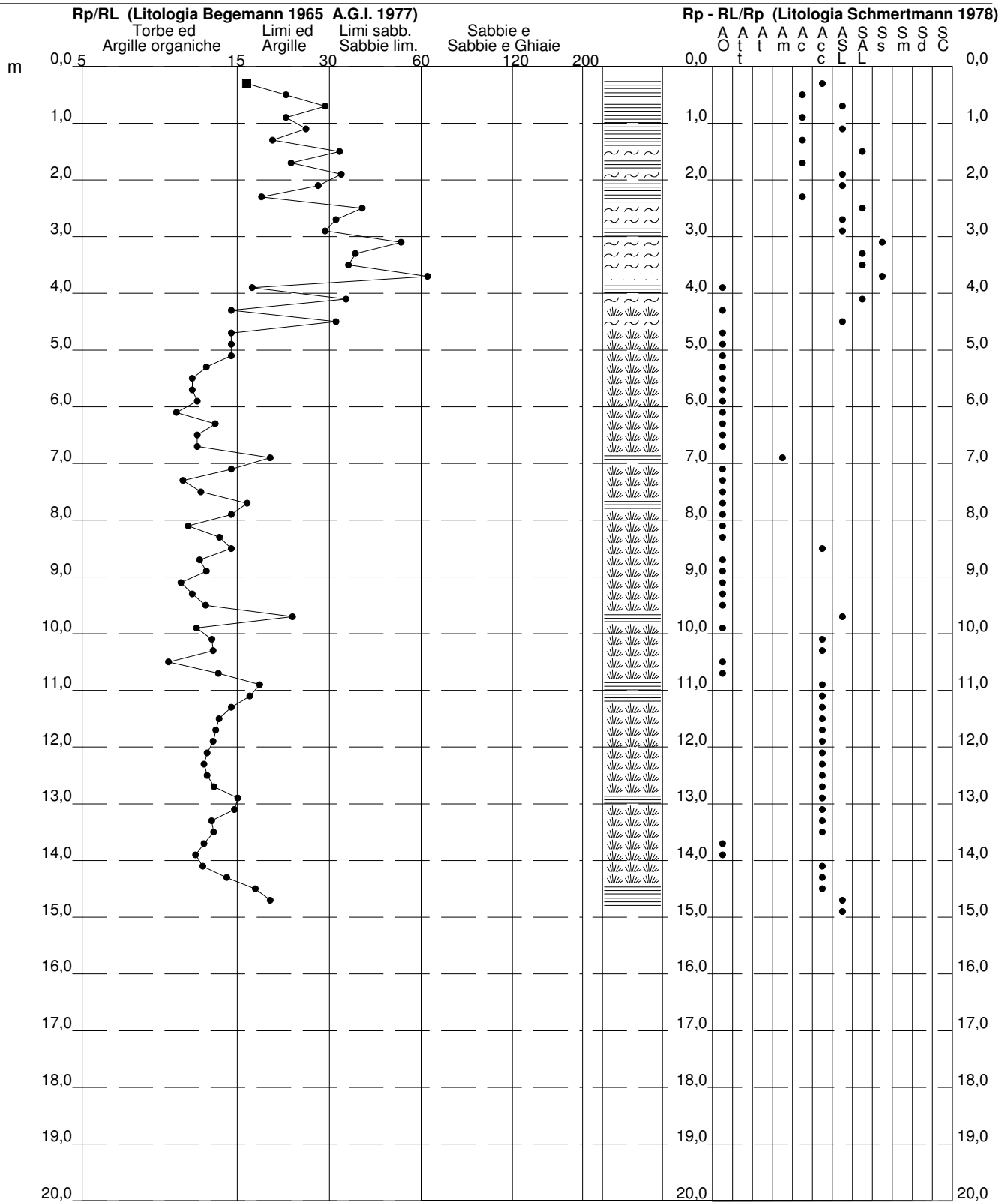
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
- lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
- località : Via Giovannina, Cento (FE)
- note :

- data : 04/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



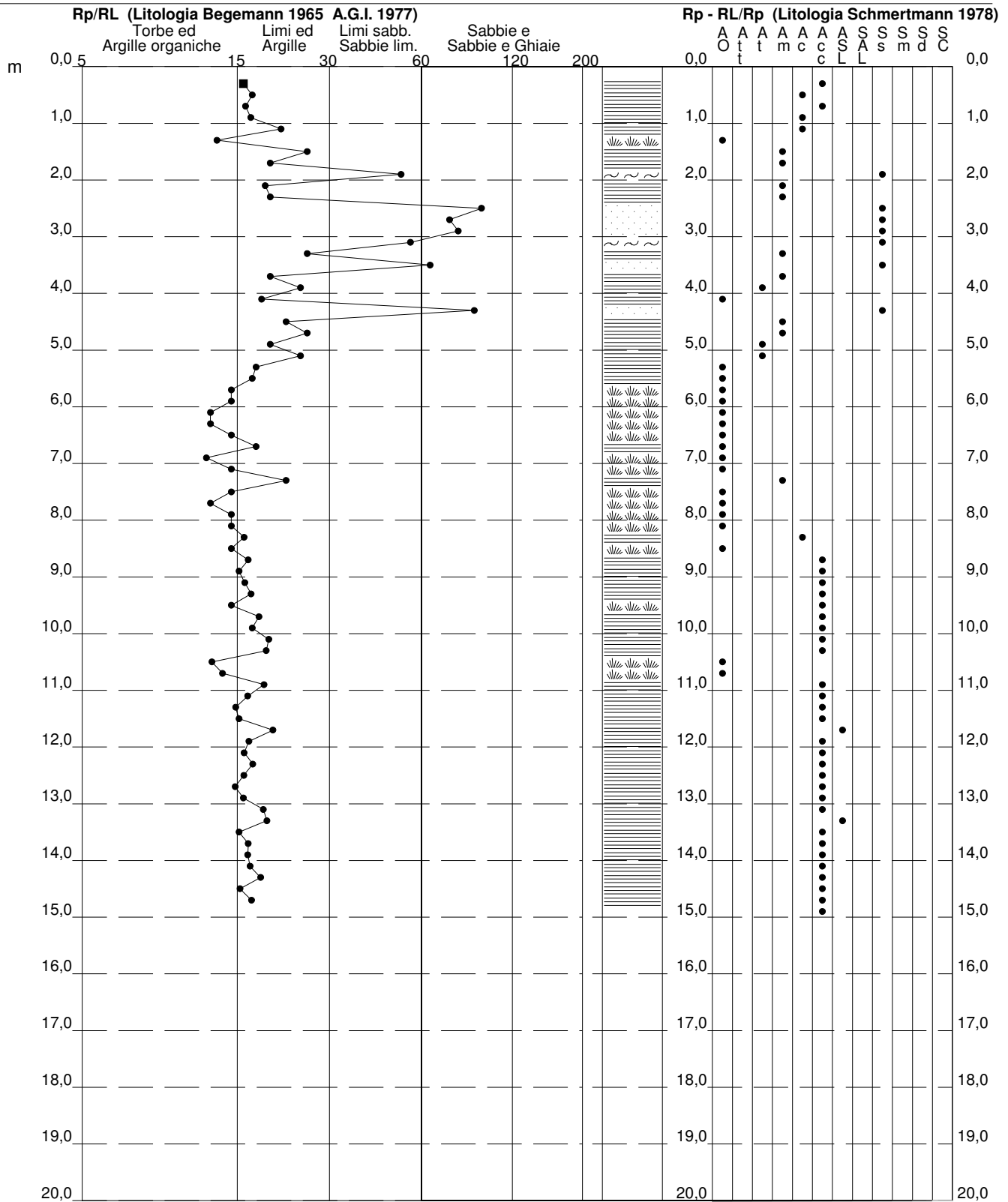
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
- lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
- località : Via Giovannina, Cento (FE)
- note :

- data : 04/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 1

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
- lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
- localita' : Via Giovannina, Cento (FE)
- note :

- data : 04/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	28	17	4/./	1,85	0,07	0,97	99,9	164	246	84	92	41	42	44	45	43	28	0,229	47	70	84	
0,60	21	22	4/./	1,85	0,11	0,82	76,9	140	210	63	72	38	40	42	44	40	27	0,165	35	53	63	
0,80	16	30	4/./	1,85	0,15	0,70	43,5	118	177	52	56	36	38	40	42	37	27	0,119	27	40	48	
1,00	15	22	2/./	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	33	26	4/./	1,85	0,22	1,10	46,4	187	281	99	71	38	40	42	44	39	29	0,161	55	83	99	
1,40	19	20	2/./	1,85	0,26	0,78	24,7	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	20	33	4/./	1,85	0,30	0,80	21,8	136	204	60	46	34	37	39	42	35	27	0,095	33	50	60	
1,80	14	23	2/./	0,94	0,31	0,64	15,1	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	9	34	4/./	0,85	0,33	0,45	9,2	79	118	38	16	30	33	36	39	30	26	0,031	15	23	27	
2,20	19	28	2/./	0,99	0,35	0,78	16,9	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	10	19	2/./	0,90	0,37	0,50	9,2	88	132	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	21	39	3/./	0,85	0,39	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	34	27	0,083	35	53	63	
2,80	13	32	4/./	0,88	0,40	0,60	10,4	103	154	47	24	31	34	37	40	31	26	0,046	22	33	39	
3,00	14	30	4/./	0,89	0,42	0,64	10,5	108	162	48	25	32	34	37	40	31	26	0,049	23	35	42	
3,20	14	52	4/./	0,89	0,44	0,64	10,0	108	162	48	24	31	34	37	40	31	26	0,047	23	35	42	
3,40	10	37	4/./	0,86	0,46	0,50	7,0	115	172	40	12	30	33	36	39	28	26	0,024	17	25	30	
3,60	19	36	4/./	0,92	0,48	0,78	11,6	132	198	58	33	33	35	38	41	32	27	0,064	32	48	57	
3,80	17	64	4/./	0,91	0,49	0,72	10,1	123	184	54	28	32	35	37	40	31	27	0,054	28	43	51	
4,00	7	17	2/./	0,84	0,51	0,35	3,9	143	215	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	14	35	4/./	0,89	0,53	0,64	7,9	127	191	48	20	31	34	37	40	30	26	0,038	23	35	42	
4,40	6	15	1/./	0,46	0,54	0,30	3,0	30	45	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	13	32	4/./	0,88	0,55	0,60	7,0	139	209	47	16	30	33	36	39	29	26	0,031	22	33	39	
4,80	4	15	1/./	0,46	0,56	0,20	1,7	25	37	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	5	15	1/./	0,46	0,57	0,25	2,2	29	44	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,20	4	15	1/./	0,46	0,58	0,20	1,7	25	37	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	5	12	1/./	0,46	0,59	0,25	2,1	29	44	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	6	11	1/./	0,46	0,60	0,30	2,6	33	49	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	6	11	1/./	0,46	0,61	0,30	2,6	33	49	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	7	12	1/./	0,46	0,62	0,35	3,1	34	51	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	6	10	1/./	0,46	0,63	0,30	2,5	33	50	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	8	13	2/./	0,86	0,65	0,40	3,5	182	273	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	7	12	1/./	0,46	0,65	0,35	2,9	36	54	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	7	12	1/./	0,46	0,66	0,35	2,8	37	55	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	8	20	2/./	0,86	0,68	0,40	3,2	190	285	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	7	15	1/./	0,46	0,69	0,35	2,7	38	56	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	7	10	1/./	0,46	0,70	0,35	2,6	38	57	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	8	12	2/./	0,86	0,72	0,40	3,0	196	295	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	9	17	2/./	0,88	0,73	0,45	3,4	207	310	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	8	15	2/./	0,86	0,75	0,40	2,9	202	303	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	8	11	2/./	0,86	0,77	0,40	2,8	204	306	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	11	14	2/./	0,91	0,79	0,54	3,9	221	331	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	16	15	2/./	0,96	0,81	0,70	5,2	221	331	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	19	12	2/./	0,99	0,83	0,78	5,8	221	331	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	20	12	4/./	0,93	0,84	0,80	5,9	225	338	60	21	31	34	37	40	29	27	0,039	33	50	60	
9,20	20	10	4/./	0,93	0,86	0,80	5,7	232	348	60	20	31	34	37	40	29	27	0,039	33	50	60	
9,40	24	11	4/./	0,94	0,88	0,89	6,3	229	344	72	26	32	34	37	40	30	28	0,050	40	60	72	
9,60	24	12	4/./	0,94	0,90	0,89	6,2	236	354	72	25	32	34	37	40	30	28	0,049	40	60	72	
9,80	22	24	4/./	0,93	0,92	0,85	5,7	247	371	66	22	31	34	37	40	29	28	0,042	37	55	66	
10,00	24	12	4/./	0,94	0,94	0,89	5,9	250	375	72	25	31	34	37	40	29	28	0,047	40	60	72	
10,20	26	13	4/./	0,95	0,96	0,93	6,0	253	379	78	27	32	34	37	40	30	28	0,051	43	65	78	
10,40	28	13	4/./	0,96	0,98	0,97	6,2	256	384	84	29	32	35	37	40	30	28	0,055	47	70	84	
10,60	17	9	2/./	0,97	1,00	0,72	4,2	278	417	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,80	20	14	4/./	0,93	1,01	0,80	4,7	282	423	60	16	30	33	36	39	28	27	0,031	33	50	60	
11,00	37	18	4/./	0,99	1,03	1,23	7,8	250	375	111	37	33	36	38	41	31	30	0,073	62	93	111	
11,20	39	17	4/./	1,00	1,05	1,30	8,2	252	378	117	38	33	36	38	41	31	30	0,076	65	98	117	
11,40	35	15	4/./	0,98	1,07	1,17	7,0	270	405	105	34	33	35	38	41	31	29	0,067	58	88	105	
11,60	32	14	4/./	0,97	1,09	1,07	6,1	288	432	96	31	32	35	38	40	30	29	0,059	53	80	96	
11,80	33	13	4/./	0,97	1,11	1,10	6,2	291	437	99	31	32	35	38	41	30	29	0,060	55	83	99	
12,00	35	13	4/./	0,98	1,13	1,17	6,5	291	437	105	33	33	35	38	41	30	29	0,064	58	88	105	
12,20	36	13	4/./	0,99	1,15	1,20	6,6	295	443	108	33	33	35	38	41	30	30	0,065	60	90	108	
12,40	36	12	4/./	0,99	1,17	1,20	6,5	302	454	108	33	33	35	38	41	30	30	0,064	60	90	108	
12,60	36	13	4/./	0,99	1,19	1,20	6,3	310	465	108	33	33	35	38	41	30	30	0,063	60	90	108	
12,80	37	13	4/./	0,99	1,21	1,23	6,4	313	470	111	33	33	35	38	41	30	30	0,064	62	93	111	
13,00	42	16	4/./	1,00	1,23	1,40	7,4	303	455	126	37	33	36	38	41	31	30	0,073	70	105	126	
13,20	42	15	4/./	1,00	1,25	1,40	7,4	310	465	126	37	33	36	38	41	31	30	0,072	70	105	126	
13,40	32	13	4/./	0,97	1,27	1,07	5,0	310	525	96	37	32	34	37	40	29	29	0,052	53	80	96	
13,60	29	13	4/./	0,96	1,29	0,98	4,5	360	540	87	23	31	34	37	40	29	29	0,044	48	73	87	
13,80	27	12	4/./	0,95	1,31	0,95	4,4	365	548	81	20	31	34	37	40	28	28	0,039	45	68	81	
14,00	30	12	4/./	0,96	1,33	1,00	4,4	371	556	90	24	31	34	37	40	29	29	0,045	50	75	90	
14,20	30	12	4/./	0,96	1,35	1,00	4,3	376	564	90	23	31	34	37	40	29	29	0,044	50	75	90	
14,40	30	15	4/./	0,96	1,37	1,00	4,															

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-071

- committente : Dott. Geol Beniamino Costantini
- lavoro : Caratterizzazione Sottosuolo
- località : Via Giovannina, Cento (FE)
- note :

- data : 04/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	35	16	4/..	1,85	0,07	1,17	99,9	198	298	105	99	42	43	45	46	44	29	0,256	58	88	105	
0,60	14	17	2/...	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	20	17	4/..	1,85	0,15	0,80	51,7	136	204	60	63	37	39	41	43	38	27	0,140	33	50	60	
1,00	15	17	2/...	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	13	22	2/...	1,85	0,22	0,60	22,0	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	9	13	2/...	1,85	0,26	0,45	12,5	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	7	26	2/...	0,84	0,28	0,35	8,5	65	98	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	8	20	2/...	0,86	0,29	0,40	9,3	70	105	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	14	52	4/..	0,89	0,31	0,64	15,4	108	162	48	33	33	35	38	41	33	26	0,064	23	35	42	
2,20	9	19	2/...	0,88	0,33	0,45	9,3	78	117	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	8	20	2/...	0,86	0,35	0,40	7,5	84	127	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	19	95	4/..	0,92	0,36	0,78	16,2	132	198	58	40	34	36	38	41	33	27	0,079	32	48	57	
2,80	15	75	4/..	0,89	0,38	0,67	12,6	113	170	50	30	32	35	38	40	32	27	0,058	25	38	45	
3,00	16	80	4/..	0,90	0,40	0,70	12,5	118	177	52	31	32	35	38	41	32	27	0,061	27	40	48	
3,20	15	56	4/..	0,89	0,42	0,67	11,3	113	170	50	28	32	35	37	40	31	27	0,054	25	38	45	
3,40	7	26	2/...	0,84	0,43	0,35	4,8	121	181	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	13	65	4/..	0,88	0,45	0,60	9,0	107	161	47	21	31	34	37	40	30	26	0,040	22	33	39	
3,80	8	20	2/...	0,86	0,47	0,40	5,1	129	193	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	5	25	2/...	0,80	0,49	0,25	2,7	128	192	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	5	19	2/...	0,80	0,50	0,25	2,6	130	195	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	12	90	4/..	0,88	0,52	0,57	7,1	130	194	45	15	30	33	36	39	29	26	0,029	20	30	36	
4,60	9	22	2/...	0,88	0,54	0,45	5,0	148	222	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	7	26	2/...	0,84	0,55	0,35	3,5	156	234	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	4	20	2/...	0,78	0,57	0,20	1,7	115	172	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	5	25	2/...	0,80	0,58	0,25	2,2	138	206	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	6	18	2/...	0,82	0,60	0,30	2,6	156	234	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	7	17	2/...	0,84	0,62	0,35	3,1	170	255	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	7	15	2/...	0,86	0,64	0,40	3,5	179	269	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	7	15	1***	0,46	0,64	0,35	2,9	36	53	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	6	13	1***	0,46	0,65	0,30	2,4	34	51	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	6	13	1***	0,46	0,66	0,30	2,3	34	52	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	4	15	1***	0,46	0,67	0,20	1,4	25	38	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	6	18	2/...	0,82	0,69	0,30	2,2	164	246	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	5	12	1***	0,46	0,70	0,25	1,7	31	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	6	15	1***	0,46	0,71	0,30	2,2	35	53	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	6	22	2/...	0,82	0,72	0,30	2,1	167	250	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	5	15	1***	0,46	0,73	0,25	1,6	31	47	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	6	13	1***	0,46	0,74	0,30	2,0	36	54	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	7	15	1***	0,46	0,75	0,35	2,4	39	59	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8	15	2/...	0,86	0,77	0,40	2,8	204	306	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	11	16	2/...	0,91	0,79	0,54	3,9	221	331	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	14	15	2/...	0,94	0,80	0,64	4,7	224	336	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	17	17	2/...	0,97	0,82	0,72	5,3	225	337	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	18	16	2/...	0,98	0,84	0,75	5,4	230	344	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	21	17	4/..	0,93	0,86	0,82	5,9	229	344	63	22	31	34	37	40	29	27	0,042	35	53	63	
9,40	22	17	4/..	0,93	0,88	0,85	6,0	234	350	66	23	31	34	37	40	29	28	0,044	37	55	66	
9,60	20	15	4/..	0,93	0,90	0,80	5,4	245	367	60	19	31	34	36	40	29	27	0,037	33	50	60	
9,80	27	18	4/..	0,95	0,92	0,95	6,5	237	355	81	29	32	35	37	40	30	28	0,056	45	68	81	
10,00	28	17	4/..	0,96	0,94	0,97	6,5	242	362	84	30	32	35	38	40	30	28	0,057	47	70	84	
10,20	29	20	4/..	0,96	0,96	0,98	6,5	247	370	87	31	32	35	38	40	30	29	0,059	48	73	87	
10,40	22	19	4/..	0,93	0,98	0,85	5,3	267	400	66	21	31	34	37	40	29	28	0,039	37	55	66	
10,60	13	13	2/...	0,93	0,99	0,60	3,4	279	419	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	15	14	2/...	0,95	1,01	0,67	3,7	286	429	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	28	19	4/..	0,96	1,03	0,97	5,8	276	414	84	27	32	35	37	40	30	28	0,053	47	70	84	
11,20	35	17	4/..	0,97	1,05	1,17	7,1	262	393	105	35	33	35	38	41	31	29	0,068	58	88	105	
11,40	32	15	4/..	0,97	1,07	1,07	6,2	280	420	96	31	32	35	38	40	30	29	0,060	53	80	96	
11,60	36	16	4/..	0,99	1,09	1,20	7,1	273	409	108	35	33	35	38	41	31	30	0,068	60	90	108	
11,80	34	20	4/..	0,98	1,11	1,13	6,4	287	431	102	32	33	35	38	41	30	29	0,063	57	85	102	
12,00	33	17	4/..	0,97	1,13	1,10	6,1	298	447	99	31	32	35	38	40	30	29	0,060	55	83	99	
12,20	33	16	4/..	0,97	1,15	1,10	5,9	305	458	99	30	32	35	38	40	30	29	0,059	55	83	99	
12,40	34	18	4/..	0,98	1,17	1,13	6,0	309	463	102	31	32	35	38	40	30	29	0,060	57	85	102	
12,60	34	16	4/..	0,98	1,19	1,13	5,9	316	474	102	31	32	35	38	40	30	29	0,059	57	85	102	
12,80	36	15	4/..	0,99	1,21	1,20	6,2	316	474	102	32	33	35	38	41	30	29	0,063	60	90	108	
13,00	35	16	4/..	0,98	1,23	1,17	5,9	327	490	105	31	32	35	38	40	30	29	0,060	58	88	105	
13,20	38	19	4/..	0,99	1,25	1,27	6,4	323	485	114	33	33	35	38	41	30	30	0,065	63	95	114	
13,40	39	20	4/..	1,00	1,27	1,30	6,5	327	491	117	34	33	35	38	41	30	30	0,066	65	98	117	
13,60	36	16	4/..	0,99	1,29	1,20	5,7	345	517	108	31	32	35	38	40	30	30	0,059	60	90	108	
13,80	34	17	4/..	0,98	1,31	1,17	5,3	358	537	102	28	32	35	37	40	29	29	0,054	57	85	102	
14,00	35	17	4/..	0,97	1,33	1,17	5,3	362	543	105	29	32	35	37	40	29	29	0,056	58	88	105	
14,20	31	17	4/..	0,97	1,35	1,03	4,5	375	563	93	24	31	34	37	40	29	29	0,047	52	78	93	
14,40	36	19	4/..	0,99	1,37	1,20	5,3	372	559	108	29	32										

Allegato

Report potenziale di liquefazione

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI CPT:

Intervallo										0,2	γ				1,87		amax/g		0,262		H falda		1	
n°	Prof. (m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)	qc1N CS	rd	MSF	CSR	CRR	Fs	n°	z	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)	qc1N CS	rd	MSF	CSR	CRR	Fs					
1	0,20	15	0,4	147,1	0,998	1,935	0,088	0,38	4,28	51	10,20	29	1,47	N.L.	0,904	1,935	0,154	N.L.	N.L.					
2	0,40	35	2,13	309,4	0,997	1,935	0,088	N.C.	N.C.	52	10,40	22	1,13	N.L.	0,898	1,935	0,153	N.L.	N.L.					
3	0,60	14	0,8	221,3	0,995	1,935	0,088	N.C.	N.C.	53	10,60	13	1	N.L.	0,893	1,935	0,152	N.L.	N.L.					
4	0,80	20	1,2	244,8	0,994	1,935	0,087	N.C.	N.C.	54	10,80	15	1,07	N.L.	0,888	1,935	0,152	N.L.	N.L.					
5	1,00	15	0,87	192,8	0,992	1,935	0,087	N.C.	N.C.	55	11,00	28	1,47	N.L.	0,883	1,935	0,151	N.L.	N.L.					
6	1,20	13	0,6	154,1	0,991	1,935	0,096	0,42	4,39	56	11,20	35	2,07	N.L.	0,877	1,935	0,150	N.L.	N.L.					
7	1,40	9	0,67	N.L.	0,989	1,935	0,103	N.L.	N.L.	57	11,40	32	2,07	N.L.	0,872	1,935	0,150	N.L.	N.L.					
8	1,60	7	0,27	N.L.	0,988	1,935	0,109	N.L.	N.L.	58	11,60	36	2,27	N.L.	0,867	1,935	0,149	N.L.	N.L.					
9	1,80	8	0,4	N.L.	0,986	1,935	0,114	N.L.	N.L.	59	11,80	34	1,67	N.L.	0,861	1,935	0,148	N.L.	N.L.					
10	2,00	14	0,27	81,7	0,985	1,935	0,118	0,13	1,11	60	12,00	33	1,93	N.L.	0,856	1,935	0,148	N.L.	N.L.					
11	2,20	9	0,47	N.L.	0,983	1,935	0,122	N.L.	N.L.	61	12,20	33	2	N.L.	0,851	1,935	0,147	N.L.	N.L.					
12	2,40	8	0,4	N.L.	0,982	1,935	0,126	N.L.	N.L.	62	12,40	34	1,93	N.L.	0,845	1,935	0,146	N.L.	N.L.					
13	2,60	19	0,2	67,7	0,980	1,935	0,129	0,11	0,85	63	12,60	34	2,07	N.L.	0,840	1,935	0,146	N.L.	N.L.					
14	2,80	15	0,2	68,7	0,979	1,935	0,131	0,11	0,84	64	12,80	36	2,33	N.L.	0,835	1,935	0,145	N.L.	N.L.					
15	3,00	16	0,2	67,7	0,977	1,935	0,134	0,11	0,82	65	13,00	35	2,13	N.L.	0,830	1,935	0,144	N.L.	N.L.					
16	3,20	15	0,27	77,8	0,976	1,935	0,136	0,12	0,91	66	13,20	38	2	N.L.	0,824	1,935	0,143	N.L.	N.L.					
17	3,40	7	0,27	N.L.	0,974	1,935	0,138	N.L.	N.L.	67	13,40	39	2	N.L.	0,819	1,935	0,143	N.L.	N.L.					
18	3,60	13	0,2	74,3	0,972	1,935	0,139	0,12	0,85	68	13,60	36	2,27	N.L.	0,814	1,935	0,142	N.L.	N.L.					
19	3,80	8	0,4	N.L.	0,971	1,935	0,141	N.L.	N.L.	69	13,80	34	2	N.L.	0,808	1,935	0,141	N.L.	N.L.					
20	4,00	5	0,2	N.L.	0,969	1,935	0,142	N.L.	N.L.	70	14,00	35	2,07	N.L.	0,803	1,935	0,140	N.L.	N.L.					
21	4,20	5	0,27	N.L.	0,968	1,935	0,144	N.L.	N.L.	71	14,20	31	1,8	N.L.	0,798	1,935	0,140	N.L.	N.L.					
22	4,40	12	0,13	61,1	0,966	1,935	0,145	0,10	0,70	72	14,40	36	1,93	N.L.	0,792	1,935	0,139	N.L.	N.L.					
23	4,60	9	0,4	N.L.	0,965	1,935	0,146	N.L.	N.L.	73	14,60	32	2	N.L.	0,787	1,935	0,138	N.L.	N.L.					
24	4,80	7	0,27	N.L.	0,963	1,935	0,147	N.L.	N.L.	74	14,80	36	2,07	N.L.	0,782	1,935	0,137	N.L.	N.L.					
25	5,00	4	0,2	N.L.	0,962	1,935	0,148	N.L.	N.L.	75	15,00	38	2,07	N.L.	0,777	1,935	0,136	N.L.	N.L.					
26	5,20	5	0,2	N.L.	0,960	1,935	0,149	N.L.	N.L.	76	15,20			N.C.	0,771	1,935	0,136	N.C.	N.C.					
27	5,40	6	0,33	N.L.	0,959	1,935	0,150	N.L.	N.L.	77	15,40			N.C.	0,766	1,935	0,135	N.C.	N.C.					
28	5,60	7	0,4	N.L.	0,957	1,935	0,150	N.L.	N.L.	78	15,60			N.C.	0,761	1,935	0,134	N.C.	N.C.					
29	5,80	8	0,53	N.L.	0,956	1,935	0,151	N.L.	N.L.	79	15,80			N.C.	0,755	1,935	0,133	N.C.	N.C.					
30	6,00	7	0,47	N.L.	0,954	1,935	0,151	N.L.	N.L.	80	16,00			N.C.	0,750	1,935	0,132	N.C.	N.C.					
31	6,20	6	0,47	N.L.	0,953	1,935	0,152	N.L.	N.L.	81	16,20			N.C.	0,745	1,935	0,132	N.C.	N.C.					
32	6,40	6	0,47	N.L.	0,951	1,935	0,152	N.L.	N.L.	82	16,40			N.C.	0,739	1,935	0,131	N.C.	N.C.					
33	6,60	4	0,27	N.L.	0,950	1,935	0,153	N.L.	N.L.	83	16,60			N.C.	0,734	1,935	0,130	N.C.	N.C.					
34	6,80	6	0,33	N.L.	0,948	1,935	0,153	N.L.	N.L.	84	16,80			N.C.	0,729	1,935	0,129	N.C.	N.C.					
35	7,00	5	0,4	N.L.	0,946	1,935	0,154	N.L.	N.L.	85	17,00			N.C.	0,724	1,935	0,128	N.C.	N.C.					
36	7,20	6	0,4	N.L.	0,945	1,935	0,154	N.L.	N.L.	86	17,20			N.C.	0,718	1,935	0,127	N.C.	N.C.					
37	7,40	6	0,27	N.L.	0,943	1,935	0,154	N.L.	N.L.	87	17,40			N.C.	0,713	1,935	0,126	N.C.	N.C.					
38	7,60	5	0,33	N.L.	0,942	1,935	0,155	N.L.	N.L.	88	17,60			N.C.	0,708	1,935	0,126	N.C.	N.C.					
39	7,80	6	0,47	N.L.	0,940	1,935	0,155	N.L.	N.L.	89	17,80			N.C.	0,702	1,935	0,125	N.C.	N.C.					
40	8,00	7	0,47	N.L.	0,939	1,935	0,155	N.L.	N.L.	90	18,00			N.C.	0,697	1,935	0,124	N.C.	N.C.					
41	8,20	8	0,53	N.L.	0,937	1,935	0,155	N.L.	N.L.	91	18,20			N.C.	0,692	1,935	0,123	N.C.	N.C.					
42	8,40	11	0,67	N.L.	0,936	1,935	0,156	N.L.	N.L.	92	18,40			N.C.	0,686	1,935	0,122	N.C.	N.C.					
43	8,60	14	0,93	N.L.	0,934	1,935	0,156	N.L.	N.L.	93	18,60			N.C.	0,681	1,935	0,121	N.C.	N.C.					
44	8,80	17	1	N.L.	0,933	1,935	0,156	N.L.	N.L.	94	18,80			N.C.	0,676	1,935	0,120	N.C.	N.C.					
45	9,00	18	1,13	N.L.	0,931	1,935	0,156	N.L.	N.L.	95	19,00			N.C.	0,671	1,935	0,120	N.C.	N.C.					
46	9,20	21	1,27	N.L.	0,930	1,935	0,156	N.L.	N.L.	96	19,20			N.C.	0,665	1,935	0,119	N.C.	N.C.					
47	9,40	22	1,27	N.L.	0,925	1,935	0,156	N.L.	N.L.	97	19,40			N.C.	0,660	1,935	0,118	N.C.	N.C.					
48	9,60	20	1,33	N.L.	0,920	1,935	0,155	N.L.	N.L.	98	19,60			N.C.	0,655	1,935	0,117	N.C.	N.C.					
49	9,80	27	1,47	N.L.	0,914	1,935	0,155	N.L.	N.L.	99	19,80			N.C.	0,649	1,935	0,116	N.C.	N.C.					
50	10,00	28	1,6	N.L.	0,909	1,935	0,154	N.L.	N.L.	100	20,00			N.C.	0,644	1,935	0,115	N.C.	N.C.					



DATI CPT

ANALISI

GRAFICI

Committente: **Sig. Ferri Filippo**
 Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**
 Località: **Cento** Prov.: **FE**
 Oggetto: **Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione palestra**

ANALISI

Metodi che utilizzano Prove	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale di	Rischio liquefazione Iwasaki et al.	
Statiche (CPT)	(Fs)		(M)	Liquefazione (IP _L)	(1978)	
Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,1	0,210	Basso	

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campioni in lab.	Ic utilizzato valore	Fs valore
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore			
0,20	1,61	Granulare	1,99	NPGranulare	1,78	--	1,99	N.C.
0,40	2,19	Granulare	2,47	NPGranulare	2,32	--	2,47	N.C.
0,60	2,22	Granulare	2,51	NPGranulare	2,36	--	2,51	N.C.
0,80	2,26	Granulare	2,55	NPGranulare	2,40	--	2,55	2,99
1,00	2,45	Granulare	2,69	PLimoso	2,57	C.Cinese	2,57	N.C.
1,20	2,21	Granulare	2,42	NPGranulare	2,31	--	2,42	N.C.
1,40	2,46	Granulare	2,68	PLimoso	2,57	C.Cinese	2,57	N.C.
1,60	2,31	Granulare	2,53	NPGranulare	2,41	--	2,53	2,17
1,80	2,55	Granulare	2,76	PLimoso	2,65	C.Cinese	2,65	3,08
2,00	2,61	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,20	2,44	Granulare	2,63	PLimoso	2,53	C.Cinese	2,53	2,73
2,40	2,79	Argilloso	2,98	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,60	2,34	Granulare	2,52	NPGranulare	2,42	--	2,52	1,46
2,80	2,57	Granulare	2,75	PLimoso	2,66	C.Cinese	2,66	1,50
3,00	2,59	Granulare	2,76	PLimoso	2,67	C.Cinese	2,67	1,64
3,20	2,45	Granulare	2,62	PLimoso	2,54	C.Cinese	2,54	1,02
3,40	2,69	Argilloso	2,85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,60	2,48	Granulare	2,62	PLimoso	2,55	C.Cinese	2,55	1,51
3,80	2,38	Granulare	2,53	NPGranulare	2,45	--	2,53	0,85
4,00	3,08	Argilloso	3,22	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,20	2,64	Argilloso	2,77	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,40	3,22	Argilloso	3,35	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,60	2,71	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,80	3,45	Argilloso	3,56	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,00	3,35	Argilloso	3,46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,20	3,49	Argilloso	3,59	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,40	3,44	Argilloso	3,53	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,60	3,40	Argilloso	3,48	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,80	3,41	Argilloso	3,49	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,00	3,35	Argilloso	3,42	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,20	3,47	Argilloso	3,55	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,40	3,27	Argilloso	3,34	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,60	3,38	Argilloso	3,45	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,80	3,40	Argilloso	3,46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,00	3,20	Argilloso	3,25	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,20	3,35	Argilloso	3,40	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,40	3,46	Argilloso	3,51	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,60	3,37	Argilloso	3,42	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,80	3,23	Argilloso	3,27	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,00	3,33	Argilloso	3,37	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,20	3,43	Argilloso	3,46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,40	3,23	Argilloso	3,26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,60	3,06	Argilloso	3,09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,80	3,08	Argilloso	3,10	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,00	3,05	Argilloso	3,07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,20	3,12	Argilloso	3,13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,40	3,03	Argilloso	3,05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,60	3,01	Argilloso	3,02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,80	2,85	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,00	3,04	Argilloso	3,05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campioni in lab.	Ic utilizzato valore	Fs valore
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore			
10,20	2,99	Argilloso	2,99	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,40	2,96	Argilloso	2,96	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,60	3,25	Argilloso	3,25	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,80	3,09	Argilloso	3,08	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,00	2,78	Argilloso	2,77	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,20	2,79	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,40	2,87	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,60	2,94	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,80	2,94	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,00	2,93	Argilloso	2,91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,20	2,94	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,40	2,95	Argilloso	2,93	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,60	2,95	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,80	2,93	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,00	2,84	Argilloso	2,81	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,20	2,85	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,40	3,00	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,60	3,04	Argilloso	3,00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,80	3,09	Argilloso	3,05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,00	3,08	Argilloso	3,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,20	3,07	Argilloso	3,02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,40	3,02	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,60	2,88	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,80	2,82	Argilloso	2,77	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15,00	2,83	Argilloso	2,77	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
15,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
15,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
15,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
20,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.

N.C. = Non Calcolabile
 N.L. = Non Liquefacibile
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare
 Argilloso = Terreno Argilloso
 C.Cinese = Criteri Cinese
 Granulare = Terreno Granulare
 -- = Nessun Criterio

HOME

INSERIMENTO DATI CPT

DATI CPT

GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda} = 1

a_{max}/g 0,262

R = 20

M = 6,14



TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
1	0,20	28	0,53
2	0,40	28	1,67
3	0,60	21	0,93
4	0,80	16	0,53
5	1,00	15	0,67
6	1,20	33	1,27
7	1,40	19	0,93
8	1,60	20	0,60
9	1,80	14	0,60
10	2,00	9	0,27
11	2,20	19	0,67
12	2,40	10	0,53
13	2,60	21	0,53
14	2,80	13	0,40
15	3,00	14	0,47
16	3,20	14	0,27
17	3,40	10	0,27
18	3,60	19	0,53
19	3,80	17	0,27
20	4,00	7	0,40
21	4,20	14	0,40
22	4,40	6	0,40
23	4,60	13	0,40
24	4,80	4	0,27
25	5,00	5	0,33

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
26	5,20	4	0,27
26	5,40	5	0,40
28	5,60	6	0,53
29	5,80	6	0,53
30	6,00	7	0,60
31	6,20	6	0,60
32	6,40	8	0,60
33	6,60	7	0,60
34	6,80	7	0,60
35	7,00	8	0,40
36	7,20	7	0,47
37	7,40	7	0,67
38	7,60	8	0,67
39	7,80	9	0,53
40	8,00	8	0,53
41	8,20	8	0,73
42	8,40	11	0,80
43	8,60	16	1,07
44	8,80	19	1,60
45	9,00	20	1,60
46	9,20	20	1,93
47	9,40	24	2,13
48	9,60	24	1,93
49	9,80	22	0,93
50	10,00	24	2,07

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
51	10,20	26	2,00
52	10,40	28	2,13
53	10,60	17	1,80
54	10,80	20	1,47
55	11,00	37	2,00
56	11,20	39	2,27
57	11,40	35	2,33
58	11,60	32	2,33
59	11,80	33	2,47
60	12,00	35	2,67
61	12,20	36	2,87
62	12,40	36	2,93
63	12,60	36	2,87
64	12,80	37	2,80
65	13,00	42	2,67
66	13,20	42	2,73
67	13,40	32	2,47
68	13,60	29	2,20
69	13,80	27	2,20
70	14,00	30	2,60
71	14,20	30	2,47
72	14,40	30	2,07
73	14,60	37	2,07
74	14,80	40	2,00
75	15,00	40	2,00

Int.	0,2	γ	1,87
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
76	15,20	0	0,00
77	15,40	0	0,00
78	15,60	0	0,00
79	15,80	0	0,00
80	16,00	0	0,00
81	16,20	0	0,00
82	16,40	0	0,00
83	16,60	0	0,00
84	16,80	0	0,00
85	17,00	0	0,00
86	17,20	0	0,00
87	17,40	0	0,00
88	17,60	0	0,00
89	17,80	0	0,00
90	18,00	0	0,00
91	18,20	0	0,00
92	18,40	0	0,00
93	18,60	0	0,00
94	18,80	0	0,00
95	19,00	0	0,00
96	19,20	0	0,00
97	19,40	0	0,00
98	19,60	0	0,00
99	19,80	0	0,00
100	20,00	0	0,00

Committente: **Sig. Ferri Filippo**
 Riferimento: **Campagna Indagini geonostiche**
 Località: **Cento** Prov. **FE**
 Oggetto: **Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione pale**

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

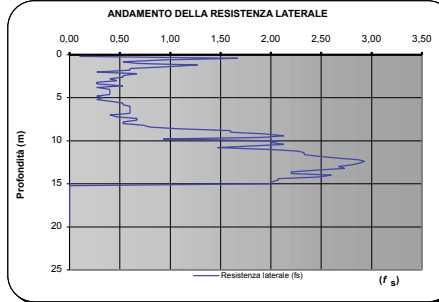
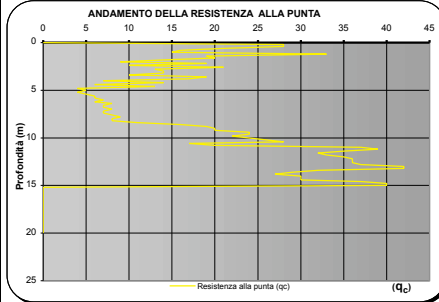
Metodo di Robertson e Wride (1998)



FORMULE:

$$CRR \geq 0,883 \frac{q_{c10k} \sqrt{2}}{1000} \geq 0,05 \quad \text{Per } 0 < (q_{c10k} < 50) \quad \text{Per } 50 < (q_{c10k} < 150) \quad CRR \geq 9,3 \frac{q_{c10k} \sqrt{2}}{1000} \geq 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{av}} = 0,65 \cdot \frac{d_{ms}}{s} \cdot \frac{\sigma'_{av}}{\sigma'_{vs}} \cdot F_p \cdot \frac{1}{MSF} \quad M = 6,14$$



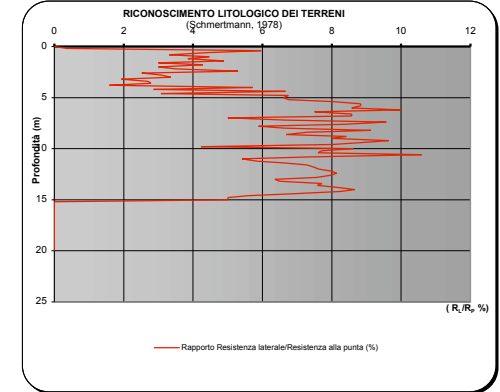
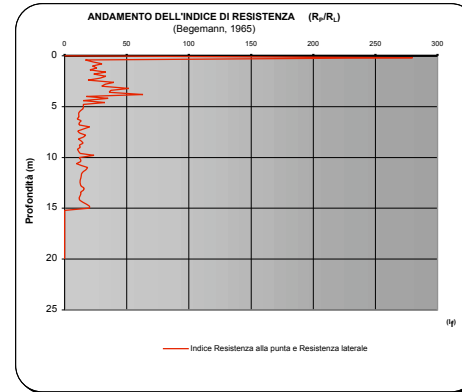
Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione

- DATI CPT
- INSERIMENTO DATI CPT
- ANALISI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

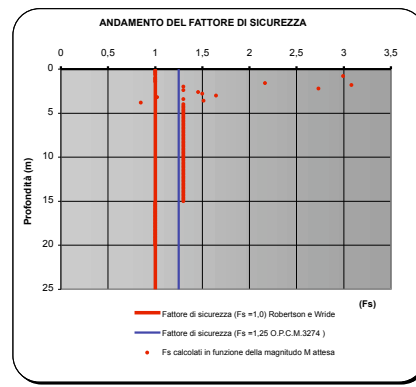
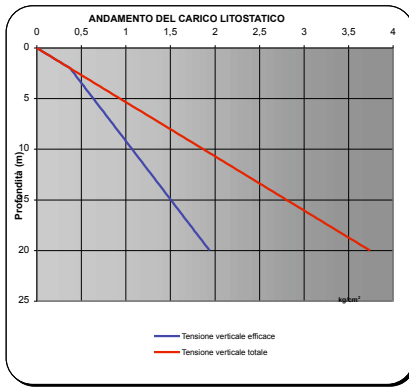


Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione palestra

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

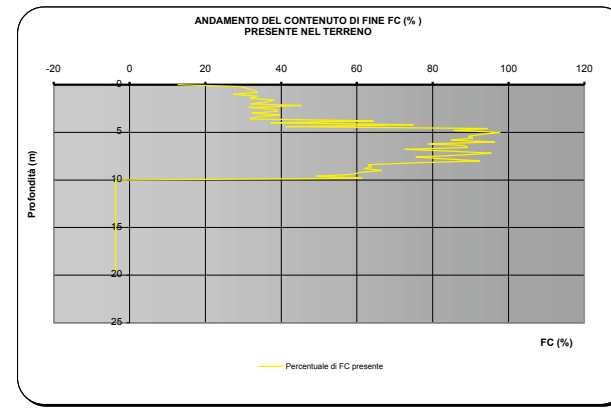


Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione palestra

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI CPT:

Intervallo										0,2	γ		1,87	amax/g		0,262	H falda		1
n°	Prof. (m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)	qc1N CS	rd	MSF	CSR	CRR	Fs	n°	z	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)	qc1N CS	rd	MSF	CSR	CRR	Fs
1	0,20	28	0,53	186,3	0,998	1,935	0,088	N.C.	N.C.	51	10,20	26	2	N.L.	0,904	1,935	0,154	N.L.	N.L.
2	0,40	28	1,67	270,4	0,997	1,935	0,088	N.C.	N.C.	52	10,40	28	2,13	N.L.	0,898	1,935	0,153	N.L.	N.L.
3	0,60	21	0,93	176,6	0,995	1,935	0,088	N.C.	N.C.	53	10,60	17	1,8	N.L.	0,893	1,935	0,152	N.L.	N.L.
4	0,80	16	0,53	125,1	0,994	1,935	0,087	0,26	2,99	54	10,80	20	1,47	N.L.	0,888	1,935	0,152	N.L.	N.L.
5	1,00	15	0,67	165,2	0,992	1,935	0,087	N.C.	N.C.	55	11,00	37	2	N.L.	0,883	1,935	0,151	N.L.	N.L.
6	1,20	33	1,27	175,2	0,991	1,935	0,096	N.C.	N.C.	56	11,20	39	2,27	N.L.	0,877	1,935	0,150	N.L.	N.L.
7	1,40	19	0,93	183,6	0,989	1,935	0,103	N.C.	N.C.	57	11,40	35	2,33	N.L.	0,872	1,935	0,150	N.L.	N.L.
8	1,60	20	0,6	118,7	0,988	1,935	0,109	0,24	2,17	58	11,60	32	2,33	N.L.	0,867	1,935	0,149	N.L.	N.L.
9	1,80	14	0,6	142,8	0,986	1,935	0,114	0,35	3,08	59	11,80	33	2,47	N.L.	0,861	1,935	0,148	N.L.	N.L.
10	2,00	9	0,27	N.L.	0,985	1,935	0,118	N.L.	N.L.	60	12,00	35	2,67	N.L.	0,856	1,935	0,148	N.L.	N.L.
11	2,20	19	0,67	139,8	0,983	1,935	0,122	0,33	2,73	61	12,20	36	2,87	N.L.	0,851	1,935	0,147	N.L.	N.L.
12	2,40	10	0,53	N.L.	0,982	1,935	0,126	N.L.	N.L.	62	12,40	36	2,93	N.L.	0,845	1,935	0,146	N.L.	N.L.
13	2,60	21	0,53	104,8	0,980	1,935	0,129	0,19	1,46	63	12,60	36	2,87	N.L.	0,840	1,935	0,146	N.L.	N.L.
14	2,80	13	0,4	107,9	0,979	1,935	0,131	0,20	1,50	64	12,80	37	2,8	N.L.	0,835	1,935	0,145	N.L.	N.L.
15	3,00	14	0,47	114,5	0,977	1,935	0,134	0,22	1,64	65	13,00	42	2,67	N.L.	0,830	1,935	0,144	N.L.	N.L.
16	3,20	14	0,27	85,7	0,976	1,935	0,136	0,14	1,02	66	13,20	42	2,73	N.L.	0,824	1,935	0,143	N.L.	N.L.
17	3,40	10	0,27	N.L.	0,974	1,935	0,138	N.L.	N.L.	67	13,40	32	2,47	N.L.	0,819	1,935	0,143	N.L.	N.L.
18	3,60	19	0,53	112,1	0,972	1,935	0,139	0,21	1,51	68	13,60	29	2,2	N.L.	0,814	1,935	0,142	N.L.	N.L.
19	3,80	17	0,27	75,1	0,971	1,935	0,141	0,12	0,85	69	13,80	27	2,2	N.L.	0,808	1,935	0,141	N.L.	N.L.
20	4,00	7	0,4	N.L.	0,969	1,935	0,142	N.L.	N.L.	70	14,00	30	2,6	N.L.	0,803	1,935	0,140	N.L.	N.L.
21	4,20	14	0,4	N.L.	0,968	1,935	0,144	N.L.	N.L.	71	14,20	30	2,47	N.L.	0,798	1,935	0,140	N.L.	N.L.
22	4,40	6	0,4	N.L.	0,966	1,935	0,145	N.L.	N.L.	72	14,40	30	2,07	N.L.	0,792	1,935	0,139	N.L.	N.L.
23	4,60	13	0,4	N.L.	0,965	1,935	0,146	N.L.	N.L.	73	14,60	37	2,07	N.L.	0,787	1,935	0,138	N.L.	N.L.
24	4,80	4	0,27	N.L.	0,963	1,935	0,147	N.L.	N.L.	74	14,80	40	2	N.L.	0,782	1,935	0,137	N.L.	N.L.
25	5,00	5	0,33	N.L.	0,962	1,935	0,148	N.L.	N.L.	75	15,00	40	2	N.L.	0,777	1,935	0,136	N.L.	N.L.
26	5,20	4	0,27	N.L.	0,960	1,935	0,149	N.L.	N.L.	76	15,20			N.C.	0,771	1,935	0,136	N.C.	N.C.
27	5,40	5	0,4	N.L.	0,959	1,935	0,150	N.L.	N.L.	77	15,40			N.C.	0,766	1,935	0,135	N.C.	N.C.
28	5,60	6	0,53	N.L.	0,957	1,935	0,150	N.L.	N.L.	78	15,60			N.C.	0,761	1,935	0,134	N.C.	N.C.
29	5,80	6	0,53	N.L.	0,956	1,935	0,151	N.L.	N.L.	79	15,80			N.C.	0,755	1,935	0,133	N.C.	N.C.
30	6,00	7	0,6	N.L.	0,954	1,935	0,151	N.L.	N.L.	80	16,00			N.C.	0,750	1,935	0,132	N.C.	N.C.
31	6,20	6	0,6	N.L.	0,953	1,935	0,152	N.L.	N.L.	81	16,20			N.C.	0,745	1,935	0,132	N.C.	N.C.
32	6,40	8	0,6	N.L.	0,951	1,935	0,152	N.L.	N.L.	82	16,40			N.C.	0,739	1,935	0,131	N.C.	N.C.
33	6,60	7	0,6	N.L.	0,950	1,935	0,153	N.L.	N.L.	83	16,60			N.C.	0,734	1,935	0,130	N.C.	N.C.
34	6,80	7	0,6	N.L.	0,948	1,935	0,153	N.L.	N.L.	84	16,80			N.C.	0,729	1,935	0,129	N.C.	N.C.
35	7,00	8	0,4	N.L.	0,946	1,935	0,154	N.L.	N.L.	85	17,00			N.C.	0,724	1,935	0,128	N.C.	N.C.
36	7,20	7	0,47	N.L.	0,945	1,935	0,154	N.L.	N.L.	86	17,20			N.C.	0,718	1,935	0,127	N.C.	N.C.
37	7,40	7	0,67	N.L.	0,943	1,935	0,154	N.L.	N.L.	87	17,40			N.C.	0,713	1,935	0,126	N.C.	N.C.
38	7,60	8	0,67	N.L.	0,942	1,935	0,155	N.L.	N.L.	88	17,60			N.C.	0,708	1,935	0,126	N.C.	N.C.
39	7,80	9	0,53	N.L.	0,940	1,935	0,155	N.L.	N.L.	89	17,80			N.C.	0,702	1,935	0,125	N.C.	N.C.
40	8,00	8	0,53	N.L.	0,939	1,935	0,155	N.L.	N.L.	90	18,00			N.C.	0,697	1,935	0,124	N.C.	N.C.
41	8,20	8	0,73	N.L.	0,937	1,935	0,155	N.L.	N.L.	91	18,20			N.C.	0,692	1,935	0,123	N.C.	N.C.
42	8,40	11	0,8	N.L.	0,936	1,935	0,156	N.L.	N.L.	92	18,40			N.C.	0,686	1,935	0,122	N.C.	N.C.
43	8,60	16	1,07	N.L.	0,934	1,935	0,156	N.L.	N.L.	93	18,60			N.C.	0,681	1,935	0,121	N.C.	N.C.
44	8,80	19	1,6	N.L.	0,933	1,935	0,156	N.L.	N.L.	94	18,80			N.C.	0,676	1,935	0,120	N.C.	N.C.
45	9,00	20	1,6	N.L.	0,931	1,935	0,156	N.L.	N.L.	95	19,00			N.C.	0,671	1,935	0,120	N.C.	N.C.
46	9,20	20	1,93	N.L.	0,930	1,935	0,156	N.L.	N.L.	96	19,20			N.C.	0,665	1,935	0,119	N.C.	N.C.
47	9,40	24	2,13	N.L.	0,925	1,935	0,156	N.L.	N.L.	97	19,40			N.C.	0,660	1,935	0,118	N.C.	N.C.
48	9,60	24	1,93	N.L.	0,920	1,935	0,155	N.L.	N.L.	98	19,60			N.C.	0,655	1,935	0,117	N.C.	N.C.
49	9,80	22	0,93	N.L.	0,914	1,935	0,155	N.L.	N.L.	99	19,80			N.C.	0,649	1,935	0,116	N.C.	N.C.
50	10,00	24	2,07	N.L.	0,909	1,935	0,154	N.L.	N.L.	100	20,00			N.C.	0,644	1,935	0,115	N.C.	N.C.



DATI CPT

ANALISI

GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda} = 1

a_{max}/g 0,262

R = 20

M = 6,14



EPC LIBRI

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
1	0,20	15	0,40
2	0,40	35	2,13
3	0,60	14	0,80
4	0,80	20	1,20
5	1,00	15	0,87
6	1,20	13	0,60
7	1,40	9	0,67
8	1,60	7	0,27
9	1,80	8	0,40
10	2,00	14	0,27
11	2,20	9	0,47
12	2,40	8	0,40
13	2,60	19	0,20
14	2,80	15	0,20
15	3,00	16	0,20
16	3,20	15	0,27
17	3,40	7	0,27
18	3,60	13	0,20
19	3,80	8	0,40
20	4,00	5	0,20
21	4,20	5	0,27
22	4,40	12	0,13
23	4,60	9	0,40
24	4,80	7	0,27
25	5,00	4	0,20

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
26	5,20	5	0,20
26	5,40	6	0,33
28	5,60	7	0,40
29	5,80	8	0,53
30	6,00	7	0,47
31	6,20	6	0,47
32	6,40	6	0,47
33	6,60	4	0,27
34	6,80	6	0,33
35	7,00	5	0,40
36	7,20	6	0,40
37	7,40	6	0,27
38	7,60	5	0,33
39	7,80	6	0,47
40	8,00	7	0,47
41	8,20	8	0,53
42	8,40	11	0,67
43	8,60	14	0,93
44	8,80	17	1,00
45	9,00	18	1,13
46	9,20	21	1,27
47	9,40	22	1,27
48	9,60	20	1,33
49	9,80	27	1,47
50	10,00	28	1,60

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
51	10,20	29	1,47
52	10,40	22	1,13
53	10,60	13	1,00
54	10,80	15	1,07
55	11,00	28	1,47
56	11,20	35	2,07
57	11,40	32	2,07
58	11,60	36	2,27
59	11,80	34	1,67
60	12,00	33	1,93
61	12,20	33	2,00
62	12,40	34	1,93
63	12,60	34	2,07
64	12,80	36	2,33
65	13,00	35	2,13
66	13,20	38	2,00
67	13,40	39	2,00
68	13,60	36	2,27
69	13,80	34	2,00
70	14,00	35	2,07
71	14,20	31	1,80
72	14,40	36	1,93
73	14,60	32	2,00
74	14,80	36	2,07
75	15,00	38	2,07

Int.	0,2	γ	1,87
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
76	15,20	0	0,00
77	15,40	0	0,00
78	15,60	0	0,00
79	15,80	0	0,00
80	16,00	0	0,00
81	16,20	0	0,00
82	16,40	0	0,00
83	16,60	0	0,00
84	16,80	0	0,00
85	17,00	0	0,00
86	17,20	0	0,00
87	17,40	0	0,00
88	17,60	0	0,00
89	17,80	0	0,00
90	18,00	0	0,00
91	18,20	0	0,00
92	18,40	0	0,00
93	18,60	0	0,00
94	18,80	0	0,00
95	19,00	0	0,00
96	19,20	0	0,00
97	19,40	0	0,00
98	19,60	0	0,00
99	19,80	0	0,00
100	20,00	0	0,00

Committente:

Sig. Ferri Filippo

Riferimento:

Campagna Indagini geonostiche

Località:

Cento

Prov. FE

Oggetto:

Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione pale

INSERIMENTO DATI CPT


ANALISI

HOME

GRAFICI

Committente: **Sig. Ferri Filippo**
 Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**
 Località: **Cento** Prov.: **FE**
 Oggetto: **Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione palestra**

ANALISI

Metodi che utilizzano Prove	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale di	Rischio liquefazione Iwasaki et al.	
Statiche (CPT)	(Fs)		(M)	Liquefazione (IP ₁)	(1978)	
Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,1	1,390	Basso	

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore		valore	
0,20	1,86	Granulare	2,28	NPGranulare	2,05	--	2,28	4,28
0,40	2,16	Granulare	2,43	NPGranulare	2,28	--	2,43	N.C.
0,60	2,41	Granulare	2,71	PLimoso	2,56	C.Cinese	2,56	N.C.
0,80	2,41	Granulare	2,66	PLimoso	2,53	C.Cinese	2,53	N.C.
1,00	2,53	Granulare	2,78	PLimoso	2,65	C.Cinese	2,65	N.C.
1,20	2,53	Granulare	2,77	PLimoso	2,64	C.Cinese	2,64	4,39
1,40	2,82	Argilloso	3,05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,60	2,72	Argilloso	2,96	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,80	2,78	Argilloso	3,00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,00	2,33	Granulare	2,55	NPGranulare	2,44	--	2,55	1,11
2,20	2,80	Argilloso	3,00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,40	2,85	Argilloso	3,04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,60	2,13	Granulare	2,33	NPGranulare	2,22	--	2,33	0,85
2,80	2,29	Granulare	2,48	NPGranulare	2,39	--	2,48	0,84
3,00	2,27	Granulare	2,45	NPGranulare	2,36	--	2,45	0,82
3,20	2,41	Granulare	2,58	NPGranulare	2,49	--	2,58	0,91
3,40	2,92	Argilloso	3,08	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,60	2,45	Granulare	2,61	PLimoso	2,53	C.Cinese	2,53	0,85
3,80	2,98	Argilloso	3,12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,00	3,13	Argilloso	3,27	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,20	3,23	Argilloso	3,36	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,40	2,47	Granulare	2,60	PLimoso	2,53	C.Cinese	2,53	0,70
4,60	2,96	Argilloso	3,08	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,80	3,04	Argilloso	3,15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,00	3,39	Argilloso	3,50	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,20	3,24	Argilloso	3,34	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,40	3,25	Argilloso	3,34	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,60	3,20	Argilloso	3,29	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,80	3,20	Argilloso	3,28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,00	3,28	Argilloso	3,35	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,20	3,40	Argilloso	3,48	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,40	3,42	Argilloso	3,49	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,60	3,61	Argilloso	3,68	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,80	3,35	Argilloso	3,41	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,00	3,56	Argilloso	3,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,20	3,43	Argilloso	3,48	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,40	3,33	Argilloso	3,39	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,60	3,55	Argilloso	3,60	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,80	3,51	Argilloso	3,55	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,00	3,40	Argilloso	3,44	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,20	3,34	Argilloso	3,37	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,40	3,18	Argilloso	3,21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,60	3,12	Argilloso	3,14	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,80	3,01	Argilloso	3,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,00	3,02	Argilloso	3,04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,20	2,96	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,40	2,93	Argilloso	2,94	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,60	3,02	Argilloso	3,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,80	2,85	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,00	2,86	Argilloso	2,87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore		valore	
10,20	2,82	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,40	2,93	Argilloso	2,93	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,60	3,27	Argilloso	3,27	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,80	3,19	Argilloso	3,19	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,00	2,87	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,20	2,83	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,40	2,89	Argilloso	2,88	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,60	2,85	Argilloso	2,84	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
11,80	2,80	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,00	2,87	Argilloso	2,85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,20	2,89	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,40	2,86	Argilloso	2,84	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,60	2,89	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12,80	2,89	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,00	2,89	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,20	2,82	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,40	2,81	Argilloso	2,77	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,60	2,90	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13,80	2,91	Argilloso	2,87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,00	2,90	Argilloso	2,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,20	2,95	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,40	2,87	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,60	2,97	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14,80	2,90	Argilloso	2,85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15,00	2,87	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
15,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
15,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
15,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
16,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
17,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
18,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
19,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
20,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.

N.C. = Non Calcolabile
 N.L. = Non Liquefacibile
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare
 Argilloso = Terreno Argilloso
 C.Cinese = Criteri Cinese
 Granulare = Terreno Granulare
 -- = Nessun Criterio

HOME

INSERIMENTO DATI CPT

DATI CPT

GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



FORMULE:

$$CRR \leq 0,883 \left(\frac{q_{c1m}}{1000} \right)^{0,5} \left(\frac{q_{c2m}}{1000} \right)^{0,5} \leq 0,05$$

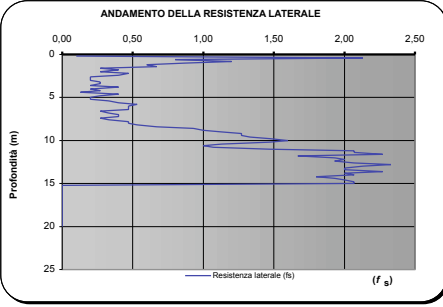
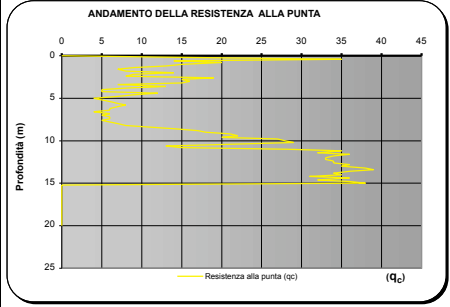
$$Per 0 < (q_{c1m} < 50)$$

$$Per 50 < (q_{c1m} < 150)$$

$$CRR \leq 9,3 \left(\frac{q_{c1m}}{1000} \right)^{0,5} \left(\frac{q_{c2m}}{1000} \right)^{0,5} \leq 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{vm}}{\sigma'_{vm}} = 0,65 \cdot \frac{d_{vmax}}{s} \cdot \frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{vm}} \cdot F_{ps} \cdot \frac{1}{MSF}$$

M = 6,14



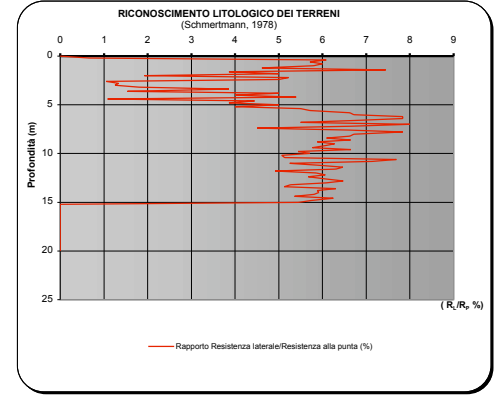
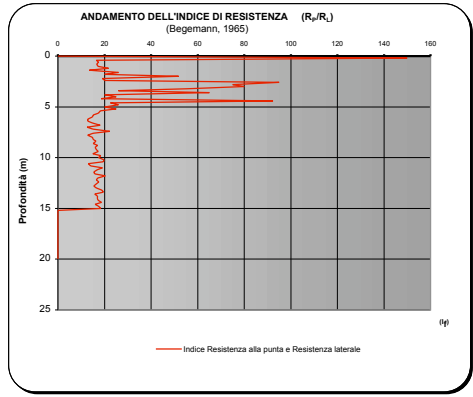
Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazioni

- DATI CPT
- INSERIMENTO DATI CPT
- ANALISI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

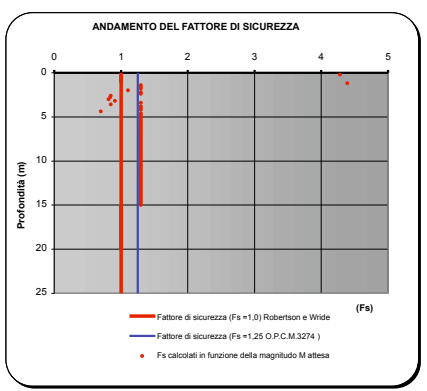
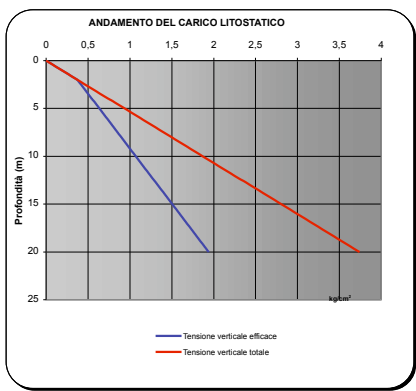


Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione palestra

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

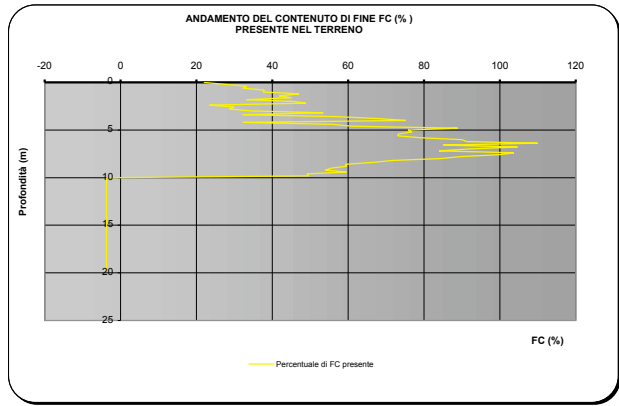


Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazioni

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

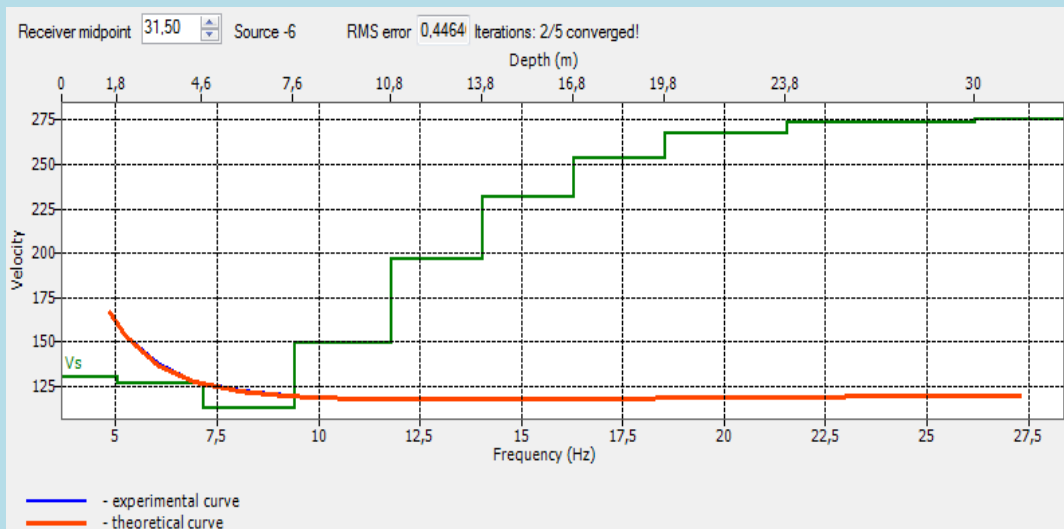
Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Sia. Ferri Filippo
 Riferimento: Campagna Indagini geonostiche
 Località: Cento Prov.: FE
 Oggetto: Caratterizzazione geologica e sismica terreni fondazione palestra

COMUNE DI CENTO
PROVINCIA DI FERRARA

ADEGUAMENTO SISMICO PALESTRA DI VIA GIOVANNINA 76



INDAGINI GEOFISICHE
PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE
MEDIANTE TECNICA SISMICA MASW-RE.MI. E HVSR



Via Costiera 3/A
47122 Forlì (FC)

Tel/Fax: 0543-782462
e-mail: info@geoexploration.net

Committente
Studio di Geologia
Dott. Costantini Beniamino
Via Franchetti, 2
40141 Bologna

elaborato
1

revisione
1

data
06/12/2012

redatto
Ing. G. Mainardi

revisionato
Dott. Geol. D. Peraccini

verificato
Dott. A. E. Bracci

Sommario

1	INDICAZIONI GENERALI	2
2	DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO VS30.....	3
2.1	Analisi con Metodo Re.Mi. (Refraction Microtremors)	4
2.1.1	Modalità operative e risultato ottenuto.....	5
2.2	Analisi con metodo sismico MASW.....	6
2.2.1	Modalità operative e risultato ottenuto.....	8
3	PROSPEZIONI SISMICHE CON TECNICA HVSR	9
3.1	Principio di funzionamento.....	9
3.2	Strumentazione HVSR.....	10
3.3	Restituzione dei risultati.....	11
4	CONCLUSIONI.....	12

Appendici

APPENDICE 1 – UBICAZIONE INDAGINE SISMICA

APPENDICE 2 – CURVA DI DISPERSIONE (Re.Mi.)

APPENDICE 3 – PROFILO VERTICALE VS (Re.Mi.)

APPENDICE 4 – CURVA DI DISPERSIONE (MASW)

APPENDICE 5 – PROFILO E ANDAMENTO VERTICALE VS (MASW)

APPENDICE 6 – ELABORATO HVSR

APPENDICE 7 – FOTO ACQUISIZIONE DATI

1 INDICAZIONI GENERALI

Su incarico del Dott. Geol. Beniamino Costantini è stata eseguita un'indagine geofisica con metodo sismico utilizzando la tecnica dei microtremori (Re.Mi.) supportata dalla tecnica dell'analisi delle onde di superficie (MASW) e la tecnica HVSR (Horizontal-Vertical Spectral Ratio).

La prospezione era finalizzata ad ottenere la diagrafia delle velocità sismiche delle onde di taglio per la determinazione della Vs30 (tramite Re.Mi. e Masw) e la caratterizzazione sismica di sito tramite la stima delle frequenze fondamentali di risonanza (tramite HVSR) per lo studio riguardante l'adeguamento sismico della palestra di via Giovannina 76, nel Comune di Cento (FE).

L'acquisizione dei dati sismici è stata effettuata nel giorno martedì 4 dicembre 2012.

Nel presente rapporto sono descritte le metodologie impiegate, sono elencate le attrezzature utilizzate ed infine sono descritti gli elaborati finali ottenuti.

2 DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO Vs30

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, ha introdotto in Italia la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni dal punto di vista sismico, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio Vs degli strati del terreno presenti nel sito di studio, fino alla profondità di almeno 30 metri dal piano campagna (parametro Vs30).

Il parametro Vs30 rappresenta quindi la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità e viene calcolata con la seguente espressione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

La normativa, sulla base del suddetto profilo, fornisce una classificazione dei suoli suddivisa nelle tipologie A, B, C, D, E ed S1, S2:

A- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.

B- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C- Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D- Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT < 15 nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E- Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore ai 20 m posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

S1- Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2- Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire rilievi in foro di sondaggio meccanico con tecnica downhole se si dispone di un foro singolo o cross-hole fra due fori oppure prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali utilizzando geofoni orizzontali con opportune energizzazioni del terreno o tramite geofoni verticali analizzando la dispersione delle onde di superficie.

2.1 Analisi con Metodo Re.Mi. (Refraction Microtremors)

Questa tecnica, nota con la sigla Re.Mi., permette di ricostruire il profilo verticale delle V_s con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde relative ai rumori sismici locali, rifratte alla superficie.

Nell'approccio teorico si utilizzano le onde superficiali di Rayleigh per la determinazione dei parametri di comportamento meccanico dei terreni a bassi livelli di deformazione, modulo di taglio e coefficiente di smorzamento, e si basa sulle proprietà dispersive che queste onde subiscono durante l'attraversamento di tali terreni.

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si trasmettono sulle superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione "P" e di taglio "S".

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo dispersivo e vengono definite di pseudo-Rayleigh o di superficie. La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza, le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde Rayleigh, *Velocità/frequenza* può essere convertito mediante opportuno software in profilo *Velocità/profondità*.

La metodologia permette di raggiungere livelli di profondità generalmente compresi fra $1/4$ e $1/3$ della lunghezza dello stendimento dei geofoni.

Lo studio analitico del metodo Re.Mi. consente di operare favorevolmente in ambienti fortemente inquinati da rumori urbani e/o industriali.

Una volta determinate le velocità delle onde di taglio fino alla massima profondità raggiunta, si calcola una media pesata dei valori delle Vs di ogni strato per una profondità di 30 metri dal piano campagna (o dal piano di posa delle fondazioni prescelto) e con tale parametro è possibile catalogare il sito nella classe di riferimento dell'ordinanza in oggetto.

2.1.1 Modalità operative e risultato ottenuto

L'indagine sismica è stata eseguita utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 4,5 Hz infissi nel terreno ad intervalli regolari di 3 metri per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 69 metri. I dati sono stati registrati mediante un sismografo Geometrics GEODE a 24 canali con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di circa 32 secondi.

Complessivamente sono stati registrati 10 files ad intervalli irregolari nell'arco di circa 1 ora di tempo (in Appendice 7 si riportano le foto dell'acquisizione dati).

L'elaborazione restituisce un grafico che riporta la curva della dispersione con un'immagine a colori che mostra i valori di lettura delle velocità/frequenza (vedasi Appendice 2) ed il profilo delle velocità delle onde di taglio con l'indicazione della Vs30 calcolata, espressa in metri/secondo (vedi Appendice 3).

Il valore Vs30 per la classificazione sismica dei terreni di fondazione è risultato essere di 198 metri/secondo che rientra nella tipologia "C": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu,30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

2.2 Analisi con metodo sismico MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie. Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse – ovvero lunghezze d'onda diverse – viaggiano a velocità diversa). Il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale sismico che si propaga viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

Le lunghezze d'onda più ampie (ovvero le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda, mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale (vedi Figura 1)

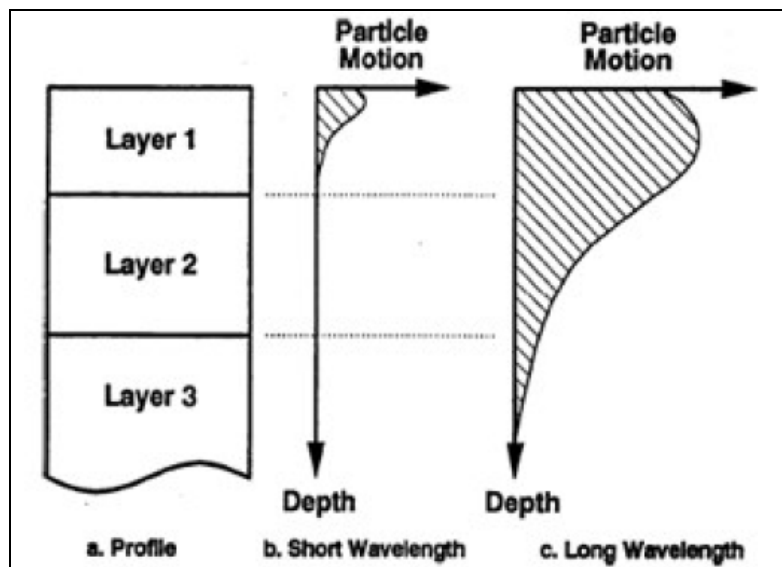


Figura 1 - Profondità d'indagine e lunghezza d'onda sismica

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

Quindi la tipica curva di dispersione si presenta secondo un *trend* del genere riportato nella seguente Figura 2.

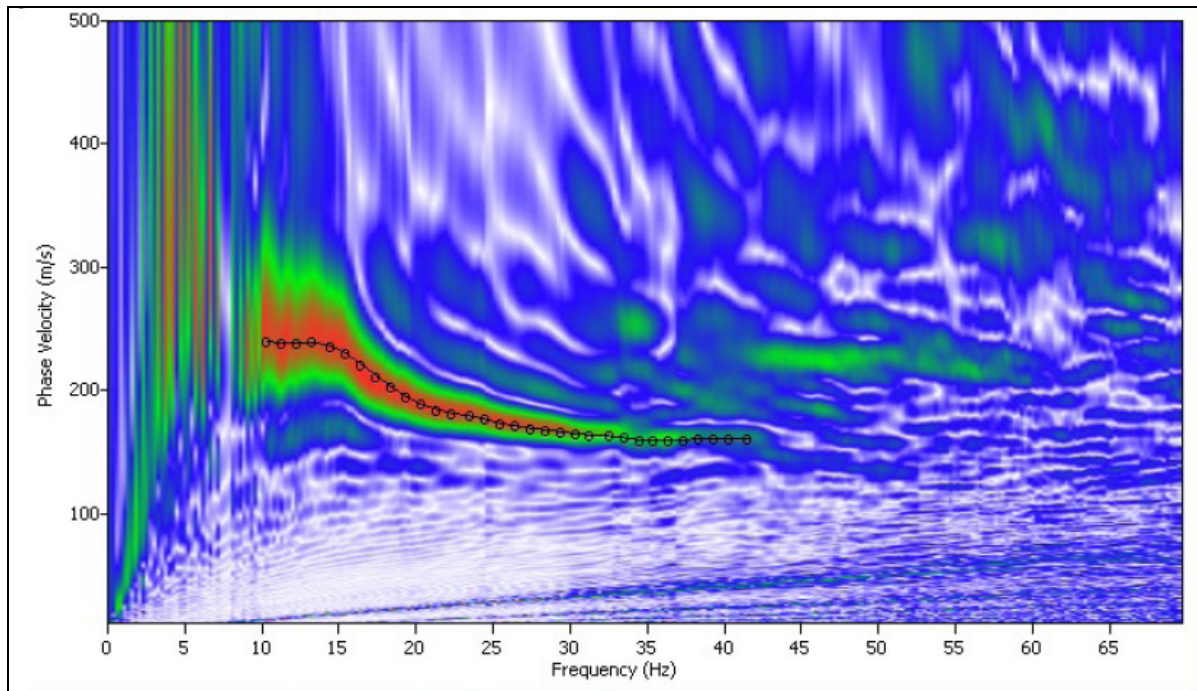


Figura 2 – Curva di dispersione delle onde di superficie (MASW)

La profondità Z è calcolata attraverso la lunghezza d'onda massima

$$Z = \lambda_{\max}/2$$

dove:

$\lambda_{\max} = V/f$, V è la velocità di fase (m/s) e f è la frequenza (hz)

Tradizionalmente le MASW sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale – quelli usati per la comune rifrazione in onde compressionali e considerando una comunissima sorgente ad impatto verticale. Questo avviene perchè la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in caso di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione (i cui risultati vengono anzi inficiati dalla presenza di inversioni di velocità).

Poichè la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

Una volta determinate le velocità delle onde di taglio fino alla massima profondità raggiunta, si calcola una media pesata dei valori delle V_s di ogni strato per una profondità di 30 metri dal piano campagna (o dal piano di posa delle fondazioni prescelto) e con tale parametro è possibile catalogare il sito nella classe di riferimento dell'ordinanza in oggetto.

2.2.1 Modalità operative e risultato ottenuto

L'indagine sismica è stata eseguita utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 4,5 Hz infissi nel terreno ad intervalli regolari di 3 metri per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 69 metri.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo Geometrics GEODE a 24 canali con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.125 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di circa 1 secondi.

Complessivamente sono stati registrati 2 files il primo con energizzazione in offset di 6 m e il secondo con energizzazione in offset di 3 m, successivamente si è scelta la registrazione migliore per l'elaborazione con offset di 3 m.

L'elaborazione restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione con un'immagine a colori che mostra i valori di lettura delle frequenza/velocità (vedasi Appendice 4) ed il profilo delle velocità delle onde di taglio con l'indicazione della Vs30 calcolata, espressa in metri/secondo (vedi Appendice 5). In Appendice 7 si riportano le foto dell'acquisizione dati.

Il valore Vs30 per la classificazione sismica dei terreni di fondazione è risultato essere di 187 metri/secondo che rientra nella tipologia "C": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

3 PROSPEZIONI SISMICHE CON TECNICA HVSR

3.1 Principio di funzionamento

Le misure sismiche HVSR o H/V (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) sono indagini geofisiche a stazione singola finalizzate alla caratterizzazione sismica di sito tramite la stima delle frequenze fondamentali di risonanza.

L'attuale normativa antisismica italiana ricalca l'Eurocodice 8, il quale a sua volta ha recepito in toto la normativa californiana, che prevede di fornire una base quantitativa per la classificazione dei suoli intermini di effetti di sito attraverso la determinazione della velocità delle onde S nei primi 100 piedi (30metri nel sistema metrico decimale).

Le misure a stazione singola del tremore sismico portano, attraverso i rapporti spettrali, alla misura immediata della frequenza di risonanza del sottosuolo.

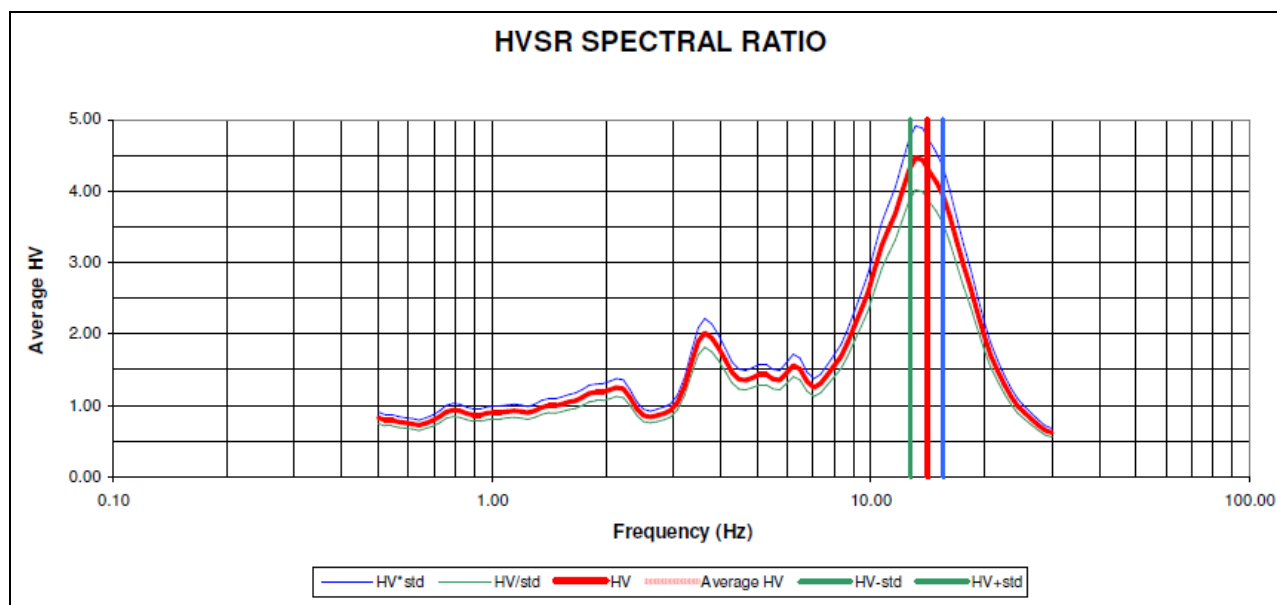


Figura 3 - Esempio di diagramma H/V

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

Questa tecnologia è stata oggetto del progetto di ricerca SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) ed a questo si rimanda per le linee guida della tecnica H/V spectral ratio (<http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>).

3.2 Strumentazione HVSR

La strumentazione utilizzata è costituita dal sensore triassiale PASI Gemini-2, che ottimizza la misura del microtremore grazie ad un sensore con frequenza nominale di 2Hz di frequenza naturale ad alta sensibilità.

Il sensore è costituito da 3 canali con configurazione: Z = verticale, X = nord-sud, Y= est-ovest che trasmette il segnale ad un sistema di acquisizione digitale.

Il sensore utilizza elementi di alta stabilità e l'assemblaggio nel contenitore garantisce una ortogonalità assoluta degli elementi.

Il moto del terreno è amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale direttamente su PC. Per l'elaborazione dei segnali viene utilizzato il codice di calcolo Geopsy appositamente sviluppato, che archivia, analizza e permette la revisione del segnale. Le caratteristiche tecniche dello strumento sono riportate nella scheda seguente.

<p>Specifiche scheda acquisizione: Alimentazione: da porta USB Conversione dati: A/D Sigma-Delta a 24 bit reali Campionamento: freq.max.1KHz, simultaneo su 3 can. Rapporto Segnale/Rumore: max. 117db Banda passante a +/- 0.1 dB: 108Hz Banda passante a -3dB: 212Hz</p> <p>Specifiche sensore Gemini-2 Freq.Naturale di risonanza: 2 Hz +/-10% Sensibilità: $2 \text{ V/cm}\cdot\text{S}^{-1}$ +/- 5% Resistenza interna: $5.8\text{k}\Omega$ +/-5% Damping: 0.7 +/-10% Distorsione armonica: $\leq 0.2\%$ Resistenza d'isolamento: $\geq 10 \text{ M}\Omega$ Temp.funzionamento: da -25°C a + 55°C Bloccaggio sensori: automatico per il trasporto Dimensioni: diam.128mm, h.175mm Peso: 2.15 kg</p>

Figura 4 – Specifiche tecniche PASI Gemini-2

3.3 Restituzione dei risultati

Il metodo HVSR fornisce principalmente la stima della frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale (si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi). Questo metodo sismico è in grado di stimare anche la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

La frequenza di risonanza di sito (f_0), a meno di una certa variabilità, presenta un picco principale posto a 0.70 ± 0.12 Hz (valore medio tipico della Pianura Padana) e tre picchi secondari per una frequenza compresa tra 2 Hz e 4 Hz.

Tutte le analisi effettuate sono riportate in Appendice 6, mentre in Appendice 7 sono riportate alcune foto dello strumento in fase di acquisizione.

4 CONCLUSIONI

In conformità con le indicazioni della NTC 2008 è stata predisposta, su incarico Dott. Geol. Beniamino Costantini, la presente indagine geofisica per fornire elementi validi all'analisi di vulnerabilità sismica del sito mediante un'indagine geofisica con metodo sismico utilizzando la tecnica combinata Re.Mi.-MASW e la tecnica HVSR.

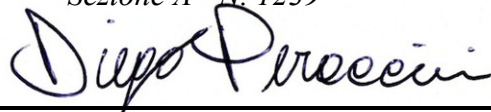
Per il profilo verticale della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) e per la stima del parametro V_{s30} sono state utilizzate sia la tecnica Re.Mi. che Masw per aver una maggiore certezza del dato acquisito. Il profilo verticale finale da prendere in considerazione è fornito dal Re.Mi. (vedi Appendice 3) perché tarato sul profilo Masw nei primi metri (nei quali il Masw, sfruttando frequenze maggiori, risulta più accurato) e perché delinea più chiaramente la situazione litostratigrafica oltre i 20 metri.

Per la classificazione sismica dei terreni di fondazione, il valore del parametro V_{s30} è risultato essere di 198 m/s per la tecnica Re.Mi. e di 187 m/s per la tecnica MASW. La differenza dei due risultati si può considerare trascurabile e quindi si può confermare che il suolo investigato è di categoria "C": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u, 30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Infine, la caratterizzazione sismica di sito tramite la stima delle frequenze fondamentali di risonanza (tramite HVSR) presenta un picco principale posto a 0.70 ± 0.12 Hz (f_0), valore tipico di base riscontrato nella Pianura Padana e tre picchi secondari per una frequenza compresa tra 2 Hz e 4 Hz.

Forlì, 6 dicembre 2012

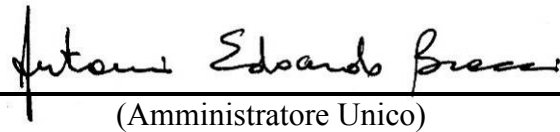
Dott. Geol. Diego Peraccini
Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna
Sezione A - N. 1239



Dott. Ing. Giuseppe Mainardi
Ordine degli Ingegneri Provincia di Ravenna
Sezione A – Settore A - N. 1826



GeoExploration S.r.l.
Dott. Antonio Edoardo Bracci

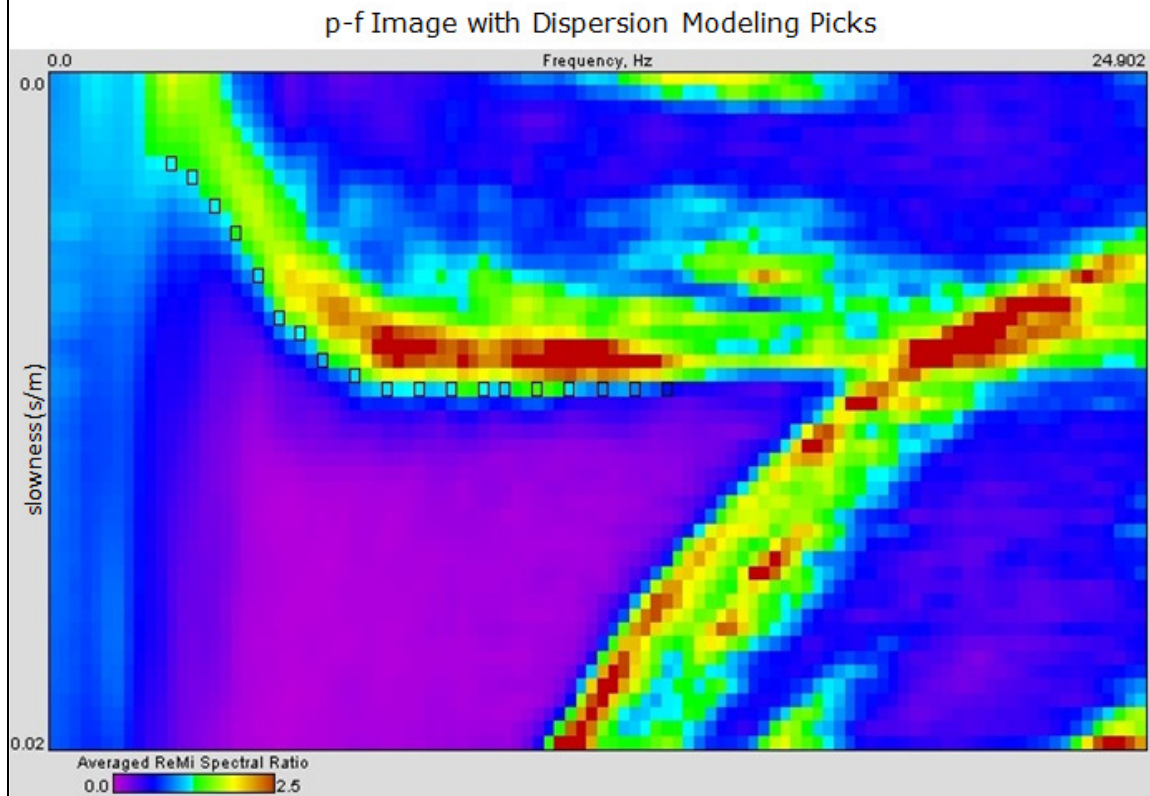
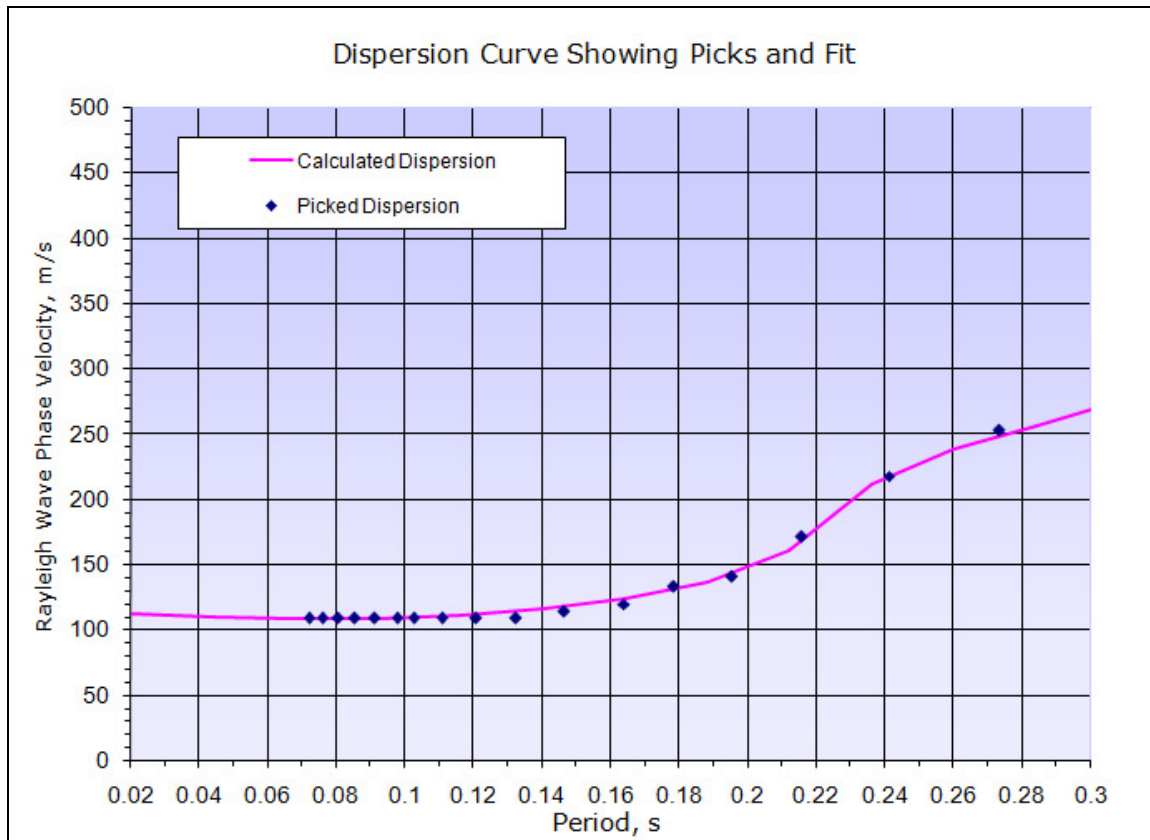


(Amministratore Unico)

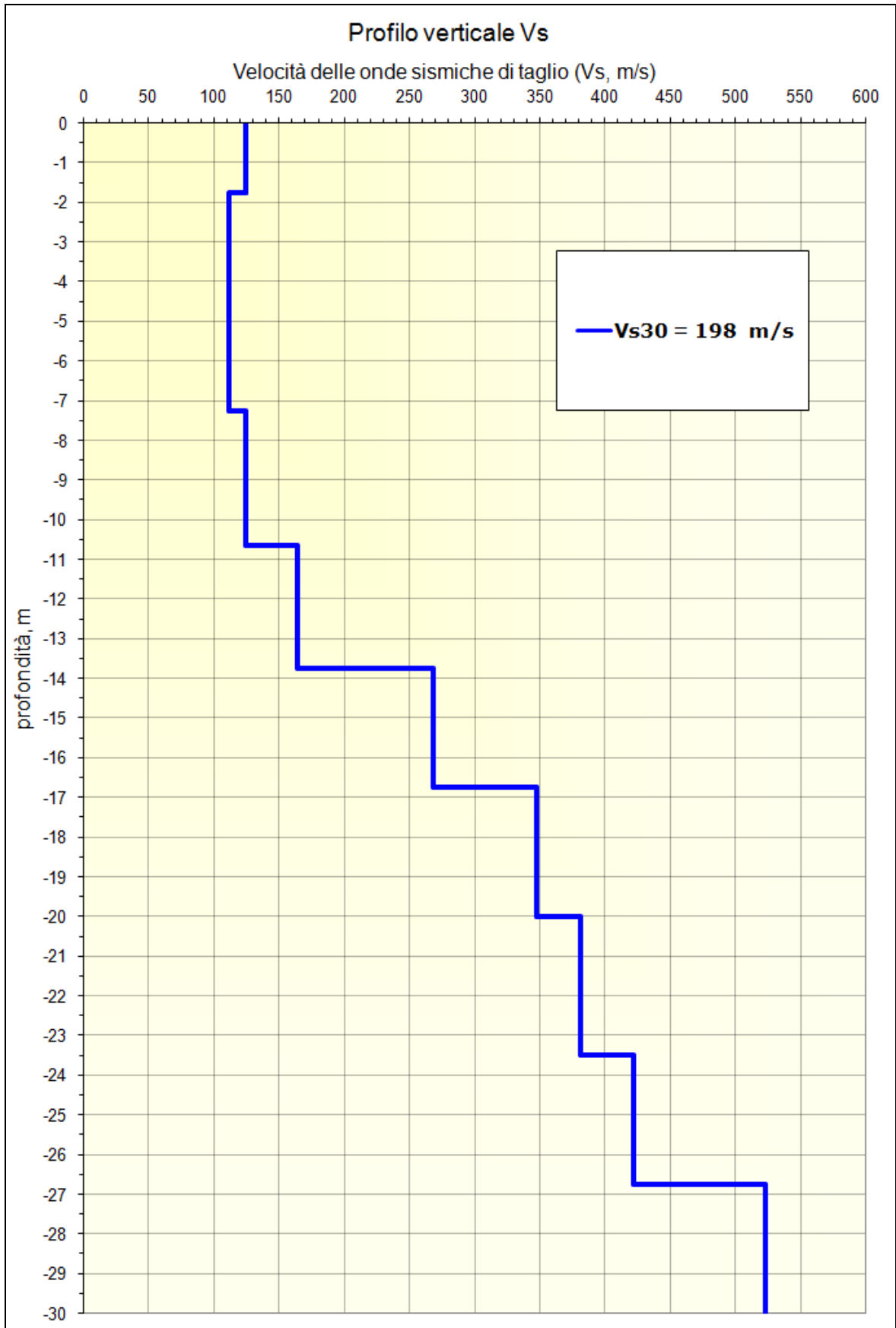
APPENDICE 1 - UBICAZIONE INDAGINE SISMICA



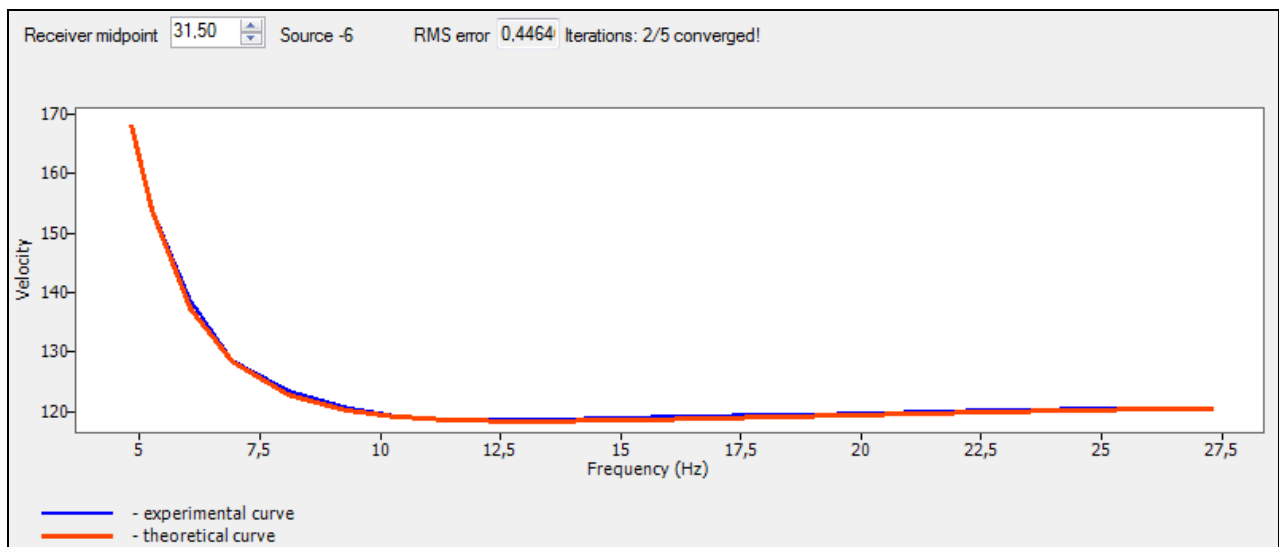
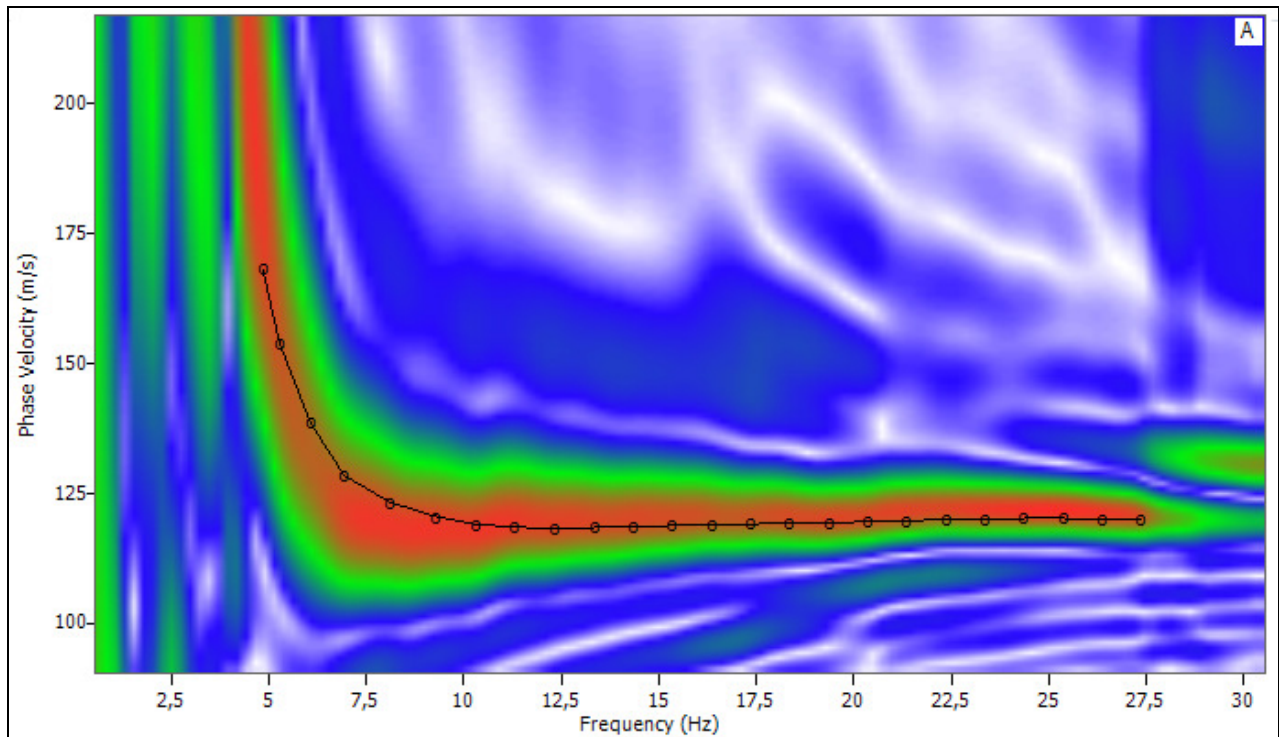
APPENDICE 2 – CURVA DI DISPERSIONE (Re.Mi.)



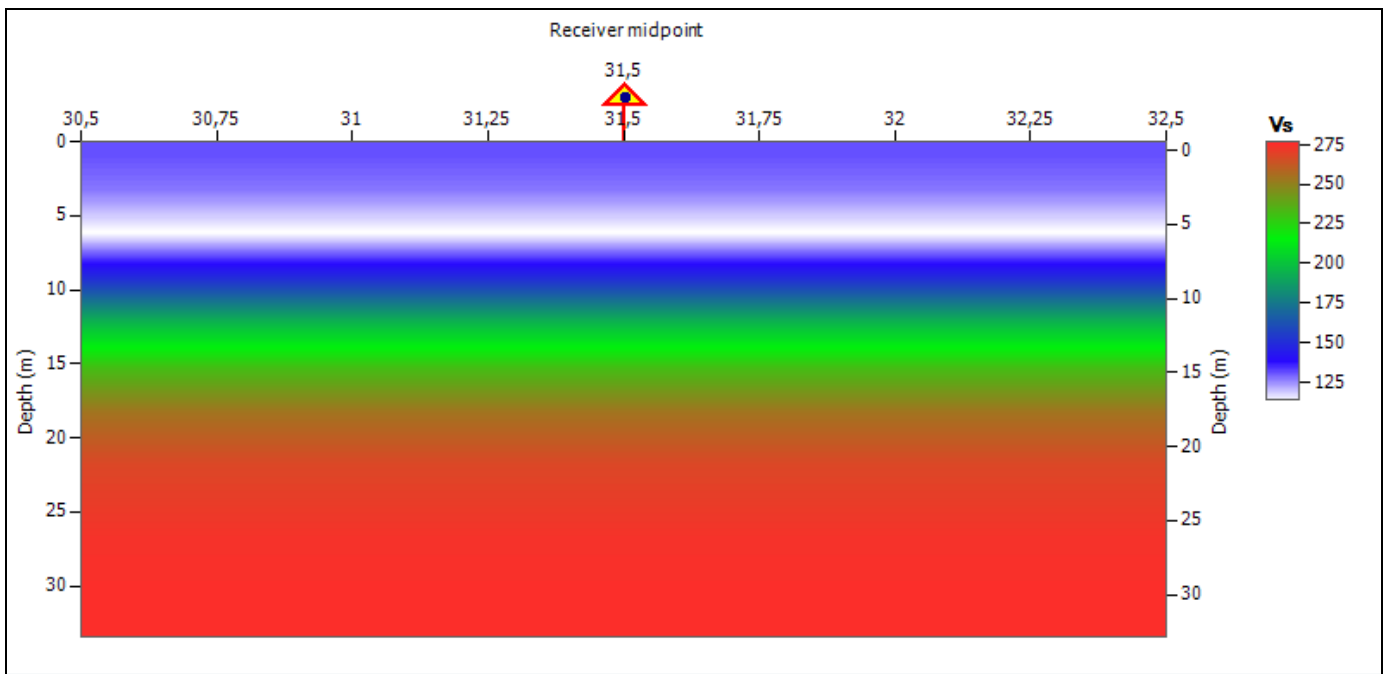
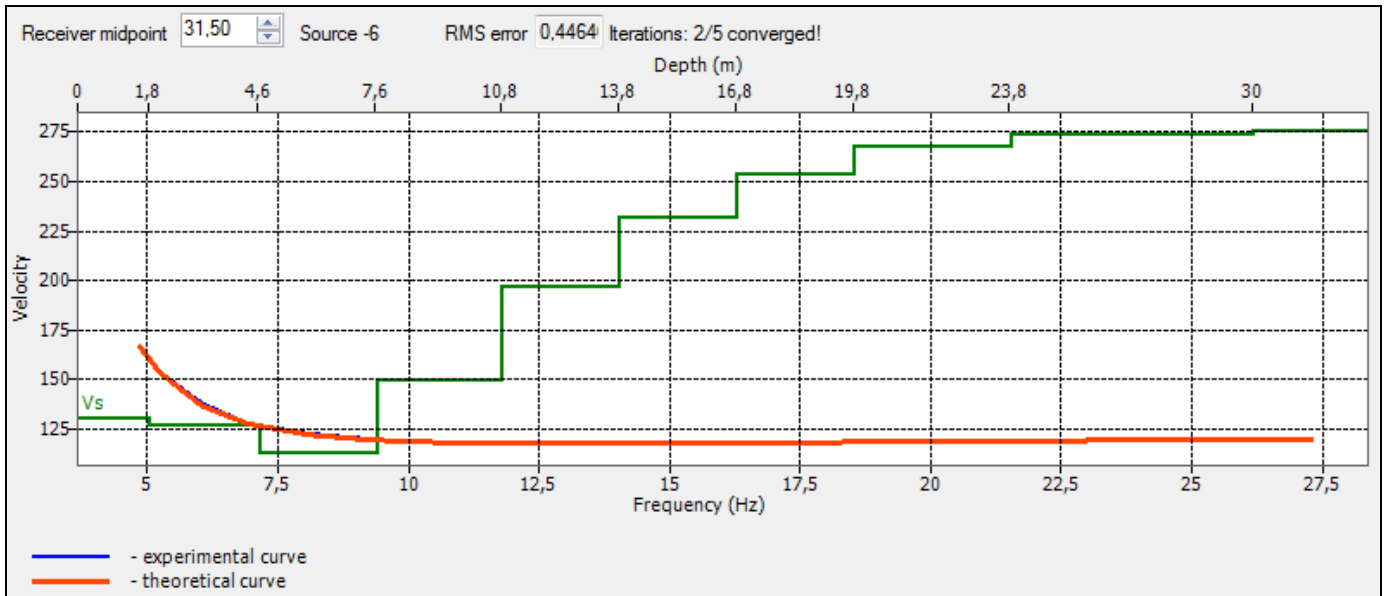
APPENDICE 3 - PROFILO VERTICALE VS (Re.Mi.)



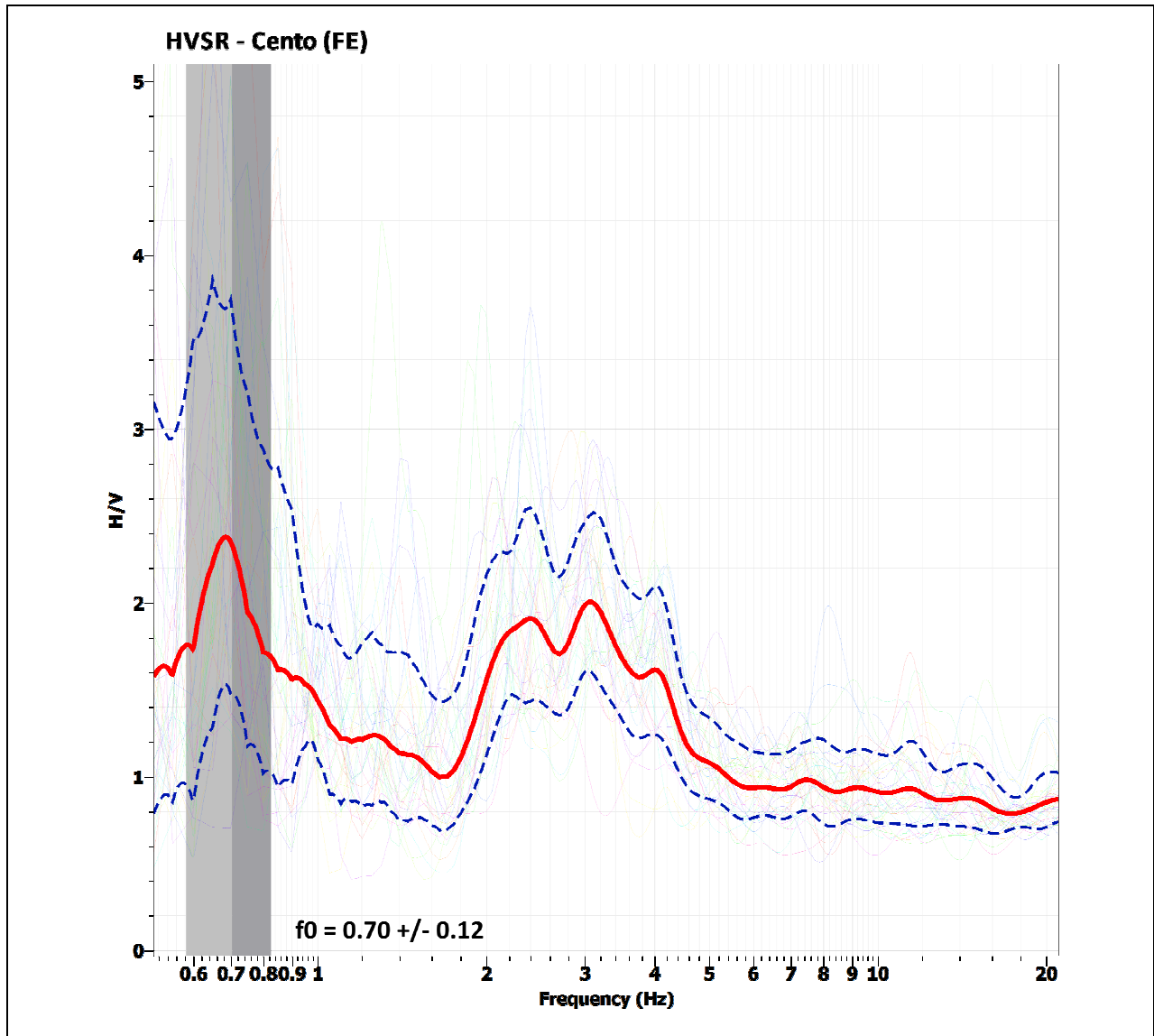
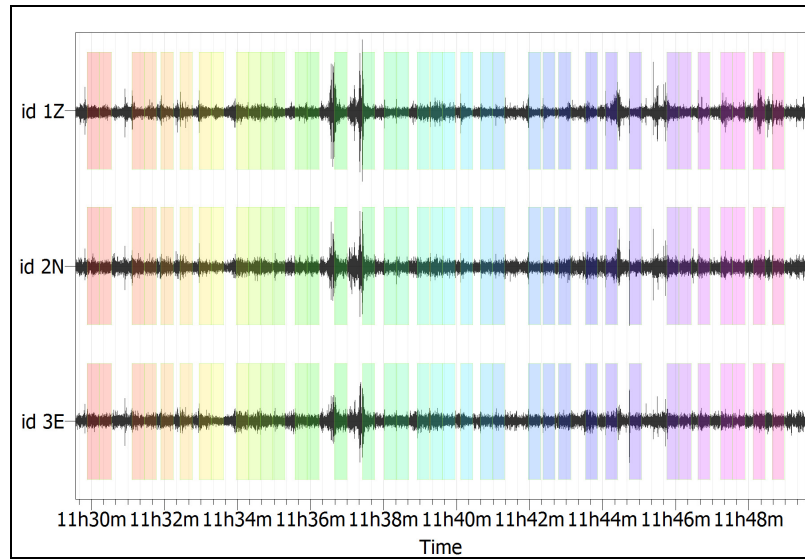
APPENDICE 4 – CURVA DI DISPERSIONE (MASW)



APPENDICE 5 -PROFILO E ANDAMENTO VERTICALE VS (MASW)



APPENDICE 6 – ELABORATO HVSR



APPENDICE 7 - FOTO ACQUISIZIONE DATI



Stendimento sismico



Postazione acquisizione dati



Impulso sismico per MASW



Acquisizione dati HVSr

Comune di Cento - Ferrara

Palestra della Giovannina

Via della Giovanniva 76



INTERVENTI DI RIPARAZIONE DEI DANNI E MIGLIORAMENTO SISMICO -RELAZIONE GEOTECNICA-

Committente:

Ferri Filippo

Via della Giovannina 76, Cento (FE)

Progettista:

Benedetti & Partners
Structural Engineering

Ing. Riccardo Di Nisio,

Via Orioli 23, 40134 Bologna, Tel. 051-5874153

e-mail: info@benedettiandpartners.it



Ditta esecutrice:



Battaglia Costruzioni s.r.l.

Via Serra, 22 Calderara di Reno (BO), Tel. 051/72.50.70

e-mail: info@costruzionibattaglia.it

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Riccardo Di Nisio".

Bologna, giugno 2013

1. Introduzione.....	4
2. Normativa di riferimento.....	4
3. Documentazione geologica preesistente.....	4
3.1 Caratteri geologici, unità litotecniche, e condizioni idrogeologiche.....	5
4. Parametri sismici	6
5. Parametri meccanici del terreno di fondazione.....	7
6. Modellazione delle fondazioni	8

1. Introduzione

Con la presente relazione si analizzano le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione della palestra della Giovannina, edificio sito nel centro abitato di Cento (FE) in via della Giovannina 76.

2. Normativa di riferimento

- “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”. D.M. 14 Gennaio 2008, pubblicato sulla G.U. del 4 Febbraio 2008 n° 29.
- “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”. Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617, pubblicata sulla G.U. del 26 Febbraio 2009 n° 47.

3. Documentazione geologica preesistente

Tutte le informazioni di carattere geologico sono ricavate a partire dalla relazione geologica curata dal dottor geologo Beniamino Costantini. La caratterizzazione del primo sottosuolo dal punto di vista stratigrafico, idrogeologico e geomeccanico è stata effettuata attraverso l'esecuzione di 2 prove penetrometrie statiche. Per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita un'indagine geofisica utilizzando la tecnica dei microtremori (Re.Mi) supportata dalla tecnica dell'analisi delle onde di superficie (MASW) e la tecnica HVSR (Horizontal-Vertical Spectral Ratio). Alla caratterizzazione del primo sottosuolo, sotto il profilo stratigrafico, idrologico e geomeccanico si è risaliti attraverso n° 2 penetrometrie statiche e consultando la banca dati geognostica regionale. Nella Fig. 1 vengono indicate le ubicazioni delle prove effettuate.



Figura 1: Planimetria con indicazione dei saggi effettuati (estratta dalla relazione geologica)

3.1 Caratteri geologici, unità litotecniche, e condizioni idrogeologiche

Dalle prove eseguite e come riportato nella relazione geologica a firma del dott. Geologo Beniamino Costantini, i primi 0.6-0.8 m dal p.d.c. sono impegnati da terreni di riporto e/o sottofondi a copertura del vecchio piano campagna. Successivamente, fino a 2.4m predominano limi argillosi ed argille con associate frazioni sabbiose, con questi ultimi presenti sia in forma diffusa che in sottili apparati lenticolari di ordine pressoché decimetrico. Dai 2.4 ai 4 m dal piano campagna sono presenti stratificazioni di limi sabbiosi e/o sabbie a diverso grado di addensamento. sia in forma diffusa che in sottili apparati lenticolari di ordine decimetrico o pressoché tali. Chiude

la sequenza investigativa un'unità di ambiente palustre sottoforma di limi ed argille a vario grado di consistenza.

Dalle misure effettuate nei fori di sondaggio della campagna geognostica si evince la presenza di una falda freatica il cui pelo libero è posto ad una profondità di circa -1.8 m dal p.d.c. Si tratta di un acquifero superficiale con valori di permeabilità e trasmissività molto variabili e alimentato dai corsi d'acqua, ormai pensili, e dall'infiltrazione delle acque meteoriche. Si fa presente che tale falda è soggetta a forti escursioni stagionali.

4. Parametri sismici

Per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita dalla Ditta GeoExploration di Forlì un'indagine geofisica utilizzando la tecnica dei microtremiti (Re.Mi.) supportata dalla tecnica dell'analisi delle onde di superficie (MASW) e la tecnica HVSR (Horizontal-Vertical Spectral Ratio). Per definire correttamente lo spettro di risposta elastico è necessario identificare la categoria del sottosuolo.

Sulla base di quanto emerso dalla condizione litostratigrafica e dai dati sismici acquisiti, risulta essere di tipo C. Con riferimento alla coordinate, vita nominale, classe d'uso, periodo di riferimento dell'azione sismica, categoria topografica, nonché della categoria di sottosuolo, di seguito riportati, i parametri dello spettro di progetto relativi allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita risultano essere:

- Latitudine: 44.73;
- Longitudine: 11.27;
- Vita nominale della costruzione: $V_n=50$ anni.
- Classe d'uso III, a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_u=1.5$
- Il periodo di riferimento è $V_R = 75$ anni
- Categoria suolo: C
- Categoria topografica: T1

Sulla base di quanto stabilito, si ottengono i parametri riportati in Tabella relativi al superamento dei rispettivi stati limite.

	Probabilità di superamento	Tr:	ag:	Fo:	Tc*:
Operatività SLO:	81%	45 [anni]	0,053 g	2,488	0,266 [s]
Danno SLD:	63%	75 [anni]	0,068 g	2,487	0,275 [s]
Salvaguardia della vita SLV	10%	712 [anni]	0,184g	2,560	0,276[s]
Prevenzione al collasso SLC	5%	1462 [anni]	0,244 g	2,493	0,286 [s]

Tabella 1: Parametri per la definizione dello spettro di progetto.

5. Parametri meccanici del terreno di fondazione

Sulla scorta delle indagini svolte e delle informazioni acquisite nonché delle correlazioni disponibili in letteratura si riportano i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici attribuiti ai litotipi individuati.

Litotipo - litologia	Intervallo (metri)	γ (t/m ³)	C_{u_k} (kg/cm ²)	C'_k (kg/cm ²)	ϕ'_k (°)	Mo (kg/cm ²)	$E_u \div E'$ (kg/cm ²)
A - Materiale di riporto e/o sottofondi	0 – 0,6	1,8	-	-	27	80	140
B - Argille limose	0,6 – 2,4	1,8	0,78	0,03	23	58	132
C- Limi sabbiosi/sabbie	2,4– 4,0	1,75	-	--	31	48	40
D- Argille limose	4,0– 8,0	1,8	0,35	0,01-	21	11	35
E- Limi argillosi	8,0– 15,0	1,8	1,10	0,08-	23	99	280

Tabella 2: Parametri geotecnici del terreno di fondazione

6. Modellazione delle fondazioni

Ai fini della valutazione della risposta strutturale, nel modello agli elementi finiti, sono state assegnate condizioni di vincolo fisso ai nodi di base delle colonne. Le motivazioni per questa scelta sono molteplici. In primo luogo il fatto di trascurare le fondazioni, con la loro deformabilità, implica che quest'ultime sono infinitamente rigide rispetto alla struttura con una conseguente valutazione delle sollecitazioni nella struttura in elevazione sicuramente in maniera più conservativa. In secondo luogo, nella parte relativa agli edifici esistenti della normativa vigente NTC08, la verifica del sistema fondale è prevista solo nel caso in cui si voglia raggiungere l'adeguamento al 100 % dello spettro di progetto. Infine, dai vari sopralluoghi effettuati, non sono stati riscontranti fenomeni di cedimento delle fondazioni tali da poter indurre il progettista a ritenere opportuno una analisi dell'interazione struttura-fondazione-terreno.

Bologna, 24 giugno 2013

Ing. Riccardo Di Nisio



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Riccardo Di Nisio".