

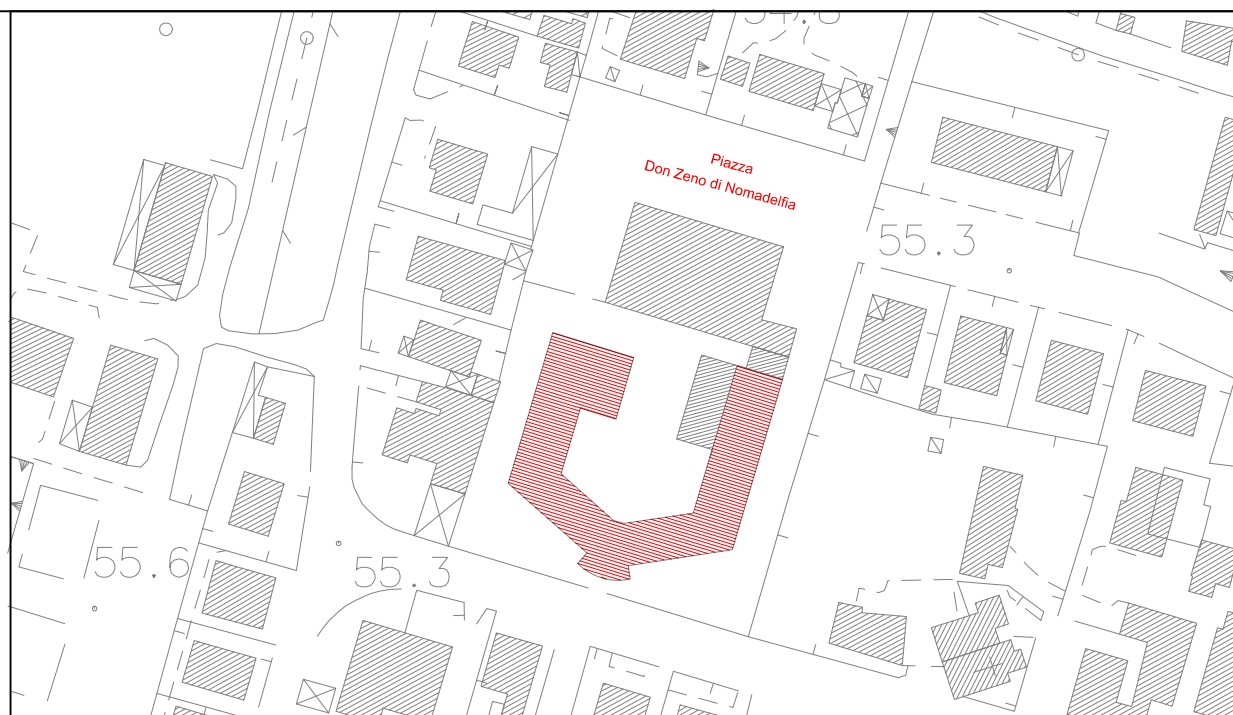
COMMISSARIO DELEGATO

EMERGENZA SISMA REGIONE EMILIA ROMAGNA AI SENSI DELL'ART.1 COMMA 2 DEL D.L. N. 74/2012

STRUTTURA TECNICA COMMISSARIO DELEGATO

CITTA' DI CASTELFRANCO EMILIA (MO) INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO "TASSONI"

PROGETTO PRELIMINARE



IL R.U.P.
Ing. Manuela Manenti

PROGETTISTA
Arch. Alfiero Moretti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE
Arch. Michele Mattei
Ing. Mauro Monti
Ing. Dario Benedetto
Ing. Rudy Bertaccini
Arch. Filippo Giacomini
Ing. Graziella Moro
Ing. Susanna Orsi
Ing. Andrea Parenti
Ing. Romano Russo
Ing. Anna Schito
Ing. Silvia Valenti

ELABORATO:
RELAZIONI GEOLOGICHE - GEOTECNICHE

Bologna, SETTEMBRE 2014

SCALA:

TAV.

Allegato B.6

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE

ARKIGEO

di Gasparini Dott. Geol. Giorgio

Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)

Tel. /Fax : 059 - 815262

e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»

C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

Relazione geologico-geotecnica relativa al progetto di ampliamento e opere di messa in sicurezza con miglioramento sismico della scuola elementare “Tassoni” di Piumazzo di Castelfranco Emilia (MO).

1. PREMESSA

Su richiesta dell'Arch. Nicola Rispoli del Comune di Castelfranco Emilia, e d'intesa con l'Ing. Francesco Paone, si è provveduto alla redazione della presente relazione geologico-geotecnica relativa al progetto di ampliamento e opere di messa in sicurezza con miglioramento sismico della scuola elementare “Tassoni” di Piumazzo (MO).

A tale scopo in data 24/04/2009 sono state realizzate due prove penetrometriche statiche spinte sino al tetto delle ghiaie ed uno stendimento sismico, spinto ad una profondità di 30m.

L'area si colloca nel settore NW dall'abitato di Piumazzo (All. n.1) ed è cartograficamente individuata sulle Sezioni C.T.R. n. 220010 - 220050 (All. n. 2).

2. INQUADRAMENTO GEOPEDOLOGICO E IDROGEOLOGICO

La cartografia geologica e dei suoli (<http://geo.regione.emilia-romagna.it>) mette in evidenza la presenza di:

- coperture quaternarie riconducibili al Subsistema di Ravenna (AES8) caratterizzato da ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m. Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).
- complesso dei suoli *Cataldi franco argilloso limosa a substrato ghiaioso, 0,2-1% pendente e suoli Cataldi franco limosa con substrato ghiaioso (CTL7/CTL6)*.
 - o I suoli "Cataldi franca argillosa limosa, a substrato ghiaioso, 0,2-1% pendenti" sono molto profondi e moderatamente alcalini; sono moderatamente calcarei ed a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore; da moderatamente a molto calcarei ed a tessitura franca argillosa limosa o franca limosa in quella inferiore. E' presente ghiaia non alterata oltre i due metri di profondità. Si trovano nella pianura pedemontana, in ambienti di conoidi alluvionali a substrato ghiaioso che costituiscono antiche superfici di sovente caratterizzate dai resti dell'originario reticolo centuriale romano. In queste terre la pendenza varia da 0,2 a 1%. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media.
 - o I suoli "Cataldi franca limosa, a substrato ghiaioso, 0,2-1% pendenti" sono molto profondi, a tessitura franca limosa e moderatamente alcalini; sono moderatamente calcarei nella parte superiore e molto calcarei in quella inferiore. Si trovano nella pianura pedemontana, in ambienti di conoidi alluvionali a substrato ghiaioso. In queste terre la pendenza varia da 0,2 a 1%. Il substrato è costituito da alluvioni ghiaiose e sabbiose.

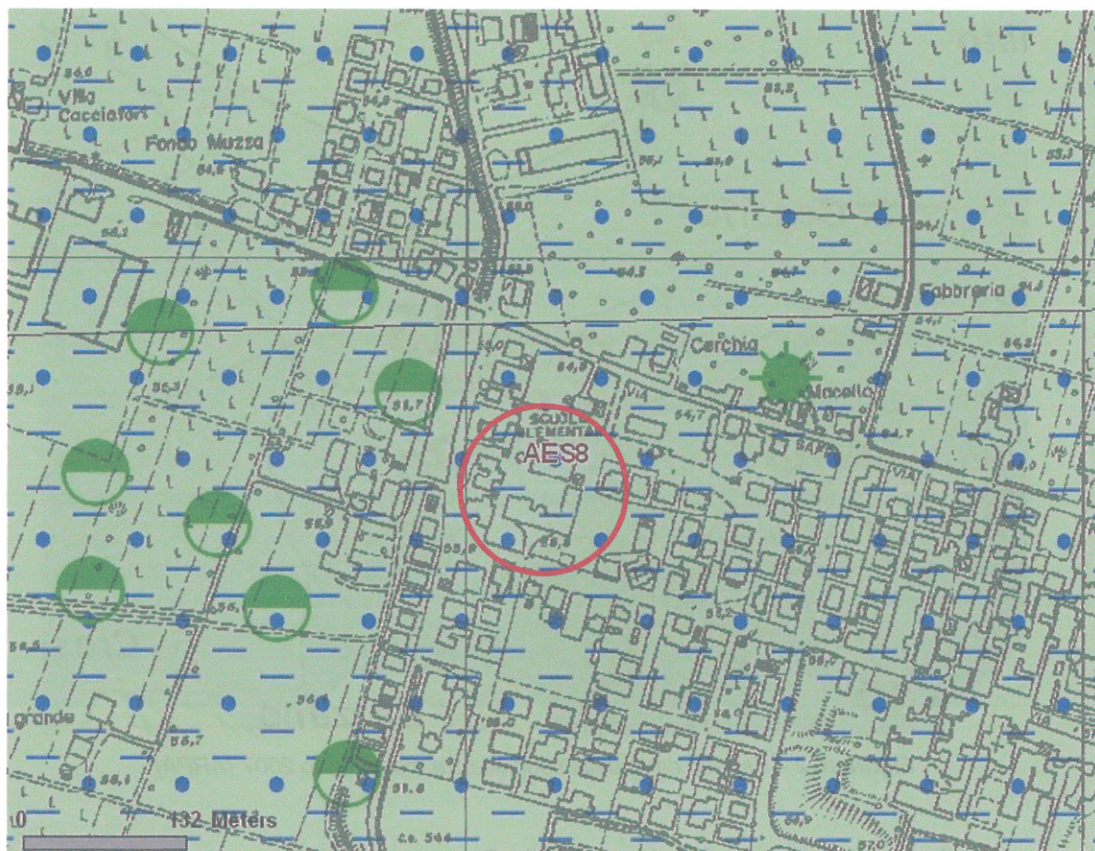


Figura n. 1 – Estratto dalla cartografia geologica e dei suoli on-line (fuori scala)

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico la carta della "soggiacenza (m) media anno 2007" allegata al documento "Report sulle acque sotterranee della provincia di Modena - Anno 2007" (ARPA), indica una soggiacenza della falda di 15÷20m da pc (Fig. n. 2).

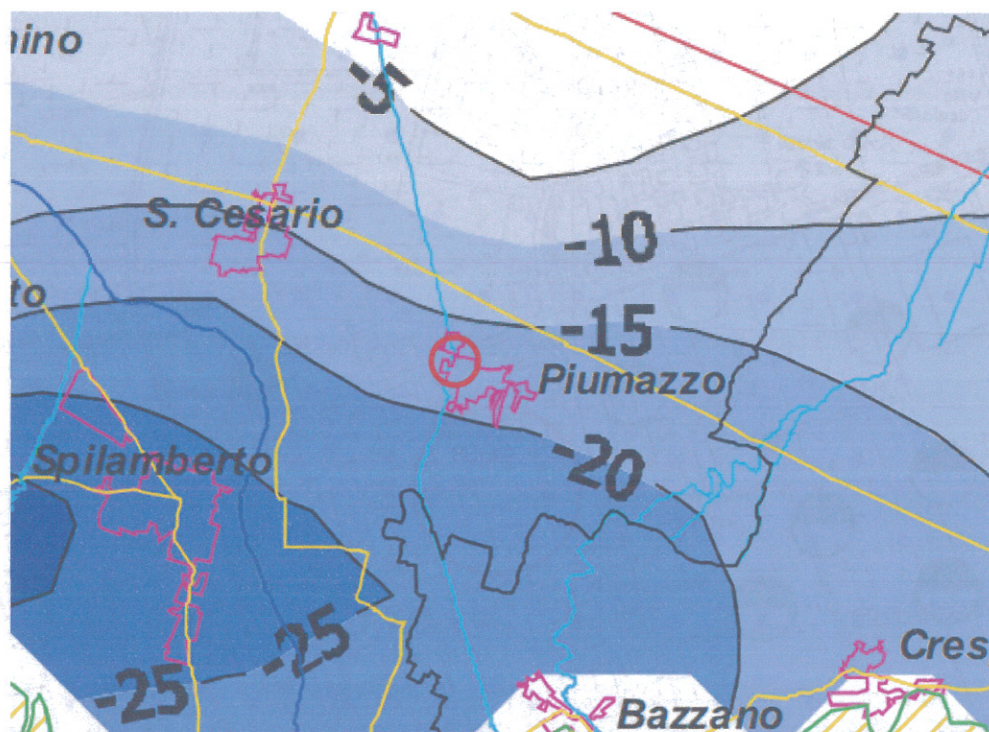


Figura n. 2 – Estratto carta della soggiacenza media anno 2007 (ARPA)

I dati pubblicati dalla Regione Emilia-Romagna "Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola" (http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/web-gis/piezometrie_rer.htm) indicano un livello di falda medio (1988-2007), tendenzialmente in aumento, pari a $39,1 \pm 2,5$ m slm, corrispondente ad una soggiacenza di $18,9 \pm 2,5$ m da pc (Fig. n. 3 e 4).

Pozzo

Codice MO53-00

Nome della Banca Dati Emilia-Romagna Region (Italy)

Profondità del pozzo 40.0 metri

Quota del piano di campagna 58.0 metri

Livello di riferimento Livello medio del mare Adriatico

Sistema di riferimento Coordinate UTM 32 Nord (Datum ED50)

Coordinata X 662712.0

Coordinata Y 4935249.0

Ente gestore Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua - Regione Emilia-Romagna

Ente responsabile ARPA - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente - Regione Emilia-Romagna

Uso Irriguo

Data della prima misura 03-05-1988

Data dell'ultima misura 09-10-2007

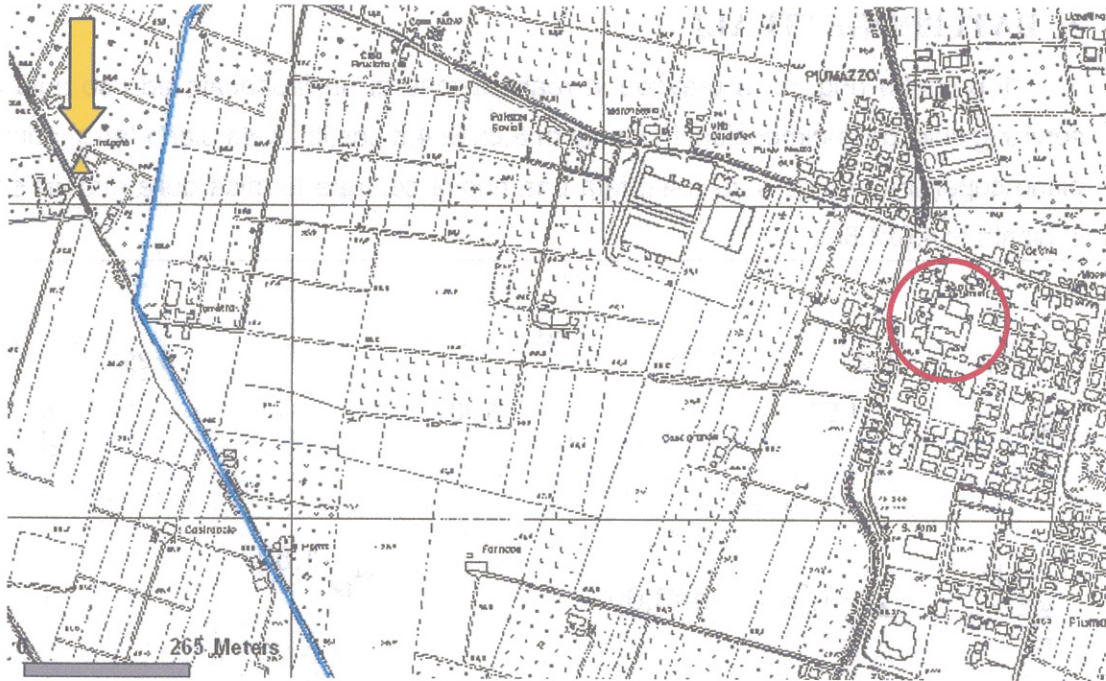


Figura n. 3 – Ubicazione del pozzo MO53-00 (Rete regionale ARPA)

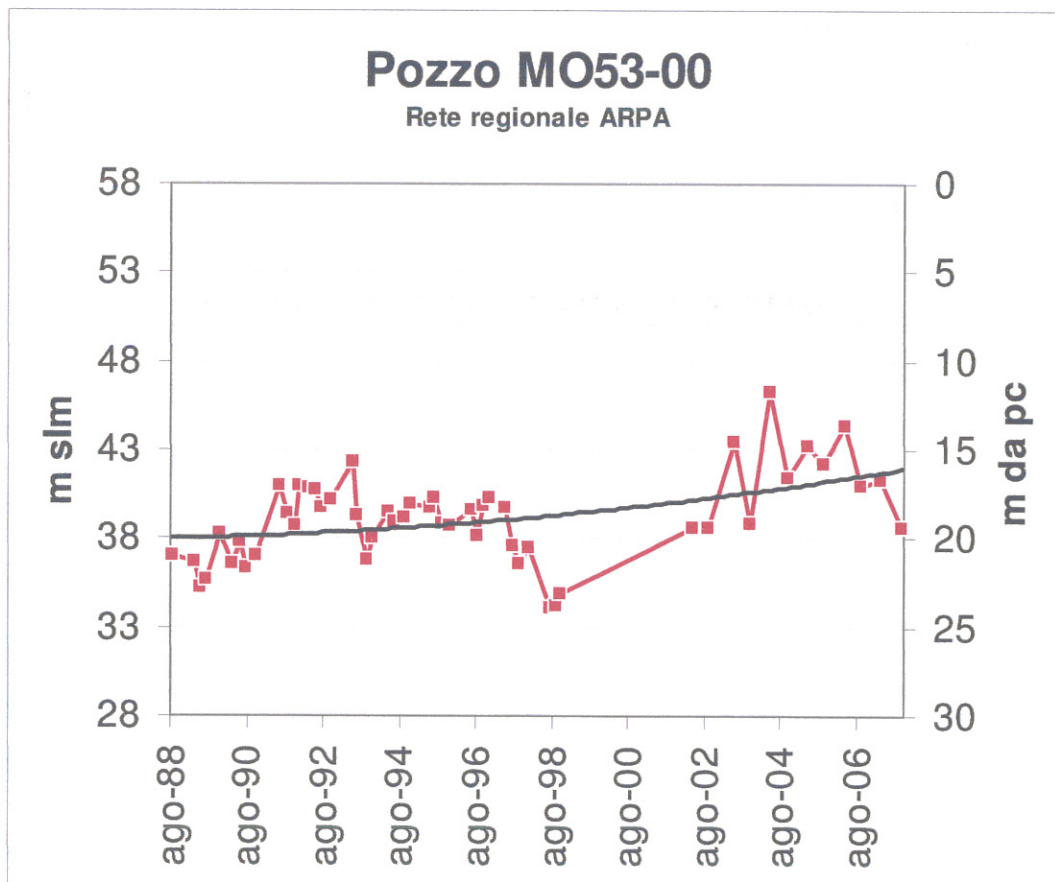


Figura n. 4 – Andamento temporale del livello di falda profonda del pozzo MO53-00 (Rete regionale ARPA)

Nei fori di sondaggio non è stata riscontrata la presenza di acque libere.

3. DATI PROGETTUALI

Il progetto (Fig. n. 5) prevede la realizzazione di un fabbricato ad uso aule e servizi igienici delle dimensioni in pianta di 8,8x12,4m costituito da piano terra, primo piano copertura. Inoltre sarà realizzata una nuova centrale termica delle dimensioni in pianta di 4,6x7,6m.

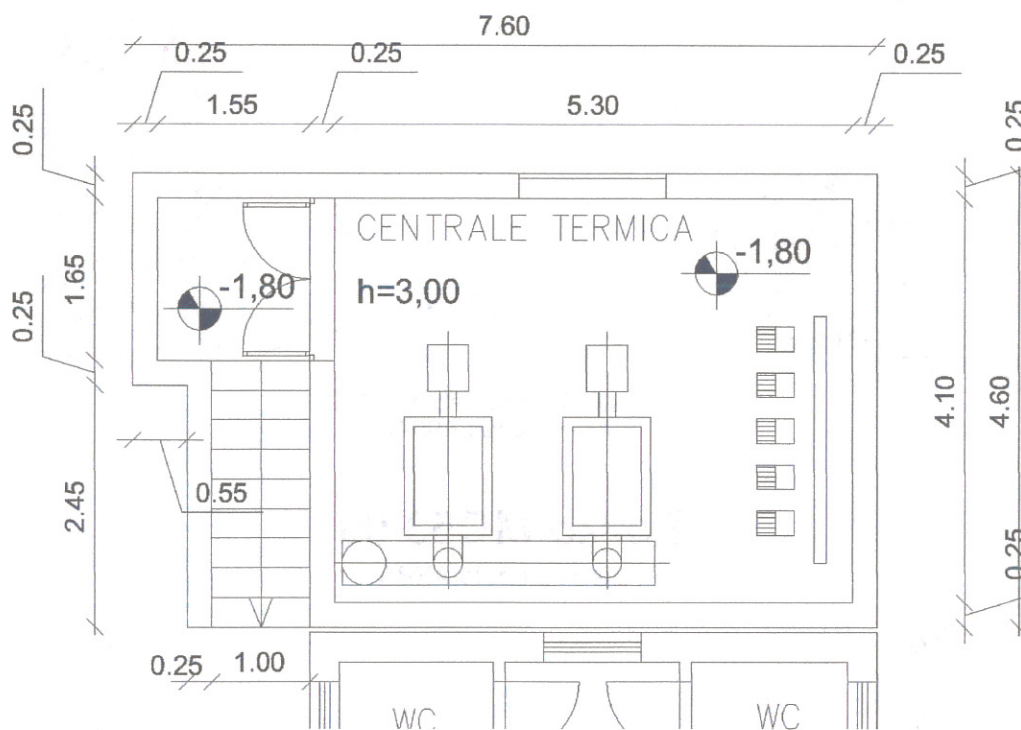


Figura n. 5a – Planimetria della centrale termica (fuori scala)

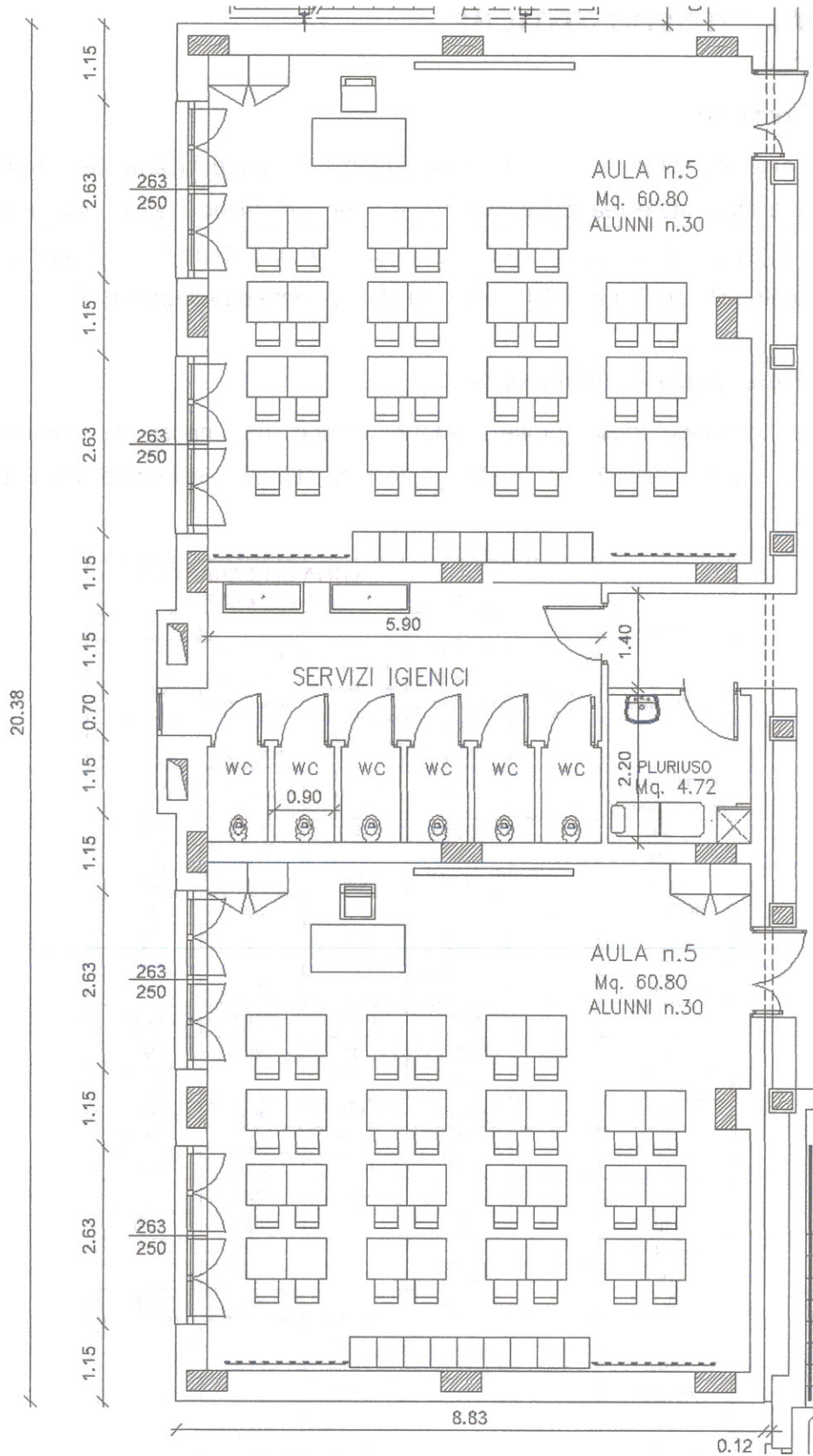


Figura n. 5b – Planimetria di aule e WC (fuori scala)

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1. Premessa

Al fine di caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente i terreni di fondazione sono state realizzate due prove penetrometriche statiche spinte sino al tetto delle ghieie (All. n. 3), inoltre è stato realizzato uno stendimento sismico spinto ad una profondità di 30 metri (All. n. 4), tutti ubicati come da Allegato n. 2.

4.2. Prove penetrometriche statiche

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha messo in evidenza le stratigrafie, con i relativi parametri geotecnici stimati, riepilogate nelle tabelle seguenti.

Prova CPT	n°	STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI			
Strato	n°	1	2	3	4
Litologia	Robertson 1990	Miscela di sabbie (da sabbia limosa a limo sabbioso)	Miscela di limo (da limo argilloso ad argilla limosa)	Miscela di sabbie (da sabbia limosa a limo sabbioso)	Sabbie ghiaiose
Consistenza-Addensamento		Sciolto	Plastica	Medio	Denso
Falda	m	15,0	15,0	15,0	15,0
Tetto	m	0,0	0,6	1,0	1,6
Base	m	0,6	1,0	1,6	2,0
Spessore	m	0,6	0,4	0,6	0,4
Hs	m	0,6	0,0	0,6	0,4
Hc	m	0,0	0,4	0,0	0,0
Prof. media	m	0,3	0,8	1,3	1,8
Q_c	kPa	1.514	1.400	2.564	13.700
f_B	kPa	107	143	98	32
Q_c / f_B		14	10	26	424
n		0,7	1,0	0,5	0,5
Q		113,69	93,59	51,44	235,28
F		7,07	10,32	3,87	0,24
I_c		2,5	2,7	2,5	1,2
Nspt		5,1	-	8,7	46,6
Hs / Nspt		0,1	-	0,1	0,0
Dr		24%	-	36%	77%
φ_k		33,0	-	35,5	43,5
N_c		-	22	-	-
Cu_k	kPa	-	63,8	-	-
Hc / Cu		-	6,E-03	-	-
I_{cons.}		-	0,60	-	-
OCR		-	>10	-	-
γ_{sat}	kN/m ³	19,5	19,4	20,5	20,2
Mo_k	kPa	3.822	5.022	6.398	34.081
v		0,29	0,31	0,29	0,15

La stratigrafia della CPT1 mette in evidenza la presenza di sabbie e/o ghiaie dense (Φ 43,5°) ad una profondità di 1,6m da pc. I terreni di copertura sono costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi da sciolti a mediamente addensati (Φ 33÷35,5°) e argille limose a consistenza plastica (C_u 63,8 kPa). Nel foro di sondaggio non è stata riscontrata la presenza di acque libere.

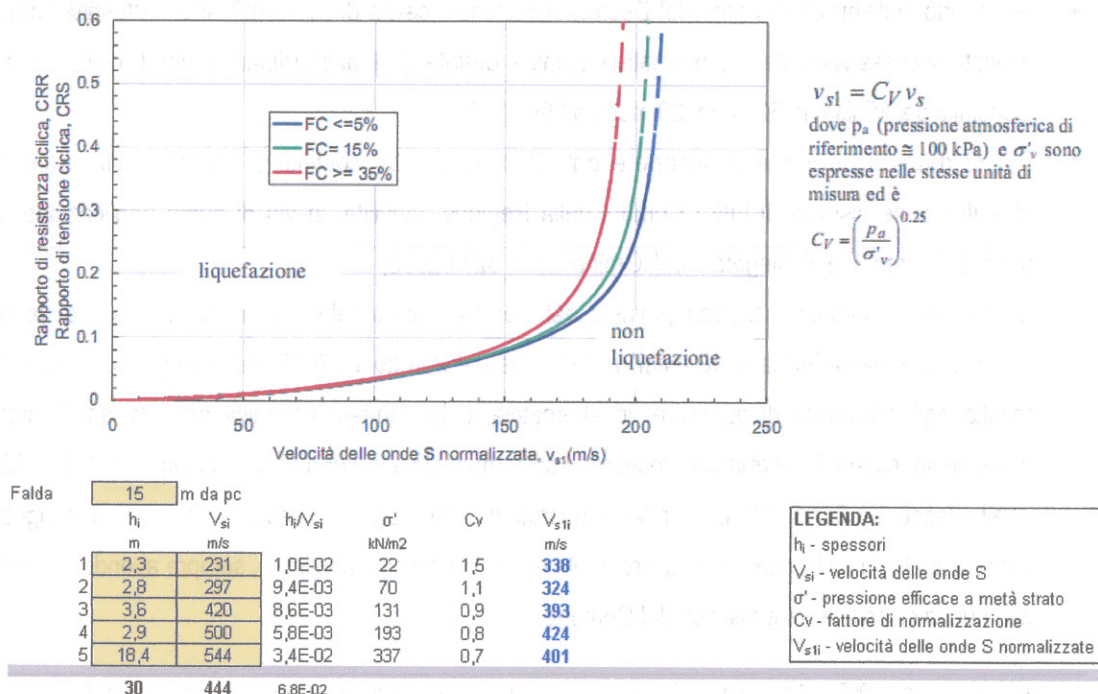
Prova CPT	n°	STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI		
		2	2	3
Strato	n°	1	2	3
Litologia	Robertson 1990	Miscela di sabbie (da sabbia limosa a limo sabbioso)	Miscela di limo (da limo argilloso ad argilla limosa)	Sabbie (da pulite a limose)
Consistenza-Addensamento		Sciolto	Plastica	Medio
Falda	m	15,0	15,0	15,0
Tetto	m	0,0	0,8	1,4
Base	m	0,8	1,4	2,0
Spessore	m	0,8	0,6	0,6
Hs	m	0,8	0,0	0,6
Hc	m	0,0	0,6	0,0
Prof. media	m	0,4	1,1	1,7
q _c	kPa	2.162	1.767	5.904
f _s	kPa	117	141	84
q _c / f _s		19	13	71
n		0,5	1,0	0,5
Q		78,69	85,85	104,03
F		5,41	8,09	1,42
I _c		2,5	2,6	2,0
Nspt		7,4	-	20,1
Hs / Nspt		0,1	-	0,0
Dr		31%	-	50%
ϕ_k		34,7	-	39,5
Hc		-	22	-
Cu _k	kPa	-	81,5	-
Hc / Cu		-	7,E-03	-
I _{comp.}		-	0,68	-
OCR		-	>10	-
γ sat	kN/m ³	20,2	19,8	19,1
MO _k	kPa	5.424	5.464	15.571
v		0,29	0,30	0,23

La stratigrafia della CPT2 mette in evidenza la presenza di sabbie e/o ghiaie mediamente addensate (Φ 39,5°) ad una profondità di 1,4m da pc.

I terreni di copertura sono costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi sciolti (Φ 34,7) e argille limose a consistenza plastica (C_u 81,5 kPa). Nel foro di sondaggio non è stata riscontrata la presenza di acque libere.

LEGENDA:	
Hs	Spessore livello granulare
Hc	Spessore livello coesivo
q_c	Resistenza alla punta (media geometrica)
f_s	Resistenza laterale media (media geometrica)
q_c / f_s	Rapporto tra q _c e f _s
n	Esponente di sforzo
Q	Fattore di calcolo I _c
F	Fattore di calcolo I _c
I_c	Indice di materiale (se > 2,6 materiale tipo argilloso)
N_{spt}	Numero di colpi SPT normalizzato
Dr	Densità relativa
φ_k	Angolo d'attrito interno - VALORE CARATTERISTICO
N_c	Fattore di calcolo [$C_u = (q_c - \sigma_{vo}) / N_c$]
C_{u_k}	Coesione non drenata - VALORE CARATTERISTICO
I_{cons.}	Indice di consistenza
OCR	Grado di sovraconsolidazione
γ_{sat}	Peso unità di volume in condizioni sature
M_{o_k}	Modulo edometrico - VALORE CARATTERISTICO
v	Modulo di poisson's

Per quanto riguarda il pericolo di liquefazione occorre ricordare che il livello medio di falda risulta > 15m da pc e che i valori delle V_{S1} (normalizzati) sono di gran lunga > 210 m/s, limite oltre il quale si esclude il fenomeno.



4.3. Stendimento sismico e definizione della V_{S30}

Lo stendimento, con tecnica MASW, a onde superficiali (R) ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{S30}) che è risultata pari a 444 m/s (modello medio).

5. AZIONE SISMICA (D.M. 14/01/2008)

5.1. Premessa

In campo geotecnico, la normativa italiana di riferimento è rappresentata dalla OPCM n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche ed integrazioni e dal Testo Unico «Norme Tecniche per le costruzioni», approvato con il Decreto Ministeriale del 14/01/2008 e contenute nel Supplemento Ordinario n. 30 della GU n. 29 del 4.02.2008. Tali testi rappresentano l'allineamento della normativa italiana agli Eurocodici.

In seguito all'entrata in vigore (23 ottobre '05) del D.M. 14/09/2005 (precedente versione delle Norme Tecniche) la Regione Emilia-Romagna ha emanato la D.G.R. n. 1677 del 24 ottobre '05 (Prime indicazioni applicative [...]) che prevede, tra le altre cose, quanto segue:

- per effetto dell'entrata in vigore del Decreto ministeriale cessa di avere efficacia (fatti salvi i profili indicati successivamente) la normativa tecnica dettata [...] dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003 [...];
- [...] si deve ritenere che a decorrere dal 23 ottobre 2005 continui a trovare applicazione la classificazione sismica di tutti i Comuni della Regione, stabilita, in via di prima applicazione, ai sensi del punto 3. dell'Allegato 1 dell'Ordinanza n. 3274/2003;
- anche per la normativa tecnica prevista dal Decreto ministeriale è stabilita una fase di prima applicazione, della durata di 18 mesi* a decorrere dal 23 ottobre 2005. Per tale periodo è data la facoltà agli interessati di applicare, in alternativa, o la normativa tecnica prevista dal Decreto ministeriale, ovvero la normativa precedente sulla medesima materia di cui alla legge n. 1086/1971 e alla legge n. 64/1974** e ai relativi decreti di attuazione. Si osserva che [...] il soggetto interessato [...] potrà soltanto scegliere quale normativa tecnica applicare, sempre avendo riguardo alla nuova classificazione sismica del Comune.

* La legge 26 febbraio 2007 n. 17 proroga al 31.12.2007 la scadenza del periodo transitorio di 18 mesi per l'applicazione, in alternativa, delle norme tecniche previgenti ovvero delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" allegate al D.M. 14.09.2005. In data 7.03.08 è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 51 del 29 febbraio 2008 la Legge 28 febbraio 2008, n. 31 – la conversione in legge del D.L. 248/2007 cosiddetto "Milleproroghe" con riferimento in particolare all'art. 20 che riguarda il **periodo di proroga all'applicazione delle nuove NTC 2008 approvate con DM 14.01.2008 e pubblicate nella G.U. del 4.02.08** che cita quanto segue:

«Art. 20. - (Regime transitorio per l'operatività della revisione delle norme tecniche per le costruzioni). – 1. Il termine di cui al comma 2-bis dell'articolo 5 del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, già prorogato al 31 dicembre 2007, ai sensi dell'articolo 3, comma 4-bis, del decreto-legge 28 dicembre 2006, n. 300, convertito, con modificazioni, dalla legge 26 febbraio 2007, n. 17, è differito al 30 giugno 2009.

In data 25/02/2009 la Camera ha approvato in via definitiva il disegno di legge di conversione del decreto 30 dicembre 2008, n. 207, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni finanziarie urgenti. Nel provvedimento, a seguito di ratifica delle modificazioni già approvate dal Senato, risulta aggiunto – all'art. 29 – il seguente comma: "1-septies. Al comma 1 dell'articolo 20 del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248, convertito, con modificazioni, dalla legge 28 febbraio 2008, n. 31, le parole "30 giugno 2009" sono sostituite dalle seguenti: **"30 giugno 2010".**"

** [...] In attuazione dell'art. 3 della legge n. 64/1974 è stato emanato quale ultimo aggiornamento di normativa tecnica il D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 5 febbraio 1996, n. 29 supplemento).

-
- [...] confermando [...] un precedente indirizzo già assunto con altra delibera della Giunta regionale n. 2329/2004, per l'utilizzo del D.M. 16 gennaio 1996 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche vanno considerate le specifiche di "sismicità media" (S = 9) per i Comuni in "zona 2" e di "sismicità bassa" (S = 6) per i Comuni sia in "zona 3" che in "zona 4".

5.2. Stati limite

Una delle novità più importanti in campo geotecnico è rappresentata dall'abbandono del concetto di carico ammissibile, per approdare all'approccio degli stati limite come di seguito specificato.

6.2.3.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (6.2.1)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (6.2.2)$$

e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (6.2.3)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k / γ_M e della geometria di progetto a_d . Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

La verifica della condizione (6.2.1) può essere effettuata, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 1, devono essere prese in considerazione entrambe le combinazioni.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

5.3. Azione sismica di riferimento (D.M. 14 gennaio 2008)

In riferimento all'individuazione della pericolosità del sito (Comune di Castelfranco Emilia), sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, mediante il software *SPETTRI DI RISPOSTA 1.0.2* messo a disposizione del Ministero dei Lavori Pubblici, in Allegato n. 5 si riportano:

- gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno di riferimento;
- i grafici di variabilità col tempo di ritorno dei valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* ;
- i valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i tempi di ritorno di riferimento.

Visti il valore della V_{s30} e le verifiche alla liquefazione, il suolo di fondazione appartiene alla categoria "B" nella quale rientrano le:

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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

6. VERIFICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI

Le verifiche geotecniche risultano in questa fase indicative e dovranno essere approfondite dallo strutturista sulla base dei dati di progetto definitivi.

Tengono conto di carichi stimati sulla base del numero dei piani di progetto (senza considerare l'effetto di eventuali momenti) e del loro incremento sulla base dei coefficienti sismici, definiti precedentemente.

Di seguito vengono riportate le tabelle riepilogative dei calcoli effettuati in riferimento alla CPT 1 (SLU) e CPT2 (SLE).

Descrizione	Simbolo	U.M.	Nastro
<i>Carico massimo di progetto</i>	W	kPa	120
<i>Larghezza</i>	B	m	0,8
<i>Lunghezza</i>	L	m	20
<i>Profondità posa</i>	D	m	1

Per la stima dell'inerzia della struttura si è fatto riferimento ai seguenti parametri.

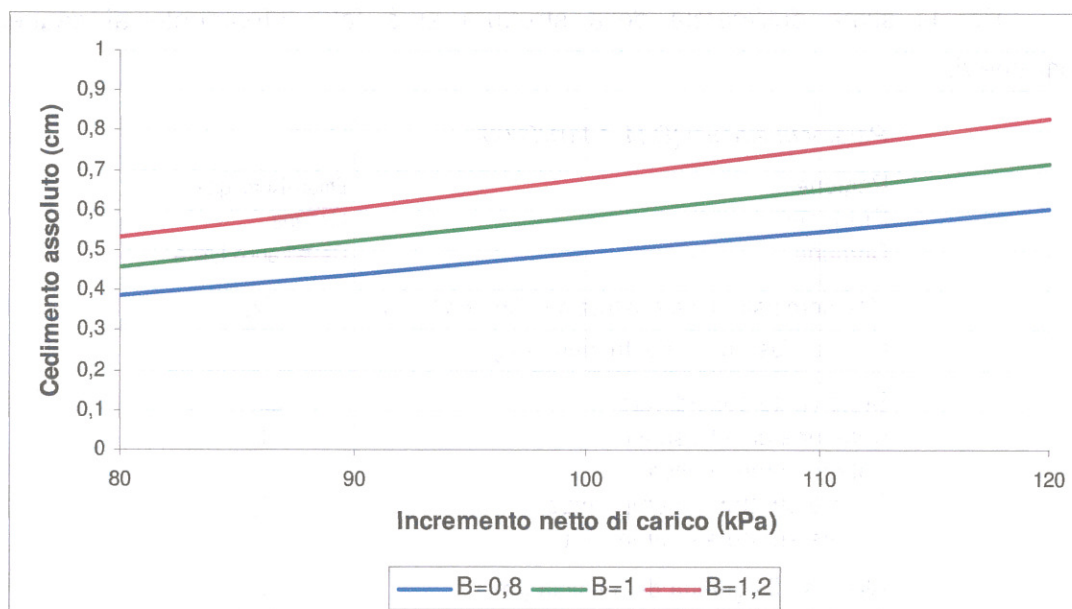
<i>Parametri sismici (D.M. 14/01/2008)</i>	
Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Modena
Comune	Castelfranco Emilia
Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	50
Classe d'uso della costruzione - c_u	2
Stato limite considerato	SLV
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Fattore struttura - comp. orizz.	2,5
Fattore struttura - comp. vert.	1,5
Altezza alla gronda dell'edificio (m)	6
Periodo fondamentale approssimato della struttura in c.a.	0,29
Inerzia della struttura - K_{hi}	0,307

In base alle verifiche preliminari effettuate, in fase esecutiva potranno essere realizzate delle fondazioni a nastro considerando indicativamente i *valori di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d)* riportati nella tabella seguente ed una profondità di posa pari ad almeno 1÷1,5m da pc.

**Riepilogo dei valori di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d)
in riferimento alle verifiche agli stati limite ultimi (SLU) ai sensi del D.M. 14/01/2008**

Ver. 01 - SLU - GEO (dimensionamento strutturale) - combinazione M1 + R1	359	kN/m ²
Ver. 02 - SLU - GEO (dimensionamento geotecnico) - combinazione M1 + R3	156	kN/m ²
Ver. 03 - SLU - STR (dimensionamento geotecnico) - combinazione M2 + R2	102	kN/m ²
Capacità portante ammissibile ai sensi del D.M. 11/03/1988	120	kN/m ²

Di seguito si riporta un grafico che evidenzia l'andamento dei cedimenti immediati in funzione dell'incremento netto di carico alla base della fondazione.



In caso di geometrie e/o carichi diversi da quelli analizzati in questa sede, tali dati dovranno essere rivisti sulla base dei dati progettuali definitivi.

7. CONCLUSIONI

Con la presente relazione geologico-geotecnica relativa al progetto di ampliamento e opere di messa in sicurezza con miglioramento sismico della scuola elementare "Tassoni" di Piumazzo (MO), sono state analizzate le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in oggetto.

A tale scopo sono state realizzate due prove penetrometriche statiche spinte sino al tetto delle ghiaie ed uno stendimento sismico, spinto ad una profondità di 30m.

La stratigrafia della CPT1 mette in evidenza la presenza di sabbie e/o ghiaie dense (Φ 43,5°) ad una profondità di 1,6m da pc. I terreni di copertura sono costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi da sciolti a mediamente addensati (Φ 33-35,5°) e argille limose a consistenza plastica (C_u 63,8 kPa). Nel foro di sondaggio non è stata riscontrata la presenza di acque libere.

La stratigrafia della CPT2 mette in evidenza la presenza di sabbie e/o ghiaie mediamente addensate (Φ 39,5°) ad una profondità di 1,4m da pc. I terreni di copertura sono costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi sciolti (Φ 34,7) e argille limose a consistenza plastica (C_u 81,5 kPa). Nel foro di sondaggio non è stata riscontrata la presenza di acque libere.

Per quanto riguarda il pericolo di liquefazione occorre ricordare che il livello medio di falda risulta > 15m da pc e che i valori delle VS1 (normalizzati) sono di gran lunga > 210 m/s, limite oltre il quale si esclude il fenomeno.

Lo stendimento, con tecnica MASW, a onde superficiali (R) ha permesso di misurare la velocità media delle onde "s" nei primi 30 m di stratigrafia (V_{S30}) che è risultata paria a 444 m/s.

In riferimento all'individuazione della pericolosità del sito (Comune di Castelfranco Emilia), sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, mediante il software *SPETTRI DI RISPOSTA 1.0.2* messo a disposizione del Ministero dei Lavori Pubblici, sono stati riportati:

- gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno di riferimento;
- i grafici di variabilità col tempo di ritorno dei valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* ;
- i valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i tempi di ritorno di riferimento.

Visti il valore della V_{S30} e le verifiche alla liquefazione, il suolo di fondazione appartiene alla categoria "B" nella quale rientrano le:

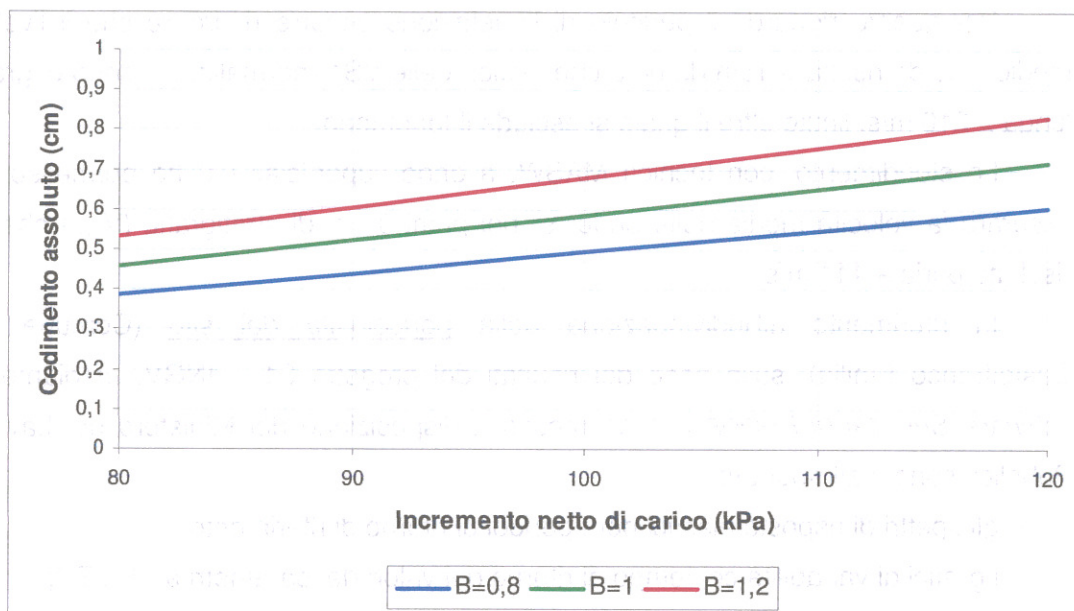
Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30}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

In base alle verifiche preliminari effettuate, in fase esecutiva potranno essere realizzate delle fondazioni a nastro considerando indicativamente i *valori di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d)* riportati nella tabella seguente ed una profondità di posa pari ad almeno 1÷1,5m da pc.

**Riepilogo dei valori di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d)
in riferimento alle verifiche agli stati limite ultimi (SLU) ai sensi del D.M. 14/01/2008**

Ver. 01 - SLU - GEO (dimensionamento strutturale) - combinazione M1 + R1	359	kN/m ²
Ver. 02 - SLU - GEO (dimensionamento geotecnico) - combinazione M1 + R3	156	kN/m ²
Ver. 03 - SLU - STR (dimensionamento geotecnico) - combinazione M2 + R2	102	kN/m ²
Capacità portante ammissibile ai sensi del D.M. 11/03/1988	120	kN/m ²

Di seguito si riporta un grafico che evidenzia l'andamento dei cedimenti immediati in funzione dell'incremento netto di carico alla base della fondazione.



In caso di geometrie e/o carichi diversi da quelli analizzati in questa sede, tali dati dovranno essere rivisti sulla base dei dati progettuali definitivi.

La presente relazione risulta conforme alle prescrizioni di cui ai:

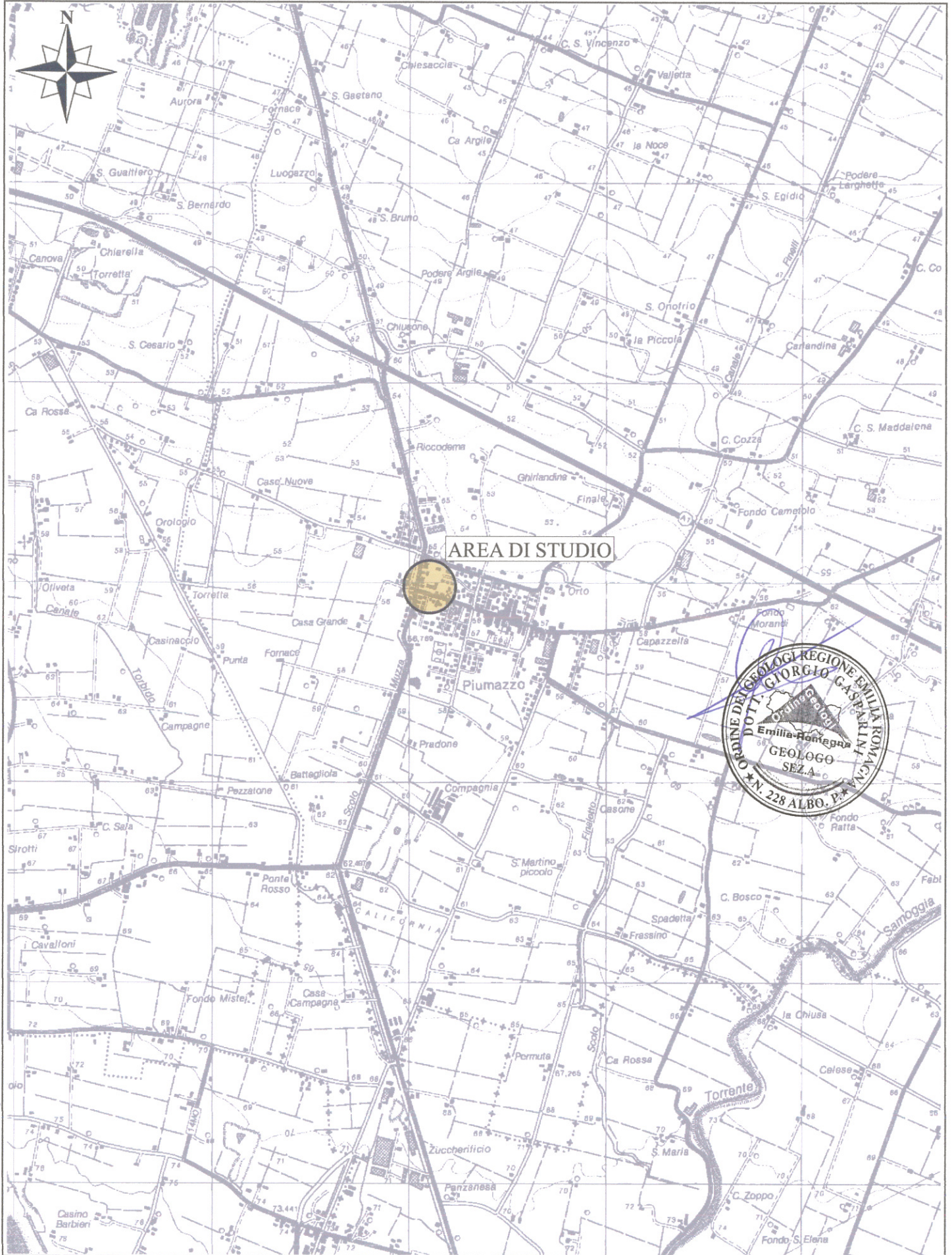
- D.M. 11 Marzo 1988;
- OPCM 3274/2003 e ss.mm.ii;
- D.M. 14 Gennaio 2008;

Bastiglia, lì 30.04.2009

Dott. ~~Giorgio~~ Gasparini

ALLEGATI

Inquadramento territoriale
Estratto da Tavola CTR n. 220NO "Castelfranco Emilia"



Ubicazione prove geognostiche
 Estratto da Sezioni CTR n. 220010 - 220050



LEGENDA:



AREA DI STUDIO



PROVA PENETROMETRICA E RELATIVO NUMERO D'ORDINE



STENDIMENTO SISMICO

**Dati e Diagrammi
delle Prove Penetrometriche Statiche**



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
Pagani TG63-100 -

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- 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 $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = 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 CT .

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	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.



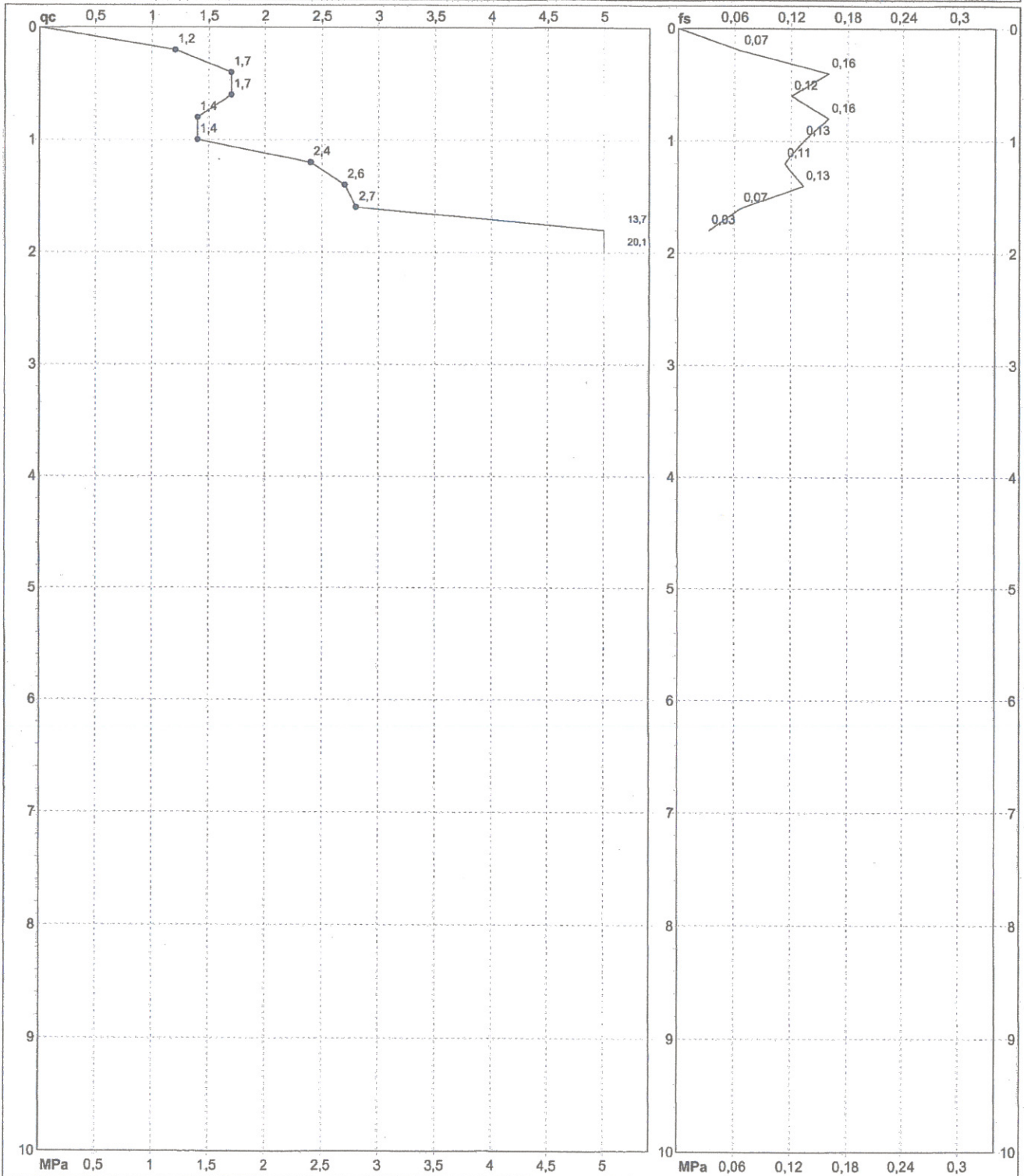
PROVE PENETROMETRICHE S.R.L.
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo)
Tel. 059-535046 - Fax: 059-539166

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n°	1
certificato n°	01537
n° verb. accett.	0501

Committente: **Comune di Castelfranco Emilia**
Cantiere: **Ampliamento scuola**
Località: **Piumazzo - Comune di Castelfranco Emilia (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec.: **24/04/2009**
Scala: **1:50** Data certificato: **27/04/2009**
Pagina: **3/3** Preforo: **m**
Elaborato: Falda: **Assente**



Penetrometro: **Pagani TG63-100**
Responsabile: **Dott. Emilio Guerzoni**
Assistente: **Dott. Davide Gualdi**

Quota inizio :
Corr.astine: **kN/ml**

Lo sperimentatore: **Dott. Emilio Guerzoni**
Il direttore laboratorio: **Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**

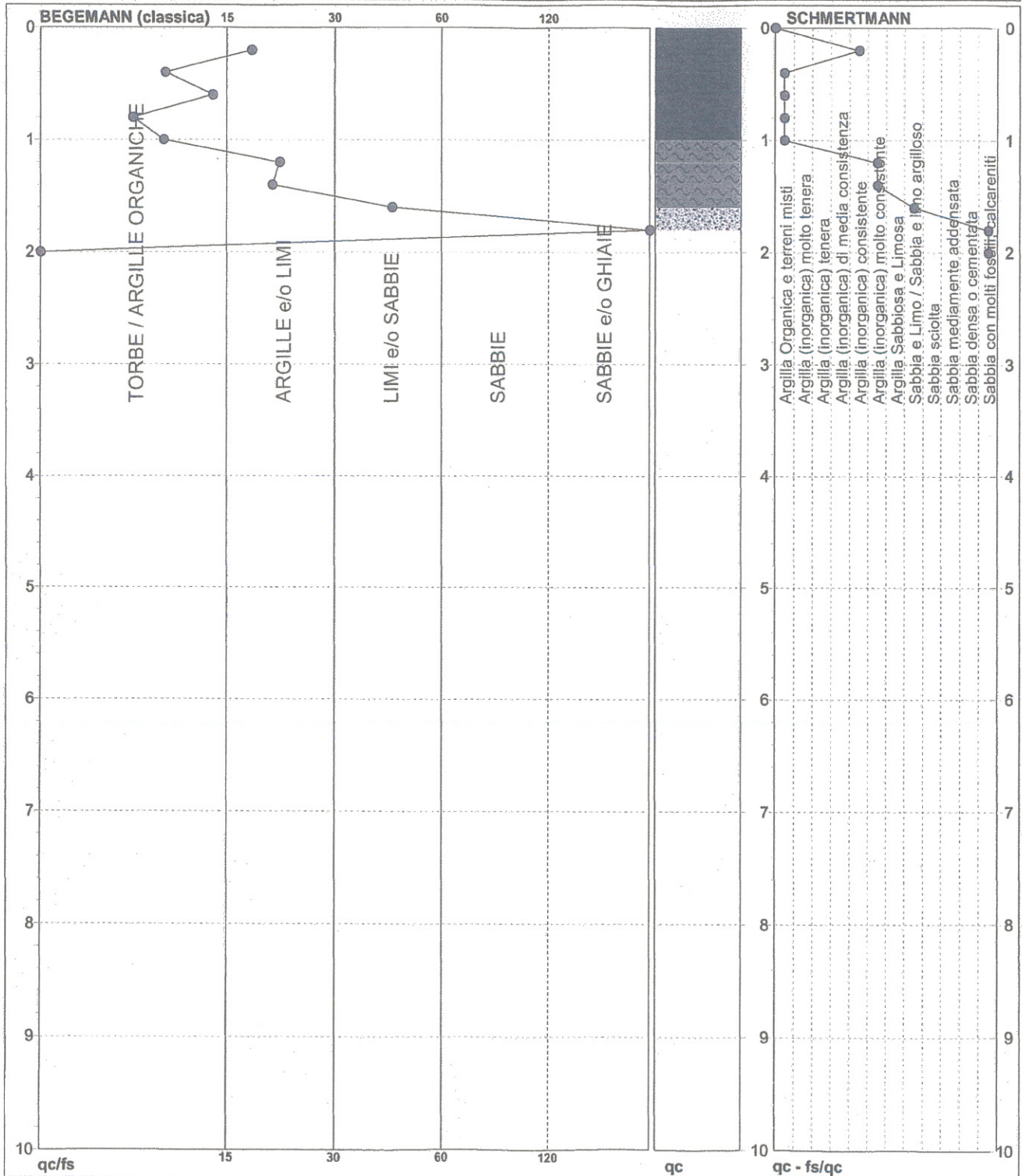
FON018

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 1

Committente: Comune di Castelfranco Emilia
Cantiere: Ampliamento scuola
Località: Piumazzo - Comune di Castelfranco Emilia (MO)

U.M.: MPa
Scala: 1:50
Pagina: 1
Elaborato:
Data exec.: 24/04/2009
Preforo: m
Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	45 punti, 91,84%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 8,16%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	0 punti, 0,00%
Argille e/o Limi :	3 punti, 6,12%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punto, 2,04%
Limi e/o Sabbie :	1 punto, 2,04%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0,00%
Sabbie:	0 punti, 0,00%	Argilla (inorganica) media consist.:	0 punti, 0,00%	Sabbia mediamente addensata:	0 punti, 0,00%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 2,04%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punto, 2,04%	Sabbia densa o cementata:	0 punti, 0,00%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 4,08%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 2,04%



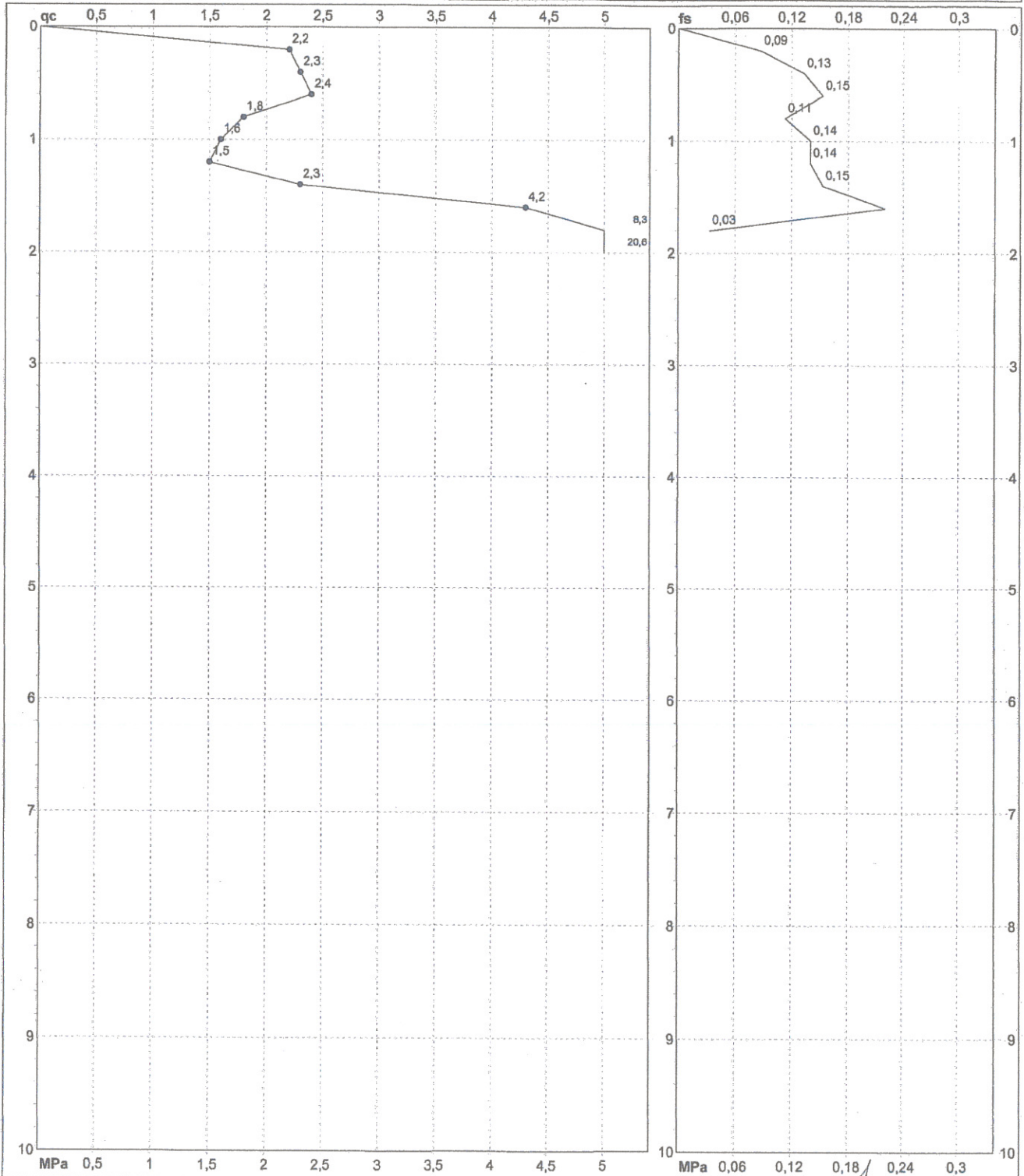
PROVE PENETROMETRICHE S.R.L.
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo)
Tel. 059-535046 - Fax: 059-539166

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n°	2
certificato n°	01538
n° verb. accett.	0501

Committente: **Comune di Castelfranco Emilia**
Cantiere: **Ampliamento scuola**
Località: **Piumazzo - Comune di Castelfranco Emilia (MO)**

U.M.: **MPa** Data esec.: **24/04/2009**
Scala: **1:50** Data certificato: **27/04/2009**
Pagina: **3/3** Preforo: **m**
Elaborato: Falda: **Assente**



Penetrometro: **Pagani TG63-100**
Responsabile: **Dott. Emilio Guerzoni**
Assistente: **Dott. Davide Gualdi**

Quota inizio :
Corr.astine: kN/ml

Lo sperimentatore: **Dott. Emilio Guerzoni**
Il direttore laboratorio: **Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**

FON018

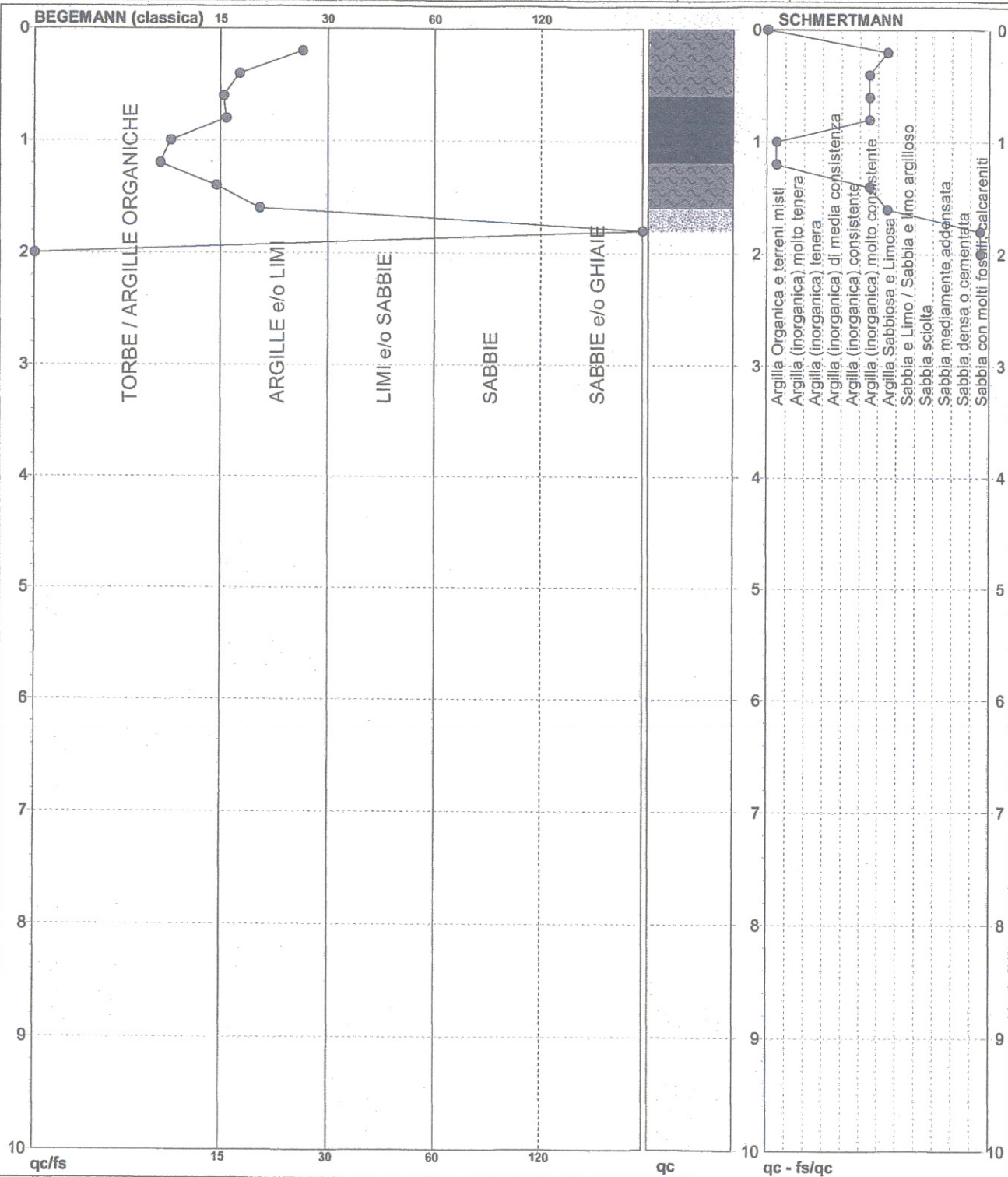
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° 2

Committente: Comune di Castelfranco Emilia
 Cantiere: Ampliamento scuola
 Località: Piumazzo - Comune di Castelfranco Emilia (MO)

U.M.: MPa
 Scala: 1:50
 Pagina: 1
 Elaborato:
 Data eseg.: 24/04/2009
 Preforo: m
 Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	43 punti, 87,76%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 4,08%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	2 punti, 4,08%
Argille e/o Limi :	6 punti, 12,24%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	0 punti, 0,00%
Limi e/o Sabbie :	0 punti, 0,00%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0,00%
Sabbie:	0 punti, 0,00%	Argilla (inorganica) media consist.:	0 punti, 0,00%	Sabbia mediamente addensata:	0 punti, 0,00%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 2,04%	Argilla (inorganica) consistente:	0 punti, 0,00%	Sabbia densa o cementata:	0 punti, 0,00%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 8,16%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 2,04%

**Dati e Diagrammi
dello Stendimento Sismico (MASW)**



DOTT. STEFANO RIGHETTI GEOLOGO

via G. Giacosa, 7
42100 Reggio Emilia (RE)
tel.: +39 0522 322516 - +39 340 8063931
Cod. fisc. RGH SFN 62T22 H294N P. IVA 01824240350

INDAGINI SISMICHE

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA:

- Sismografo PASI mod. 16SG24 a 24 canali;
- 24 geofoni verticali con sensibilità minima di 10 Hz per sismostratigrafia a rifrazione;
- 24 geofoni orizzontali con sensibilità minima di 10 Hz per determinazione della Vs30 con il metodo a rifrazione;
- 24 geofoni verticali con sensibilità minima di 4.5 Hz per determinazione della Vs30 con il metodo MASW;
- Software Winsism v. 10.0 per la determinazione della sismostratigrafia e della Vs30 con il metodo a rifrazione;
- Software WinMASW v. 4.0 Standard per la determinazione della Vs30 con il metodo MASW.

CANTIERE:

Piumazzo

LOCALITÀ: Piumazzo (MO).

DATA: 15 aprile 2009.

COMMITTENTE:

Nota: La determinazione della velocità delle onde di taglio Vs30 è realizzata ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della Del. G.R. 112/2007.



Risultati winMASW 4.0 Standard: principali dati

Per ulteriori dati risultanti delle analisi svolte vedi il file "winMASW_report.txt".

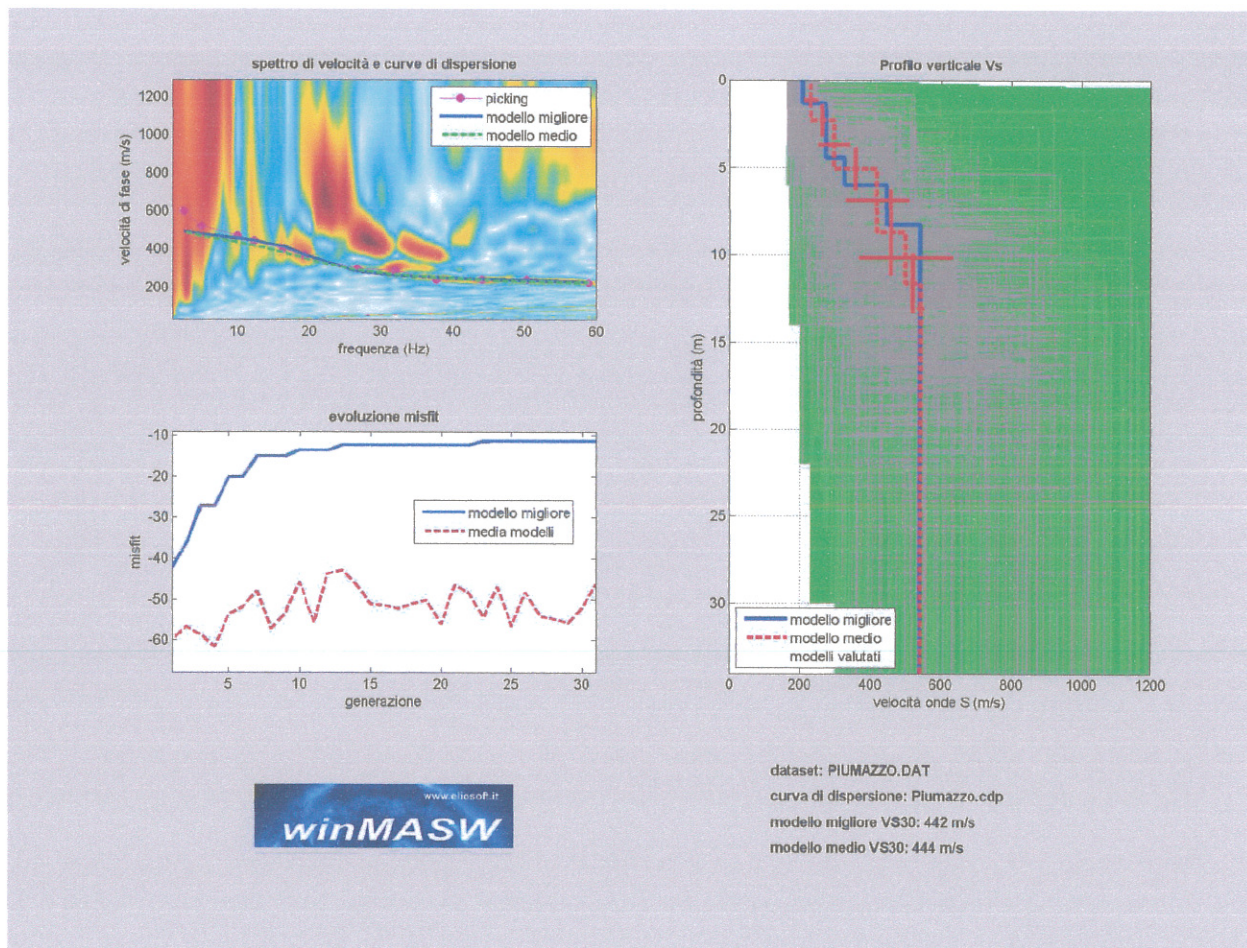
www.eliosoft.it

Data: 26 4 2009

Ora: 17 35

Dataset: PIUMAZZO.DAT

Curva analizzata: Piumazzo.cdp



Modello medio

VS (m/s): 231, 297, 420, 500, 544

Deviazioni Standard (m/s): 21, 43, 88, 132, 9

Spessori (m): 2.3, 2.8, 3.6, 2.9

Deviazioni Standard (m): 0.9, 1.2, 2.4, 1.7

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di V_p , densità e moduli elastici

Stima V_p (m/s): 454, 594, 687, 951, 1032

Stima densità (gr/cm³): 1.86, 1.93, 1.96, 2.04, 2.06

Stima modulo di Poisson: 0.33, 0.33, 0.20, 0.31, 0.31

Stima modulo di taglio (MPa): 99, 170, 346, 510, 610

Stima modulo di compressione (MPa): 251, 453, 465, 1166, 1382

Stima modulo di Young (MPa): 263, 453, 832, 1336, 1595

Stima modulo di Lamé (MPa): 185, 340, 234, 826, 975

VS30 (m/s): 444

Possibile Tipo di Suolo: B

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 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 includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

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

winMASW 4.0 Standard

Software per la determinazione dello spettro di velocità, la modellazione, l'inversione delle curve di dispersione e l'analisi delle curve di attenuazione per la stima dei fattori di qualità Q secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it

**Individuazione della
Pericolosità Sismica del Sito
(DM 14.01.2008)**

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

11,053

LATITUDINE

44,5967

Ricerca per comune

REGIONE

Emilia-Romagna

PROVINCIA

Modena

COMUNE

Castelfranco Emilia

Elaborazioni grafiche

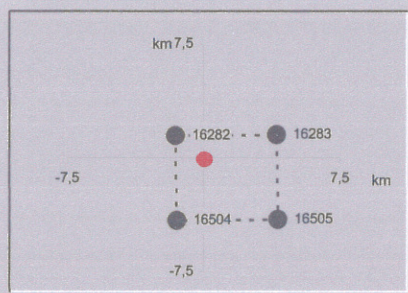
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

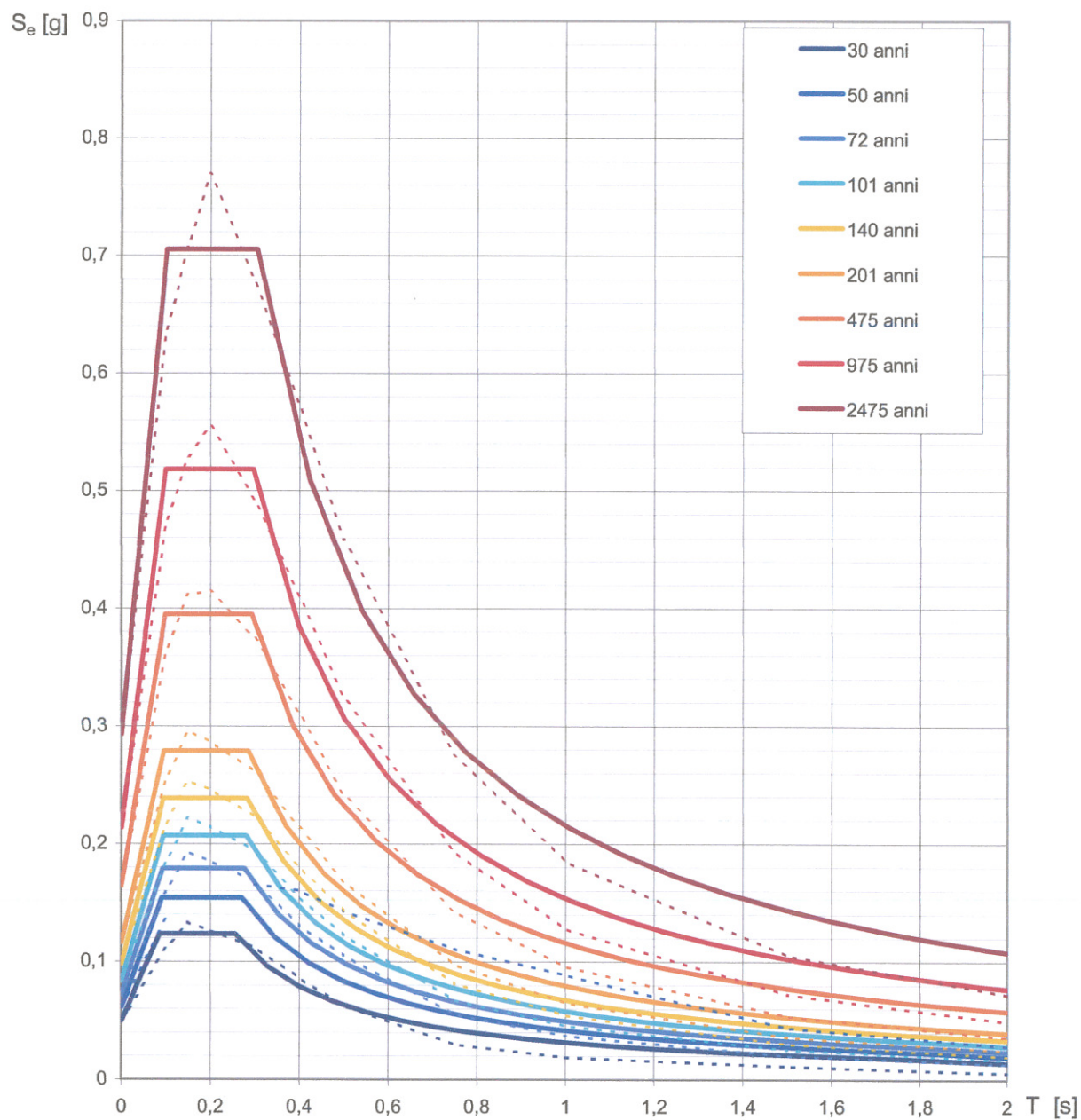
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

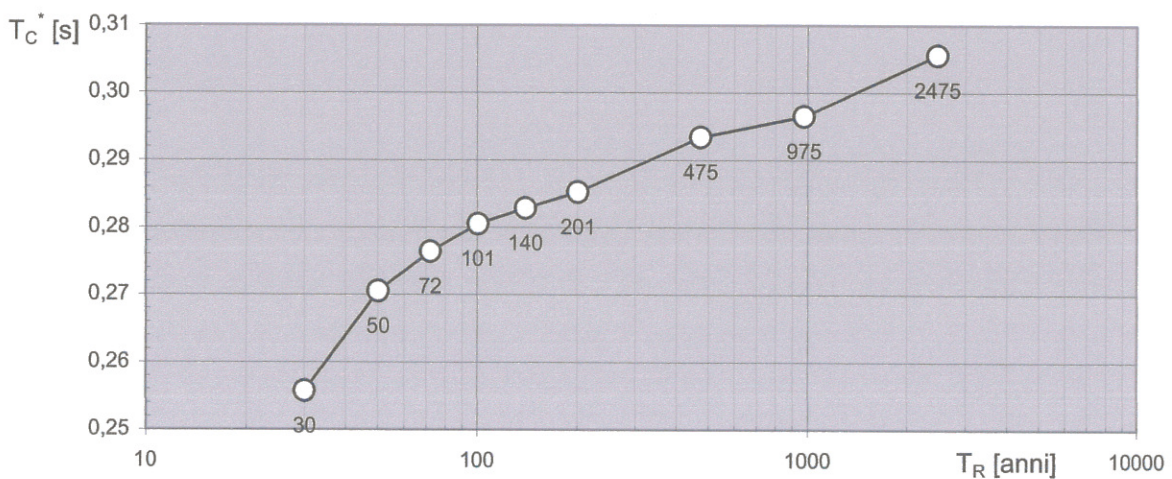
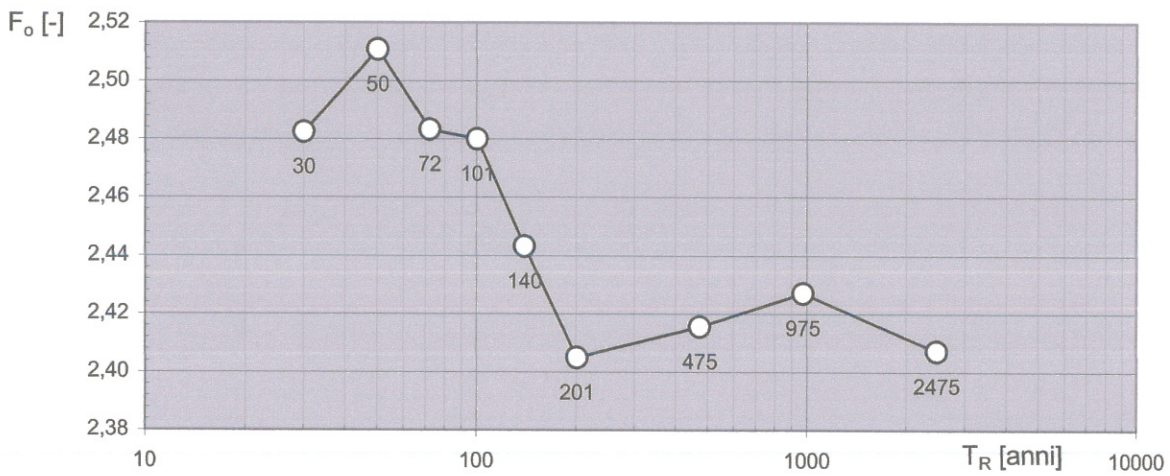
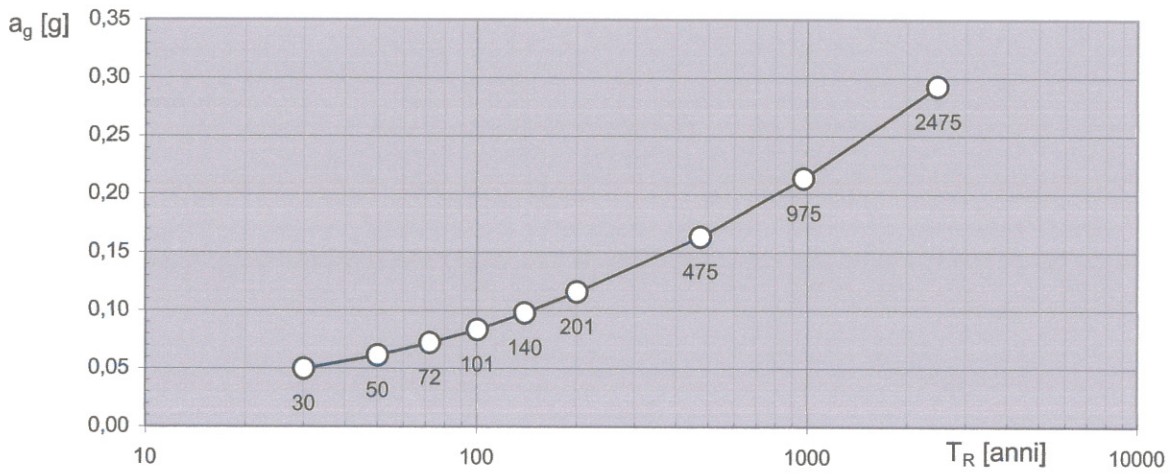


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,050	2,482	0,256
50	0,061	2,511	0,271
72	0,072	2,483	0,276
101	0,083	2,480	0,281
140	0,098	2,443	0,283
201	0,116	2,405	0,285
475	0,164	2,416	0,293
975	0,214	2,427	0,297
2475	0,293	2,407	0,306

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.