



Geologia Tecnica Ambientale

Via Statale, 140
44047 Sant'Agostino(FE)
Tel. 0532 846537 – Fax. 0532 354000
info@demetrasrl.eu

C.f. e P.IVA:01646480382
C.C.I.A.A. 25 01 2005
Cap.sociale: 20'000.00€ i.v.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

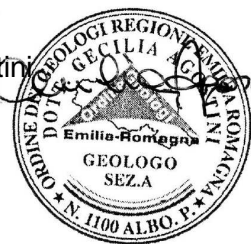
INDAGINE GEOTECNICA E GEOFISICA PREVENTIVA SUI TERRENI DI FONDAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

COMMITTENTE: COMUNE DI CENTO

LOCALITÀ: CENTO FE

PROGETTO: COSTRUZIONE
PALESTRA IN
COMPLESSO
SCOLASTICO

Relatore:
Dott. Geol. Cecilia Agostini



In collaborazione con:
Dott. Geol. Enrico Taddia

sommario

n.		Pag.	n.		Pag.
1	Premessa	2	6	Verifica della stabilità globale	13
2	Prove in sito	4	7	Cedimenti	15
3	Caratterizzazione geologica	4	8	Considerazioni conclusive	16
4	Caratterizzazione geotecnica	7	<i>Allegati</i>	Prove geotecniche	
5	Caratterizzazione sismica	9		Rapporto di prova sismica tomografica	
5.1	Verifica del rischio di liquefazione	12	<i>App.</i>	Verifica del rischio di liquefazione	

1. PREMESSA

Dietro incarico del Comune di Cento è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e geofisico finalizzato alla definizione dei parametri fisico-meccanici e sismici dei terreni interessati da progetto di costruzione di un fabbricato ad uso palestra all'interno del complesso scolastico della Scuola Primaria "Giosuè Carducci", in Cento, Via Gennari.

Dal punto di vista geografico l'area indagata è rappresentata nella sezione 202080 della Carta Tecnica Regionale (CTR), della quale in Fig. 1 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,73144 – long. 11,29020.

Il territorio comunale di Cento è stato classificato sismico in zona 3, come area di nuova classificazione, dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni, la sismicità delle località italiane è stata poi definita in base a una griglia a maglie quadrate dall'OPCM 3519 del 28.04.2006, recepita dal DM del 14.01.2008, recante le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

Al momento attuale non sono disponibili informazioni tecniche sul progetto dell'opera da realizzare, pertanto si ipotizzano fondazioni superficiali a plinto, ma si forniscono comunque tutti i parametri geotecnici per valutare altre soluzioni progettuali.

Il fabbricato da in oggetto è caratterizzato da una vita nominale (V_N) di 50 anni ed è attribuibile in via orientativa alla classe d'uso III.

L'indagine ha lo scopo di determinare la natura e la litologia dei sedimenti, valutare la stabilità globale; definire il tipo di falde, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.

Il metodo adottato ha indotto le seguenti fasi operative:

Fig. 1

COROGRAFIA

BASE TOPOGRAFICA CTR
SEZIONE 202080

scala 1:10.000

Legenda



Area oggetto di studio



2. PROVE IN SITO

2.1 Prove geotecniche

Sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche spinte alla profondità massima di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

Per l'esecuzione delle penetrometrie è stato utilizzato un penetrometro statico da t. 15 di spinta con punta conica tipo Begemann per la lettura della resistenza alla punta q_c (R_p) e la resistenza all'attrito laterale locale f_s (R_l). Maggiori dettagli sulla strumentazione e le modalità di prova sono forniti nella scheda tecnica allegata.

In corrispondenza del foro di ciascuna prova sono state effettuate misure piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva.

2.2 Prove geofisiche

È stata eseguita n. 1 prova tomografica tramite tomografo digitale portatile per la registrazione del rumore sismico ambientale, al fine di definire in modo diretto la velocità media delle onde sismiche S in uno spessore di terreni pari a 30 m (V_{S30}).

La profondità massima indagata con tale tecnica è infatti pari a 47,65 m dal p.c.

In appendice sono fornite tutte le informazioni di dettaglio sulle modalità di indagine, ubicazione della prova e risultati.

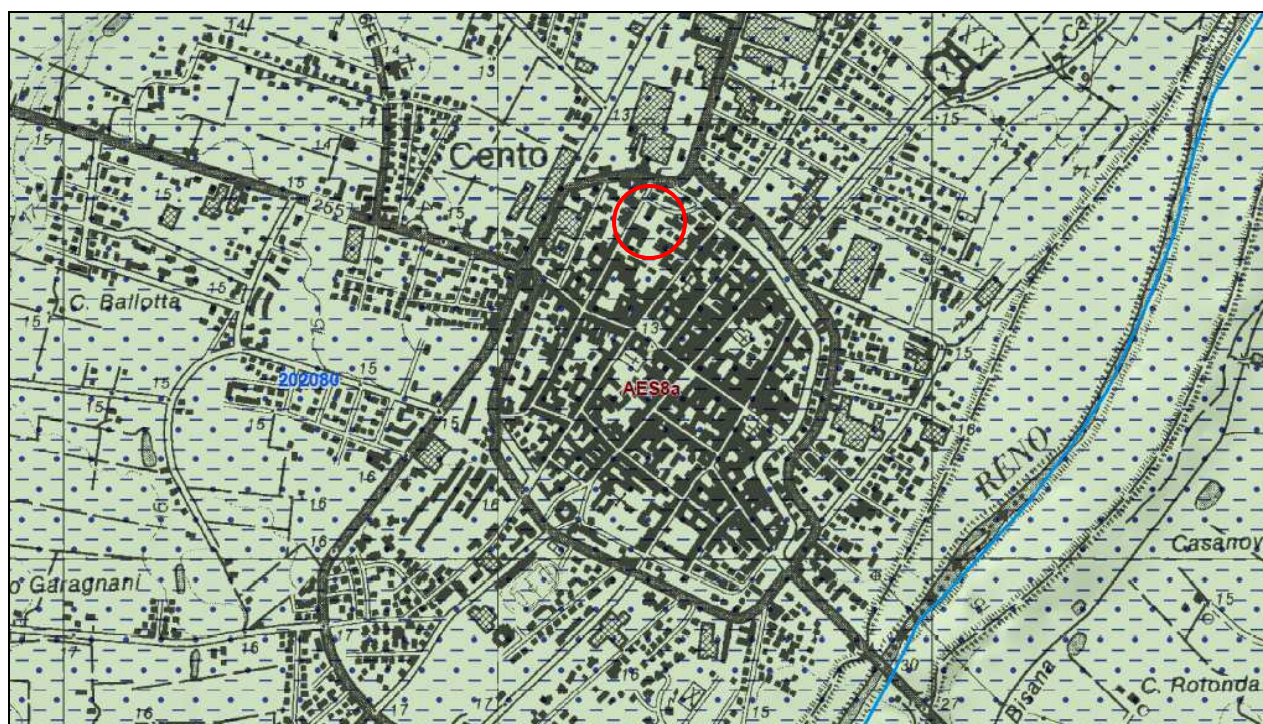
3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 202080 (Fig. 2) e individua coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a).

I sedimenti alluvionali del Subsistema di Ravenna (AES8) sono costituiti da depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del F. Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli

non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2,5Y), spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. Il Subsistema contiene un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 20-25 metri.

L'età è fatta corrispondere al Pleistocene superiore – Olocene.



I depositi attribuiti all'Unità di Modena (AES8a) sono costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Il limite superiore è sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore

bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Il limite inferiore è dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. L'unità include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Lo spessore massimo è di 3-4 metri. Confinano con i depositi alluvionali in evoluzione (b1) e si trovano lungo i margini fluviali sia del Fiume Marecchia che del torrente Uso.

L'età è post - romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica), corrispondente all'Olocene.

La litologia in corrispondenza dell'area indagata è costituita da argille di piana alluvionale e da argille limose di piana alluvionale.

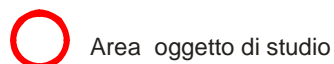
Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio pianeggiante privo di fenomeni di dissesto con quote topografiche attorno a 14 m s.l.m.m. Il centro abitato di Cento si trova in una zona debolmente depressa tra i dossi corrispondenti agli argini del Fiume Reno a sud-est e del paleo-alveo di Via Reno Vecchio a nord-ovest , come si evince dalla Carta geomorfologica a corredo del PSC (fig. 3).

L'analisi del microrilievo non permette di individuare particolari forme del territorio completamente urbanizzato.

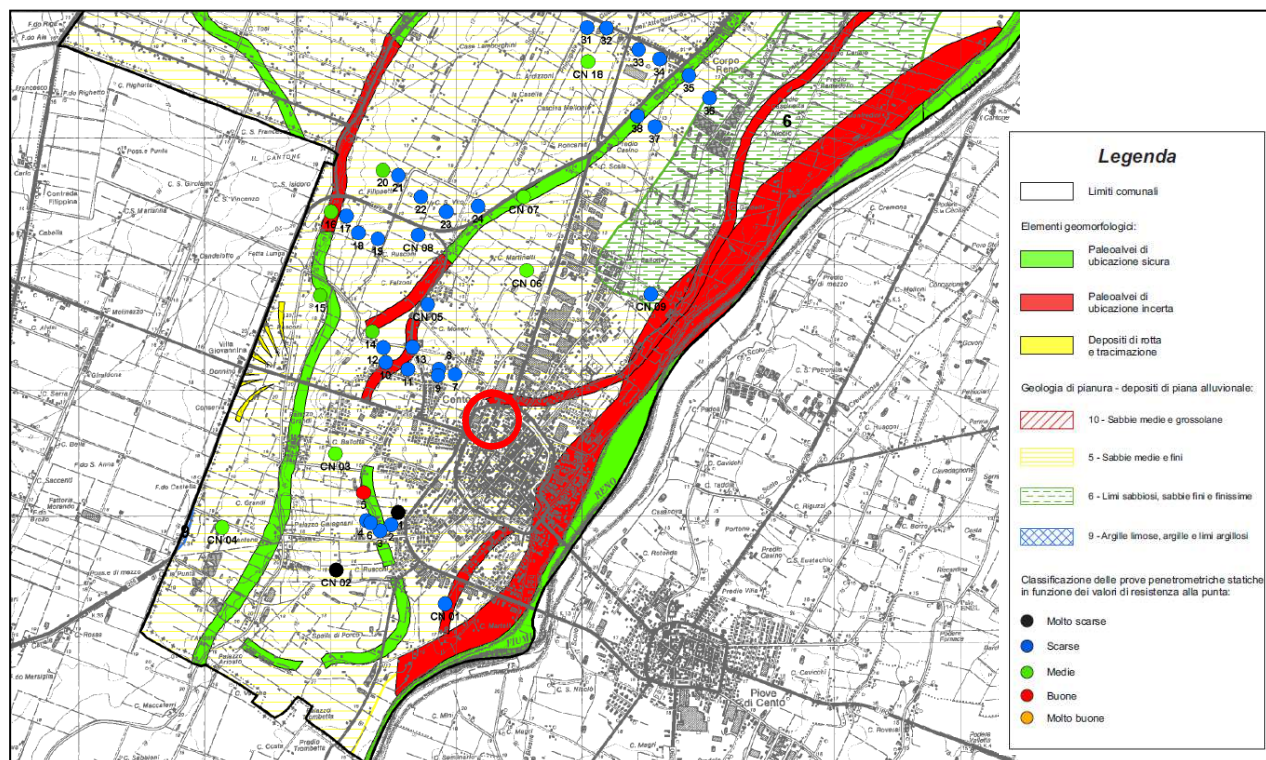
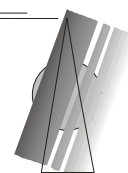
Fig. 3

CARTA GEOMORFOLOGICA
Tav. B2.1
PSC Comuni Alto Ferrarese

Legenda



N



4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'analisi delle prove penetrometriche consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 14.01.2008.

Si può così delineare la seguente successione:

da m. 0,00 a m. 3,00 dal p.c.

Si registrano alti e medi valori di q_c 12+/- daN/cm² che diminuiscono verso il basso, con

simmetrici valori di f_s $1-0,5\pm \text{ daN/cm}^2$, rapporto q_c/f_s $25\pm$, piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille e argille limose. Le maggiori resistenze superficiali sono correlabili a fenomeni di essiccamento a ciclo stagionale e pertanto non sono da considerare ai fini progettuali.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,30\pm \text{ daN/cm}^2$.

Scarsa la capacità portante, discreta e variabile la cedevolezza.

da m. 3,00 a m. 8,00 dal p.c.

Si registrano bassi valori di q_c $4\pm \text{ daN/cm}^2$, con simmetrici valori di f_s $0,3\pm \text{ daN/cm}^2$; rapporto q_c/f_s $17\pm$.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille organiche.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,20\pm \text{ daN/cm}^2$.

Scarsa la capacità portante, elevata la cedevolezza.

da m. 8,00 a m. 18,00 dal p.c.

Si registrano medio-alti valori di q_c $30\pm \text{ daN/cm}^2$ debolmente crescenti con la profondità, con simmetrici valori di f_s $1,8\pm \text{ daN/cm}^2$, rapporto q_c/f_s $16\pm$.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia un banco di argille molto consistenti.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,80\pm \text{ daN/cm}^2$.

Discreta la capacità portante, discreta la cedevolezza.

da m. 18,00 a m. 26,00 dal p.c.

Si registrano medi valori di q_c $28\pm \text{ daN/cm}^2$, con simmetrici valori di f_s $1,3\pm \text{ daN/cm}^2$; rapporto q_c/f_s $22\pm$.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia un banco costituito dall'alternanza di argille molto consistenti, argille limose e limi.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,85\pm \text{ daN/cm}^2$.

Discreta la capacità portante, mediocre la cedevolezza.

da m. 26,00 a m. 30,00 dal p.c.

Si registrano medi valori di q_c $16\pm \text{ daN/cm}^2$, con simmetrici valori di f_s $0,9\pm \text{ daN/cm}^2$; rapporto q_c/f_s $20\pm$.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille consistenti.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,70\pm \text{ daN/cm}^2$.

Discreta la capacità portante, discreta la cedevolezza.

Si tratta di terreni di età olocenica con una discreta omogeneità laterale; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre.

Al momento delle prove il livello statico della falda è stata registrata a quota -1,40 m dal p.c., concordante a quanto documentato dalla Carta della superficie freatica a corredo del PSC dei Comuni dell'Alto Ferrarese e ad indagini pregresse in aree limitrofe.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio del Comune in oggetto è stato classificato sismico in zona 3 come area di nuova classificazione dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.

Le zone previste sono n. 4 con sismicità decrescente dalla zona 1 alla zona 4, in base ad un valore di accelerazione di picco al suolo roccioso (a_g); in seguito all'OPCM 3519 del 28.04.2006 ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, secondo lo schema seguente.

ZONA	a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	a_g massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g

In Emilia Romagna non è presente la zona 1 e solo alcuni comuni della provincia di Piacenza, uno di Reggio Emilia e tre di Ferrara sono stati attribuiti alla zona 4.

Con il D.M. del 14.01.2008 recante le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" le zone 1, 2 e 3 sono state suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli minimo e massimo della rispettiva zona su una griglia a maglie quadrate e

passando quindi da una classificazione a livello comunale a una definizione puntuale dei valori di accelerazione di riferimento.

La nuova norma prevede una classificazione sismica dei terreni di fondazione, da eseguirsi in base ai valori della velocità media delle onde S in 30 m (V_{s30}) oppure in base ai dati di prove SPT o al valore medio della coesione non drenata Cu_{30} ; nonché alla valutazione dell'eventuale rischio di liquefazione in condizioni dinamiche.

Categorie di suolo di fondazione:

A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa, $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 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 $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
D	Depositi 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 $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

In ogni specifico sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui forma dipende dalla combinazione del tipo di terreno e della zona di appartenenza attraverso l'uso di definiti coefficienti (coefficiente stratigrafico S_s e periodi di oscillazione T_B , T_C e T_D), dal periodo di oscillazione della struttura T_0 , dall'accelerazione al suolo a_g e dal fattore che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

I dati della prova sismica effettuata con tromografo digitale portatile che ha interessato il deposito sedimentario per uno spessore di 47,65 m. I risultati di dettaglio della prova sono consultabili in appendice.

In base a tale valutazione è stato definito il valore di V_{s30} :

$$V_{s30} = 209 \text{ m/sec}$$

In base a ormai diffuse e note correlazioni empiriche dai valori di resistenza forniti dalle

prove CPT si possono ottenere i valori della coesione non drenata C_u , riportati nella tabella allegata "parametri geotecnici" e il valore medio di N_{spt} per gli strati granulari.

La stratigrafia individuata fino a 30 m di profondità è prevalentemente di natura coesiva ed è caratterizzata da un valore di coesione medio $C_u = 87$ kPa.

In base a tali valutazioni, il suolo di fondazione in oggetto viene attribuito alla **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 $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

Ai sensi del DM del 14.01.2008 i parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e per classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV "Spettri NTC ver. 1.0.3"):

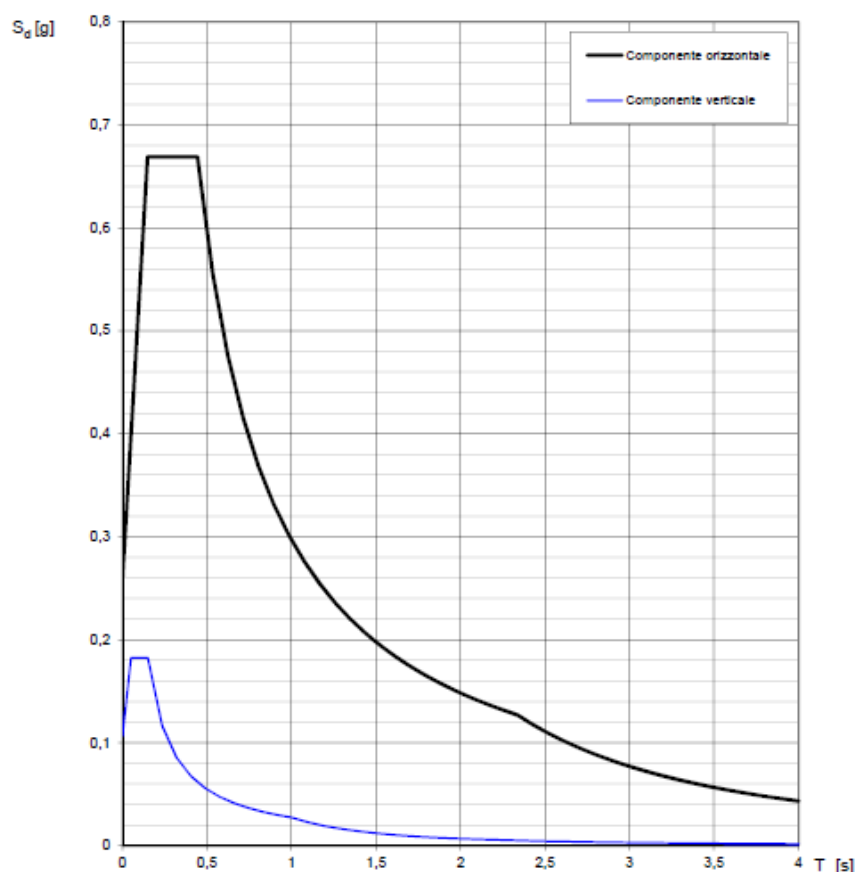
$$a_g (g) = 0,184 \quad F_0 = 2,560 \quad T_C^* = 0,276$$

$$S_s = 1,417 \quad C_c = 1,605$$

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,053	2,488	0,266
SLD	75	0,068	2,489	0,275
SLV	712	0,184	2,560	0,276
SLC	1462	0,244	2,493	0,286

Di seguito viene fornito lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni equivalente al tempo di ritorno di 712 anni, per la determinazione dell'azione sismica di progetto (elaborazione tramite INGV "Spettri NTC ver. 1.0.3"). Per la definizione dello spettro sono stati utilizzati valori di $q = 1,5$ e $q_0 = 3$, nella condizione di fabbricato regolare in altezza.



5.1 Verifica del rischio di liquefazione

I terreni granulari a granulometria monodimensionale immersi in acqua di falda potrebbero essere suscettibili a fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche¹; tale rischio va valutato entro i 20 m di profondità ai sensi degli atti di indirizzo della Regione Emilia Romagna (Del. Ass. Legisl. RER 112/2007).

La stratigrafia del sito in oggetto non presenta strati granulari se non nei terreni superficiali con una componente debolmente limosa.

Su tutte le verticali delle prove CPT è stata effettuata comunque la verifica del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride, utilizzando una magnitudo di riferimento $M = 6,14$ in conformità con quanto stabilito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la zona sismogenetica 912 della Dorsale Ferrarese e con i parametri sismici definiti per la categoria C.

I risultati della verifica sono esposti nelle tabelle in appendice ed evidenziano che non sussiste il rischio di liquefazione in condizioni dinamiche. Infatti è stato rilevato un livello teoricamente liquefacibile dello spessore di 20 cm in CPT1 e di 40 cm in CPT2 alla profondità di 80-100 cm, ma al di sopra del livello della falda acquifera e trascurabile grazie all'esiguo spessore.

Pertanto è possibile escludere il rischio di liquefazione in condizioni dinamiche, in particolare se il piano di posa delle fondazioni sarà impostato ad una profondità maggiore di 100 cm.

6. VERIFICA DELLA STABILITÀ GLOBALE

Ad una valutazione complessiva del modello geomeccanico dei terreni investigati, e considerando le caratteristiche dei manufatti su di essi fondati, il valore della resistenza dei terreni di fondazione viene determinato sulla base delle prove penetrometriche utilizzando la formula della capacità unitaria portante per fondazioni nastriformi e a plinto dovuta a Terzaghi ed altri:

$$q_d = c N_c (S_c d_c) + \gamma D (N_q S_q d_q) + 1/2 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2 B/L)$$

dove:

$N_i = D_i$	=	fattori di capacità legati al valore di ϕ (angolo di attrito interno)	
$c = c_u$	=	coesione non drenata ($R_p/20$ De Beer) ($(R_p - \sigma_v)/14$ Begemann)	
γ'	=	peso di volume del terreno immerso in acqua 0.0007 daN/cm ³ - 0,00065 daN/cm ³ .	
γ	=	peso di volume del terreno 0.0017 daN/cm ³	
D	=	incastro delle fondazioni	
S_c	=	$1 + B/L (N_q/N_c)$	fattori di correzione
d_c	=	$1 + 0.2 D/B$	per fondazioni
S_q	=	1	a nastro e a plinto
d_q	=	1	
B	=	larghezza della fondazione	
L	=	lunghezza della fondazione	

In base alla teoria delle tensioni ammissibili, utilizzata per puro riferimento storico e orientativo, per fondazioni superficiali a plinto, sostituendo si ha:

¹ Ad es.: Crespellani T., Nardi R. e Simoncini C., 1988 – La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna.

$$q_d = 0,30 \times 5,14 \times 1,08 = 1,66 \text{ daN/cm}^2$$

$$q_a \text{ (pressione ammissibile)} = 1,66 / 3 \text{ (fattore di sicurezza)}$$

$$= 0,55 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica di stabilità relativa allo stato limite ultimo (SLU) per il complesso terreno-opera ai sensi del D.M. del 14.01.2008 viene confermata qualora sia verificata la disequazione:

$$E_D \leq R_D$$

dove E_D è il valore di progetto dell'azione e R_D è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza del terreno agli stati limite R_D e dell'azione di progetto E_D ai sensi del DM del 14.01.2008, si opta per la valutazione allo stato limite ultimo (SLU) utilizzando l'approccio 1, che prevede n. 2 diverse combinazioni dei fattori di sicurezza (combinazione 1 -STR valida per lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione, combinazione 2 - GEO riferita allo stato limite di resistenza del terreno).

Si calcolano i valori di rd , considerando che $R_D = rd \times A$, dove A è l'area della fondazione.

Approccio 1 – combinazione 1 STR

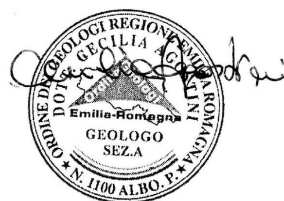
$$rd = (30 \times 5,14 \times 1,08) \text{ kPa} = 166 \text{ kPa}$$

Approccio 1 – combinazione 2 GEO

$$rd = (30/1,4 \times 5,14 \times 1,08) / 1,8 \text{ kPa} = 66 \text{ kPa}$$

Approccio 2

$$rd = (30 \times 5,14 \times 1,08) / 2,3 \text{ kPa} = 72 \text{ kPa}$$



In condizioni sismiche, si utilizzano i coefficienti sismici orizzontale e verticale e i fattori riduttivi di Paolucci & Pecker (1997) per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma su R_D .

$$k_h = \beta_s \text{ ag } S; \quad z_c = 1 - 0,32 k_h$$

Nel caso considerato: $k_h = 0,0626$ e pertanto $z_c = 0,980$.

Tramite la combinazione 2 dell'approccio 1, più cautelativa nei riguardi del dimensionamento geotecnico, si ottiene:

$$rd = (30/1,4 \times 5,14 \times 1,08 \times 0,980) / 1,8 \text{ kPa} = 64,7 \text{ kPa}$$

È possibile eseguire le verifiche di stabilità confrontando i valori di r_d per l'area di fondazione con i carichi progettuali (E_D).

7. CEDIMENTI

Una valutazione dei cedimenti attesi viene eseguita con carico di esercizio (SLE) quasi permanente, utilizzando la formula di Terzaghi - Buisman interrompendo il calcolo alla profondità dove viene soddisfatta la relazione $q_u = (1/10) \sigma_o$, indicando con σ_o il carico litostatico normale.

$$\Delta H = H_o q_u m_v$$

dove:

- ΔH = cedimento
- H_o = spessore dello strato considerato
- m_v = coefficiente di compressibilità volumetrica legata al valore di R_p nella relazione $1/(\alpha R_p)$ con ' α ' dipendente dalla litologia e dai valori di R_p .
- q_u = sovraccarico alle varie profondità prodotto in asse ad una superficie di carico rettangolare infinitamente rigida, secondo Jelinek

CANTIERE: PALESTRA SCUOLE "CARDUCCI" - CENTO								
CEDIMENTO IN ASSE RELATIVO AD UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE								
r=1,5								
B = cm. 250		qa =0,55Kg/cmq.		Falda -140		D = cm.120 dal p.c.		
profondità		spessore				CEDIMENTO		
strato		strato		qu		DH		Sigma 0
da	cm	a	H0 cm	Kg/cmq	m_v.	cm.	TOTALE	
							cm.	
0	120	120		====	====	====	=	0,204
120	140	20		0,38	0,025	0,19		0,221
140	170	30		0,38	0,022	0,25	=	0,248
170	200	30		0,35	0,021	0,22	=	0,267
200	250	50		0,29	0,022	0,31	=	0,293
250	300	50		0,21	0,025	0,27	=	0,326
300	350	50		0,17	0,035	0,30	=	0,358
350	400	50		0,14	0,060	0,41	=	0,391
400	450	50		0,11	0,040	0,22	=	0,423
450	500	50		0,08	0,040	0,17	=	0,456
500	550	50		0,07	0,030	0,10	=	0,488
550	650	100		0,05	0,030	0,16	2,59	0,537
650	750	100		0,05	0,025	0,12	====	0,602

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Si dà parere favorevole per la edificazione nell'area, con le precisazioni sopra esposte, con un carico massimo di $0,55 \text{ daN/cm}^2$ in termini di tensioni ammissibili a titolo storico e orientativo in fase preliminare.

Le resistenze valutate secondo la teoria degli stati limite ultimi valgono:

Approccio 1 – combinazione 1 STR

$$rd = (30 \times 5,14 \times 1,08) \text{ kPa} = 166 \text{ kPa}$$

Approccio 1 – combinazione 2 GEO

$$rd = (30/1,4 \times 5,14 \times 1,08) / 1,8 \text{ kPa} = 66 \text{ kPa}$$

Approccio 2

$$rd = (30 \times 5,14 \times 1,08) / 2,3 \text{ kPa} = 72 \text{ kPa}$$

Condizioni sismiche:

$$rd = (30/1,4 \times 5,14 \times 1,08 \times 0,980) / 1,8 \text{ kPa} = 64,7 \text{ kPa}$$

È possibile eseguire le verifiche di stabilità confrontando i valori di rd per l'area di fondazione con i carichi progettuali (E_D).

Dai calcoli effettuati per la valutazione dei cedimenti attesi risulta che imprimendo ai terreni di fondazione un carico massimo di 55 KPa tramite fondazioni a plinto con $B = 250 \text{ cm}$, si prevedono cedimenti dell'ordine di 2,6 cm.

L'entità teorica dei cedimenti totali risulta tollerabile dal fabbricato in oggetto, è comunque opportuno mantenere il piano di posa fondale piuttosto profondo, alla profondità di almeno 120-140 cm dal p.c., a causa della suscettibilità a variazioni volumetriche stagionali dei terreni superficiali e dalla presenza di un sottile livello liquefacibile nel caso che si innalzi il livello della falda freatica.

L'Ordinanza del PCM n. 3274/2003, così come recepita dal DM del 14.01.2008, ha attribuito il territorio comunale di Cento alla zona sismica 3: l'analisi sismica, effettuata in base alla prova tromografica e alla stratigrafia dei terreni definita per uno spessore di 30 m dal p.c., permette di attribuire il deposito sedimentario alla categoria C.

La verifica preliminare effettuata permette di escludere il rischio di liquefazione dei terreni granulari in condizioni dinamiche.

I parametri sismici per tempi di ritorno di 712 anni (SLV), calcolati tramite media

ponderata, presentano i seguenti valori:

$$ag(g) = 0,184 \quad F_0 = 2,560 \quad T_C = 0,276$$

$$Ss = 1,417 \quad Cc = 1,605$$

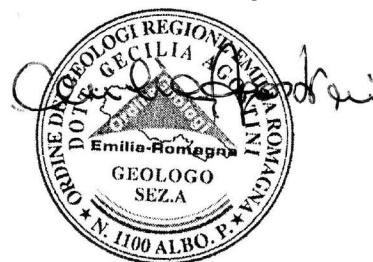
Si rimandano ad un'eventuale indagine più approfondita la quantificazione del carico limite e la valutazione dell'effettiva entità dei cedimenti.

Sant'Agostino, lì 20.12.2012

In collaborazione con:

dott. Geol. Enrico Taddia

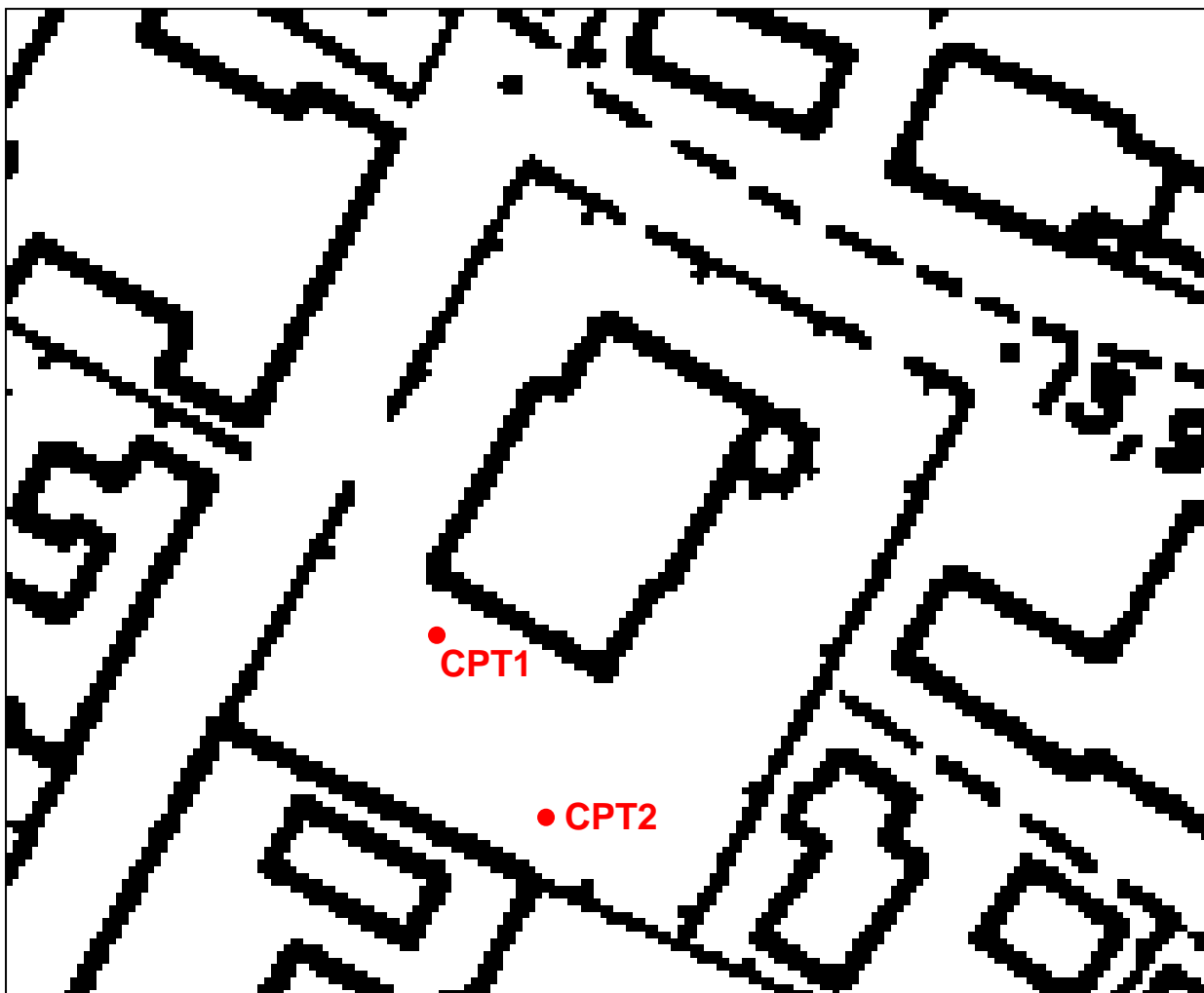
dott. Geol. Cecilia Agostini



**SCHIZZO PLANIMETRICO
CON
UBICAZIONE DELLE PROVE**

Legenda

- **CPT1** Prova penetrometrica statica



METODOLOGIA E RISULTATI DELL'INDAGINE

Le prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali) , alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell' attrito laterale (punta/manicotto tipo 'Begemann').

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superf.laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$.

Sulla batteria di aste esterne puo' essere installato un anello allargatore per diminuire l' attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento) :

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza alla punta(conica)
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta q_c e la resistenza laterale f_s sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $q_c \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $f_s \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)

- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)

- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

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

CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t}$ - $1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

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

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: **$F = (q_c / f_s)$**

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

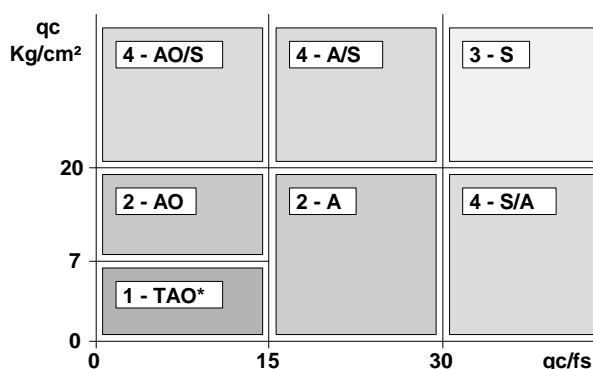
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs
(Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	1,73	----	10,20	30,0	57,0	30,0	2,07	15,0
0,40	72,0	98,0	72,0	1,73	42,0	10,40	30,0	61,0	30,0	2,00	15,0
0,60	72,0	98,0	72,0	2,80	26,0	10,60	29,0	59,0	29,0	1,60	18,0
0,80	45,0	87,0	45,0	2,53	18,0	10,80	31,0	55,0	31,0	1,73	18,0
1,00	61,0	99,0	61,0	1,40	44,0	11,00	32,0	58,0	32,0	1,80	18,0
1,20	23,0	44,0	23,0	1,73	13,0	11,20	31,0	58,0	31,0	1,80	17,0
1,40	10,0	36,0	10,0	0,67	15,0	11,40	31,0	58,0	31,0	1,93	16,0
1,60	12,0	22,0	12,0	0,47	26,0	11,60	29,0	58,0	29,0	1,93	15,0
1,80	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0	11,80	30,0	59,0	30,0	1,87	16,0
2,00	13,0	20,0	13,0	0,67	19,0	12,00	33,0	61,0	33,0	1,87	18,0
2,20	11,0	21,0	11,0	0,40	27,0	12,20	30,0	58,0	30,0	1,67	18,0
2,40	12,0	18,0	12,0	0,40	30,0	12,40	27,0	52,0	27,0	1,47	18,0
2,60	10,0	16,0	10,0	0,33	30,0	12,60	24,0	46,0	24,0	1,13	21,0
2,80	7,0	12,0	7,0	0,73	10,0	12,80	23,0	40,0	23,0	1,13	20,0
3,00	12,0	23,0	12,0	0,40	30,0	13,00	22,0	39,0	22,0	1,27	17,0
3,20	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0	13,20	25,0	44,0	25,0	1,53	16,0
3,40	5,0	10,0	5,0	0,20	25,0	13,40	30,0	53,0	30,0	1,60	19,0
3,60	3,0	6,0	3,0	0,20	15,0	13,60	37,0	61,0	37,0	1,80	21,0
3,80	3,0	6,0	3,0	0,20	15,0	13,80	38,0	65,0	38,0	2,07	18,0
4,00	4,0	7,0	4,0	0,13	30,0	14,00	35,0	66,0	35,0	2,40	15,0
4,20	4,0	6,0	4,0	0,20	20,0	14,20	27,0	63,0	27,0	1,60	17,0
4,40	3,0	6,0	3,0	0,20	15,0	14,40	39,0	63,0	39,0	2,40	16,0
4,60	4,0	7,0	4,0	0,20	20,0	14,60	46,0	82,0	46,0	2,93	16,0
4,80	4,0	7,0	4,0	0,20	20,0	14,80	49,0	93,0	49,0	2,80	18,0
5,00	3,0	6,0	3,0	0,27	11,0	15,00	52,0	94,0	52,0	2,60	20,0
5,20	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0	15,20	46,0	85,0	46,0	3,07	15,0
5,40	7,0	11,0	7,0	0,40	17,0	15,40	42,0	88,0	42,0	2,80	15,0
5,60	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	15,60	43,0	85,0	43,0	2,60	17,0
5,80	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0	15,80	36,0	75,0	36,0	2,40	15,0
6,00	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	16,00	35,0	71,0	35,0	2,33	15,0
6,20	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0	16,20	34,0	69,0	34,0	2,33	15,0
6,40	7,0	11,0	7,0	0,47	15,0	16,40	47,0	82,0	47,0	2,73	17,0
6,60	6,0	13,0	6,0	0,47	13,0	16,60	37,0	78,0	37,0	2,07	18,0
6,80	8,0	15,0	8,0	0,53	15,0	16,80	40,0	71,0	40,0	2,33	17,0
7,00	9,0	17,0	9,0	0,47	19,0	17,00	29,0	64,0	29,0	1,67	17,0
7,20	7,0	14,0	7,0	0,40	17,0	17,20	30,0	55,0	30,0	1,80	17,0
7,40	10,0	16,0	10,0	0,53	19,0	17,40	29,0	56,0	29,0	1,60	18,0
7,60	12,0	20,0	12,0	0,67	18,0	17,60	34,0	58,0	34,0	1,80	19,0
7,80	14,0	24,0	14,0	0,60	23,0	17,80	31,0	58,0	31,0	1,47	21,0
8,00	16,0	25,0	16,0	0,93	17,0	18,00	25,0	47,0	25,0	1,00	25,0
8,20	18,0	32,0	18,0	1,07	17,0	18,20	23,0	38,0	23,0	1,13	20,0
8,40	19,0	35,0	19,0	1,20	16,0	18,40	22,0	39,0	22,0	0,87	25,0
8,60	22,0	40,0	22,0	1,20	18,0	18,60	20,0	33,0	20,0	0,73	27,0
8,80	21,0	39,0	21,0	1,27	17,0	18,80	19,0	30,0	19,0	0,87	22,0
9,00	22,0	41,0	22,0	1,33	16,0	19,00	21,0	34,0	21,0	1,00	21,0
9,20	22,0	42,0	22,0	1,27	17,0	19,20	27,0	42,0	27,0	1,27	21,0
9,40	24,0	43,0	24,0	1,47	16,0	19,40	30,0	49,0	30,0	1,53	20,0
9,60	29,0	51,0	29,0	1,40	21,0	19,60	24,0	47,0	24,0	0,73	33,0
9,80	30,0	51,0	30,0	1,80	17,0	19,80	36,0	47,0	36,0	1,53	23,0
10,00	28,0	55,0	28,0	1,80	16,0	20,00	28,0	51,0	28,0	0,87	32,0

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- pagina : 2

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
20,20	32,0	45,0	32,0	0,93	34,0	25,20	40,0	70,0	40,0	2,20	18,0
20,40	19,0	33,0	19,0	1,00	19,0	25,40	43,0	76,0	43,0	2,40	18,0
20,60	27,0	42,0	27,0	1,60	17,0	25,60	40,0	76,0	40,0	1,07	37,0
20,80	28,0	52,0	28,0	1,53	18,0	25,80	39,0	55,0	39,0	0,93	42,0
21,00	35,0	58,0	35,0	2,27	15,0	26,00	38,0	52,0	38,0	1,00	38,0
21,20	39,0	73,0	39,0	2,13	18,0	26,20	25,0	40,0	25,0	1,00	25,0
21,40	35,0	67,0	35,0	1,93	18,0	26,40	20,0	35,0	20,0	0,73	27,0
21,60	33,0	62,0	33,0	1,13	29,0	26,60	21,0	32,0	21,0	0,87	24,0
21,80	40,0	57,0	40,0	1,93	21,0	26,80	19,0	32,0	19,0	1,00	19,0
22,00	33,0	62,0	33,0	1,53	22,0	27,00	17,0	32,0	17,0	0,93	18,0
22,20	24,0	47,0	24,0	1,73	14,0	27,20	16,0	30,0	16,0	1,00	16,0
22,40	26,0	52,0	26,0	1,73	15,0	27,40	15,0	30,0	15,0	1,00	15,0
22,60	30,0	56,0	30,0	1,53	20,0	27,60	14,0	29,0	14,0	0,87	16,0
22,80	23,0	46,0	23,0	1,07	22,0	27,80	12,0	25,0	12,0	1,00	12,0
23,00	24,0	40,0	24,0	0,80	30,0	28,00	16,0	31,0	16,0	0,80	20,0
23,20	28,0	40,0	28,0	1,00	28,0	28,20	18,0	30,0	18,0	0,93	19,0
23,40	28,0	43,0	28,0	1,07	26,0	28,40	16,0	30,0	16,0	0,80	20,0
23,60	45,0	61,0	45,0	1,93	23,0	28,60	20,0	32,0	20,0	0,80	25,0
23,80	40,0	69,0	40,0	2,40	17,0	28,80	16,0	28,0	16,0	0,87	18,0
24,00	35,0	71,0	35,0	1,67	21,0	29,00	14,0	27,0	14,0	0,93	15,0
24,20	31,0	56,0	31,0	1,53	20,0	29,20	20,0	34,0	20,0	0,87	23,0
24,40	26,0	49,0	26,0	1,73	15,0	29,40	21,0	34,0	21,0	1,20	17,0
24,60	31,0	57,0	31,0	1,93	16,0	29,60	18,0	36,0	18,0	0,93	19,0
24,80	33,0	62,0	33,0	1,93	17,0	29,80	14,0	28,0	14,0	-----	----

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

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

CPT 2

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
 - lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
 - località : CENTO
 - note :

- data : 14/12/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,40 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	2,20	----	10,20	29,0	56,0	29,0	1,80	16,0
0,40	38,0	71,0	38,0	2,20	17,0	10,40	29,0	56,0	29,0	1,80	16,0
0,60	38,0	71,0	38,0	1,40	27,0	10,60	30,0	57,0	30,0	1,93	16,0
0,80	20,0	41,0	20,0	1,00	20,0	10,80	32,0	61,0	32,0	1,93	17,0
1,00	20,0	35,0	20,0	1,07	19,0	11,00	32,0	61,0	32,0	2,00	16,0
1,20	10,0	26,0	10,0	0,67	15,0	11,20	32,0	62,0	32,0	2,00	16,0
1,40	10,0	20,0	10,0	0,53	19,0	11,40	32,0	62,0	32,0	2,07	15,0
1,60	6,0	14,0	6,0	0,53	11,0	11,60	33,0	64,0	33,0	1,80	18,0
1,80	9,0	17,0	9,0	0,27	34,0	11,80	34,0	61,0	34,0	2,00	17,0
2,00	9,0	13,0	9,0	0,60	15,0	12,00	32,0	62,0	32,0	1,73	18,0
2,20	10,0	19,0	10,0	0,33	30,0	12,20	28,0	54,0	28,0	1,60	17,0
2,40	6,0	11,0	6,0	0,27	22,0	12,40	22,0	46,0	22,0	1,27	17,0
2,60	10,0	14,0	10,0	0,33	30,0	12,60	23,0	42,0	23,0	1,27	18,0
2,80	13,0	18,0	13,0	0,47	28,0	12,80	23,0	42,0	23,0	1,33	17,0
3,00	15,0	22,0	15,0	0,60	25,0	13,00	24,0	44,0	24,0	1,53	16,0
3,20	10,0	19,0	10,0	0,33	30,0	13,20	28,0	51,0	28,0	1,53	18,0
3,40	8,0	13,0	8,0	0,47	17,0	13,40	29,0	52,0	29,0	1,53	19,0
3,60	4,0	11,0	4,0	0,33	12,0	13,60	29,0	52,0	29,0	1,67	17,0
3,80	3,0	8,0	3,0	0,20	15,0	13,80	24,0	49,0	24,0	1,47	16,0
4,00	4,0	7,0	4,0	0,27	15,0	14,00	26,0	48,0	26,0	1,47	18,0
4,20	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	14,20	44,0	66,0	44,0	2,67	16,0
4,40	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0	14,40	41,0	81,0	41,0	3,07	13,0
4,60	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	14,60	44,0	90,0	44,0	3,27	13,0
4,80	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0	14,80	42,0	91,0	42,0	2,53	17,0
5,00	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	15,00	43,0	81,0	43,0	2,67	16,0
5,20	7,0	12,0	7,0	0,40	17,0	15,20	38,0	78,0	38,0	2,40	16,0
5,40	7,0	13,0	7,0	0,33	21,0	15,40	37,0	73,0	37,0	2,13	17,0
5,60	7,0	12,0	7,0	0,40	17,0	15,60	33,0	65,0	33,0	1,93	17,0
5,80	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0	15,80	32,0	61,0	32,0	1,87	17,0
6,00	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0	16,00	32,0	60,0	32,0	2,20	15,0
6,20	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	16,20	31,0	64,0	31,0	1,87	17,0
6,40	7,0	12,0	7,0	0,47	15,0	16,40	35,0	63,0	35,0	2,00	18,0
6,60	8,0	15,0	8,0	0,60	13,0	16,60	32,0	62,0	32,0	1,80	18,0
6,80	7,0	16,0	7,0	0,47	15,0	16,80	35,0	62,0	35,0	2,13	16,0
7,00	7,0	14,0	7,0	0,40	17,0	17,00	30,0	62,0	30,0	1,80	17,0
7,20	8,0	14,0	8,0	0,53	15,0	17,20	31,0	58,0	31,0	1,73	18,0
7,40	9,0	17,0	9,0	0,60	15,0	17,40	32,0	58,0	32,0	1,67	19,0
7,60	10,0	19,0	10,0	0,73	14,0	17,60	37,0	62,0	37,0	2,00	18,0
7,80	15,0	26,0	15,0	0,93	16,0	17,80	29,0	59,0	29,0	1,67	17,0
8,00	16,0	30,0	16,0	1,13	14,0	18,00	25,0	50,0	25,0	1,40	18,0
8,20	18,0	35,0	18,0	1,20	15,0	18,20	29,0	50,0	29,0	1,40	21,0
8,40	20,0	38,0	20,0	1,27	16,0	18,40	26,0	47,0	26,0	1,20	22,0
8,60	19,0	38,0	19,0	1,33	14,0	18,60	23,0	41,0	23,0	0,93	25,0
8,80	20,0	40,0	20,0	1,40	14,0	18,80	24,0	38,0	24,0	1,00	24,0
9,00	21,0	42,0	21,0	1,40	15,0	19,00	23,0	38,0	23,0	1,27	18,0
9,20	24,0	45,0	24,0	1,40	17,0	19,20	32,0	51,0	32,0	1,53	21,0
9,40	25,0	46,0	25,0	1,53	16,0	19,40	30,0	53,0	30,0	1,67	18,0
9,60	26,0	49,0	26,0	1,73	15,0	19,60	22,0	47,0	22,0	1,73	13,0
9,80	29,0	55,0	29,0	2,00	14,0	19,80	35,0	61,0	35,0	1,07	33,0
10,00	26,0	56,0	26,0	1,80	14,0	20,00	27,0	43,0	27,0	-----	----

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

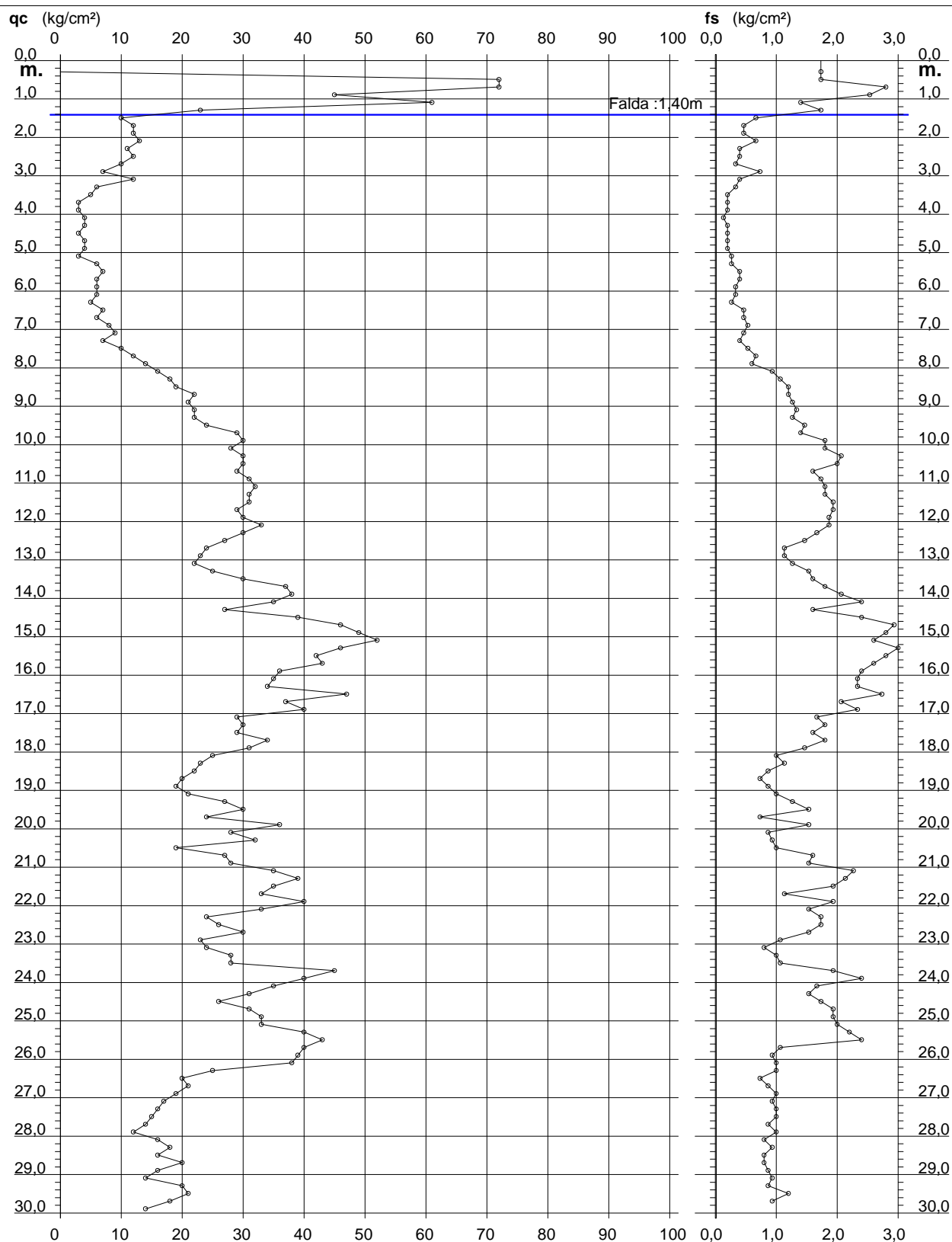
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



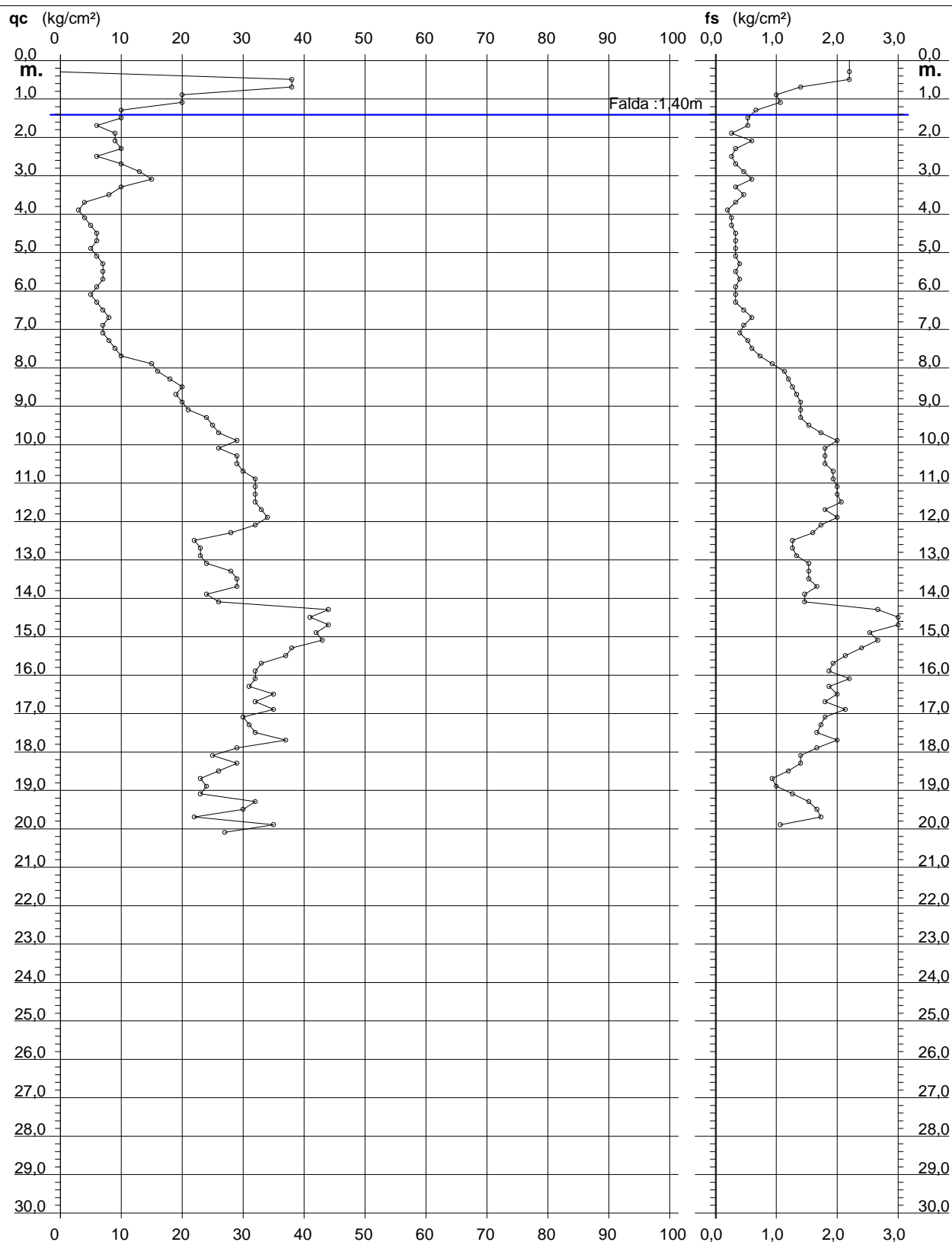
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



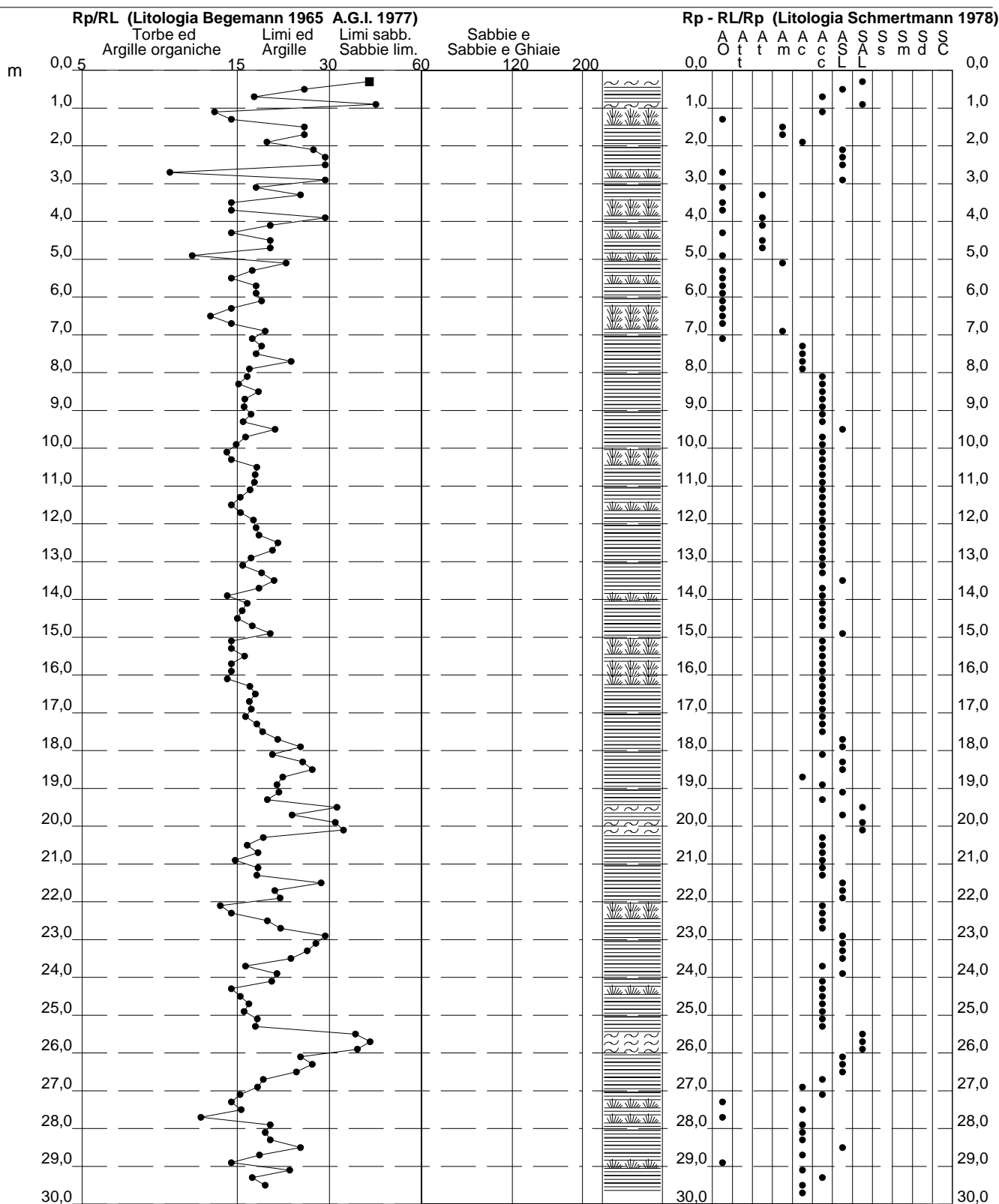
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



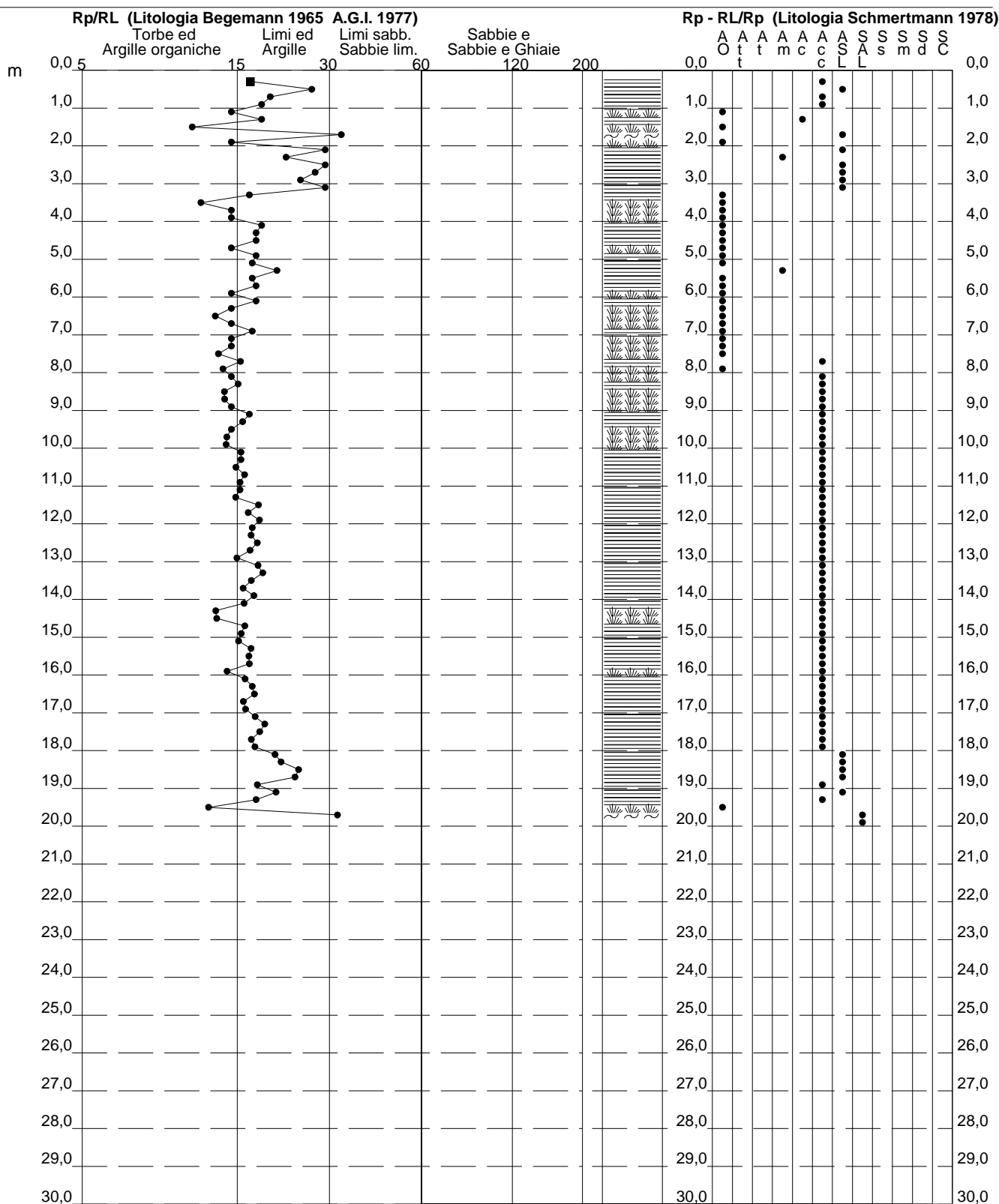
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 1**

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25	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	72	42	3:???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	120	180	216		
0,60	72	26	4:/:	1,85	0,11	2,40	99,9	408	612	216	100	42	43	45	46	45	32	0,258	120	180	216		
0,80	45	18	4:/:	1,85	0,15	1,50	99,9	255	383	135	91	41	42	44	45	42	31	0,227	75	113	135		
1,00	61	44	3:???	1,85	0,19	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	42	32	0,245	102	153	183		
1,20	23	13	4:/:	1,85	0,22	0,87	34,5	148	221	69	58	36	38	40	43	37	28	0,126	38	58	69		
1,40	10	15	2:////	0,90	0,24	0,50	15,7	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,60	12	26	2:////	0,92	0,26	0,57	16,9	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,80	12	26	2:////	0,92	0,28	0,57	15,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,00	13	19	2:////	0,93	0,30	0,60	15,4	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,20	11	27	2:////	0,91	0,31	0,54	12,3	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,40	12	30	4:/:	0,88	0,33	0,57	12,4	97	146	45	26	32	34	37	40	31	26	0,050	20	30	36		
2,60	10	30	4:/:	0,86	0,35	0,50	9,9	85	128	40	19	31	33	36	39	30	26	0,035	17	25	30		
2,80	7	10	1***	0,46	0,36	0,35	6,1	19	29	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,00	12	30	4:/:	0,88	0,38	0,57	10,6	97	146	45	23	31	34	37	40	31	26	0,044	20	30	36		
3,20	6	18	2:////	0,82	0,39	0,30	4,5	109	164	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,40	5	25	2:////	0,80	0,41	0,25	3,4	115	172	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,60	3	15	1***	0,46	0,42	0,15	1,8	19	28	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,80	3	15	1***	0,46	0,43	0,15	1,7	19	28	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,00	4	30	4:/:	0,80	0,44	0,20	2,3	108	162	20	--	28	31	35	38	25	25	--	7	10	12		
4,20	4	20	2:////	0,78	0,46	0,20	2,2	109	164	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,40	3	15	1***	0,47	0,47	0,15	1,5	19	28	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,60	4	20	2:////	0,78	0,48	0,20	2,1	111	167	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,80	4	20	2:////	0,78	0,50	0,20	2,0	112	168	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,00	3	11	1***	0,46	0,51	0,15	1,4	19	29	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,20	6	22	2:////	0,82	0,52	0,30	3,1	145	217	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,40	7	17	2:////	0,84	0,54	0,35	3,6	152	229	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,60	6	15	1***	0,46	0,55	0,30	2,9	30	46	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,80	6	18	2:////	0,82	0,57	0,30	2,8	152	228	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,00	6	18	2:////	0,82	0,58	0,30	2,7	154	231	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,20	5	19	2:////	0,80	0,60	0,25	2,1	138	208	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,40	7	15	1***	0,46	0,61	0,35	3,2	34	50	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,60	6	13	1***	0,46	0,62	0,30	2,6	33	50	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,80	8	15	2:////	0,86	0,63	0,40	3,5	179	268	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,00	9	19	2:////	0,88	0,65	0,45	4,0	182	273	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,20	7	17	2:////	0,84	0,67	0,35	2,8	178	267	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,40	10	19	2:////	0,90	0,69	0,50	4,2	192	287	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,60	12	18	2:////	0,92	0,70	0,57	4,8	195	293	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7,80	14	23	2:////	0,94	0,72	0,64	5,3	197	296	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,00	16	17	2:////	0,96	0,74	0,70	5,8	199	298	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,20	18	17	2:////	0,98	0,76	0,75	6,2	200	300	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,40	19	16	2:////	0,99	0,78	0,78	6,2	205	307	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,60	22	18	4:/:	0,93	0,80	0,85	6,7	204	306	66	25	32	34	37	40	30	28	0,048	37	55	66		
8,80	21	17	4:/:	0,93	0,82	0,82	6,3	213	320	63	23	31	34	37	40	29	27	0,044	35	53	63		
9,00	22	16	4:/:	0,93	0,84	0,85	6,4	218	326	66	24	31	34	37	40	30	28	0,046	37	55	66		
9,20	22	17	4:/:	0,93	0,86	0,85	6,2	225	337	66	24	31	34	37	40	29	28	0,045	37	55	66		
9,40	24	16	4:/:	0,94	0,88	0,89	6,4	227	340	72	26	32	34	37	40	30	28	0,050	40	60	72		
9,60	29	21	4:/:	0,96	0,89	0,98	7,1	224	336	87	32	33	35	38	41	31	29	0,062	48	73	87		
9,80	30	17	4:/:	0,96	0,91	1,00	7,0	229	343	90	33	33	35	38	41	31	29	0,064	50	75	90		
10,00	28	16	4:/:	0,96	0,93	0,97	6,6	240	360	84	30	32	35	38	40	30	28	0,058	47	70	84		
10,20	30	15	4:/:	0,96	0,95	1,00	6,7	243	365	90	32	32	35	38	41	31	29	0,062	50	75	90		
10,40	30	15	4:/:	0,96	0,97	1,00	6,5	250	375	90	31	32	35	38	41	30	29	0,061	50	75	90		
10,60	29	18	4:/:	0,96	0,99	0,98	6,2	259	389	87	30	32	35	37	40	30	29	0,057	48	73	87		
10,80	31	18	4:/:	0,97	1,01	1,03	6,5	261	391	93	32	32	35	38	41	30	29	0,061	52	78	93		
11,00	32	18	4:/:	0,97	1,03	1,07	6,6	264	397	96	32	32	35	38	41	30	29	0,062	53	80	96		
11,20	31	17	4:/:	0,97	1,05	1,03	6,2	275	413	93	31	32	35	38	40	30	29	0,059	52	78	93		
11,40	31	16	4:/:	0,97	1,07	1,03	6,0	282	423	93	30	32	35	38	40	30	29	0,058	52	78	93		
11,60	29	15	4:/:	0,96	1,09	0,98	5,5	294	441	87	27	32	35	37	40	30	29	0,052	48	73	87		
11,80	30	16	4:/:	0,96	1,11	1,00	5,5	299	449	90	28	32	35	37	40	30	29	0,054	50	75	90		
12,00	33	18	4:/:	0,97	1,13	1,10	6,1	296	445	99	31	32	35	38	40	30	29	0,060	55	83	99		
12,20	30	18	4:/:	0,96	1,15	1,00	5,3	313	469	90	27	32	35	37	40	29	29	0,052	50	75	90		
12,40	27	18	4:/:	0,95	1,16	0,95	4,9	323	484	81	23	31	34	37	40	29	28	0,044	45	68	81		
12,60	24	21	4:/:	0,94	1,18	0,89	4,4	330	495	72	19	31	34	36	40	28	28	0,036	40	60	72		
12,80	23	20	4:/:	0,94	1,20	0,87	4,2	336	503	69	17	30	33	36	39	28	28	0,033	38	58	69		
13,00	22	17	4:/:	0,93	1,22	0,85	4,0	341	511	66	15	30	33	36	39	27	28	0,029	37	55	66		
13,20	25	16</																					

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 1**

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- pagina : 2

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'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
20,20	32	34	3:~:~:	0,88	1,92	--	--	--	--	--	17	30	33	36	39	27	29	0,032	53	80	96
20,40	19	19	2:~:~:~	0,99	1,94	0,78	2,0	434	651	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,60	27	17	4:~:~:	0,95	1,95	0,95	2,5	500	749	81	11	29	33	36	39	26	28	0,022	45	68	81
20,80	28	18	4:~:~:	0,96	1,97	0,97	2,6	507	761	84	12	30	33	36	39	26	28	0,023	47	70	84
21,00	35	15	4:~:~:	0,98	1,99	1,17	3,2	555	832	105	19	31	34	36	40	27	29	0,036	58	88	105
21,20	39	18	4:~:~:	1,00	2,01	1,30	3,6	568	853	117	23	31	34	37	40	28	30	0,043	65	98	117
21,40	35	18	4:~:~:	0,98	2,03	1,17	3,1	563	844	105	19	31	33	36	39	27	29	0,035	58	88	105
21,60	33	29	4:~:~:	0,97	2,05	1,10	2,9	553	830	99	16	30	33	36	39	27	29	0,031	55	83	99
21,80	40	21	4:~:~:	1,00	2,07	1,33	3,6	585	878	120	23	31	34	37	40	28	30	0,043	67	100	120
22,00	33	22	4:~:~:	0,97	2,09	1,10	2,8	559	838	99	16	30	33	36	39	27	29	0,030	55	83	99
22,20	24	14	4:~:~:	0,94	2,11	0,89	2,1	491	737	72	5	29	32	35	38	25	28	0,012	40	60	72
22,40	26	15	4:~:~:	0,95	2,13	0,93	2,2	508	762	78	7	29	32	35	39	25	28	0,016	43	65	78
22,60	30	20	4:~:~:	0,96	2,15	1,00	2,4	536	804	90	12	30	33	36	39	26	29	0,024	50	75	90
22,80	23	22	4:~:~:	0,94	2,17	0,87	2,0	486	729	69	3	28	32	35	38	25	28	0,007	38	58	69
23,00	24	30	4:~:~:	0,94	2,19	0,89	2,0	496	744	72	4	29	32	35	38	25	28	0,010	40	60	72
23,20	28	28	4:~:~:	0,96	2,21	0,97	2,2	528	792	84	9	29	32	35	39	25	28	0,019	47	70	84
23,40	28	26	4:~:~:	0,96	2,22	0,97	2,2	529	794	84	9	29	32	35	39	25	28	0,018	47	70	84
23,60	45	23	4:~:~:	1,00	2,24	1,50	3,8	632	948	135	25	31	34	37	40	28	31	0,047	75	113	135
23,80	40	17	4:~:~:	1,00	2,26	1,33	3,2	631	947	120	21	31	34	37	40	27	30	0,039	67	100	120
24,00	35	21	4:~:~:	0,98	2,28	1,17	2,7	601	902	105	16	30	33	36	39	27	29	0,030	58	88	105
24,20	31	20	4:~:~:	0,97	2,30	1,03	2,3	561	841	93	11	30	33	36	39	26	29	0,023	52	78	93
24,40	26	15	4:~:~:	0,95	2,32	0,93	2,0	520	780	78	5	29	32	35	38	25	28	0,013	43	65	78
24,60	31	16	4:~:~:	0,97	2,34	1,03	2,3	564	845	93	11	30	33	36	39	26	29	0,022	52	78	93
24,80	33	17	4:~:~:	0,97	2,36	1,10	2,4	589	884	99	13	30	33	36	39	26	29	0,025	55	83	99
25,00	33	16	4:~:~:	0,97	2,38	1,10	2,4	591	886	99	13	30	33	36	39	26	29	0,025	55	83	99
25,20	40	18	4:~:~:	1,00	2,40	1,33	3,0	657	985	120	19	31	34	36	40	27	30	0,036	67	100	120
25,40	43	18	4:~:~:	1,00	2,42	1,43	3,3	676	1014	129	21	31	34	37	40	27	30	0,041	72	108	129
25,60	40	37	3:~:~:~	0,90	2,44	--	--	--	--	--	19	31	33	36	39	27	30	0,036	67	100	120
25,80	39	42	3:~:~:~	0,90	2,46	--	--	--	--	--	18	30	33	36	39	27	30	0,034	65	98	117
26,00	38	38	3:~:~:~	0,90	2,47	--	--	--	--	--	17	30	33	36	39	27	30	0,032	63	95	114
26,20	25	25	4:~:~:	0,94	2,49	0,91	1,8	519	779	75	2	28	31	35	38	25	28	0,005	42	63	75
26,40	20	27	4:~:~:	0,93	2,51	0,80	1,5	467	700	60	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	60
26,60	21	24	4:~:~:	0,93	2,53	0,82	1,5	479	718	63	--	28	31	35	38	25	27	--	35	53	63
26,80	19	19	2:~:~:~	0,99	2,55	0,78	1,4	455	682	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27,00	17	18	2:~:~:~	0,97	2,57	0,72	1,3	428	642	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27,20	16	16	2:~:~:~	0,96	2,59	0,70	1,2	413	619	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27,40	15	15	2:~:~:~	0,95	2,61	0,67	1,1	397	596	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27,60	14	16	2:~:~:~	0,94	2,63	0,64	1,1	381	571	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27,80	12	12	2:~:~:~	0,92	2,65	0,57	0,9	343	514	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28,00	16	20	2:~:~:~	0,96	2,66	0,70	1,2	414	621	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28,20	18	19	2:~:~:~	0,98	2,68	0,75	1,3	444	666	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28,40	16	20	2:~:~:~	0,96	2,70	0,70	1,2	414	622	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28,60	20	25	4:~:~:	0,93	2,72	0,80	1,4	471	706	60	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	60
28,80	16	18	2:~:~:~	0,96	2,74	0,70	1,1	415	622	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29,00	14	15	2:~:~:~	0,94	2,76	0,64	1,0	382	573	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29,20	20	23	4:~:~:	0,93	2,78	0,80	1,3	472	708	60	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	60
29,40	21	17	4:~:~:	0,93	2,80	0,82	1,4	485	727	63	--	28	31	35	38	25	27	--	35	53	63
29,60	18	19	2:~:~:~	0,98	2,82	0,75	1,2	446	668	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29,80	14	--	2:~:~:~	0,94	2,84	0,64	1,0	382	573	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30,00	--	--	???	0,85	2,85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**CPT 2**

2.01PG05-043

- committente : COMUNE DI CENTO
- lavoro : FABBRICATO SCOLASTICO
- località : CENTO
- note :

- data : 14/12/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'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	38	17	4/./	1,85	0,07	1,27	99,9	215	323	114	100	42	43	45	46	44	30	0,258	63	95	114
0,60	38	27	4/./	1,85	0,11	1,27	99,9	215	323	114	92	41	42	44	45	42	30	0,231	63	95	114
0,80	20	20	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	20	19	4/./	1,85	0,19	0,80	39,2	136	204	60	58	36	38	40	43	37	27	0,125	33	50	60
1,20	10	15	2////	1,85	0,22	0,50	17,3	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	10	19	2////	0,90	0,24	0,50	15,7	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	6	11	1***	0,46	0,25	0,30	7,9	14	21	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	9	34	4/./	0,85	0,27	0,45	12,1	77	115	38	22	31	34	37	40	31	26	0,041	15	23	27
2,00	9	15	2////	0,88	0,28	0,45	11,2	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	10	30	4/./	0,86	0,30	0,50	11,8	85	128	40	22	31	34	37	40	31	26	0,042	17	25	30
2,40	6	22	2////	0,82	0,32	0,30	5,8	85	127	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	10	30	4/./	0,86	0,33	0,50	10,4	85	128	40	20	31	34	36	40	30	26	0,037	17	25	30
2,80	13	28	2////	0,93	0,35	0,60	12,3	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	15	25	2////	0,95	0,37	0,67	13,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	10	30	4/./	0,86	0,39	0,50	8,6	92	139	40	16	30	33	36	39	29	26	0,030	17	25	30
3,40	8	17	2////	0,86	0,41	0,40	6,1	107	160	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	4	12	1***	0,46	0,42	0,20	2,5	22	33	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	3	15	1***	0,46	0,43	0,15	1,7	19	28	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	4	15	1***	0,46	0,43	0,20	2,4	23	34	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	5	19	2////	0,80	0,45	0,25	3,0	123	185	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	6	18	2////	0,82	0,47	0,30	3,6	132	198	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	6	18	2////	0,82	0,48	0,30	3,5	136	204	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	5	15	1***	0,46	0,49	0,25	2,7	27	40	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	6	18	2////	0,82	0,51	0,30	3,2	142	213	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	7	17	2////	0,84	0,53	0,35	3,8	148	222	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	7	21	2////	0,84	0,54	0,35	3,6	153	230	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	7	17	2////	0,84	0,56	0,35	3,5	158	236	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	6	18	2////	0,82	0,58	0,30	2,8	153	230	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	5	15	1***	0,46	0,58	0,25	2,2	29	44	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	6	18	2////	0,82	0,60	0,30	2,6	156	234	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	7	15	1***	0,46	0,61	0,35	3,1	34	51	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	8	13	2////	0,86	0,63	0,40	3,6	177	266	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	7	15	1***	0,46	0,64	0,35	3,0	35	53	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	7	17	2////	0,84	0,65	0,35	2,9	176	264	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	8	15	2////	0,86	0,67	0,40	3,3	188	281	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	9	15	2////	0,88	0,69	0,45	3,7	194	291	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	10	14	2////	0,90	0,71	0,50	4,1	197	296	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	15	16	2////	0,95	0,73	0,67	5,6	195	293	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	16	14	2////	0,96	0,74	0,70	5,8	199	299	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	18	15	2////	0,98	0,76	0,75	6,1	201	301	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	20	16	4/./	0,93	0,78	0,80	6,5	202	303	60	23	31	34	37	40	29	27	0,043	33	50	60
8,60	19	14	2////	0,99	0,80	0,78	6,0	212	318	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	20	14	4/./	0,93	0,82	0,80	6,1	216	325	60	21	31	34	37	40	29	27	0,041	33	50	60
9,00	21	15	4/./	0,93	0,84	0,82	6,1	221	331	63	23	31	34	37	40	29	27	0,043	35	53	63
9,20	24	17	4/./	0,94	0,86	0,89	6,6	221	331	72	27	32	34	37	40	30	28	0,051	40	60	72
9,40	25	16	4/./	0,94	0,88	0,91	6,6	225	338	75	28	32	35	37	40	30	28	0,053	42	63	75
9,60	26	15	4/./	0,95	0,90	0,93	6,6	230	345	78	28	32	35	37	40	30	28	0,054	43	65	78
9,80	29	14	4/./	0,96	0,92	0,98	6,9	231	347	87	32	32	35	38	41	31	29	0,061	48	73	87
10,00	26	14	4/./	0,95	0,93	0,93	6,2	244	367	78	27	32	35	37	40	30	28	0,052	43	65	78
10,20	29	16	4/./	0,96	0,95	0,98	6,5	245	368	87	31	32	35	38	40	30	29	0,059	48	73	87
10,40	29	16	4/./	0,96	0,97	0,98	6,4	253	379	87	30	32	35	38	40	30	29	0,058	48	73	87
10,60	30	16	4/./	0,96	0,99	1,00	6,3	258	387	90	31	32	35	38	40	30	29	0,059	50	75	90
10,80	32	17	4/./	0,97	1,01	1,07	6,7	258	387	96	33	33	35	38	41	31	29	0,063	53	80	96
11,00	32	16	4/./	0,97	1,03	1,07	6,6	265	397	96	32	32	35	38	41	30	29	0,062	53	80	96
11,20	32	16	4/./	0,97	1,05	1,07	6,4	272	408	96	32	32	35	38	41	30	29	0,061	53	80	96
11,40	32	15	4/./	0,97	1,07	1,07	6,3	279	419	96	31	32	35	38	40	30	29	0,060	53	80	96
11,60	33	18	4/./	0,97	1,09	1,10	6,4	283	424	99	32	32	35	38	41	30	29	0,062	55	83	99
11,80	34	17	4/./	0,98	1,11	1,13	6,5	286	430	102	32	33	35	38	41	30	29	0,063	57	85	102
12,00	32	18	4/./	0,97	1,13	1,07	5,9	301	451	96	30	32	35	38	40	30	29	0,058	53	80	96
12,20	28	17	4/./	0,96	1,15	0,97	5,1	316	474	84	25	31	34	37	40	29	28	0,047	47	70	84
12,40	22	17	4/./	0,93	1,17	0,85	4,2	326	488	66	16	30	33	36	39	28	28	0,031	37	55	66
12,60	23	18	4/./	0,94	1,18	0,87	4,3	331	496	69	17	30	33	36	39	28	28	0,033	38	58	69
12,80	23	17	4/./	0,94	1,20	0,87	4,2	336	504	69	17	30	33	36	39	28	28	0,032	38	58	69
13,00	24	16	4/./	0,94	1,22	0,89	4,2	341	512	72	18	31	33	36	39	28	28	0,034	40</		

**RELAZIONE DI RESTITUZIONE DI INDAGINE
TROMOGRAFICA**

Località:

Cento (FE)

Via Gennari. Scuole Carducci

Committente:

Dott.sa Geol.a Cecilia Agostini - DEMETRA



TROMINATOR

Tromograpich and Microseismic
Natural Tremor Office Research

Studio Geologico

BRUNALDI RAFFAELE

Via A. Da Brescia 11

44011 Argenta (FE)

Tel. e Fax: 0532852858

Cell.: 3355373693 E-mail: rabrugeo@libero.it

www.bondabru.com; <http://trominator.blogspot.com>

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, la Dott.sa Geol.a Cecilia Agostini di Sant'Agostino (FE) (per la Ditta Demetra) e su sue dirette indicazioni si è eseguita una misura sismica passiva locale del tipo H/V, ovvero una indagine tromografica, in località Cento (FE), in Via Gennari, presso la Scuola Carducci. L'indagine tromografica ha indagato profondità ampiamente maggiori di 30 m dal p.c.

Sull'area in esame, la Dott.sa Agostini ha messo a disposizione dello scrivente due indagini penetrometriche statiche C.P.T. della profondità massima di 30,00 m dal p.c. L'indagine H/V è stata eseguita in coincidenza con una dei due punti di indagine.

L'indagine geofisica è stata realizzata utilizzando apparecchiatura tromografica TROMINO © di costruzione MICROMED (e restituzione dei dati mediante apposito software GRILLA ©-MICROMED). Il punto di indagine tromografica è di seguito riportato a due diverse scale.



Ubicazione punto di indagine, scala libera, immagine tratta da Google earth ®.

2. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA TROMOGRAFICA E SCOPO DELL'INDAGINE

La metodologia tromografica si basa sulla misura diretta delle frequenze di naturale vibrazione dei suoli (e/o di altri oggetti poggiati direttamente o indirettamente sul suolo), sfruttando in pratica l'effetto pendolo. Nel dominio della frequenza vengono coinvolti quattro spettri rappresentati dalle componenti orizzontali e verticali del moto in superficie (HS e VS) e alla base dello strato (HB e VB). La tecnica di Nakamura si basa sulle seguenti ipotesi: le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde; le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base; la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale. Sotto queste ipotesi, il rapporto fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base contiene solo termini delle sorgenti locali $AS(f)$ e delle sorgenti alla base $AB(f)$, ed è pari a: $R_v(f) = VS(f)/VB(f) = AS(f)/AB(f)$, mentre il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (HS) e alla base dello strato (HB), contiene oltre che il termine di sorgente anche il termine di amplificazione di sito in superficie $S(f)$ e può essere espresso nel seguente modo: $R_h(f) = HS(f)/HB(f) = AS(f) * S(f) / AB(f)$. Per rimuovere l'effetto di sorgente dai segnali, Nakamura divide i due rapporti R fra loro ottenendo così la seguente espressione per la funzione trasferimento di sito: $R_h(f)/R_v(f) = S(f) = HS(f)/HB(f) * VB(f)/VS(f)$. Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè: $VB(f)/HB(f) = 1$, il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo: $S(f) = HS(f)/VS(f)$. Le varie ipotesi sono state verificate dallo stesso Nakamura (1989) con misure di microtremori in superficie e in pozzo. Le stesse assunzioni sono state verificate anche da altri autori confrontando i risultati ottenuti con modelli di propagazione di onde di Rayleigh, modelli di propagazione 1-D di onde S e con modelli di generazione sintetica di rumore. Le conclusioni a cui sono giunti gli studi suddetti sono che il picco visibile nei rapporti H/V ottenuti con il rumore simulato è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore e che dipende invece fortemente dalla stratigrafia del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di risonanza del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. Le misure sono state eseguite con un apparecchio portatile compatto (TROMINO MICROMED) che alloggia in un unico contenitore rigido metallico tre sensori sismometrici, un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su *flash memory*. Per il punto di misura si è acquisita una registrazione della durata di 20 minuti, campionata ad una frequenza di 128 Hz. Il segnale acquisito è stato quindi: corretto per la linea di base (sottraendo a ciascun punto la media effettuata sull'intera traccia); corretto da andamenti (trend) anomali (sottraendo la retta della regressione lineare effettuata su tutti i punti della traccia); filtrato con un passa banda tra 0.10 e 64 Hz. Per ogni segnale si è calcolata quindi la trasformata di Fourier e successivamente si è effettuato il rapporto spettrale fra le componenti orizzontale e verticale. Tale rapporto è stato smussato con una finestra triangolare al 10% ed il risultato di tale operazione è stato assunto come stima delle funzioni di amplificazione locale di Nakamura. Tutte le operazioni descritte sono state fatte prevalentemente in campagna, mediante un programma applicativo appositamente implementato. Questo ha permesso di avere già al sito la possibilità di verificare le misure effettuate ed eventualmente ripeterle. La misura di microtremori è infatti soggetta ad influenze ambientali (vento, pioggia, copertura artificiale dei terreni, ecc.): per una descrizione dettagliata dei problemi legati alla corretta effettuazione delle misure si veda Mucciarelli (1998). Di seguito si riporta una succinta bibliografia di riferimento circa metodologia, utilizzo e restituzione della metodologia tromografica: Mucciarelli, M. (1998). Reliability and applicability range of Nakamura's technique using microtremors: an experimental approach, *J. Earthquake Engin.*, Vol. 2, n. 4, 1-14. Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic

L'indagine tromografica si è appoggiata alle conoscenze stratigrafiche locali derivanti dall'indagine penetrometrica condotta sull'area in esame. Ciò è indispensabile data la natura della strumentazione utilizzata e date le possibilità offerte dalle esperienze di Nakamura (et Alii), di cui si è sopra già ampiamente riportato. È importante far osservare come uno strumento tromografico sia l'unica strumentazione in grado di misurare la frequenza propria di oscillazione dei terreni. Da tali dati si possono poi ricostruire tutte le altre componenti caratterizzanti dal punto di vista sismico i terreni di un'area (e sopra indicati). La possibilità di risalire ai dati di Vs30 conoscendo le frequenze tipiche di un suolo e gli spessori (profondità) dei suoi riflettori sismici, discende dalle esperienze di Nakamura e del derivato metodo HSVR precedentemente descritto. Il metodo di indagine utilizzato presuppone alcune approssimazioni legate ad esempio al fatto che le velocità di propagazione delle onde sismiche provocate aumentano dall'alto verso il basso (per questo il metodo consente la determinazione delle velocità intese come medie del volume di terra indagato non avendo un grado di definizione elevato); le velocità Vs così misurate sono comunque significative, trattandosi pur sempre di una misura diretta. Nei grafici H/V – f, che verranno in seguito riportati, si individuano le varie frequenze tipiche dei terreni di fondazione, dato di notevole importanza per una accurata progettazione delle strutture da realizzarsi sull'area in esame. Soprattutto in considerazione della tipologia strutturale da realizzarsi, si dovranno evitare accoppiamenti fra le modalità di vibrazione delle strutture (prevedibili in fase di progettazione) e le modalità di vibrazione dei terreni di fondazione, di cui sopra.

3 RISULTATI DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA

La restituzione dell'indagine tromografica (H/V) ha dato un valore di **Vs30** pari a **209 m/s**.

I metodi di indagine geologica, fra i quali quelli geofisici (indiretti o meno) sono caratterizzati da errori ed imprecisioni che possono essere anche notevoli e che sono comunque normali per metodi di indagine che attengono al campo della geologia, ed ancor più se utilizzano metodologie geofisiche e/o indirette. Autori quali S. Castellaro indicano per la metodologia H/V valori di indeterminatezza di circa il 20% (raffrontandosi ad altri metodi di analisi). Quindi per il caso in esame il valore indicato di Vs30 potrebbe essere in realtà compreso fra 167 e 251 m/s.

4. RESTITUZIONE DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA

GRILLA FOLDER, CENTO, Scuole. DEMETRA, C. Agostini.

Start recording: 19/12/12 10:41:53 End recording: 19/12/12 11:01:54

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

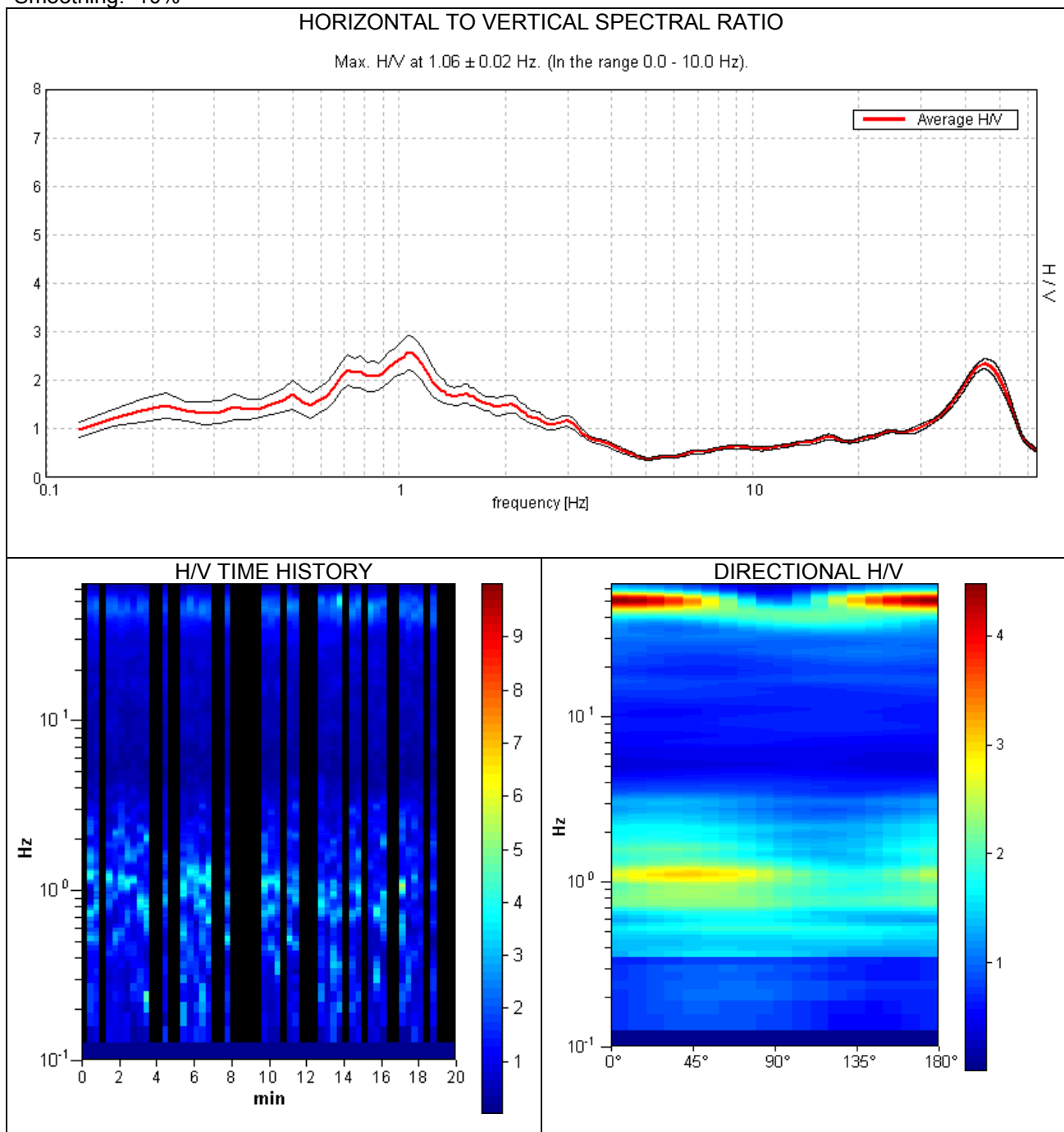
Trace length: 0h20'00". Analyzed 58% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

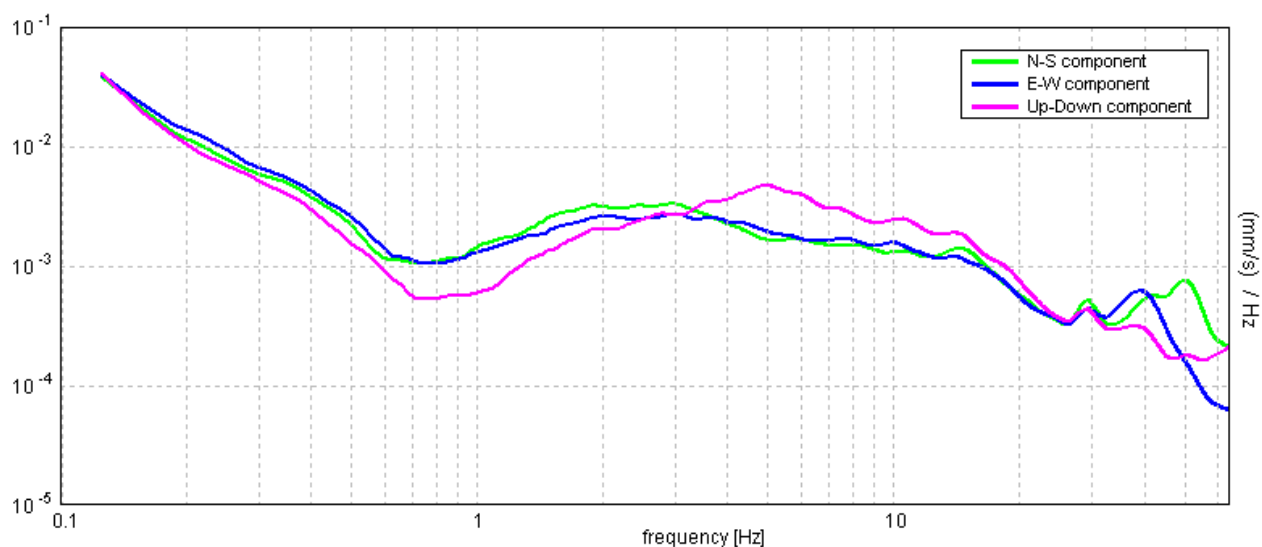
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%



SCHEMI DI RESTITUZIONE GRAFICA (tempi e frequenze) DELLA MISURA TROMOGRAFICA.

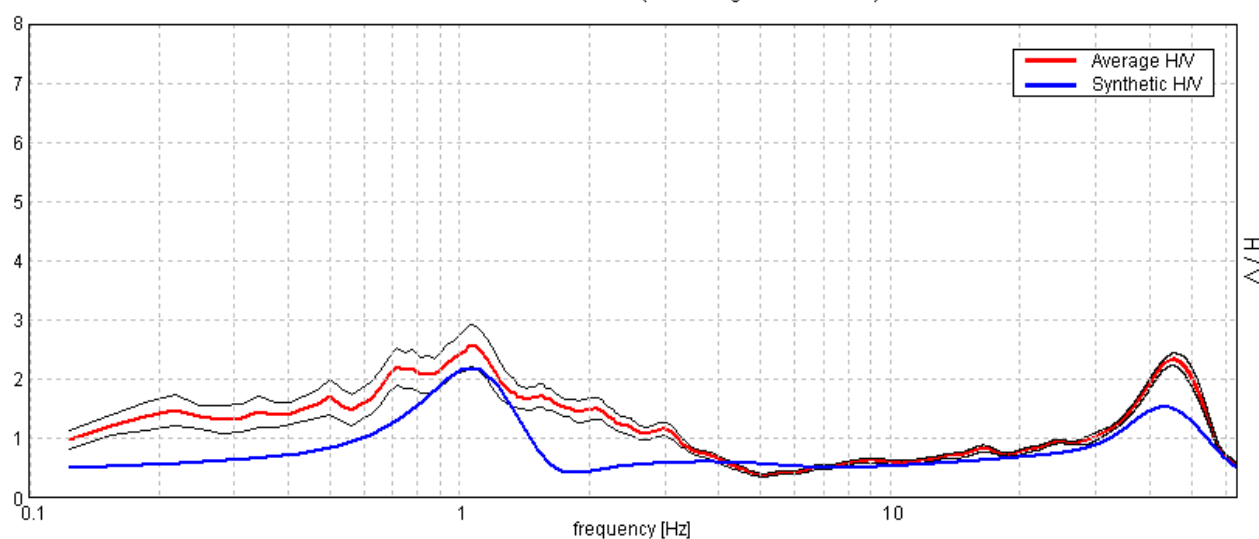
SINGLE COMPONENT SPECTRA



SCHEMI DI RESTITUZIONE GRAFICA (nel campo delle frequenze) DELLA MISURA TROMOGRAFICA.

EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.06 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

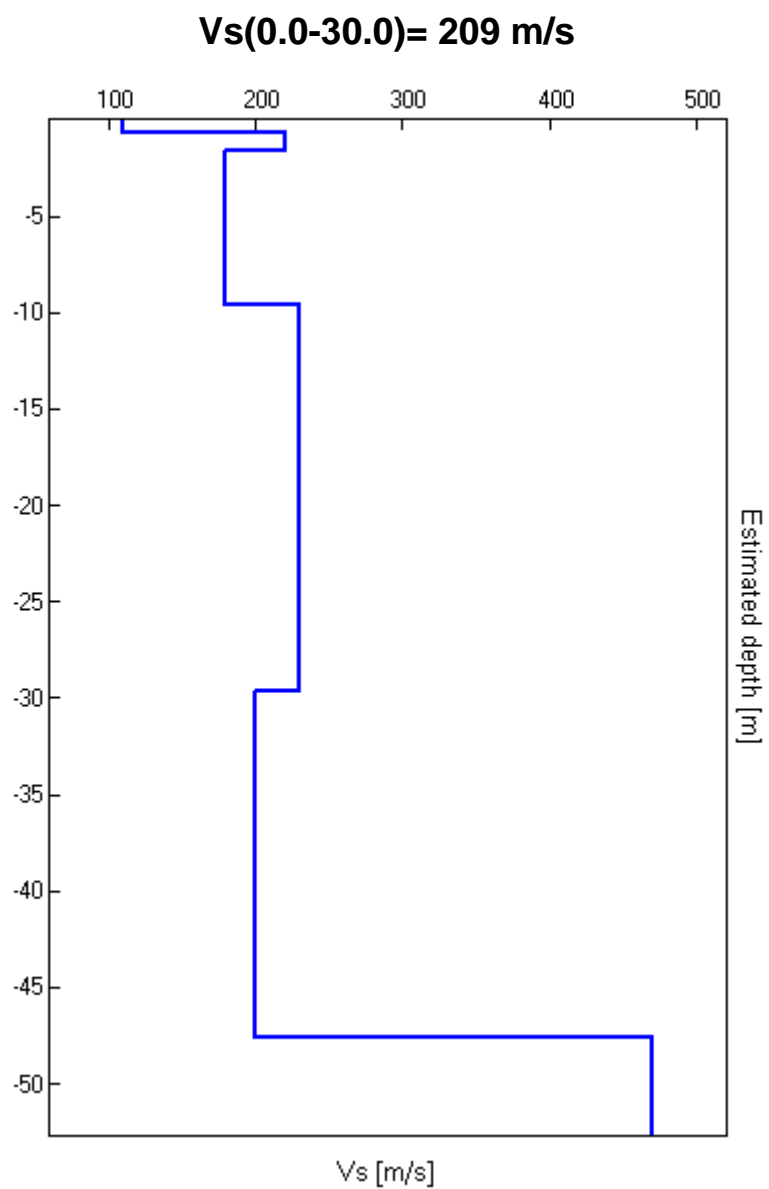


SCHEMI DI RESTITUZIONE DELLA MISURA TRAMITE LA METODOLOGIA H/V.

Si noti la pressoché perfetta corrispondenza fra la curva H/V sintetica e quella misurata, a conferma della corretta elaborazione dei dati raccolti e quindi dell'attendibilità dell'indagine stessa.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.65	0.65	110
1.65	1.00	220
9.65	8.00	180
29.65	20.00	230
PROFONDITÀ MASSIMA INDAGATA: 47.65 m ampiamente superiore ai 30,00 m previsti dal D.M./N.T.C.	18.00	200
inf.	inf.	470

INDIVIDUAZIONE SISMOSTRATI TRAMITE H/V



RESTITUZIONE GRAFICA DELL'INDIVIDUAZIONE DEI SISMOSTRATI TRAMITE H/V.

[According to the Sesame, 2005 guidelines:

Max. H/V at 1.06 ± 0.02 Hz. (in the range 0.0 - 10.0 Hz). FREQUENZA CARATTERISTICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE					
Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]					
f ₀ > 10 / L _w		0.78 > 0.50		OK	
n _c (f ₀) > 200		468.8 > 200		OK	
□ _A (f) < 2 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ > 0.5Hz		Exceeded 0 out of 38 times		OK	
□ _A (f) < 3 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ < 0.5Hz					
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
Exists f ⁻ in [f ₀ /4, f ₀] A _{H/V} (f ⁻) < A ₀ / 2				OK	
Exists f ⁺ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ / 2		3.063 Hz		OK	
A ₀ > 2		1.80 > 2		OK	
f _{peak} [A _{H/V} (f) ± □ _A (f)] = f ₀ ± 5%		0.05856 < 0.05		OK	
□ _f < □(f ₀)		0.04575 < 0.11719		OK	
□ _A (f ₀) < □(f ₀)		0.121 < 2.0		OK	
L _w n _w n _c = L _w n _w f ₀ f f ₀ □ _f □(f ₀) A ₀ A _{H/V} (f) f ⁻ f ⁺ □ _A (f) □ _{logH/V} (f) □(f ₀)	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition □ _f < □(f ₀) H/V peak amplitude at frequency f ₀ H/V curve amplitude at frequency f frequency between f ₀ /4 and f ₀ for which A _{H/V} (f ⁻) < A ₀ /2 frequency between f ₀ and 4f ₀ for which A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ /2 standard deviation of A _{H/V} (f), □ _A (f) is the factor by which the mean A _{H/V} (f) curve should be multiplied or divided standard deviation of log A _{H/V} (f) curve threshold value for the stability condition □ _A (f) < □(f ₀)				
Threshold values for □ _f and □ _A (f ₀)					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
□(f ₀) [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
□(f ₀) for □ _A (f ₀)	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log □(f ₀) for □ _{logH/V} (f ₀)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Si sono potute rispettare tutte le “richieste” formali del protocollo SESAME, ad ulteriore conferma della validità della restituzione dell’indagine.

La frequenza caratteristica del suolo in esame, può essere ricondotta a modificazioni del segnale sismico di profondità congrua ad una interazione con le strutture da realizzarsi sull’area in esame, si individua infatti una marcata discontinuità “sismica” (o di rigidezza sismica) alla profondità di circa 48 m dal p.c. Occorrerà comunque tenere in conto il range di frequenze comprese fra 0,60 e 1,50 Hz circa.

Argenta Lì 19/12/12

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

APPENDICE

Verifica del rischio di liquefazione dei terreni granulari

La verifica numerica del rischio di liquefazione dei terreni granulari in condizioni dinamiche è stata eseguita adottando il Metodo semplificato di Robertson & Wride (1997). Tale metodo è stato specificamente elaborato per dati di ingrasso derivanti da prove penetrometriche statiche, previa determinazione di un valore di riferimento della Magnitudo di progetto. Di tale metodo di calcolo occorre ricordare che, al contrario della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà: $F_s = \frac{R}{T}$. Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1,00 (o 1,4 come da Facciorusso, 2008).

R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche, statiche. La grandezza T dipende invece dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavata attraverso la

relazione: $T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'}, r_d MSF$. Dove:

a_{\max} = accelerazione sismica massima

G = accelerazione di gravità = 980,7 cm/s²

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

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

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:

$r_d = 1 - 0,00765z$ per $z \leq 9,15$ m

$r_d = 1,174 - 0,0267z$ per $9,15 < z \leq 23$ m

$r_d = 0,774 - 0,008z$ per $23 < z \leq 30$ m

$r_d = 0,5$ per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la

relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3}$ se $M \leq 7,5$ o con la formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7,5$

Il Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R), tramite Il metodo di Robertson & Wride che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (C.P.T.) avviene secondo le due seguenti equazioni:

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

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi:

si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

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

q_c (kg/cm²) = resistenza alla punta determinata dalla prova C.P.T.
 f_s (kg/cm²) = attrito laterale specifico determinato dalla prova C.P.T.
 σ_{v0} (kg/cm²) = pressione verticale totale
 σ_{v0}' (kg/cm²) = pressione verticale efficace

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

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

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

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue:

se $I_c > 2,6$ allora $n = 1$; se $I_c \leq 2,6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n = 0,5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2,6 si conferma il valore $n = 0,5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n = 0,75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.

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

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove K_c è uguale a 1, se $I_c \leq 1.64$, e in caso contrario è fornito dalla relazione:

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

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIE

M = 6,14
MSF = 1,935 per M<7,5
ag = 0,184
S = 1,417
amax = 0,261

CPT 2 COMUNE DI CENTO
PALESTRA SCUOLE CARDUCCI

Se $I_c > 2,6$ NON LIQUEFACILE
FSL > 1,4 NON LIQUEFACILE

z	qc	fs	σ_v	σ'_v	n	n'	Cn	Q	F	condiz 2	lc	Kc	(qcr1)es	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	PL
0,20	0	3,13		0,04																	
0,40	72	1,73	1,07	0,07	0,75	0,50	7,35	1013,29	2,44	1,77	1,67	1,02	539,33	1,16	1,56	14,67	9,42	0,0000	9,80	0	
0,60	72	2,8	1,11	0,11	0,75	0,50	5,24	644,45	3,95	2,02	1,93	1,22	460,49	1,16	1,02	9,16	8,95	0,0000	9,70	0	
0,80	45	2,53	1,15	0,15	0,75	0,50	4,15	292,33	5,77	2,32	2,22	1,72	321,12	1,15	0,77	3,16	4,08	0,0000	9,60	0	
1,00	61	1,4	1,19	0,19	0,50	0,50	2,29	314,79	2,34	2,07	1,86	1,16	161,76	1,15	0,63	0,47	0,75	0,2473	9,50	2,349706	
1,20	23	1,73	1,22	0,22	0,75	0,75	3,11	99,00	7,94	2,67	2,58	3,22	230,54	1,14	0,55	1,22	2,20	0,0000	9,40	0	falda
1,40	10	0,67	1,24	0,24	1,00	1,00	4,17	36,50	7,65	2,80	2,84	5,13	213,85	1,14	0,51	0,99	1,41	0,0000	9,30	0	
1,60	12	0,47	1,26	0,26	1,00	1,00	3,85	41,31	4,38	2,59	2,63	3,50	161,35	1,13	0,48	0,47	1,41	0,0000	9,20	0	
1,80	12	0,47	1,28	0,28	1,00	1,00	3,57	38,29	4,38	2,62	2,65	3,65	156,56	1,13	0,45	0,44	1,41	0,0000	9,10	0	
2,00	13	0,67	1,30	0,30	1,00	1,00	3,33	39,00	5,73	2,70	2,73	4,21	182,22	1,12	0,43	0,64	1,41	0,0000	9,00	0	
2,20	11	0,4	1,31	0,31	1,00	1,00	3,23	31,26	4,13	2,66	2,70	3,97	140,87	1,12	0,41	0,34	1,41	0,0000	8,90	0	
2,40	12	0,4	1,33	0,33	1,00	1,00	3,03	32,33	3,75	2,62	2,66	3,70	134,40	1,11	0,39	0,31	1,41	0,0000	8,80	0	
2,60	10	0,33	1,35	0,35	1,00	1,00	2,86	24,71	3,82	2,70	2,75	4,37	124,87	1,10	0,37	0,26	1,41	0,0000	8,70	0	
2,80	7	0,73	1,36	0,36	1,00	1,00	2,78	15,67	12,94	3,19	3,26	10,08	196,03	1,10	0,36	0,78	1,41	0,0000	8,60	0	
3,00	12	0,4	1,38	0,38	1,00	1,00	2,63	27,95	3,77	2,67	2,71	4,04	127,50	1,09	0,35	0,27	1,41	0,0000	8,50	0	
3,20	6	0,33	1,39	0,39	1,00	1,00	2,56	11,82	7,16	3,08	3,17	8,84	136,07	1,09	0,34	0,31	1,41	0,0000	8,40	0	
3,40	5	0,2	1,41	0,41	1,00	1,00	2,44	8,76	5,57	3,09	3,20	9,28	113,17	1,08	0,33	0,21	1,41	0,0000	8,30	0	
3,60	3	0,2	1,42	0,42	1,00	1,00	2,38	3,76	12,66	3,50	3,71	18,28	130,59	1,08	0,32	0,29	1,41	0,0000	8,20	0	
3,80	3	0,2	1,43	0,43	1,00	1,00	2,33	3,65	12,74	3,51	3,72	18,54	129,33	1,07	0,31	0,28	1,41	0,0000	8,10	0	
4,00	4	0,13	1,44	0,44	1,00	1,00	2,27	5,82	5,08	3,16	3,32	11,04	100,33	1,07	0,31	0,17	1,41	0,0000	8,00	0	
4,20	4	0,2	1,46	0,46	1,00	1,00	2,17	5,52	7,87	3,30	3,45	13,23	115,08	1,06	0,30	0,22	1,41	0,0000	7,90	0	
4,40	3	0,2	1,47	0,47	1,00	1,00	2,13	3,26	13,07	3,54	3,77	19,54	124,75	1,06	0,29	0,26	1,41	0,0000	7,80	0	
4,60	4	0,2	1,48	0,48	1,00	1,00	2,08	5,95	7,94	3,32	3,47	13,58	113,16	1,05	0,28	0,21	1,41	0,0000	7,70	0	
4,80	4	0,2	1,50	0,50	1,00	1,00	2,00	5,00	8,00	3,33	3,49	13,92	111,37	1,05	0,27	0,21	1,41	0,0000	7,60	0	
5,00	3	0,27	1,51	0,51	1,00	1,00	1,96	2,92	18,12	3,67	3,69	22,45	132,06	1,04	0,27	0,29	1,41	0,0000	7,50	0	
5,20	6	0,27	1,52	0,52	1,00	1,00	1,92	8,62	6,03	3,13	3,23	9,66	111,43	1,04	0,26	0,21	1,41	0,0000	7,40	0	
5,40	7	0,4	1,54	0,54	1,00	1,00	1,85	10,11	7,33	3,15	3,23	9,65	125,15	1,03	0,26	0,26	1,41	0,0000	7,30	0	
5,60	6	0,4	1,55	0,55	1,00	1,00	1,82	8,09	8,99	3,26	3,36	11,66	127,24	1,02	0,25	0,27	1,41	0,0000	7,20	0	
5,80	6	0,33	1,57	0,57	1,00	1,00	1,75	7,77	7,45	3,22	3,32	11,05	116,28	1,02	0,25	0,23	1,41	0,0000	7,10	0	
6,00	6	0,33	1,58	0,58	1,00	1,00	1,72	7,62	7,47	3,23	3,33	11,16	115,45	1,01	0,24	0,22	1,41	0,0000	7,00	0	
6,20	5	0,27	1,60	0,60	1,00	1,00	1,67	5,67	7,94	3,32	3,45	13,12	109,31	1,01	0,24	0,20	1,41	0,0000	6,90	0	
6,40	7	0,47	1,61	0,61	1,00	1,00	1,64	8,84	8,72	3,24	3,32	11,06	126,94	1,00	0,23	0,27	1,41	0,0000	6,80	0	
6,60	6	0,47	1,62	0,62	1,00	1,00	1,61	7,06	10,73	3,35	3,45	13,27	128,43	1,00	0,23	0,28	1,41	0,0000	6,70	0	
6,80	8	0,53	1,63	0,63	1,00	1,00	1,59	10,11	8,32	3,19	3,26	10,18	129,27	0,99	0,22	0,28	1,41	0,0000	6,60	0	
7,00	9	0,47	1,65	0,65	1,00	1,00	1,54	11,31	6,39	3,09	3,15	8,62	119,29	0,99	0,22	0,24	1,41	0,0000	6,50	0	
7,20	7	0,4	1,67	0,67	1,00	1,00	1,49	7,96	7,50	3,22	3,32	10,96	114,46	0,98	0,21	0,22	1,41	0,0000	6,40	0	
7,40	10	0,53	1,69	0,69	1,00	1,00	1,45	12,04	6,38	3,07	3,13	8,33	120,74	0,98	0,21	0,24	1,41	0,0000	6,30	0	
7,60	12	0,67	1,70	0,70	1,00	1,00	1,43	14,71	6,50	3,02	3,07	7,58	129,87	0,97	0,21	0,28	1,41	0,0000	6,20	0	
7,80	14	0,6	1,72	0,72	1,00	1,00	1,39	17,06	4,89	2,90	2,94	6,12	118,95	0,97	0,20	0,24	1,41	0,0000	6,10	0	
8,00	16	0,93	1,74	0,74	1,00	1,00	1,35	19,27	6,52	2,95	2,99	6,58	142,36	0,96	0,20	0,35	1,41	0,0000	6,00	0	
8,20	18	1,07	1,76	0,76	1,00	1,00	1,32	21,37	6,59	2,92	2,96	6,27	148,41	0,96	0,19	0,38	1,41	0,0000	5,90	0	
8,40	19	1,2	1,78	0,78	1,00	1,00	1,28	22,08	6,97	2,93	2,96	6,34	154,35	0,95	0,19	0,42	1,41	0,0000	5,80	0	
8,60	22	1,2	1,80	0,80	1,00	1,00	1,25	25,25	5,94	2,85	2,87	5,43	149,42	0,94	0,19	0,39	1,41	0,0000	5,70	0	
8,80	21	1,27	1,82	0,82	1,00	1,00	1,22	23,39	6,62	2,90	2,93	5,99	153,37	0,94	0,18	0,42	1,41	0,0000	5,60	0	
9,00	22	1,33	1,84	0,84	1,00	1,00	1,19	24,00	6,60	2,89	2,92	5,90	154,43	0,93	0,18	0,42	1,41	0,0000	5,50	0	
9,20	22	1,27	1,86	0,86	1,00	1,00	1,16	23,42	6,31	2,89	2,91	5,84	149,30	0,93	0,18	0,39	1,41	0,0000	5,40	0	
9,40	24	1,47	1,88	0,88	1,00	1,00	1,14	25,14	6,65	2,88	2,91	5,78	157,51	0,92	0,17	0,44	1,41	0,0000	5,30	0	
9,60	29	1,4	1,89	0,89	1,00	1,00	1,12	30,46	5,16	2,75	2,77	4,55	148,19	0,92	0,17	0,38	1,41	0,0000	5,20	0	
9,80	30	1,8	1,91	0,91	1,00	1,00	1,10	30,87	6,41	2,81	2,83	5,08	167,41	0,91	0,17	0,52	1,41	0,0000	5,10	0	
10,00	28	1,8	1,93	0,93	1,00	1,00	1,08	28,03	6,90	2,86	2,89	5,56	167,52	0,91	0,16	0,52	1,41	0,0000	5,00	0	
10,20	30	2,07	1,95	0,95	1,00	1,00	1,05	29,53	7,38	2,87	2,89	5,61	177,24	0,90	0,16	0,60	1,41	0,0000	4,90	0	
10,40	30	2	1,97	0,97	1,00	1,00	1,03	28,90	7,14	2,87	2,89	5,57	172,38	0,90	0,16	0,56	1,41	0,0000	4,80	0	
10,60	29	1,6	1,99	0,99	1,00	1,00	1,01	27,28	5,92	2,83	2,85	5,20	152,38	0,89	0,16	0,41	1,41	0,0000	4,70	0	
10,80	31	1,73	2,01	1,01	1,00	1,00	0,99	28,70	5,97	2,81	2,83	5,08	155,94	0,89	0,15	0,43	1,41	0,0000	4,60	0	
11,00	32	1,8	2,03	1,03	1,00	1,00	0,97	29,10	6,01	2,81	2,83	5,06	157,23	0,88	0,15	0,44	1,41	0,0000	4,50	0	
11,20	31	1,8	2,05	1,05	1,00	1,00	0,95	27,57	6,22	2,84	2,86	5,31	156,70	0,87	0,15	0,44	1,41	0,0000	4,40	0	
11,40	31	1,93	2,07	1,07	1,00	1,00	0,93	27,04	6,67	2,87	2,89	5,57	161,32	0,87	0,15	0,47	1,41	0,0000	4,30	0	
11,60	29	1,93	2,09	1,09	1,00	1,00	0,92	24,69	7,17	2,91	2,94	6,07	161,41	0,86	0,15	0,47	1,41	0,0000	4,20	0	
11,80	30	1,87	2,11	1,11	1,00	1,00	0,90	25,13	6,70	2,89	2,91	5,80	156,86	0,86	0,14	0,44	1,41	0,0000	4,10	0	
12,00	33	1,87	2,13	1,13	1,00	1,00	0,88	27,32	6,06	2,83	2,85	5,26	153,63	0,85	0,14	0,42	1,41	0,0000	4,00	0	
12,20	30	1,67	2,15	1,15	1,00	1,00	0,87	24,22	6,00	2,87	2,89	5,58	145,69	0,85	0,14	0,37	1,41	0,0000	3,90	0	
12,40	27	1,47	2,1																		

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIDE

M = 6,14
MSF = 1,935 per M<7,5
ag = 0,184
S = 1,417
amax = 0,261

CPT 2 COMUNE DI CENTO
PALESTRA SCUOLE CARDUCCI

Se $I_c > 2,6$ NON LIQUEFACILE
FSL > 1,4 NON LIQUEFACILE

z	qc	fs	σ_v	σ'_v	n	n'	Cn	Q	F	condiz 2	lc	Kc	(qc1n)es	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	PL
0,20	0	3,13		0,04																	
0,40	38	2,2	1,07	0,07	0,75	0,50	7,35	527,57	5,96	2,24	2,13	1,51	422,44	1,16	1,56	7,09	4,55	0,0000	9,80	0	
0,60	38	1,4	1,11	0,11	0,75	0,50	5,24	335,36	3,80	2,15	2,03	1,34	267,42	1,16	1,02	1,86	1,82	0,0000	9,70	0	
0,80	20	1	1,15	0,15	0,75	0,50	4,15	125,67	5,31	2,49	2,38	2,23	185,01	1,15	0,77	0,67	0,86	0,1355	9,60	1,301059	
1,00	20	1,07	1,19	0,19	0,75	0,50	3,47	99,00	5,69	2,56	2,46	2,60	180,41	1,15	0,63	0,63	0,99	0,0218	9,50	0,207354	
1,20	10	0,67	1,22	0,22	0,75	1,00	3,11	39,91	7,63	2,89	2,81	4,90	152,45	1,14	0,55	0,41	1,41	0,0000	9,40	0	falda
1,40	10	0,53	1,24	0,24	1,00	1,00	4,17	36,50	6,05	2,73	2,77	4,50	187,34	1,14	0,51	0,69	1,41	0,0000	9,30	0	
1,60	6	0,53	1,25	0,25	1,00	1,00	4,00	19,00	11,16	3,08	3,15	8,61	206,74	1,13	0,50	0,90	1,41	0,0000	9,20	0	
1,80	9	0,27	1,27	0,27	1,00	1,00	3,70	28,63	3,49	2,63	2,68	3,83	127,53	1,13	0,46	0,27	1,41	0,0000	9,10	0	
2,00	9	0,6	1,28	0,28	1,00	1,00	3,57	27,57	7,77	2,88	2,93	5,98	192,15	1,12	0,45	0,74	1,41	0,0000	9,00	0	
2,20	10	0,33	1,30	0,30	1,00	1,00	3,33	29,00	3,79	2,65	2,70	3,96	132,16	1,12	0,42	0,29	1,41	0,0000	8,90	0	
2,40	6	0,27	1,32	0,32	1,00	1,00	3,13	14,63	5,77	2,96	3,04	7,19	134,85	1,11	0,40	0,31	1,41	0,0000	8,80	0	
2,60	10	0,33	1,33	0,33	1,00	1,00	3,03	26,27	3,81	2,68	2,73	4,21	127,59	1,10	0,39	0,27	1,41	0,0000	8,70	0	
2,80	13	0,47	1,35	0,35	1,00	1,00	2,86	33,29	4,03	2,64	2,67	3,78	140,43	1,10	0,37	0,34	1,41	0,0000	8,60	0	
3,00	15	0,6	1,37	0,37	1,00	1,00	2,70	36,84	4,40	2,63	2,66	3,74	151,72	1,09	0,35	0,40	1,41	0,0000	8,50	0	
3,20	10	0,33	1,39	0,39	1,00	1,00	2,56	22,08	3,83	2,74	2,79	4,68	120,08	1,09	0,34	0,24	1,41	0,0000	8,40	0	
3,40	8	0,47	1,41	0,41	1,00	1,00	2,44	16,07	7,13	3,01	3,07	7,55	147,40	1,08	0,33	0,38	1,41	0,0000	8,30	0	
3,60	4	0,33	1,42	0,42	1,00	1,00	2,38	6,14	12,79	3,41	3,55	15,03	143,15	1,08	0,32	0,35	1,41	0,0000	8,20	0	
3,80	3	0,2	1,43	0,43	1,00	1,00	2,33	3,65	12,74	3,51	3,72	18,54	129,33	1,07	0,31	0,28	1,41	0,0000	8,10	0	
4,00	4	0,27	1,43	0,43	1,00	1,00	2,33	5,98	10,51	3,36	3,50	14,16	131,76	1,07	0,31	0,29	1,41	0,0000	8,00	0	
4,20	5	0,27	1,45	0,45	1,00	1,00	2,22	7,89	7,61	3,21	3,32	11,06	122,85	1,06	0,30	0,25	1,41	0,0000	7,90	0	
4,40	6	0,33	1,47	0,47	1,00	1,00	2,13	9,64	7,28	3,15	3,24	9,86	125,89	1,06	0,29	0,27	1,41	0,0000	7,80	0	
4,60	6	0,33	1,48	0,48	1,00	1,00	2,08	9,42	7,30	3,16	3,25	9,98	124,80	1,05	0,28	0,26	1,41	0,0000	7,70	0	
4,80	5	0,33	1,49	0,49	1,00	1,00	2,04	7,16	9,40	3,30	3,41	12,55	128,03	1,05	0,28	0,28	1,41	0,0000	7,60	0	
5,00	6	0,33	1,51	0,51	1,00	1,00	1,96	8,80	7,35	3,18	3,28	10,35	121,71	1,04	0,27	0,25	1,41	0,0000	7,50	0	
5,20	7	0,4	1,53	0,53	1,00	1,00	1,89	10,32	7,31	3,14	3,22	9,55	126,13	1,04	0,26	0,27	1,41	0,0000	7,40	0	
5,40	7	0,33	1,54	0,54	1,00	1,00	1,85	10,11	6,04	3,09	3,18	8,91	115,49	1,03	0,26	0,22	1,41	0,0000	7,30	0	
5,60	7	0,4	1,56	0,56	1,00	1,00	1,79	9,71	7,35	3,16	3,24	9,86	123,27	1,02	0,25	0,25	1,41	0,0000	7,20	0	
5,80	6	0,33	1,58	0,58	1,00	1,00	1,72	7,62	7,47	3,23	3,33	11,16	115,45	1,02	0,24	0,22	1,41	0,0000	7,10	0	
6,00	5	0,33	1,58	0,58	1,00	1,00	1,72	5,90	9,65	3,36	3,49	13,82	119,12	1,01	0,24	0,24	1,41	0,0000	7,00	0	
6,20	6	0,33	1,60	0,60	1,00	1,00	1,67	7,33	7,50	3,24	3,34	11,39	113,87	1,01	0,24	0,22	1,41	0,0000	6,90	0	
6,40	7	0,47	1,61	0,61	1,00	1,00	1,64	8,84	8,72	3,24	3,32	11,06	126,94	1,00	0,23	0,27	1,41	0,0000	6,80	0	
6,60	8	0,6	1,63	0,63	1,00	1,00	1,59	10,11	9,42	3,23	3,30	10,72	136,10	1,00	0,23	0,31	1,41	0,0000	6,70	0	
6,80	7	0,47	1,64	0,64	1,00	1,00	1,56	8,38	8,77	3,25	3,34	11,37	124,33	0,99	0,22	0,26	1,41	0,0000	6,60	0	
7,00	7	0,4	1,65	0,65	1,00	1,00	1,54	8,23	7,48	3,21	3,30	10,76	115,89	0,99	0,22	0,22	1,41	0,0000	6,50	0	
7,20	8	0,53	1,67	0,67	1,00	1,00	1,49	9,45	8,37	3,21	3,29	10,54	125,88	0,98	0,21	0,27	1,41	0,0000	6,40	0	
7,40	9	0,6	1,69	0,69	1,00	1,00	1,45	10,59	8,21	3,18	3,25	9,90	129,10	0,98	0,21	0,28	1,41	0,0000	6,30	0	
7,60	10	0,73	1,71	0,71	1,00	1,00	1,41	11,68	8,81	3,17	3,23	9,73	137,08	0,97	0,20	0,32	1,41	0,0000	6,20	0	
7,80	15	0,93	1,73	0,73	1,00	1,00	1,37	18,18	7,01	2,99	3,03	7,03	144,47	0,97	0,20	0,36	1,41	0,0000	6,10	0	
8,00	16	1,13	1,74	0,74	1,00	1,00	1,35	19,27	7,92	3,01	3,04	7,24	156,64	0,96	0,20	0,44	1,41	0,0000	6,00	0	
8,20	18	1,2	1,76	0,76	1,00	1,00	1,32	21,37	7,39	2,96	2,99	6,64	157,22	0,96	0,19	0,44	1,41	0,0000	5,90	0	
8,40	20	1,27	1,78	0,78	1,00	1,00	1,28	23,36	6,97	2,92	2,95	6,15	157,77	0,95	0,19	0,45	1,41	0,0000	5,80	0	
8,60	19	1,33	1,80	0,80	1,00	1,00	1,25	21,50	7,73	2,97	3,00	6,77	160,80	0,94	0,19	0,47	1,41	0,0000	5,70	0	
8,80	20	1,4	1,82	0,82	1,00	1,00	1,22	22,17	7,70	2,96	2,99	6,65	162,22	0,94	0,18	0,48	1,41	0,0000	5,60	0	
9,00	21	1,4	1,84	0,84	1,00	1,00	1,19	22,81	7,31	2,94	2,97	6,38	159,55	0,93	0,18	0,46	1,41	0,0000	5,50	0	
9,20	24	1,4	1,86	0,86	1,00	1,00	1,16	25,74	6,32	2,86	2,89	5,56	155,05	0,93	0,18	0,43	1,41	0,0000	5,40	0	
9,40	25	1,53	1,88	0,88	1,00	1,00	1,14	26,27	6,62	2,87	2,89	5,63	159,92	0,92	0,17	0,46	1,41	0,0000	5,30	0	
9,60	26	1,73	1,90	0,90	1,00	1,00	1,11	26,78	7,18	2,89	2,91	5,82	168,08	0,92	0,17	0,52	1,41	0,0000	5,20	0	
9,80	29	2	1,92	0,92	1,00	1,00	1,09	29,43	7,39	2,87	2,89	5,62	177,28	0,91	0,17	0,60	1,41	0,0000	5,10	0	
10,00	26	1,8	1,93	0,93	1,00	1,00	1,08	25,88	7,48	2,91	2,94	6,05	169,16	0,91	0,16	0,53	1,41	0,0000	5,00	0	
10,20	29	1,8	1,95	0,95	1,00	1,00	1,05	28,47	6,65	2,85	2,87	5,41	165,16	0,90	0,16	0,50	1,41	0,0000	4,90	0	
10,40	29	1,8	1,97	0,97	1,00	1,00	1,03	27,87	6,66	2,86	2,88	5,47	163,67	0,90	0,16	0,49	1,41	0,0000	4,80	0	
10,60	30	1,93	1,99	0,99	1,00	1,00	1,01	28,29	6,89	2,86	2,88	5,53	167,60	0,89	0,16	0,52	1,41	0,0000	4,70	0	
10,80	32	1,93	2,01	1,01	1,00	1,00	0,99	29,69	6,44	2,83	2,85	5,20	164,64	0,89	0,15	0,50	1,41	0,0000	4,60	0	
11,00	32	2	2,03	1,03	1,00	1,00	0,97	29,10	6,67	2,84	2,86	5,36	166,42	0,88	0,15	0,51	1,41	0,0000	4,50	0	
11,20	32	2	2,05	1,05	1,00	1,00	0,95	28,52	6,68	2,85	2,87	5,42	165,04	0,87	0,15	0,50	1,41	0,0000	4,40	0	
11,40	32	2,07	2,07	1,07	1,00	1,00	0,93	27,97	6,92	2,87	2,89	5,58	166,74	0,87	0,15	0,51	1,41	0,0000	4,30	0	
11,60	33	1,8	2,09	1,09	1,00	1,00	0,92	28,36	5,82	2,81	2,83	5,05	152,82	0,86	0,15	0,41	1,41	0,0000	4,20	0	
11,80	34	2	2,11	1,11	1,00	1,00	0,90	28,73	6,27	2,83	2,85	5,22	159,76	0,86	0,14	0,46	1,41	0,0000	4,10	0	
12,00	32	1,73	2,13	1,13	1,00	1,00	0,88	26,43	5,79	2,83	2,85	5,23	148,09	0,85	0,14	0,38	1,41	0,0000	4,00	0	
12,20	28	1,6	2,15	1,15	1,00	1,00	0,87	22,48	6,19	2,90	2,92	5,91	143,88	0,85	0,14	0,36	1,41	0,0000	3,90	0	
12,40	22	1,27	2,17	1,17</																	