

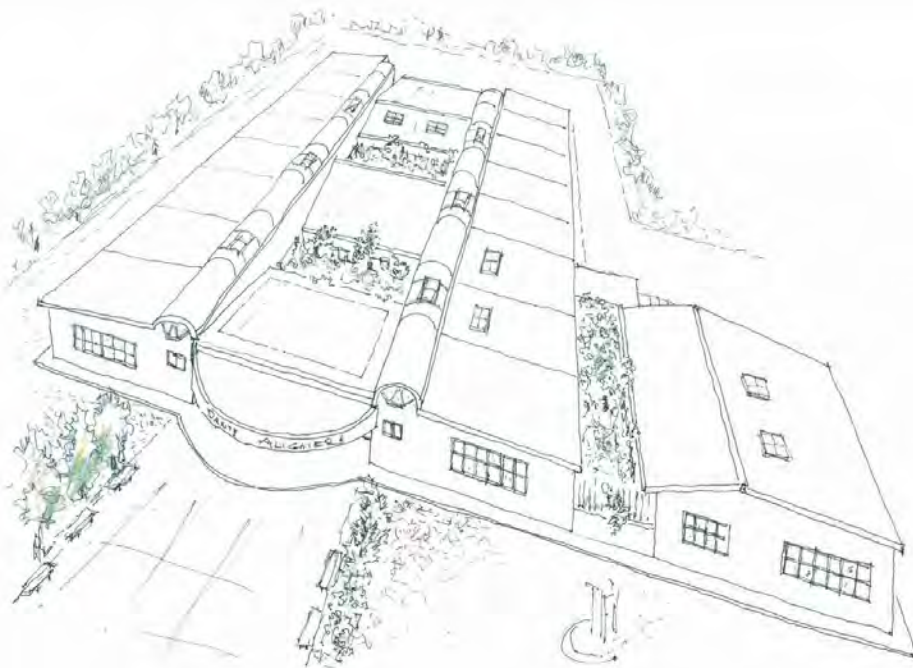
COMMISSARIO DELEGATO

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

STRUTTURA TECNICA COMMISSARIO DELEGATO

COMUNE DI SAN PROSPERO (MO)
REALIZZAZIONE DI UNA SCUOLA
SECONDARIA DI I° GRADO

PROGETTO PRELIMINARE



IL R.U.P.
Ing. Manuela Manenti

PROGETTISTA
Arch. Alfiero Moretti

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

ELABORATO:

RELAZIONI GEOLOGICO - GEOTECNICHE

Bologna, LUGLIO 2014

SCALA:

TAV.

Allegato B.2

RELAZIONE GEOGNOSTICA SULLE INDAGINI ESEGUITE IN SITO

MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO E CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO “DANTE ALIGHIERI”

ANALISI SISMICA DEL SITO RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

D.P.R. 380/2001

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

Atto C.P. 112 del 22/07/2008 di Adozione della Variante Generale al P.T.C.P. della
Provincia di Modena approvato con D.C.P. n°46 del 18/03/2009

COMMITTENTE: COMUNE DI SAN PROSPERO

CANTIERE : SAN PROSPERO – VIA CHILETTI

UBICAZIONE CATASTALE: Foglio n. 20 – Mappali n. 124

DATA: LUGLIO 2014



1.PREMESSA.....	3
2.RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3.MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	4
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO.....	4
3.2 DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	7
3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE.....	10
3.4 INTERPRETAZIONE LITOLOGICA	11
3.5 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI	13
4. ANALISI SISMICA RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO	15
4.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	15
4.1.1 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana.....	15
4.2 MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO.....	18
4.2.1. Definizione categoria sismica mediante analisi del sottosuolo in sismica passiva HVRS e attiva in onde Rayleigh con metodo HoliSurface	18
4.2.2 Modello sismico del sottosuolo	18
4.3 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	21
4.3.1 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito.....	22
Analisi del rischio di liquefazione con metodo di Robertson & Wride (1997) con prove penetrometriche meccaniche CPT	24
Analisi del rischio di liquefazione con metodo di Idriss e Boulanger (2008) con prove penetrometriche elettriche CPTU	30
4.3.2 Valutazione fattore di amplificazione litologica e parametri spettrali.....	43
5. ANALISI RESISTENZE DI PROGETTO.....	46
6. CONCLUSIONI.....	56
ALLEGATI.....	61

1.PREMESSA

Su incarico e per conto del Committente si produce una modellazione geologica del sito, una analisi di pericolosità sismica locale, riportando gli effetti attesi, e una caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dell'area interessata dalla demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado "Dante Alighieri", sita in Via Chiletti, in Comune di San Prospero sulla Secchia.

La caratterizzazione litologica di dettaglio e la definizione dei parametri geotecnici dei terreni sono ricavati dai risultati di due prove penetrometriche statiche di tipo meccanico e da una prova penetrometrica con punta elettrica, eseguite in sito in data 15/07/2014, dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Le prove sono state spinte ad una profondità variabile di – 21.00 m e – 35.00 m dal p.c.

Al fine di produrre un analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono eseguite una prova di sismica passiva HVSR a stazione singola (Gemini2@PASI Srl) e due prove di sismica attiva tipo HoliSurface in onde Rayleigh realizzata in sito in data 15/07/2014.

Le prove sismiche sono state realizzate dallo Studio di Geologia Tecnica Dott. Geol. Lorenzo del Maschio di cui si allega in epigrafe relazione di modellazione sismica (All. n.6).

Scopo dell'indagine è stato fornire un modello geologico dell'area in epigrafe e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda del sito. Viene prodotta un'analisi di pericolosità sismica locale che riporta il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso, il valore di accelerazione atteso in superficie, il valore della frequenza fondamentale del sito e i parametri spettrali, viene verificata la predisposizione a fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi e limo-sabbiosi saturi presenti.

Il rapporto delle prove penetrometriche statiche eseguite in sito e l'ubicazione delle indagini sono allegati alla presente relazione. All. n. 1 e 2 .

2.RIFERIMENTI NORMATIVI

D.P.R. 380/2001

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

3. MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO

La zona oggetto di studio si trova nel centro cittadino di San Prospero, in zona residenziale.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44°47'17.96"N e 11°01' 38.30"E .

Il sito ha accesso da Via Chiletti.

I centri abitati vicini sono:

Cavezzo a circa 5.40 Km a nord

Frazione Solara a circa 5.20 Km a est-sud-est

Frazione Sorbara a circa 4.60 Km a sud-sud-ovest

Rovereto sulla Secchia a circa 8.00 Km a nord.ovest

Oltre che a varie case sparse di campagna.

Il territorio del Comune di San Prospero è situato a Nord della provincia di Modena e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena redatto nel Marzo 2000, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 2 "Dossi e zone più rilevate nella Bassa e Media Pianura".

Nell'ambito del PTCP per unità di paesaggio è stato inteso individuare un territorio che presenta elementi omogenei nel paesaggio che ha subito la stessa formazione ed evoluzione.

I caratteri ambientali dell'Unità di Paesaggio n. 2 sono rappresentati dalla trama degli antichi paleovalvei fluviali, morfologicamente emergenti sull'intorno delle aree vallive riscattate dalla bonifica. Sono presenti vari dossi con disegno complesso e con digitazioni dall'andamento vario; le caratteristiche morfologiche dei dossi hanno determinato storicamente la disposizione delle infrastrutture e degli insediamenti per evidenti ragioni di sicurezza nei confronti della divagazione delle acque, prima e durante le grandi opere di bonifica.





I principali caratteri ambientali sono una limitata vegetazione spontanea, a seguito dell'estensione delle coltivazioni agrarie su tutto il territorio, a quella erbacea tipica degli ambienti umidi e dei canali. E' quasi assente la vegetazione arborea, che attualmente ha un carattere marginale ed è costituita da alberi isolati peraltro molto radi. La fauna è quella tipica delle campagne coltivate con una concentrazione di fauna ornitica di passo e stanziale, in corrispondenza delle zone umide.

L'orientamento produttivo prevalente è il seminativo estensivo con pressochè totale assenza della zootecnia e rarefazione delle produzioni frutticole, mentre sui dossi le caratteristiche pedologiche, generalmente buone, favoriscono lo sviluppo di colture orticole e frutticole di maggior pregio e coltivazioni di tipo intensivo rispetto alle adiacenti zone vallive.





L'orientamento agronomico prevalente delle aziende è a carattere viticolo e zootecnico. Sono presenti anche aziende di grandi dimensioni a carattere misto, in cui permane anche la produzione frutticola, ed aziende di tipo estensivo a seminativi.

Nel PRG Vigente l'area di ubicazione della struttura è classificata in zona G2 "Zone di attrezzature pubbliche di servizio – Attrezzature per l'istruzione (art.32)".

10 - ZONE OMOGENEE G (ZONE DESTINATE AD ATTREZZATURE PUBBLICHE)

-  G1 - VERDE PUBBLICO ATTREZZATO A PARCO PER IL GIOCO - ART. 32
-  G2 - ZONE PER ATTREZZATURE PUBBLICHE DI SERVIZIO - ART. 32
- IS - ATTREZZATURE PER L'ISTRUZIONE
- CH - ATTREZZATURE PER IL CULTO
- CO - ATTREZZATURE COMUNI
-  - ZONA DI INTERSCAMBIO
-  PARCHEGGI

1 - ZONE OMOGENEE B (RESIDENZIALI DI COMPLETAMENTO)

-  B1a - PARTI GIA' EDIFICATE NORMALI - ART. 22
-  - PARTI GIA' EDIFICATE NORMALI A DENSITA' MAGGIORE - ART. 22
-  B1b - PARTI GIA' EDIFICATE SPECIALI - ART. 22
-  B2 - AREE INTERCLUSE DI COMPLETAMENTO INEDIFICATO - ART. 22
- B3 - AGGLOMERATI E NUCLEI DI VECCHIO IMPIANTO - ART. 22
- B4 - ZONE DESTINATE A RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA - ART. 22

2 - ZONE OMOGENEE C (RESIDENZIALI DI ESPANSIONE)

-  C1 - ZONE CON STRUMENTO ATTUATIVO IN ATTO - ART. 23
-  C2 - ZONE DA ASSOGGETTARE A STRUMENTO ATTUATIVO - ART. 23

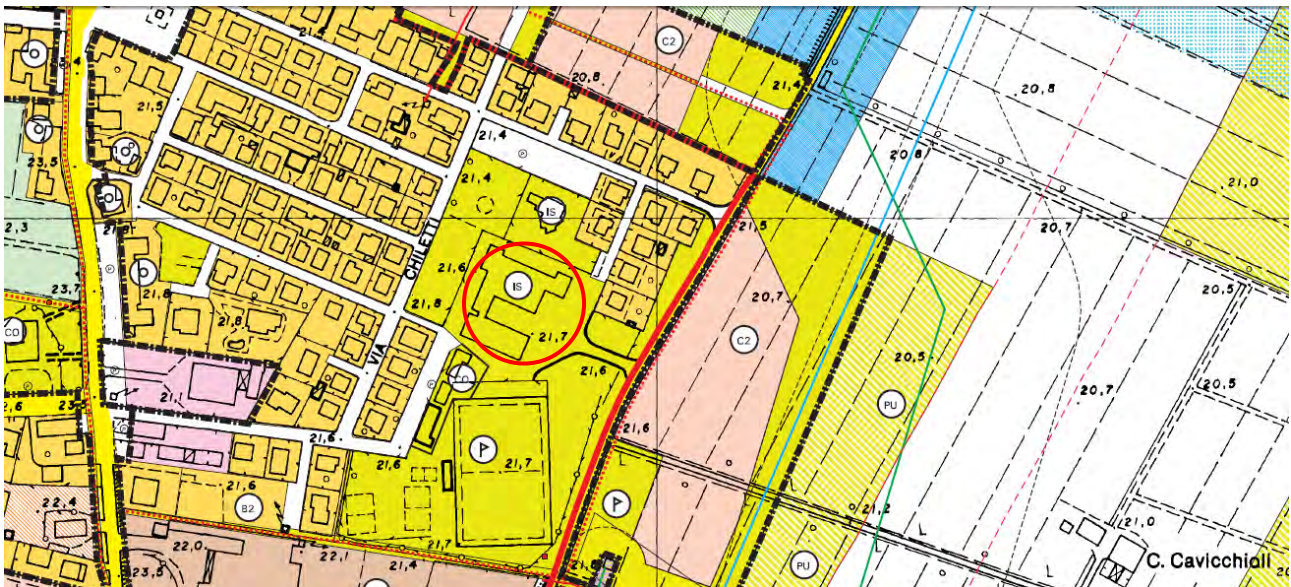


Fig. 1: Stralcio PRG Vigente con indicata la zona di ubicazione del sito di intervento.

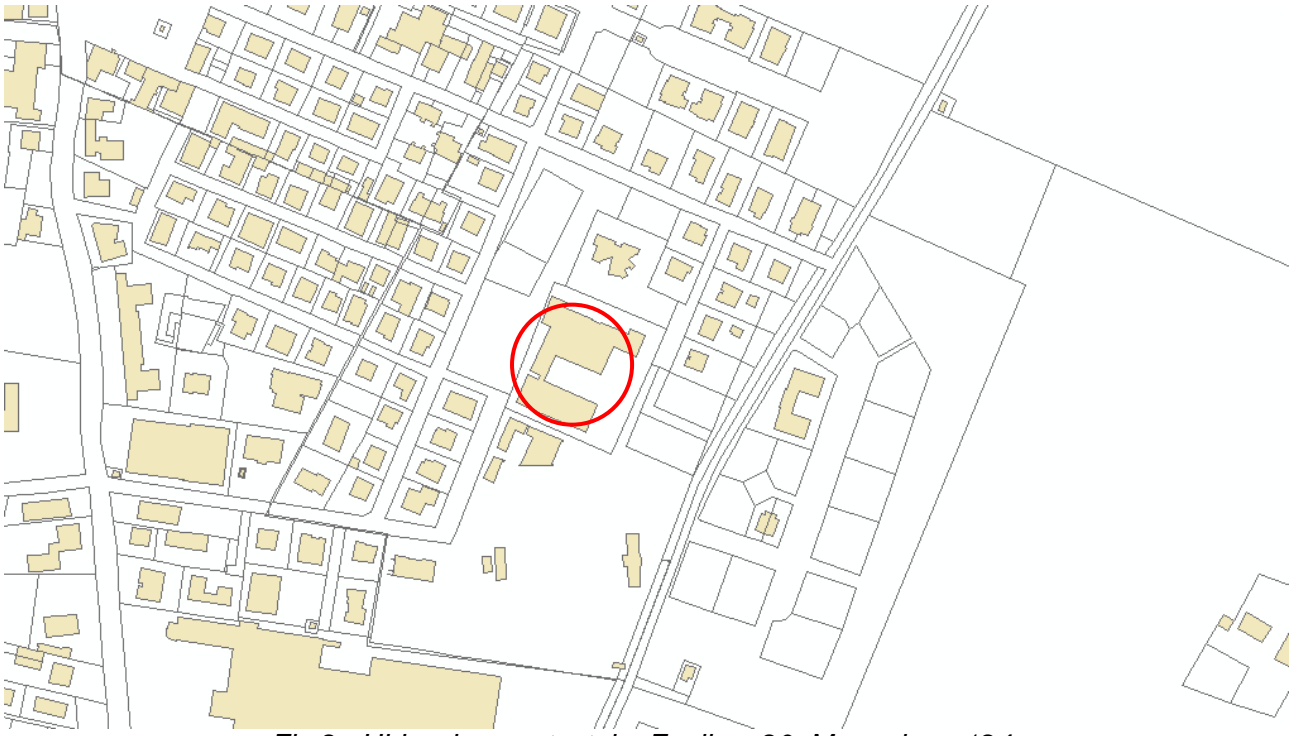


Fig.2: Ubicazione catastale. Foglio n.20; Mappale n. 124.

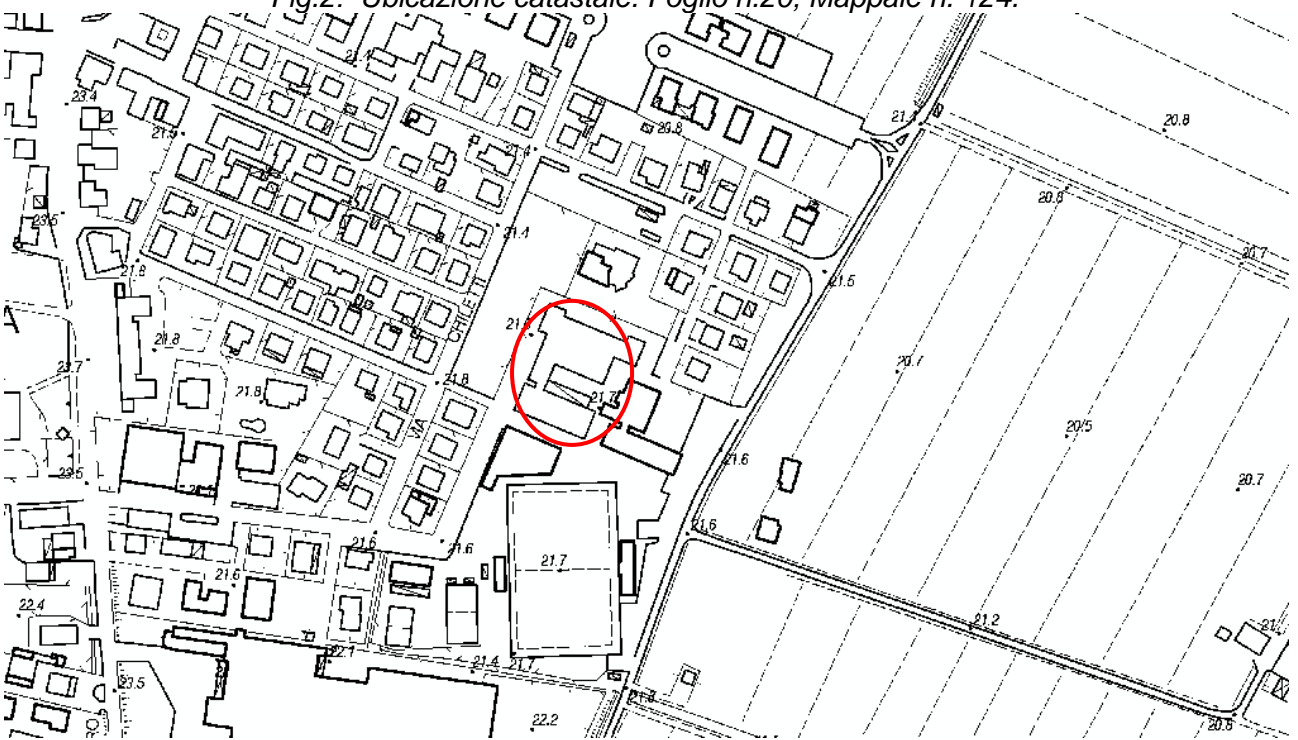


Fig.3: Carta Tecnica Regionale.

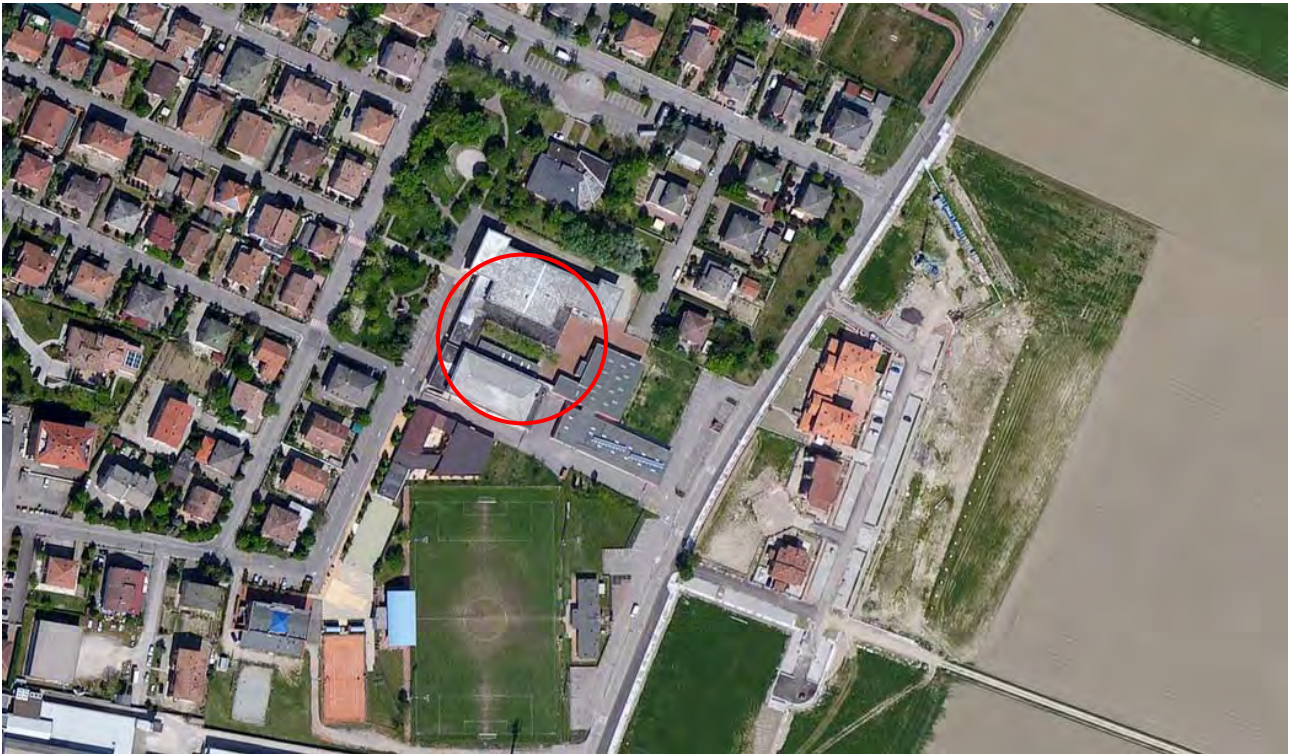


Fig.4: Ortofoto.

3.2 DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il Comune di San Prospero è inserito nella pianura alluvionale entro la quale, negli ultimi 4.000-5.000 anni dell'Olocene, gli affluenti appenninici del fiume Po (Secchia e Panaro), hanno determinato l'attuale assetto morfologico ed altimetrico del territorio che, a sua volta, dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico. I fiumi, che scorrono in questa porzione di bassa pianura, si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva, a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto. Questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani, in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo, il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando dossi di tracimazione (argini naturali), ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte. Tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

La distribuzione dei paleoalvei e, più in generale delle unità geomorfologiche degli argini naturali e dei bacini interfluviali, ha condizionato e condiziona tuttora sia l'assetto idraulico di superficie che la distribuzione degli insediamenti antropici, soprattutto storici. Le strutture rilevate (paleoalvei), vere e proprie direttrici geomorfologiche, sono state infatti sede preferenziale dello sviluppo insediativo e viario, a causa della migliore difesa dalle

esondazioni e delle migliori condizioni geotecniche dei terreni. Al contrario le aree depresse, specie nelle zone di vera e propria conca, sono state sede di paludi ed acquitrini fino alla avvenuta bonifica. Le conche morfologiche rappresentano ancora le aree di maggior rischio idraulico, non solo in caso di esondazione ma anche nel caso di eventi pluviometrici di eccezionale durata e/o intensità, che possono mettere in crisi la rete scolante o produrre ristagni di acqua, favoriti anche dalla scarsa permeabilità della litologia di superficie.

I paleoalvei, quindi, sono aree generalmente più elevate di qualche metro rispetto al contorno, la tessitura granulometrica risulta variabile dal franco al franco - sabbioso; sono zone di infiltrazione meteorica con percentuali variabili dal 20 - 30 % del totale.

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse, dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione. Per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

In questo meccanismo "naturale" è intervenuto l'uomo che, innalzando argini artificiali ed emungendo acqua dal sottosuolo, accelerando i processi di costipazione e di subsidenza, ha modificato la dinamica deposizionale e quindi l'assetto morfologico del territorio.

La costruzione di argini artificiali, in questa zona, si è completata nel XV secolo. A partire da questo periodo, i fiumi sono stati canalizzati entro percorsi ben definiti e non hanno più avuto la possibilità di aprirsi, dopo un rotta, nuovi percorsi. Di conseguenza, le alluvioni degli ultimi 500 anni hanno determinato un classamento ben preciso dei depositi per cui troviamo sedimenti più grossolani e sedimenti più fini rispettivamente nelle vicinanze e nelle zone più lontane dai percorsi attuali dei fiumi. Questo spiega perchè antichi dossi corrispondenti a paleoalvei siano stati ricoperti da sedimenti più fini che hanno notevolmente uniformato la morfologia dell'area.

Altre forme di notevole interesse sono i numerosi ventagli d'esondazione che indicano che in quel punto del fiume si è verificata una rotta non contrastata da interventi di riparazione degli argini.

La zona si trova ubicata in un'area priva di rilevanti morfostrutture, come indicato nell'estratto della carta "Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali" del PTCP della Provincia di Modena approvato il 18 Marzo 2009 di cui si riporta uno stralcio.

Rete idrografica e risorse idriche superficiali e sotterranee

	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)
Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi bacini e corsi d'acqua (Art. 9)	
	Fasce di espansione inondabili (Art. 9, comma 2, lettera a)
	Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)
	Compresenza di fasce di espansione inondabili e zone di tutela naturalistica
	Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)
Dossi di pianura (Art. 23A)	
	Paleodossi di accertato interesse (Art. 23A, comma 2, lettera a)
	Dossi di ambito fluviale recente (Art. 23A, comma 2, lettera b)
	Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)

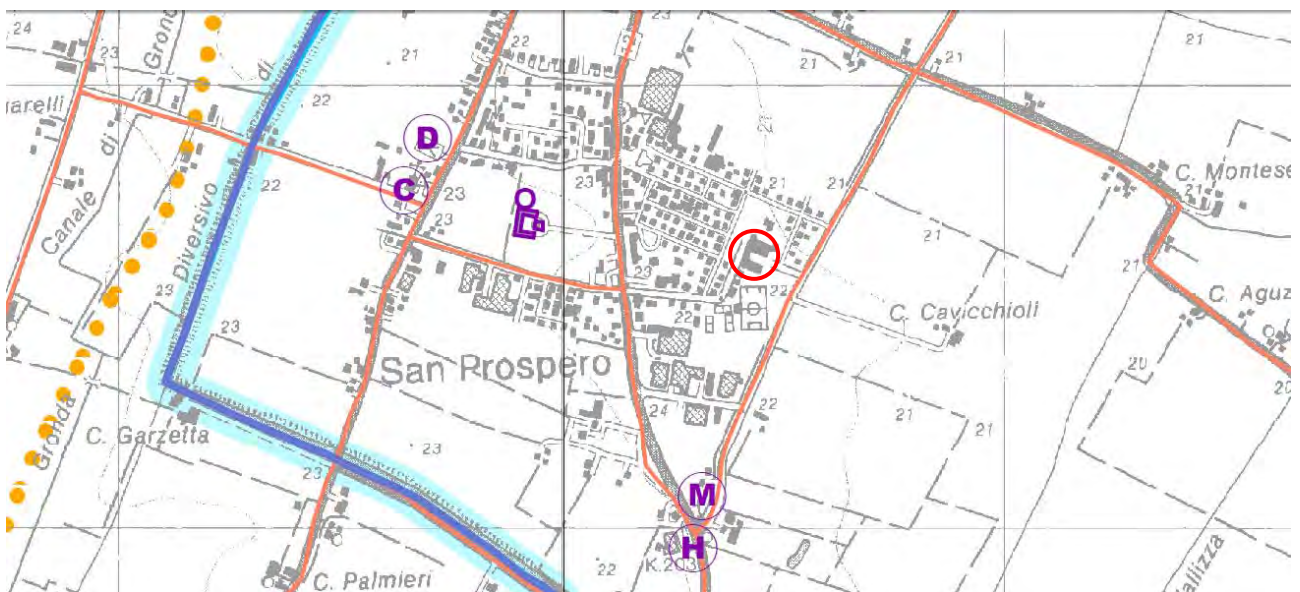


Fig.5: Estratto della tav. 1.1.02 PTCP "Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali" del PTCP.

3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE

Sulla base del contesto geologico dell'area e del tipo di caratterizzazione geotecnica richiesta, l'indagine in sito è stata condotta mediante esecuzione di numero 2 prove penetrometriche statiche meccaniche e di numero 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica.

La prova meccanica è stata realizzata con un penetrometro statico da 300 KN dotato di punta meccanica " jacket friction cone" in cui l'avanzamento automatico è regolato da centraline elettroniche.

La prova penetrometrica statica consiste nell'infingere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente ma con continuità lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta.

L'infissione avviene tramite un pistone idraulico che spinge la batteria di aste su cui è montata la punta a velocità costante di 2 cm/s con una tolleranza di ± 5 mm/s, l'avanzamento è automatico e regolato da centraline elettroniche.

Il penetrometro meccanico possiede il manicotto di attrito che si muove indipendentemente dalla punta secondo il metodo Begemann.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati al martinetto che esercita la spinta. L'acquisizione dati viene rilevata da manometri meccanici a bagno d'olio con sensibilità minima pari a 0.1 Bar.

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

- punta conica meccanica $\phi = 35.7$ mm - angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - area punta $A_p = 10$ cm²
- manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" $\phi = 35.7$ mm. – h = 133 mm. – sup.lat. $A_m = 150$ cm²
- le aste sono doppie: una cava $\phi = 36$ mm. e una, il cui diametro è tale da essere contenuta all'interno delle aste cave

Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

- la resistenza alla punta q_c in MPa
- la resistenza laterale locale f_s in MPa
- la linea a destra rappresenta il rapporto q_c/f_s (numero puro).

Per quanto concerne la prova penetrometrica con punta elettrica, viene utilizzata una punta Envi Memocone montata su penetrometro statico da 300 KN. Le caratteristiche di infissione sono le medesime delle prove penetrometriche statiche meccaniche. La punta elettrica con piezocono "Envi Memocone" è dotata di inclinometro per la determinazione in continuo delle caratteristiche litologiche e idrauliche dei terreni.

Le proprietà della punta elettrica Envi Memocone sono:

- area di punta = 10 cm²
- diametro = 35.7 mm
- area netta = 6.6 cm²

- superficie del manicotto = 150 cm^2
- lunghezza del manicotto = 133.7 cm^2
- area superiore del manicotto = 2.22 cm^2
- area inferiore del manicotto = 3.31 cm^2
- lunghezza totale della punta elettrica = 600 mm
- peso complessivo = 3 kg
- il raccordo piezocono-aste è caratterizzato da un diametro di 35.7 mm e da una lunghezza di 250 mm.

I sensori di resistenza alla punta sono costituiti da 8 estensimetri da 350 Ohm a ponte completo con bilanciamento di zero. Il fondo scala è di 500 kg, la risoluzione di 0.1 kg/cm^2 , la precisione $< \pm 1\% \text{ F.S.}$, il valore minimo misurabile – 13 kg/cm^2 e la deriva termica di zero $< 0.05\% \text{ F.S./C}^\circ$.

Nei diagrammi delle prove dove sono graficati i seguenti valori:

- il primo riquadro rappresenta la resistenza alla punta q_c (tip resistance), espressa in MPa,
- il secondo diagramma rappresenta la resistenza d'attrito laterale f_s , espressa in Mpa,
- il terzo diagramma rappresenta il rapporto f_s/q_c , espresso in % ,
- la quarta strisciata rappresentano l'andamento della pressione interstiziale u (pore pressure), espressa in Mpa,
- l'ultimo riquadro rappresenta l'inclinazione della prova rispetto la verticale espressa in gradi (degr).

3.4 INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

La natura litologica dei terreni, oggetto delle prove penetrometriche, è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante "Guide for estimating soil type from dutch friction-cone ratio" (after Schmertmann, 1969), Raccomandazioni A.G.I. 1977.

Le sequenze stratigrafiche si presentano omogenee nei tre punti di prova con diversi livelli litologici:

- Al di sotto del riporto, dello spessore di 0.80 m, fino alla quota di – 27.80 m sono presenti argille limose compatte con rari livelli sabbiosi non continui in quanto presenti solo nella prova n. 1;
- da – 27.80 m a – 30.80 m si evidenziano sabbie mediamente addensate;
- da – 30.80 m alla quota di fine prova si evidenziano argille compatti.

Di seguito si riporta lo schema della sequenza stratigrafica dedotta dalle prove

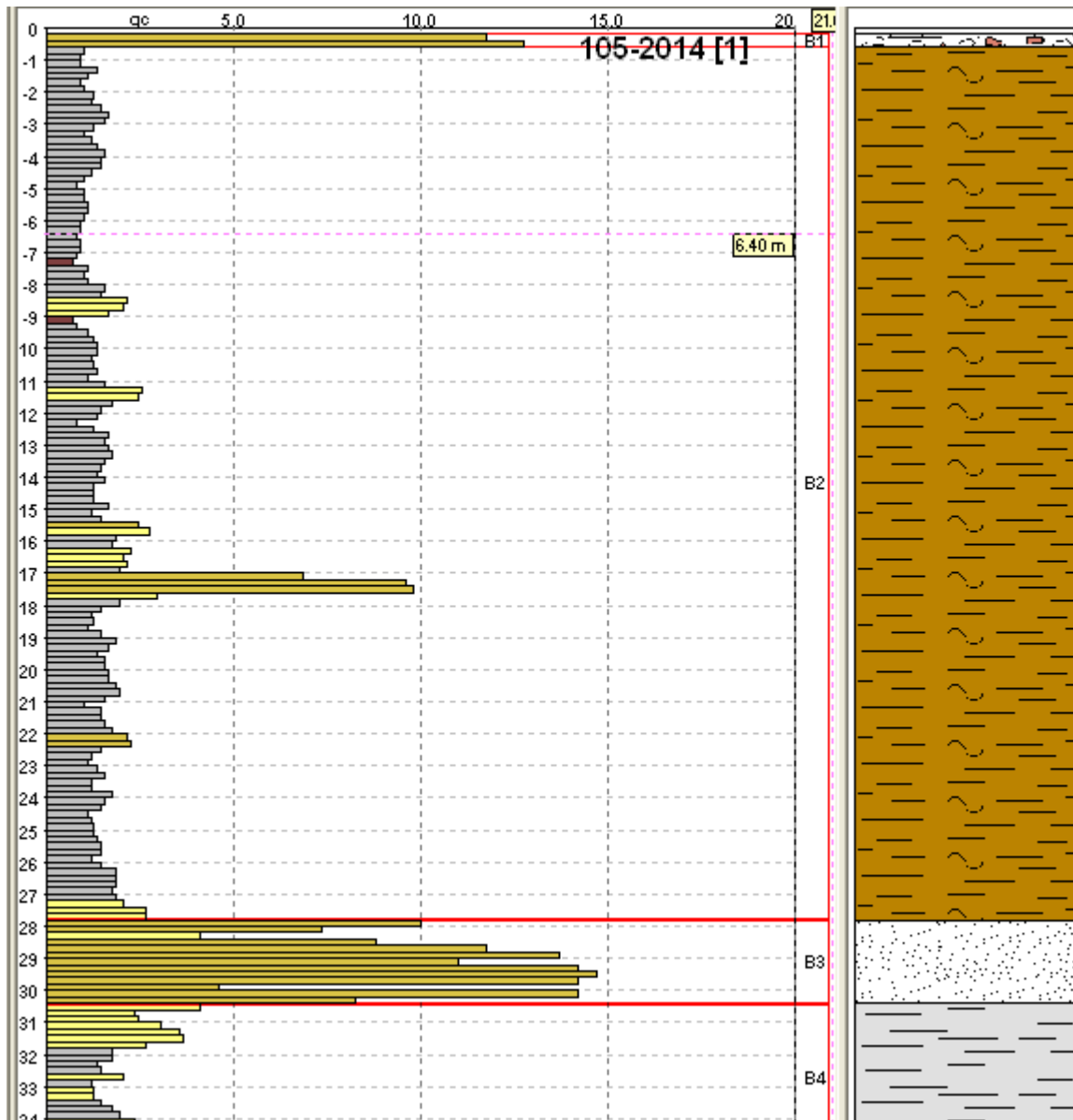


Fig.6: Schema sequenza stratigrafica CPT

In allegato (All. n.3) si riportano:

valori della lettura di campagna della prova CPT, ogni 20 cm,

- valori della q_c (MPa),
- valori della f_s (KPa),
- valori della q_c/f_s (F) (numero puro)
- valori della f_s/q_c % (Rf)

Valori della prova CPTU, ogni 2 cm relativi a

- q_c (MPa),
- pure pressione (KPa)
- f_s (KPa)
- inclinazione dalla verticale in °.

3.5 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI

Al fine di caratterizzare i singoli strati della sequenza litologica, riscontrata dalle indagini, si riportano nella tabella di seguito, i parametri geotecnici (valori meccanici del terreno) **medi** per ogni singolo strato individuato.

n°	m1	m2	qc	fs	qc/fs'	Y'	d'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	σSc2	σCa	σKo	σDB	σDM	σMe	F.L.s	F.L.I	E'50	E'25	Mo
	m	m	kg/cm²	kg/cm²	-	t/m²	kg/cm²	m/sec	kg/cm²	-	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	%	()	()	()	()	()	()	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²
1	0.20	0.60	125.00	0.90	138.89	1.85	0.09	341	--	--	--	--	--	100.0	43.3	45.7	43.4	40.3	45.0	35.0	--	--	208.3	312.5	175.00
2	0.60	27.80	16.53	0.84	19.66	0.98	1.50	155	0.64	3.69	307.7	461.6	49.5	14.9	33.0	23.6	20.3	19.1	27.1	28.4	--	--	53.6	80.5	96.55
3	27.80	30.40	107.46	0.97	110.26	1.02	2.91	317	1.40	2.61	731.5	1097.3	126.0	45.9	36.8	27.3	24.2	22.7	31.0	34.0	--	--	179.1	268.7	122.38
4	30.40	35.00	23.39	1.10	21.28	0.95	3.26	179	0.87	1.23	509.2	763.8	71.6	2.6	31.6	20.0	16.5	15.7	25.1	28.2	--	--	44.6	66.9	80.25

Fig.7: Valori GEOTECNICI MEDI per ogni strato della sequenza litologica.

Per quanto attiene ai parametri geotecnici caratteristici, con il DM 2008, si ragiona in termini non più di valori deterministici, ma in termini di variabili aleatorie, cioè le resistenze dei terreni vengono scelte secondo una stima cautelativa del valore medio delle stesse.

Stima cautelativa perché la variabile può essere rappresentata da più parametri ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori della variabile, e non solo il valore atteso (media); deve cioè tener conto di tutta la distribuzione della variabile.

La variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati coesivi** studiati, per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito, è il **parametro geotecnico caratteristico cu**; la variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati sciolti** studiati, per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito, è il **parametro geotecnico caratteristico φ**.

Il valore caratteristico scelto è pari al 5° percentile della media della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) per gli strati coesivi, è pari invece al 5° percentile della media della distribuzione normale del parametro geotecnico φ per gli strati sciolti.

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) è:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2(1 + \frac{S^2}{2})}$$

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione normale del parametro geotecnico (φ) è:

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

I dati immessi nei calcoli sono i valori di cu e di φ, derivati dalle correlazioni dei valori di qc e fs ricavati direttamente dalle prove penetrometriche mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 – Marsal et al. 1974/1979).

COESIONE NON DRENATA Terreni COESIVI Cu = Rp/β		
CORRELAZIONI STANDARD - Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et altri 1974 - Marsland et al. 1974/1979		
- Argille normalmente consolidate N.C. (qc ≤ 10 kg/cm²)	β = 25	(valore standard: 20)
- Argille intermedie (10 < qc < 30 kg/cm²)	β = valore interpolato	
- Argille sovra consolidate S.C. (qc ≥ 30 kg/cm²)	β = 40	(valore standard: 30)

Fig.8: Correlazioni per il calcolo di cu dai valori di qc e fs.

I valori immessi nella formula, utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione relativi ai parametri geotecnici di interesse, sono quelli significativi per i singoli strati indagati.

Lo scopo è fornire un valore di c_u e ϕ che caratterizzi lo strato nel suo complesso.

Nei calcoli vengono quindi eliminati, se presenti, i valori di picco di livelli centimetrici non rappresentativi delle caratteristiche litologiche dello strato.

Se si considerano tutti i valori definiti ogni 20 cm dalla prova penetrometrica, senza fare un'analisi ragionata delle proprietà litologiche dello strato, si rischia di ottenere dei parametri geotecnici che falsano le reali caratteristiche dello strato.

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u e di ϕ , derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche, interpretati e "ragionati" dalla scrivente.

Primo strato da 0.00 m a – 27.80 m: argille limose compatte con rari livelli sabbiosi non continui: $c_{uk}= 46$ kPa;

Secondo strato da – 27.80 m a – 30.80 m: sabbie mediamente addensate: $\phi_k= 27^\circ$;

Terzo strato da – 30.80 m a – 35.00 m: argille compatte: 55 kPa.

Sintetizzando, nella tabella di seguito si riportano i parametri in termini di resistenza dei terreni indagati derivati da prove penetrometriche mediante trasformazioni indirette della geotecnica classica in condizioni non drenate e drenate. Si precisa che, risulta più corretto definire un intervallo di confidenza (range) dei parametri geotecnici in condizioni drenate anziché fissare un unico valore restrittivo in quanto stimati in base a correlazioni empiriche della geotecnica classica (Schmertmann, 1978; Robertson e Campanella, 1983). Si ritiene quindi più opportuno accompagnare la stima dei parametri geotecnici in condizioni drenate con un intervallo di valori anziché fissarne uno unico.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.00 – 27.80	Argille limose compatte con rari livelli sabbiosi	17	19	6+8	17+19	46
27.80 – 30.80	Sabbie mediamente addensate	18	20	0	26+28	0
30.80 – 35.00	Argille compatte	17	19	9+11	18+20	55

Si riportano, inoltre, i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	Coeff. di Poisson (v)	Modulo elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 – 27.80	Argille limose compatte con rari livelli sabbiosi	17	19	0.45	/	4000+5000
27.80 – 30.80	Sabbie mediamente addensate	18	20	0.35	10000+15000	/
30.80 – 35.00	Argille compatte	17	19	0.45	/	6000+8000

4. ANALISI SISMICA RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO

4.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il 20 Marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" che fissa le regole per l'identificazione dei comuni sismici e definisce le norme tecniche costruttive per la progettazione di edifici e per le opere di fondazione.

Nella nuova classificazione tutto il territorio viene suddiviso in 4 zone di cui la n. 1 è la più pericolosa.

Per quanto riguarda la Regione Emilia Romagna la novità consiste in un allargamento della zona 3 ed in un ampliamento della zona 2 entro la quale ricadono alcuni comuni.

Il comune di San Prospero e la zona d'indagine ricadono nella zona 3 e vengono definiti a "bassa sismicità".

La classificazione è rimasta invariata dopo la recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.

4.1.1 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana

(Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel Luglio 2004)

Il sottosuolo della Pianura Padana è intensamente deformato da fronti sepolti delle catene a thrust del Sud-Alpino e dell'Appennino Settentrionale. A sud del fiume Po sono presenti tre archi formati da thrust ciechi nord-vergenti e dalle relative anticlinali, che costituiscono i fronti più esterni della catena appenninica. Questi sono da ovest verso est: il Monferrato, l'arco delle Pieghe Emiliane e l'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole. L'attività recente di alcuni dei thrust appartenenti a questi fronti è dimostrata dalla sismicità storica e strumentale, dei depositi Quaternari deformati visti nelle linee sismiche e in superficie dalla correlazione con evidenti anomalie del drenaggio. La sismicità storica e strumentale nel settore meridionale della Pianura Padana mostra l'occorrenza di una serie di terremoti con epicentri allineati parallelamente al fronte morfologico dell'Appennino.

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. Questa variabilità è data dalle anticlinali, interna ed esterna, che costituiscono il sistema dell'arco della dorsale ferrarese.

L'anticlinale più interna, quella di Mirandola, è più pronunciata nel settore occidentale (Novi di Modena, Mirandola sud, Medolla Nord), dove il tetto del substrato geologico è < 100 m; l'anticlinale più esterna, quella di Ferrara, è più pronunciata nel settore orientale dove ha il suo culmine tra Bondeno e Occhiobello

dove la base del SERS è a una profondità inferiore a - 100 m s.l.m. Queste zone di alto permettono di ipotizzare un'attività tardo – pleistocenica della struttura.

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma; risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Le maggiori evidenze di strutture attive segnalate nella Carta della Sismotettonica della Regione Emilia Romagna sono nel settore del margine compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, a est di Bologna, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto delle dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio dove si trova il sito di studio.

L'attività recente e attuale della dorsale ferrarese è indicata oltre che dagli ultimi eventi sismici anche da alcune evidenze morfologiche. Alcuni depositi di canali dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare e sembrano non oltrepassare l'alto della dorsale ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, fa una brusca deviazione verso nord immediatamente prima di raggiungere Novellara e Mirandola, zone in cui il fronte della dorsale ferrarese è molto vicino alla superficie.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità compresa fra - 150 e - 200 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRS e attiva HoliSurface risulta che fino alla profondità di circa 150/180 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino a circa 400 m/s.

La profondità approssimativa di 150/180 m da p.c. può essere considerata come la quota del bedrock sismico.

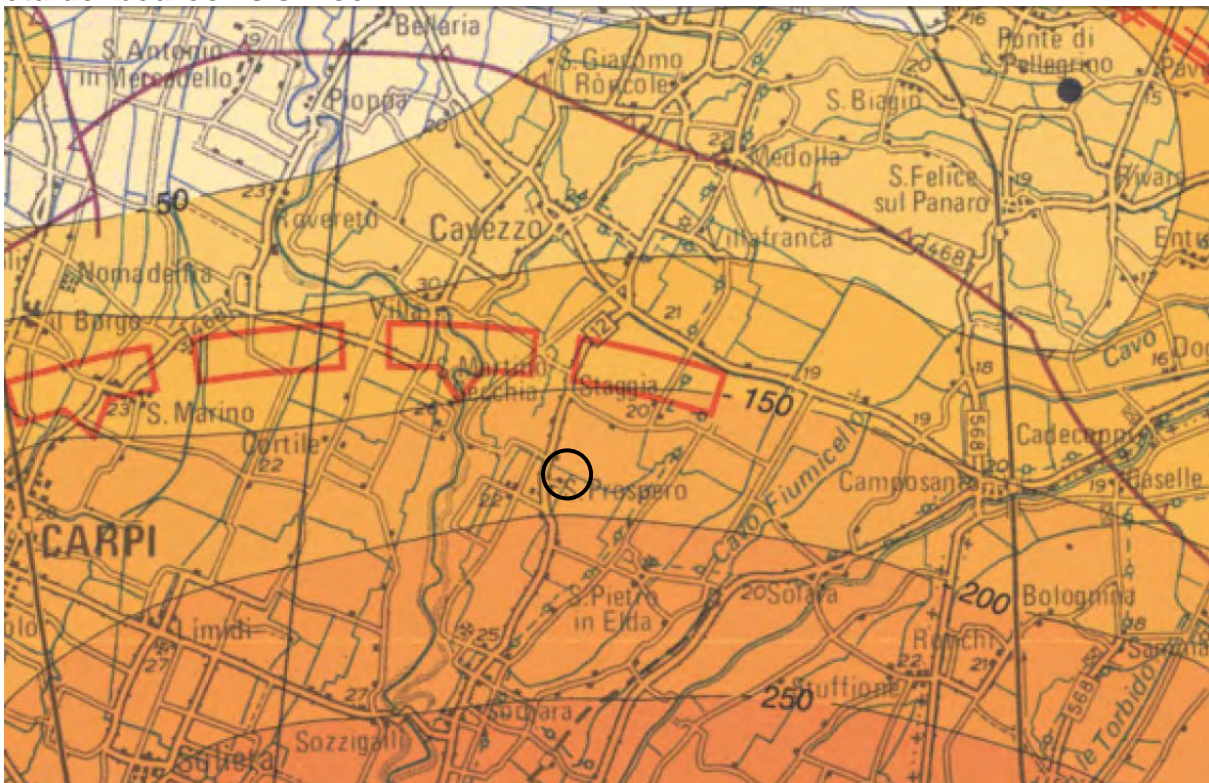


Fig.9: Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel Luglio 2004.

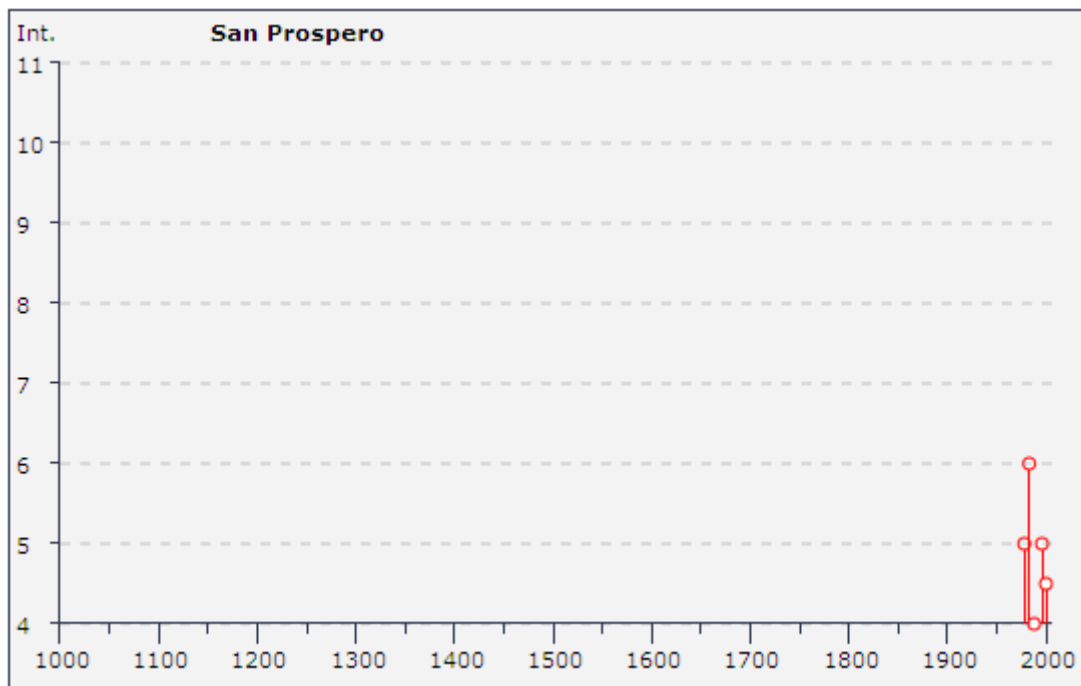
Nella tabella sottostante sono riportati i dati storici del comune di San Prospero, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di San Prospero
[44.789, 11.021]



Numero di eventi: 9

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1957 08 27 11:5	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
5	1978 12 25 22:5	Bassa mantovana	28	5 4.22 ±0.22
6	1983 11 09 16:2	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:0	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
4	1988 03 15 12:0	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12
5	1996 10 15 09:5	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
NF	1997 05 12 22:1	Reggiano	56	4-5 4.22 ±0.27
NF	1998 02 21 02:2	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17
4-5	2000 06 18 07:4	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09

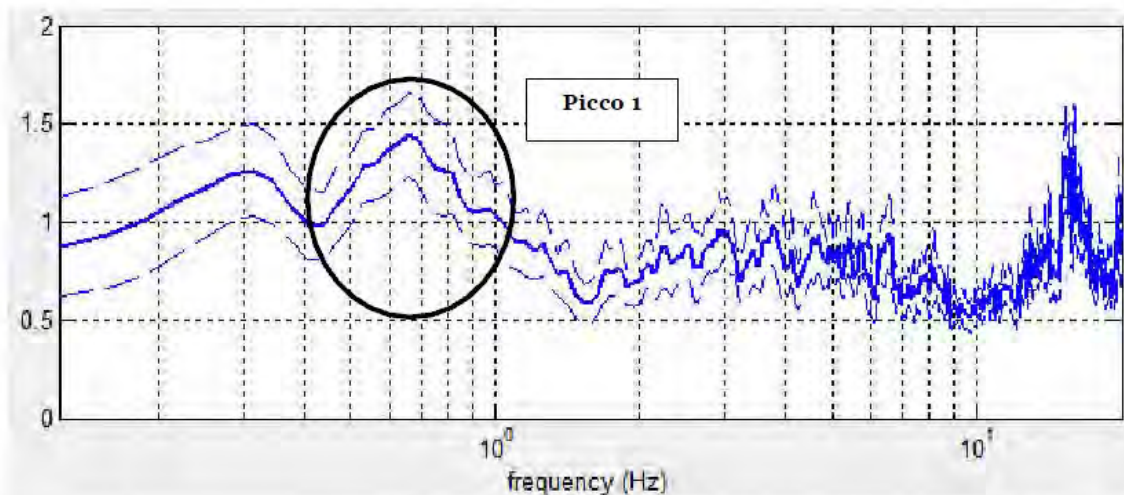


4.2 MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO

4.2.1. Definizione categoria sismica mediante analisi del sottosuolo in sismica passiva HVRS e attiva in onde Rayleigh con metodo HoliSurface

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati dall'analisi di una acquisizione HVSR e di due acquisizioni in onde Rayleigh con metodo HoliSurface con Geofono 3D Pasi srl, modello Gemini2 di cui si allega in calce relazione sismica di dettaglio (All. n. 6).

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un **picco stratigrafico** caratteristico **alla frequenza caratteristica di 0.7/0.8 Hz e periodo caratteristico pari a 1.4/1.25 s** che rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 150/180 m. Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza non significativi ($H/V < 2$) in caso di moto sismico.



Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 1.5	~ 0.7/0.8

4.2.2 Modello sismico del sottosuolo

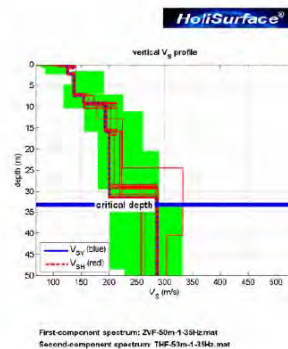
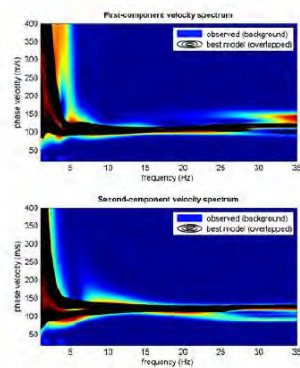
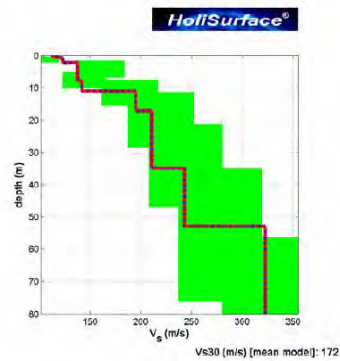
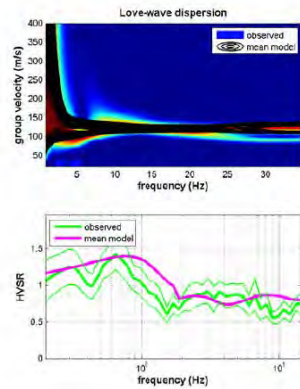
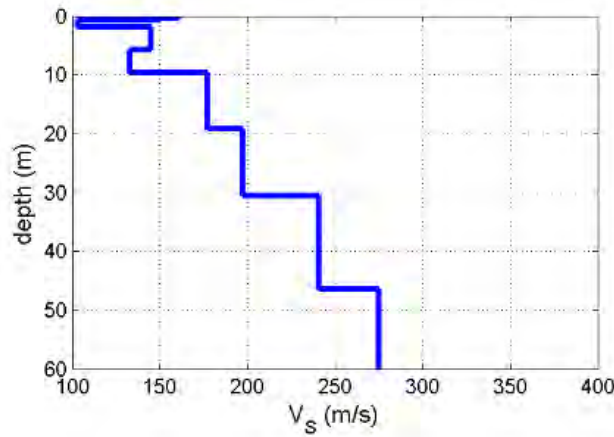
Il profilo di V_s con la profondità e la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT.

Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

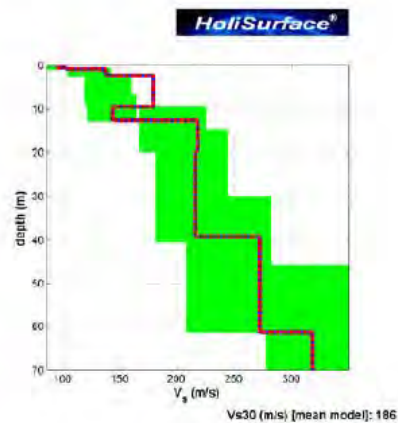
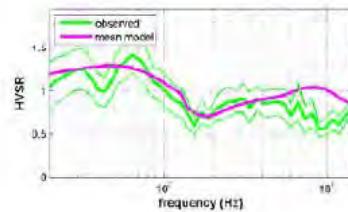
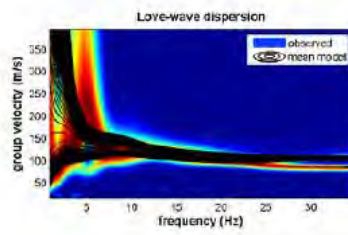
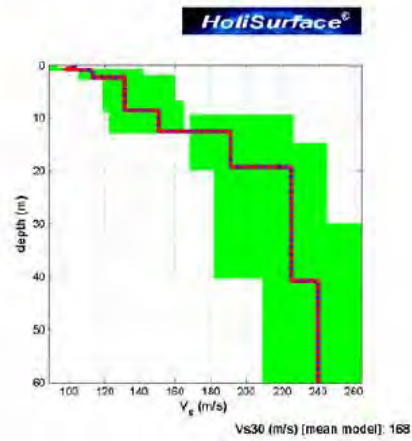
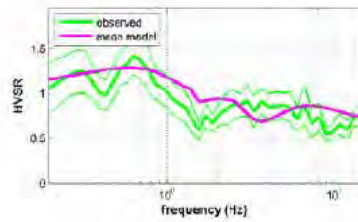
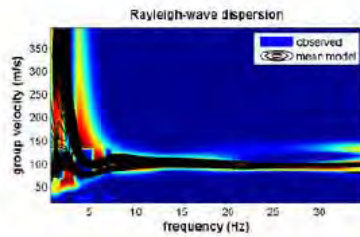
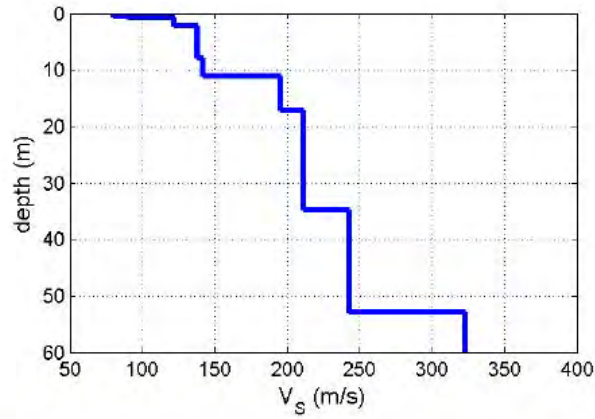
$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

HoliSurface n. 1 e n. 2 V_s (30): compreso fra 161 - 186 m/s
Categoria di sottosuolo D

- HoliSurface01



- HoliSurfaceo2



Sulla base dell'interpretazione litostratigrafica del sito, e dei valori di V_{s30} calcolati che non manifestano inversioni di velocità di spessore significativo di propagazione delle onde con la profondità fino alla quota di 30 metri e oltre, si fa riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento conformemente a quanto espresso nel DM 2008.

Le categorie di sottosuolo definite sono:

A – Amassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori V_{s30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.

B – Rocce tenere e depositi terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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 resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa o coesione non drenata $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine 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 ($N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa, $C_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

E – Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con valori di $V_{s30} > 800$ m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

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

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

Il sito rientra in classe sismica di tipo D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine 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 ($N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa, $C_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

4.3 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nella carta del rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali elaborata per il Nuovo P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l'area di studio ricade in zona 8: aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti. Gli studi richiesti sono la valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi. Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di

Il livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.

7	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</p> <p>studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u>: approfondimenti di III livello.</p>
8	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti</p> <p>studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u>: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>



Fig.10: Tav. 2.2a.2 PTCP 2009 "Carta delle aree suscettibili di effetti locali".

4.3.1 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

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

La liquefazione si verifica in depositi sabbiosi saturi, infatti se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \phi$$

è evidente che la grandezza τ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

$$c = 0$$

$$(\sigma_{v0} - u) = 0.$$

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

La seconda condizione si verifica quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità della colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} - u$).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può verificare in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua .

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

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

L'altra variabile che provoca fenomeni di liquefazione è il sisma.

Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per ridurre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

I maggiori terremoti storici, nella regione Emilia Romagna si sono verificati in Romagna e dopo la recente crisi sismica del Maggio 2012, nella parte nord della provincia di Modena e Ferrara con magnitudo stimata pari a 5.9. In queste zone quindi si possono verificare terremoti a energia media.

Le colonne stratigrafiche, dedotta dalle prove penetrometriche, evidenziano terreni di natura coesiva fino a – 35.00 m con rari livelli sabbiosi non continui.

Sulle colonne stratigrafiche riscontrate è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate “metodi semplificati”.

Il fattore di sicurezza, F_L , nella verifica di resistenza alla liquefazione di un livello di terreno è per definizione il rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di resistenza ciclica, $R = CRR$, e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica, $L = CSR$.

$$F_L = R/L$$

Se il fattore $F_L > 1.00$ la liquefazione è da escludere ; se $F_L < 1.00$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

L'indice di liquefazione I_L è indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, ed è ottenuto dalla espressione

$$(1.9) I_L = \int_0^{20} F W(z) dz$$

dove

$$F = 1 - FS \quad \text{per } FS \leq 1$$

$$F = 0 \quad \text{per } FS > 1$$

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

Secondo la classificazione di Sonmez (2003) adottata dalla Regione Emilia-Romagna, risulta che:

- $IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;
- $0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;
- $2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;

- $5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;
- $IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

Le verifiche sono state eseguite con l'accelerazione calcolata in superficie da norma per un suolo di tipo D e tempo di ritorno = 712 anni: a_{\max} in superficie (g) = 0.31.

$M_w = 6.14$ (M_w max Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS)

Il fattore di correzione della magnitudo $MSF = 1.67$ NCEEER (Seed R. B. et al. 1997; 2003)

Il livello della soggiacenza della falda più alto misurato nei fori di prova nel Luglio 2014 pari a - 1.60 m dal p.c.

Analisi del rischio di liquefazione con metodo di Robertson & Wride (1997) con prove penetrometriche meccaniche CPT

Il metodo di Robertson & Wride (1997) utilizzato in questa verifica, permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica.

La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 [(q_{c1n})_{cs}/1000] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$R = 93 [(q_{c1n})_{cs}/1000]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 < (q_{c1n})_{cs} < 160$$

L dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto):

$$L = 0.65 (a_{\max}/g \times \sigma_{v0} / \sigma_{v0'}) r_d \times 1/MSF$$

I risultati ottenuti sono riportati di seguito:

VERIFICA SULLA VERTICALE DI PROVA CPT N. 1

Dati generali

Numero di strati = 7

Profondità della falda = 1.6 m

Magnitudo del sisma = 6.14

Accelerazione massima al suolo = 0.31

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	Ghiaia sabbiosa	0	0.80	18	20	0	0	9000	140	180
2	Argilla	0.80	8	17	19	0	0	1000	60	150
3	Argilla	8	12.20	17	19	0	0	1500	80	180
4	Argilla	12.20	15	17	19	0	0	1400	80	170
5	Argilla	15	17.00	17	19	0	0	1900	110	190
6	Sabbia pulita	17	17.60	18	20			9000	90	230
7	Argilla	17.60	20	17	19			1500	100	180

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.67

Verifica Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione verticali e totali (KPa)	Pressione verticali e totali (KPa)	Resistenza alla punta normale aliquota Q	Attrito laterale e normale aliquota F (%)	Indice di compattam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1N (KPa)	Coefficiente ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale aliquota (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
1	1.80	31.80	29.84	32.45	6.20	2.81							NL		
2	2.00	35.60	31.68	30.44	6.22	2.83							NL		
3	2.20	39.40	33.52	28.66	6.25	2.85							NL		
4	2.40	43.20	35.35	27.07	6.27	2.87							NL		
5	2.60	47.00	37.19	25.63	6.30	2.89							NL		
6	2.80	50.80	39.03	24.32	6.32	2.90							NL		
7	3.00	54.60	40.87	23.13	6.35	2.92							NL		
8	3.20	58.40	42.71	22.05	6.37	2.94							NL		
9	3.40	62.20	44.55	21.05	6.40	2.95							NL		
10	3.60	66.00	46.39	20.13	6.42	2.97							NL		
11	3.80	69.80	48.23	19.29	6.45	2.98							NL		
12	4.00	73.60	50.06	18.51	6.48	3.00							NL		
13	4.20	77.40	51.90	17.78	6.50	3.01							NL		
14	4.40	81.20	53.74	17.10	6.53	3.02							NL		
15	4.60	85.00	55.58	16.46	6.56	3.04							NL		
16	4.80	88.80	57.42	15.87	6.58	3.05							NL		
17	5.00	92.60	59.26	15.31	6.61	3.06							NL		
18	5.20	96.40	61.10	14.79	6.64	3.08							NL		
19	5.40	100.20	62.93	14.30	6.67	3.09							NL		
20	5.60	104.00	64.77	13.83	6.70	3.10							NL		
21	5.80	107.80	66.61	13.39	6.72	3.11							NL		
22	6.00	111.60	68.45	12.98	6.75	3.12							NL		
23	6.20	115.40	70.29	12.59	6.78	3.13							NL		
24	6.40	119.20	72.13	12.21	6.81	3.15							NL		
25	6.60	123.00	73.97	11.86	6.84	3.16							NL		
26	6.80	126.80	75.81	11.52	6.87	3.17							NL		
27	7.00	130.60	77.64	11.20	6.90	3.18							NL		
28	7.20	134.40	79.48	10.89	6.93	3.19							NL		
29	7.40	138.20	81.32	10.60	6.96	3.20							NL		
30	7.60	142.00	83.16	10.32	6.99	3.21							NL		
31	7.80	145.80	85.00	10.05	7.02	3.22							NL		
32	8.00	149.60	86.84	9.79	7.06	3.23							NL		
33	8.20	153.40	88.68	15.18	5.94	3.04							NL		
34	8.40	157.20	90.51	14.84	5.96	3.04							NL		
35	8.60	161.00	92.35	14.50	5.97	3.05							NL		
36	8.80	164.80	94.19	14.18	5.99	3.06							NL		
37	9.00	168.60	96.03	13.86	6.01	3.07							NL		
38	9.20	172.40	97.87	13.56	6.03	3.08							NL		
39	9.40	176.20	99.71	13.28	6.04	3.08							NL		
40	9.60	180.00	101.55	13.00	6.06	3.09							NL		
41	9.80	183.80	103.39	12.73	6.08	3.10							NL		
42	10.00	187.60	105.22	12.47	6.10	3.11							NL		
43	10.20	191.40	107.06	12.22	6.11	3.11							NL		
44	10.40	195.20	108.90	11.98	6.13	3.12							NL		
45	10.60	199.00	110.74	11.75	6.15	3.13							NL		
46	10.80	202.80	112.58	11.52	6.17	3.14							NL		
47	11.00	206.60	114.42	11.30	6.19	3.14							NL		

48	11.20	210.40	116.26	11.09	6.20	3.15													NL
49	11.40	214.20	118.09	10.89	6.22	3.16													NL
50	11.60	218.00	119.93	10.69	6.24	3.17													NL
51	11.80	221.80	121.77	10.50	6.26	3.17													NL
52	12.00	225.60	123.61	10.31	6.28	3.18													NL
53	12.20	229.40	125.45	10.13	6.30	3.19													NL
54	12.40	233.20	127.29	9.17	6.86	3.24													NL
55	12.60	237.00	129.13	9.01	6.88	3.25													NL
56	12.80	240.80	130.97	8.85	6.90	3.26													NL
57	13.00	244.60	132.80	8.70	6.92	3.26													NL
58	13.20	248.40	134.64	8.55	6.95	3.27													NL
59	13.40	252.20	136.48	8.41	6.97	3.28													NL
60	13.60	256.00	138.32	8.27	6.99	3.28													NL
61	13.80	259.80	140.16	8.13	7.02	3.29													NL
62	14.00	263.60	142.00	8.00	7.04	3.30													NL
63	14.20	267.40	143.84	7.87	7.06	3.30													NL
64	14.40	271.20	145.67	7.75	7.09	3.31													NL
65	14.60	275.00	147.51	7.63	7.11	3.31													NL
66	14.80	278.80	149.35	7.51	7.14	3.32													NL
67	15.00	282.60	151.19	7.39	7.16	3.33													NL
68	15.20	286.40	153.03	10.54	6.82	3.19													NL
69	15.40	290.20	154.87	10.39	6.83	3.20													NL
70	15.60	294.00	156.71	10.25	6.85	3.21													NL
71	15.80	297.80	158.55	10.11	6.87	3.21													NL
72	16.00	301.60	160.38	9.97	6.88	3.22													NL
73	16.20	305.40	162.22	9.83	6.90	3.22													NL
74	16.40	309.20	164.06	9.70	6.91	3.23													NL
75	16.60	313.00	165.90	9.57	6.93	3.23													NL
76	16.80	316.80	167.74	9.44	6.95	3.24													NL
77	17.00	320.60	169.58	9.31	6.96	3.24													NL
78	17.20	324.60	171.62	68.70	1.04	2.05	0.76	90.94	0.71	0.15	0.16	0.92	L	7.84	Alto				
79	17.40	328.60	173.65	68.30	1.04	2.05	0.76	91.14	0.71	0.15	0.16	0.93	L	6.88	Alto				
80	17.60	332.60	175.69	67.90	1.04	2.05	0.75	90.14	0.70	0.15	0.16	0.92	L	7.88	Alto				
81	17.80	336.40	177.53	6.55	8.59	3.42													NL
82	18.00	340.20	179.37	6.47	8.62	3.42													NL
83	18.20	344.00	181.21	6.38	8.65	3.43													NL
84	18.40	347.80	183.05	6.29	8.68	3.43													NL
85	18.60	351.60	184.89	6.21	8.71	3.44													NL
86	18.80	355.40	186.73	6.13	8.74	3.44													NL
87	19.00	359.20	188.56	6.05	8.77	3.45													NL
88	19.20	363.00	190.40	5.97	8.80	3.46													NL
89	19.40	366.80	192.24	5.89	8.82	3.46													NL
90	19.60	370.60	194.08	5.82	8.85	3.47													NL
91	19.80	374.40	195.92	5.75	8.88	3.47													NL

VERIFICA SULLA VERTICALE DI PROVA CPT N. 2

Dati generali

Numero di strati = 4

Profondità della falda = 1.6 m

Magnitudo del sisma = 6.14

Accelerazione massima al suolo = 0.31

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	Ghiaia sabbiosa	0	0.8	18	20	0	0	9000	140	180
2	Argilla	0.8	7	17	19	0	0	1200	85	150
3	Argilla	7	15	17	19	0	0	1300	80	160
4	Argilla	15	20	17	19	0	0	1800	100	170

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.67

Verifica Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Resistenza alla punta norm alizzata Q	Attrito laterale e norma alizzata F (%)	Indice di compattamento litostatico CQ	Correzione per la punta litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1N (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio norm alizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
1	1.80	31.80	29.84	39.15	7.28	2.80									NL
2	2.00	35.60	31.68	36.76	7.30	2.82									NL
3	2.20	39.40	33.52	34.62	7.32	2.84									NL
4	2.40	43.20	35.35	32.72	7.35	2.86									NL
5	2.60	47.00	37.19	31.00	7.37	2.88									NL
6	2.80	50.80	39.03	29.44	7.40	2.89									NL
7	3.00	54.60	40.87	28.03	7.42	2.91									NL
8	3.20	58.40	42.71	26.73	7.45	2.92									NL
9	3.40	62.20	44.55	25.54	7.47	2.94									NL
10	3.60	66.00	46.39	24.44	7.50	2.95									NL
11	3.80	69.80	48.23	23.43	7.52	2.97									NL
12	4.00	73.60	50.06	22.50	7.55	2.98									NL
13	4.20	77.40	51.90	21.63	7.57	2.99									NL
14	4.40	81.20	53.74	20.82	7.60	3.01									NL
15	4.60	85.00	55.58	20.06	7.62	3.02									NL
16	4.80	88.80	57.42	19.35	7.65	3.03									NL
17	5.00	92.60	59.26	18.69	7.68	3.04									NL
18	5.20	96.40	61.10	18.06	7.70	3.06									NL
19	5.40	100.20	62.93	17.48	7.73	3.07									NL
20	5.60	104.00	64.77	16.92	7.76	3.08									NL
21	5.80	107.80	66.61	16.40	7.78	3.09									NL
22	6.00	111.60	68.45	15.90	7.81	3.10									NL
23	6.20	115.40	70.29	15.43	7.84	3.11									NL
24	6.40	119.20	72.13	14.98	7.86	3.12									NL
25	6.60	123.00	73.97	14.56	7.89	3.13									NL
26	6.80	126.80	75.81	14.16	7.92	3.14									NL
27	7.00	130.60	77.64	13.77	7.95	3.15									NL

28	7.20	134.40	79.48	14.67	6.86	3.09	NL
29	7.40	138.20	81.32	14.29	6.89	3.10	NL
30	7.60	142.00	83.16	13.92	6.91	3.11	NL
31	7.80	145.80	85.00	13.58	6.93	3.12	NL
32	8.00	149.60	86.84	13.25	6.95	3.12	NL
33	8.20	153.40	88.68	12.93	6.98	3.13	NL
34	8.40	157.20	90.51	12.63	7.00	3.14	NL
35	8.60	161.00	92.35	12.33	7.02	3.15	NL
36	8.80	164.80	94.19	12.05	7.05	3.16	NL
37	9.00	168.60	96.03	11.78	7.07	3.17	NL
38	9.20	172.40	97.87	11.52	7.09	3.18	NL
39	9.40	176.20	99.71	11.27	7.12	3.18	NL
40	9.60	180.00	101.55	11.03	7.14	3.19	NL
41	9.80	183.80	103.39	10.80	7.17	3.20	NL
42	10.00	187.60	105.22	10.57	7.19	3.21	NL
43	10.20	191.40	107.06	10.35	7.22	3.22	NL
44	10.40	195.20	108.90	10.15	7.24	3.22	NL
45	10.60	199.00	110.74	9.94	7.27	3.23	NL
46	10.80	202.80	112.58	9.75	7.29	3.24	NL
47	11.00	206.60	114.42	9.56	7.32	3.25	NL
48	11.20	210.40	116.26	9.37	7.34	3.25	NL
49	11.40	214.20	118.09	9.19	7.37	3.26	NL
50	11.60	218.00	119.93	9.02	7.39	3.27	NL
51	11.80	221.80	121.77	8.85	7.42	3.28	NL
52	12.00	225.60	123.61	8.69	7.45	3.28	NL
53	12.20	229.40	125.45	8.53	7.47	3.29	NL
54	12.40	233.20	127.29	8.38	7.50	3.30	NL
55	12.60	237.00	129.13	8.23	7.53	3.30	NL
56	12.80	240.80	130.97	8.09	7.55	3.31	NL
57	13.00	244.60	132.80	7.95	7.58	3.32	NL
58	13.20	248.40	134.64	7.81	7.61	3.33	NL
59	13.40	252.20	136.48	7.68	7.64	3.33	NL
60	13.60	256.00	138.32	7.55	7.66	3.34	NL
61	13.80	259.80	140.16	7.42	7.69	3.35	NL
62	14.00	263.60	142.00	7.30	7.72	3.35	NL
63	14.20	267.40	143.84	7.18	7.75	3.36	NL
64	14.40	271.20	145.67	7.06	7.78	3.37	NL
65	14.60	275.00	147.51	6.95	7.80	3.37	NL
66	14.80	278.80	149.35	6.84	7.83	3.38	NL
67	15.00	282.60	151.19	6.73	7.86	3.38	NL
68	15.20	286.40	153.03	6.61	7.89	3.21	NL
69	15.40	290.20	154.87	6.50	7.92	3.21	NL
70	15.60	294.00	156.71	6.39	7.95	3.22	NL
71	15.80	297.80	158.55	6.28	7.98	3.22	NL
72	16.00	301.60	160.38	6.17	8.01	3.23	NL
73	16.20	305.40	162.22	6.06	8.04	3.23	NL
74	16.40	309.20	164.06	5.95	8.07	3.24	NL
75	16.60	313.00	165.90	5.84	8.10	3.25	NL
76	16.80	316.80	167.74	5.73	8.13	3.25	NL
77	17.00	320.60	169.58	5.62	8.16	3.26	NL
78	17.20	324.40	171.42	5.51	8.19	3.26	NL
79	17.40	328.20	173.25	5.40	8.22	3.27	NL
80	17.60	332.00	175.09	5.29	8.25	3.27	NL
81	17.80	335.80	176.93	5.18	8.28	3.28	NL
82	18.00	339.60	178.77	5.07	8.31	3.28	NL
83	18.20	343.40	180.61	4.96	8.34	3.29	NL
84	18.40	347.20	182.45	4.85	8.37	3.29	NL

85	18.60	351.00	184.29	7.86	6.90	3.30	NL
86	18.80	354.80	186.13	7.76	6.92	3.30	NL
87	19.00	358.60	187.96	7.67	6.94	3.31	NL
88	19.20	362.40	189.80	7.57	6.96	3.31	NL
89	19.40	366.20	191.64	7.48	6.97	3.32	NL
90	19.60	370.00	193.48	7.39	6.99	3.32	NL
91	19.80	373.80	195.32	7.30	7.01	3.33	NL

Analisi del rischio di liquefazione con metodo di Idriss e Boulanger (2008) con prove penetrometriche elettriche CPTU

La verifica sulla verticale di prova eseguita con la punta elettrica è stata effettuata con Software CLiq v 1.7 della Geologismiki Geotechnical Engineers - Serrai(Grecia). In allegato sono riportati i risultati completi della verifica a liquefazione

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

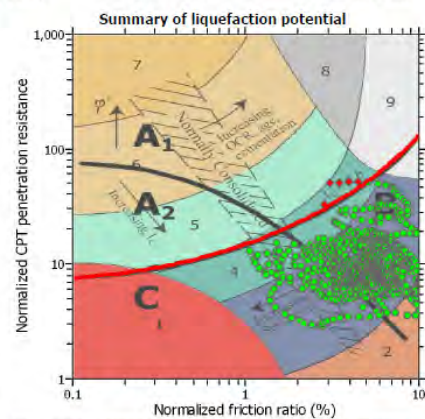
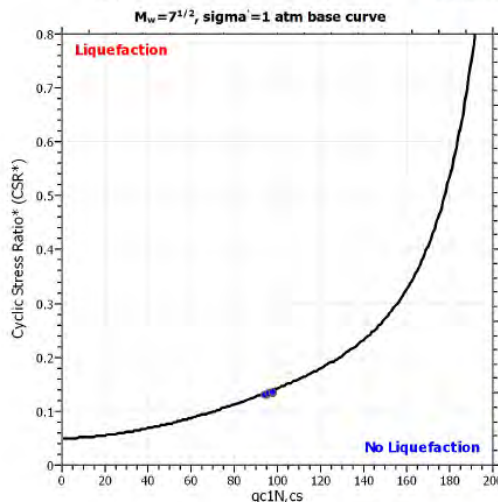
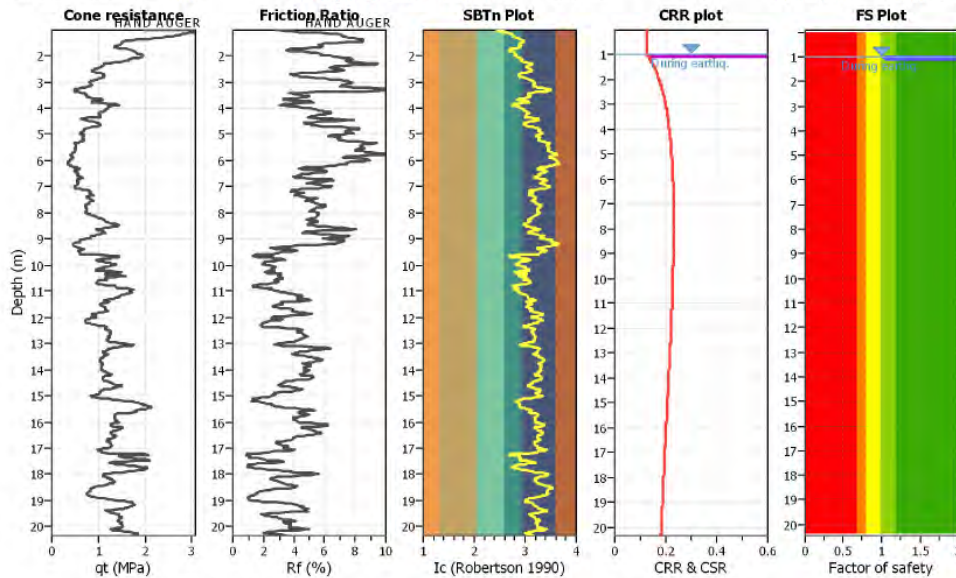
Project title :

Location :

CPT file : CPTU01

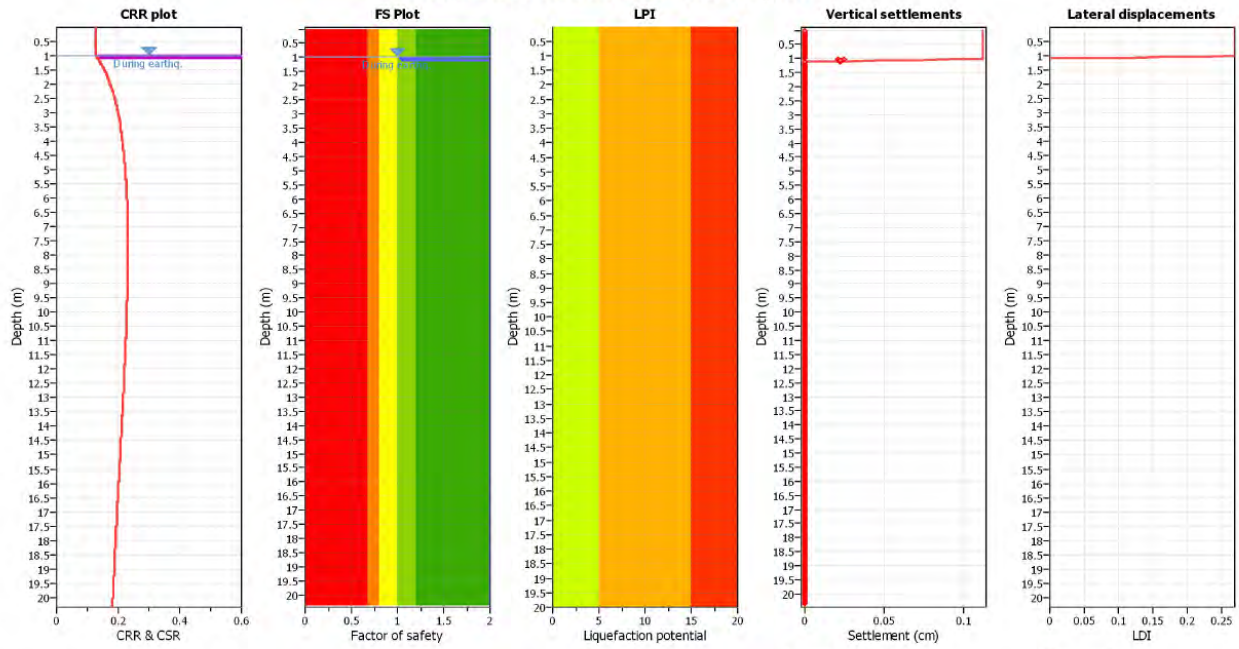
Input parameters and analysis data

Analysis method:	I&B (2008)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	I&B (2008)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.31	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method: I&B (2008)
 Fines correction method: I&B (2008)
 Points to test: Based on I_c value
 Earthquake magnitude M_w: 6.14
 Peak ground acceleration: 0.31
 Depth to water table (instu): 1.00 m

Depth to GWT (earthq.): 1.00 m
 Average results interval: 3
 I_c cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT
 Use fill: No
 Fill height: N/A

Fill weight: N/A
 Transition detect. applied: No
 K₀ applied: Yes
 Clay like behavior applied: Yes
 Limit depth applied: Yes
 Limit depth: 20.00 m

F.S. color scheme

- Red: Almost certain it will liquefy
- Orange: Very likely to liquefy
- Yellow: Liquefaction and no liq. are equally likely
- Green: Unlikely to liquefy
- Dark Green: Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Red: Very high risk
- Orange: High risk
- Green: Low risk

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.02	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.06	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.18	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.22	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.26	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.34	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.38	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.42	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.46	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.54	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.58	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.62	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.66	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.74	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.78	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.82	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.86	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.94	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.02	1.05	0.00	9.49	0.02	0.00	1.04	1.03	0.00	9.48	0.02	0.00
1.06	1.04	0.00	9.47	0.02	0.00	1.08	1.05	0.00	9.46	0.02	0.00
1.10	1.05	0.00	9.45	0.02	0.00	1.12	2.00	0.00	9.44	0.02	0.00
1.14	2.00	0.00	9.43	0.02	0.00	1.16	2.00	0.00	9.42	0.02	0.00
1.18	2.00	0.00	9.41	0.02	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.02	0.00
1.22	2.00	0.00	9.39	0.02	0.00	1.24	2.00	0.00	9.38	0.02	0.00
1.26	2.00	0.00	9.37	0.02	0.00	1.28	2.00	0.00	9.36	0.02	0.00
1.30	2.00	0.00	9.35	0.02	0.00	1.32	2.00	0.00	9.34	0.02	0.00
1.34	2.00	0.00	9.33	0.02	0.00	1.36	2.00	0.00	9.32	0.02	0.00
1.38	2.00	0.00	9.31	0.02	0.00	1.40	2.00	0.00	9.30	0.02	0.00
1.42	2.00	0.00	9.29	0.02	0.00	1.44	2.00	0.00	9.28	0.02	0.00
1.46	2.00	0.00	9.27	0.02	0.00	1.48	2.00	0.00	9.26	0.02	0.00
1.50	2.00	0.00	9.25	0.02	0.00	1.52	2.00	0.00	9.24	0.02	0.00
1.54	2.00	0.00	9.23	0.02	0.00	1.56	2.00	0.00	9.22	0.02	0.00
1.58	2.00	0.00	9.21	0.02	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.02	0.00
1.62	2.00	0.00	9.19	0.02	0.00	1.64	2.00	0.00	9.18	0.02	0.00
1.66	2.00	0.00	9.17	0.02	0.00	1.68	2.00	0.00	9.16	0.02	0.00
1.70	2.00	0.00	9.15	0.02	0.00	1.72	2.00	0.00	9.14	0.02	0.00
1.74	2.00	0.00	9.13	0.02	0.00	1.76	2.00	0.00	9.12	0.02	0.00
1.78	2.00	0.00	9.11	0.02	0.00	1.80	2.00	0.00	9.10	0.02	0.00
1.82	2.00	0.00	9.09	0.02	0.00	1.84	2.00	0.00	9.08	0.02	0.00
1.86	2.00	0.00	9.07	0.02	0.00	1.88	2.00	0.00	9.06	0.02	0.00
1.90	2.00	0.00	9.05	0.02	0.00	1.92	2.00	0.00	9.04	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
1.94	2.00	0.00	9.03	0.02	0.00	1.96	2.00	0.00	9.02	0.02	0.00
1.98	2.00	0.00	9.01	0.02	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.02	0.00
2.02	2.00	0.00	8.99	0.02	0.00	2.04	2.00	0.00	8.98	0.02	0.00
2.06	2.00	0.00	8.97	0.02	0.00	2.08	2.00	0.00	8.96	0.02	0.00
2.10	2.00	0.00	8.95	0.02	0.00	2.12	2.00	0.00	8.94	0.02	0.00
2.14	2.00	0.00	8.93	0.02	0.00	2.16	2.00	0.00	8.92	0.02	0.00
2.18	2.00	0.00	8.91	0.02	0.00	2.20	2.00	0.00	8.90	0.02	0.00
2.22	2.00	0.00	8.89	0.02	0.00	2.24	2.00	0.00	8.88	0.02	0.00
2.26	2.00	0.00	8.87	0.02	0.00	2.28	2.00	0.00	8.86	0.02	0.00
2.30	2.00	0.00	8.85	0.02	0.00	2.32	2.00	0.00	8.84	0.02	0.00
2.34	2.00	0.00	8.83	0.02	0.00	2.36	2.00	0.00	8.82	0.02	0.00
2.38	2.00	0.00	8.81	0.02	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.02	0.00
2.42	2.00	0.00	8.79	0.02	0.00	2.44	2.00	0.00	8.78	0.02	0.00
2.46	2.00	0.00	8.77	0.02	0.00	2.48	2.00	0.00	8.76	0.02	0.00
2.50	2.00	0.00	8.75	0.02	0.00	2.52	2.00	0.00	8.74	0.02	0.00
2.54	2.00	0.00	8.73	0.02	0.00	2.56	2.00	0.00	8.72	0.02	0.00
2.58	2.00	0.00	8.71	0.02	0.00	2.60	2.00	0.00	8.70	0.02	0.00
2.62	2.00	0.00	8.69	0.02	0.00	2.64	2.00	0.00	8.68	0.02	0.00
2.66	2.00	0.00	8.67	0.02	0.00	2.68	2.00	0.00	8.66	0.02	0.00
2.70	2.00	0.00	8.65	0.02	0.00	2.72	2.00	0.00	8.64	0.02	0.00
2.74	2.00	0.00	8.63	0.02	0.00	2.76	2.00	0.00	8.62	0.02	0.00
2.78	2.00	0.00	8.61	0.02	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.02	0.00
2.82	2.00	0.00	8.59	0.02	0.00	2.84	2.00	0.00	8.58	0.02	0.00
2.86	2.00	0.00	8.57	0.02	0.00	2.88	2.00	0.00	8.56	0.02	0.00
2.90	2.00	0.00	8.55	0.02	0.00	2.92	2.00	0.00	8.54	0.02	0.00
2.94	2.00	0.00	8.53	0.02	0.00	2.96	2.00	0.00	8.52	0.02	0.00
2.98	2.00	0.00	8.51	0.02	0.00	3.00	2.00	0.00	8.50	0.02	0.00
3.02	2.00	0.00	8.49	0.02	0.00	3.04	2.00	0.00	8.48	0.02	0.00
3.06	2.00	0.00	8.47	0.02	0.00	3.08	2.00	0.00	8.46	0.02	0.00
3.10	2.00	0.00	8.45	0.02	0.00	3.12	2.00	0.00	8.44	0.02	0.00
3.14	2.00	0.00	8.43	0.02	0.00	3.16	2.00	0.00	8.42	0.02	0.00
3.18	2.00	0.00	8.41	0.02	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.02	0.00
3.22	2.00	0.00	8.39	0.02	0.00	3.24	2.00	0.00	8.38	0.02	0.00
3.26	2.00	0.00	8.37	0.02	0.00	3.28	2.00	0.00	8.36	0.02	0.00
3.30	2.00	0.00	8.35	0.02	0.00	3.32	2.00	0.00	8.34	0.02	0.00
3.34	2.00	0.00	8.33	0.02	0.00	3.36	2.00	0.00	8.32	0.02	0.00
3.38	2.00	0.00	8.31	0.02	0.00	3.40	2.00	0.00	8.30	0.02	0.00
3.42	2.00	0.00	8.29	0.02	0.00	3.44	2.00	0.00	8.28	0.02	0.00
3.46	2.00	0.00	8.27	0.02	0.00	3.48	2.00	0.00	8.26	0.02	0.00
3.50	2.00	0.00	8.25	0.02	0.00	3.52	2.00	0.00	8.24	0.02	0.00
3.54	2.00	0.00	8.23	0.02	0.00	3.56	2.00	0.00	8.22	0.02	0.00
3.58	2.00	0.00	8.21	0.02	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.02	0.00
3.62	2.00	0.00	8.19	0.02	0.00	3.64	2.00	0.00	8.18	0.02	0.00
3.66	2.00	0.00	8.17	0.02	0.00	3.68	2.00	0.00	8.16	0.02	0.00
3.70	2.00	0.00	8.15	0.02	0.00	3.72	2.00	0.00	8.14	0.02	0.00
3.74	2.00	0.00	8.13	0.02	0.00	3.76	2.00	0.00	8.12	0.02	0.00
3.78	2.00	0.00	8.11	0.02	0.00	3.80	2.00	0.00	8.10	0.02	0.00
3.82	2.00	0.00	8.09	0.02	0.00	3.84	2.00	0.00	8.08	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
3.86	2.00	0.00	8.07	0.02	0.00	3.88	2.00	0.00	8.06	0.02	0.00
3.90	2.00	0.00	8.05	0.02	0.00	3.92	2.00	0.00	8.04	0.02	0.00
3.94	2.00	0.00	8.03	0.02	0.00	3.96	2.00	0.00	8.02	0.02	0.00
3.98	2.00	0.00	8.01	0.02	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.02	0.00
4.02	2.00	0.00	7.99	0.02	0.00	4.04	2.00	0.00	7.98	0.02	0.00
4.06	2.00	0.00	7.97	0.02	0.00	4.08	2.00	0.00	7.96	0.02	0.00
4.10	2.00	0.00	7.95	0.02	0.00	4.12	2.00	0.00	7.94	0.02	0.00
4.14	2.00	0.00	7.93	0.02	0.00	4.16	2.00	0.00	7.92	0.02	0.00
4.18	2.00	0.00	7.91	0.02	0.00	4.20	2.00	0.00	7.90	0.02	0.00
4.22	2.00	0.00	7.89	0.02	0.00	4.24	2.00	0.00	7.88	0.02	0.00
4.26	2.00	0.00	7.87	0.02	0.00	4.28	2.00	0.00	7.86	0.02	0.00
4.30	2.00	0.00	7.85	0.02	0.00	4.32	2.00	0.00	7.84	0.02	0.00
4.34	2.00	0.00	7.83	0.02	0.00	4.36	2.00	0.00	7.82	0.02	0.00
4.38	2.00	0.00	7.81	0.02	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.02	0.00
4.42	2.00	0.00	7.79	0.02	0.00	4.44	2.00	0.00	7.78	0.02	0.00
4.46	2.00	0.00	7.77	0.02	0.00	4.48	2.00	0.00	7.76	0.02	0.00
4.50	2.00	0.00	7.75	0.02	0.00	4.52	2.00	0.00	7.74	0.02	0.00
4.54	2.00	0.00	7.73	0.02	0.00	4.56	2.00	0.00	7.72	0.02	0.00
4.58	2.00	0.00	7.71	0.02	0.00	4.60	2.00	0.00	7.70	0.02	0.00
4.62	2.00	0.00	7.69	0.02	0.00	4.64	2.00	0.00	7.68	0.02	0.00
4.66	2.00	0.00	7.67	0.02	0.00	4.68	2.00	0.00	7.66	0.02	0.00
4.70	2.00	0.00	7.65	0.02	0.00	4.72	2.00	0.00	7.64	0.02	0.00
4.74	2.00	0.00	7.63	0.02	0.00	4.76	2.00	0.00	7.62	0.02	0.00
4.78	2.00	0.00	7.61	0.02	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.02	0.00
4.82	2.00	0.00	7.59	0.02	0.00	4.84	2.00	0.00	7.58	0.02	0.00
4.86	2.00	0.00	7.57	0.02	0.00	4.88	2.00	0.00	7.56	0.02	0.00
4.90	2.00	0.00	7.55	0.02	0.00	4.92	2.00	0.00	7.54	0.02	0.00
4.94	2.00	0.00	7.53	0.02	0.00	4.96	2.00	0.00	7.52	0.02	0.00
4.98	2.00	0.00	7.51	0.02	0.00	5.00	2.00	0.00	7.50	0.02	0.00
5.02	2.00	0.00	7.49	0.02	0.00	5.04	2.00	0.00	7.48	0.02	0.00
5.06	2.00	0.00	7.47	0.02	0.00	5.08	2.00	0.00	7.46	0.02	0.00
5.10	2.00	0.00	7.45	0.02	0.00	5.12	2.00	0.00	7.44	0.02	0.00
5.14	2.00	0.00	7.43	0.02	0.00	5.16	2.00	0.00	7.42	0.02	0.00
5.18	2.00	0.00	7.41	0.02	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.02	0.00
5.22	2.00	0.00	7.39	0.02	0.00	5.24	2.00	0.00	7.38	0.02	0.00
5.26	2.00	0.00	7.37	0.02	0.00	5.28	2.00	0.00	7.36	0.02	0.00
5.30	2.00	0.00	7.35	0.02	0.00	5.32	2.00	0.00	7.34	0.02	0.00
5.34	2.00	0.00	7.33	0.02	0.00	5.36	2.00	0.00	7.32	0.02	0.00
5.38	2.00	0.00	7.31	0.02	0.00	5.40	2.00	0.00	7.30	0.02	0.00
5.42	2.00	0.00	7.29	0.02	0.00	5.44	2.00	0.00	7.28	0.02	0.00
5.46	2.00	0.00	7.27	0.02	0.00	5.48	2.00	0.00	7.26	0.02	0.00
5.50	2.00	0.00	7.25	0.02	0.00	5.52	2.00	0.00	7.24	0.02	0.00
5.54	2.00	0.00	7.23	0.02	0.00	5.56	2.00	0.00	7.22	0.02	0.00
5.58	2.00	0.00	7.21	0.02	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.02	0.00
5.62	2.00	0.00	7.19	0.02	0.00	5.64	2.00	0.00	7.18	0.02	0.00
5.66	2.00	0.00	7.17	0.02	0.00	5.68	2.00	0.00	7.16	0.02	0.00
5.70	2.00	0.00	7.15	0.02	0.00	5.72	2.00	0.00	7.14	0.02	0.00
5.74	2.00	0.00	7.13	0.02	0.00	5.76	2.00	0.00	7.12	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	FL	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	FL	w _z	d _z	LPI
5.78	2.00	0.00	7.11	0.02	0.00	5.80	2.00	0.00	7.10	0.02	0.00
5.82	2.00	0.00	7.09	0.02	0.00	5.84	2.00	0.00	7.08	0.02	0.00
5.86	2.00	0.00	7.07	0.02	0.00	5.88	2.00	0.00	7.06	0.02	0.00
5.90	2.00	0.00	7.05	0.02	0.00	5.92	2.00	0.00	7.04	0.02	0.00
5.94	2.00	0.00	7.03	0.02	0.00	5.96	2.00	0.00	7.02	0.02	0.00
5.98	2.00	0.00	7.01	0.02	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.02	0.00
6.02	2.00	0.00	6.99	0.02	0.00	6.04	2.00	0.00	6.98	0.02	0.00
6.06	2.00	0.00	6.97	0.02	0.00	6.08	2.00	0.00	6.96	0.02	0.00
6.10	2.00	0.00	6.95	0.02	0.00	6.12	2.00	0.00	6.94	0.02	0.00
6.14	2.00	0.00	6.93	0.02	0.00	6.16	2.00	0.00	6.92	0.02	0.00
6.18	2.00	0.00	6.91	0.02	0.00	6.20	2.00	0.00	6.90	0.02	0.00
6.22	2.00	0.00	6.89	0.02	0.00	6.24	2.00	0.00	6.88	0.02	0.00
6.26	2.00	0.00	6.87	0.02	0.00	6.28	2.00	0.00	6.86	0.02	0.00
6.30	2.00	0.00	6.85	0.02	0.00	6.32	2.00	0.00	6.84	0.02	0.00
6.34	2.00	0.00	6.83	0.02	0.00	6.36	2.00	0.00	6.82	0.02	0.00
6.38	2.00	0.00	6.81	0.02	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.02	0.00
6.42	2.00	0.00	6.79	0.02	0.00	6.44	2.00	0.00	6.78	0.02	0.00
6.46	2.00	0.00	6.77	0.02	0.00	6.48	2.00	0.00	6.76	0.02	0.00
6.50	2.00	0.00	6.75	0.02	0.00	6.52	2.00	0.00	6.74	0.02	0.00
6.54	2.00	0.00	6.73	0.02	0.00	6.56	2.00	0.00	6.72	0.02	0.00
6.58	2.00	0.00	6.71	0.02	0.00	6.60	2.00	0.00	6.70	0.02	0.00
6.62	2.00	0.00	6.69	0.02	0.00	6.64	2.00	0.00	6.68	0.02	0.00
6.66	2.00	0.00	6.67	0.02	0.00	6.68	2.00	0.00	6.66	0.02	0.00
6.70	2.00	0.00	6.65	0.02	0.00	6.72	2.00	0.00	6.64	0.02	0.00
6.74	2.00	0.00	6.63	0.02	0.00	6.76	2.00	0.00	6.62	0.02	0.00
6.78	2.00	0.00	6.61	0.02	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.02	0.00
6.82	2.00	0.00	6.59	0.02	0.00	6.84	2.00	0.00	6.58	0.02	0.00
6.86	2.00	0.00	6.57	0.02	0.00	6.88	2.00	0.00	6.56	0.02	0.00
6.90	2.00	0.00	6.55	0.02	0.00	6.92	2.00	0.00	6.54	0.02	0.00
6.94	2.00	0.00	6.53	0.02	0.00	6.96	2.00	0.00	6.52	0.02	0.00
6.98	2.00	0.00	6.51	0.02	0.00	7.00	2.00	0.00	6.50	0.02	0.00
7.02	2.00	0.00	6.49	0.02	0.00	7.04	2.00	0.00	6.48	0.02	0.00
7.06	2.00	0.00	6.47	0.02	0.00	7.08	2.00	0.00	6.46	0.02	0.00
7.10	2.00	0.00	6.45	0.02	0.00	7.12	2.00	0.00	6.44	0.02	0.00
7.14	2.00	0.00	6.43	0.02	0.00	7.16	2.00	0.00	6.42	0.02	0.00
7.18	2.00	0.00	6.41	0.02	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.02	0.00
7.22	2.00	0.00	6.39	0.02	0.00	7.24	2.00	0.00	6.38	0.02	0.00
7.26	2.00	0.00	6.37	0.02	0.00	7.28	2.00	0.00	6.36	0.02	0.00
7.30	2.00	0.00	6.35	0.02	0.00	7.32	2.00	0.00	6.34	0.02	0.00
7.34	2.00	0.00	6.33	0.02	0.00	7.36	2.00	0.00	6.32	0.02	0.00
7.38	2.00	0.00	6.31	0.02	0.00	7.40	2.00	0.00	6.30	0.02	0.00
7.42	2.00	0.00	6.29	0.02	0.00	7.44	2.00	0.00	6.28	0.02	0.00
7.46	2.00	0.00	6.27	0.02	0.00	7.48	2.00	0.00	6.26	0.02	0.00
7.50	2.00	0.00	6.25	0.02	0.00	7.52	2.00	0.00	6.24	0.02	0.00
7.54	2.00	0.00	6.23	0.02	0.00	7.56	2.00	0.00	6.22	0.02	0.00
7.58	2.00	0.00	6.21	0.02	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.02	0.00
7.62	2.00	0.00	6.19	0.02	0.00	7.64	2.00	0.00	6.18	0.02	0.00
7.66	2.00	0.00	6.17	0.02	0.00	7.68	2.00	0.00	6.16	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
7.70	2.00	0.00	6.15	0.02	0.00	7.72	2.00	0.00	6.14	0.02	0.00
7.74	2.00	0.00	6.13	0.02	0.00	7.76	2.00	0.00	6.12	0.02	0.00
7.78	2.00	0.00	6.11	0.02	0.00	7.80	2.00	0.00	6.10	0.02	0.00
7.82	2.00	0.00	6.09	0.02	0.00	7.84	2.00	0.00	6.08	0.02	0.00
7.86	2.00	0.00	6.07	0.02	0.00	7.88	2.00	0.00	6.06	0.02	0.00
7.90	2.00	0.00	6.05	0.02	0.00	7.92	2.00	0.00	6.04	0.02	0.00
7.94	2.00	0.00	6.03	0.02	0.00	7.96	2.00	0.00	6.02	0.02	0.00
7.98	2.00	0.00	6.01	0.02	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.02	0.00
8.02	2.00	0.00	5.99	0.02	0.00	8.04	2.00	0.00	5.98	0.02	0.00
8.06	2.00	0.00	5.97	0.02	0.00	8.08	2.00	0.00	5.96	0.02	0.00
8.10	2.00	0.00	5.95	0.02	0.00	8.12	2.00	0.00	5.94	0.02	0.00
8.14	2.00	0.00	5.93	0.02	0.00	8.16	2.00	0.00	5.92	0.02	0.00
8.18	2.00	0.00	5.91	0.02	0.00	8.20	2.00	0.00	5.90	0.02	0.00
8.22	2.00	0.00	5.89	0.02	0.00	8.24	2.00	0.00	5.88	0.02	0.00
8.26	2.00	0.00	5.87	0.02	0.00	8.28	2.00	0.00	5.86	0.02	0.00
8.30	2.00	0.00	5.85	0.02	0.00	8.32	2.00	0.00	5.84	0.02	0.00
8.34	2.00	0.00	5.83	0.02	0.00	8.36	2.00	0.00	5.82	0.02	0.00
8.38	2.00	0.00	5.81	0.02	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.02	0.00
8.42	2.00	0.00	5.79	0.02	0.00	8.44	2.00	0.00	5.78	0.02	0.00
8.46	2.00	0.00	5.77	0.02	0.00	8.48	2.00	0.00	5.76	0.02	0.00
8.50	2.00	0.00	5.75	0.02	0.00	8.52	2.00	0.00	5.74	0.02	0.00
8.54	2.00	0.00	5.73	0.02	0.00	8.56	2.00	0.00	5.72	0.02	0.00
8.58	2.00	0.00	5.71	0.02	0.00	8.60	2.00	0.00	5.70	0.02	0.00
8.62	2.00	0.00	5.69	0.02	0.00	8.64	2.00	0.00	5.68	0.02	0.00
8.66	2.00	0.00	5.67	0.02	0.00	8.68	2.00	0.00	5.66	0.02	0.00
8.70	2.00	0.00	5.65	0.02	0.00	8.72	2.00	0.00	5.64	0.02	0.00
8.74	2.00	0.00	5.63	0.02	0.00	8.76	2.00	0.00	5.62	0.02	0.00
8.78	2.00	0.00	5.61	0.02	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.02	0.00
8.82	2.00	0.00	5.59	0.02	0.00	8.84	2.00	0.00	5.58	0.02	0.00
8.86	2.00	0.00	5.57	0.02	0.00	8.88	2.00	0.00	5.56	0.02	0.00
8.90	2.00	0.00	5.55	0.02	0.00	8.92	2.00	0.00	5.54	0.02	0.00
8.94	2.00	0.00	5.53	0.02	0.00	8.96	2.00	0.00	5.52	0.02	0.00
8.98	2.00	0.00	5.51	0.02	0.00	9.00	2.00	0.00	5.50	0.02	0.00
9.02	2.00	0.00	5.49	0.02	0.00	9.04	2.00	0.00	5.48	0.02	0.00
9.06	2.00	0.00	5.47	0.02	0.00	9.08	2.00	0.00	5.46	0.02	0.00
9.10	2.00	0.00	5.45	0.02	0.00	9.12	2.00	0.00	5.44	0.02	0.00
9.14	2.00	0.00	5.43	0.02	0.00	9.16	2.00	0.00	5.42	0.02	0.00
9.18	2.00	0.00	5.41	0.02	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.02	0.00
9.22	2.00	0.00	5.39	0.02	0.00	9.24	2.00	0.00	5.38	0.02	0.00
9.26	2.00	0.00	5.37	0.02	0.00	9.28	2.00	0.00	5.36	0.02	0.00
9.30	2.00	0.00	5.35	0.02	0.00	9.32	2.00	0.00	5.34	0.02	0.00
9.34	2.00	0.00	5.33	0.02	0.00	9.36	2.00	0.00	5.32	0.02	0.00
9.38	2.00	0.00	5.31	0.02	0.00	9.40	2.00	0.00	5.30	0.02	0.00
9.42	2.00	0.00	5.29	0.02	0.00	9.44	2.00	0.00	5.28	0.02	0.00
9.46	2.00	0.00	5.27	0.02	0.00	9.48	2.00	0.00	5.26	0.02	0.00
9.50	2.00	0.00	5.25	0.02	0.00	9.52	2.00	0.00	5.24	0.02	0.00
9.54	2.00	0.00	5.23	0.02	0.00	9.56	2.00	0.00	5.22	0.02	0.00
9.58	2.00	0.00	5.21	0.02	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	FL	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	FL	w _z	d _z	LPI
9.62	2.00	0.00	5.19	0.02	0.00	9.64	2.00	0.00	5.18	0.02	0.00
9.66	2.00	0.00	5.17	0.02	0.00	9.68	2.00	0.00	5.16	0.02	0.00
9.70	2.00	0.00	5.15	0.02	0.00	9.72	2.00	0.00	5.14	0.02	0.00
9.74	2.00	0.00	5.13	0.02	0.00	9.76	2.00	0.00	5.12	0.02	0.00
9.78	2.00	0.00	5.11	0.02	0.00	9.80	2.00	0.00	5.10	0.02	0.00
9.82	2.00	0.00	5.09	0.02	0.00	9.84	2.00	0.00	5.08	0.02	0.00
9.86	2.00	0.00	5.07	0.02	0.00	9.88	2.00	0.00	5.06	0.02	0.00
9.90	2.00	0.00	5.05	0.02	0.00	9.92	2.00	0.00	5.04	0.02	0.00
9.94	2.00	0.00	5.03	0.02	0.00	9.96	2.00	0.00	5.02	0.02	0.00
9.98	2.00	0.00	5.01	0.02	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.02	0.00
10.02	2.00	0.00	4.99	0.02	0.00	10.04	2.00	0.00	4.98	0.02	0.00
10.06	2.00	0.00	4.97	0.02	0.00	10.08	2.00	0.00	4.96	0.02	0.00
10.10	2.00	0.00	4.95	0.02	0.00	10.12	2.00	0.00	4.94	0.02	0.00
10.14	2.00	0.00	4.93	0.02	0.00	10.16	2.00	0.00	4.92	0.02	0.00
10.18	2.00	0.00	4.91	0.02	0.00	10.20	2.00	0.00	4.90	0.02	0.00
10.22	2.00	0.00	4.89	0.02	0.00	10.24	2.00	0.00	4.88	0.02	0.00
10.26	2.00	0.00	4.87	0.02	0.00	10.28	2.00	0.00	4.86	0.02	0.00
10.30	2.00	0.00	4.85	0.02	0.00	10.32	2.00	0.00	4.84	0.02	0.00
10.34	2.00	0.00	4.83	0.02	0.00	10.36	2.00	0.00	4.82	0.02	0.00
10.38	2.00	0.00	4.81	0.02	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.02	0.00
10.42	2.00	0.00	4.79	0.02	0.00	10.44	2.00	0.00	4.78	0.02	0.00
10.46	2.00	0.00	4.77	0.02	0.00	10.48	2.00	0.00	4.76	0.02	0.00
10.50	2.00	0.00	4.75	0.02	0.00	10.52	2.00	0.00	4.74	0.02	0.00
10.54	2.00	0.00	4.73	0.02	0.00	10.56	2.00	0.00	4.72	0.02	0.00
10.58	2.00	0.00	4.71	0.02	0.00	10.60	2.00	0.00	4.70	0.02	0.00
10.62	2.00	0.00	4.69	0.02	0.00	10.64	2.00	0.00	4.68	0.02	0.00
10.66	2.00	0.00	4.67	0.02	0.00	10.68	2.00	0.00	4.66	0.02	0.00
10.70	2.00	0.00	4.65	0.02	0.00	10.72	2.00	0.00	4.64	0.02	0.00
10.74	2.00	0.00	4.63	0.02	0.00	10.76	2.00	0.00	4.62	0.02	0.00
10.78	2.00	0.00	4.61	0.02	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.02	0.00
10.82	2.00	0.00	4.59	0.02	0.00	10.84	2.00	0.00	4.58	0.02	0.00
10.86	2.00	0.00	4.57	0.02	0.00	10.88	2.00	0.00	4.56	0.02	0.00
10.90	2.00	0.00	4.55	0.02	0.00	10.92	2.00	0.00	4.54	0.02	0.00
10.94	2.00	0.00	4.53	0.02	0.00	10.96	2.00	0.00	4.52	0.02	0.00
10.98	2.00	0.00	4.51	0.02	0.00	11.00	2.00	0.00	4.50	0.02	0.00
11.02	2.00	0.00	4.49	0.02	0.00	11.04	2.00	0.00	4.48	0.02	0.00
11.06	2.00	0.00	4.47	0.02	0.00	11.08	2.00	0.00	4.46	0.02	0.00
11.10	2.00	0.00	4.45	0.02	0.00	11.12	2.00	0.00	4.44	0.02	0.00
11.14	2.00	0.00	4.43	0.02	0.00	11.16	2.00	0.00	4.42	0.02	0.00
11.18	2.00	0.00	4.41	0.02	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.02	0.00
11.22	2.00	0.00	4.39	0.02	0.00	11.24	2.00	0.00	4.38	0.02	0.00
11.26	2.00	0.00	4.37	0.02	0.00	11.28	2.00	0.00	4.36	0.02	0.00
11.30	2.00	0.00	4.35	0.02	0.00	11.32	2.00	0.00	4.34	0.02	0.00
11.34	2.00	0.00	4.33	0.02	0.00	11.36	2.00	0.00	4.32	0.02	0.00
11.38	2.00	0.00	4.31	0.02	0.00	11.40	2.00	0.00	4.30	0.02	0.00
11.42	2.00	0.00	4.29	0.02	0.00	11.44	2.00	0.00	4.28	0.02	0.00
11.46	2.00	0.00	4.27	0.02	0.00	11.48	2.00	0.00	4.26	0.02	0.00
11.50	2.00	0.00	4.25	0.02	0.00	11.52	2.00	0.00	4.24	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
11.54	2.00	0.00	4.23	0.02	0.00	11.56	2.00	0.00	4.22	0.02	0.00
11.58	2.00	0.00	4.21	0.02	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.02	0.00
11.62	2.00	0.00	4.19	0.02	0.00	11.64	2.00	0.00	4.18	0.02	0.00
11.66	2.00	0.00	4.17	0.02	0.00	11.68	2.00	0.00	4.16	0.02	0.00
11.70	2.00	0.00	4.15	0.02	0.00	11.72	2.00	0.00	4.14	0.02	0.00
11.74	2.00	0.00	4.13	0.02	0.00	11.76	2.00	0.00	4.12	0.02	0.00
11.78	2.00	0.00	4.11	0.02	0.00	11.80	2.00	0.00	4.10	0.02	0.00
11.82	2.00	0.00	4.09	0.02	0.00	11.84	2.00	0.00	4.08	0.02	0.00
11.86	2.00	0.00	4.07	0.02	0.00	11.88	2.00	0.00	4.06	0.02	0.00
11.90	2.00	0.00	4.05	0.02	0.00	11.92	2.00	0.00	4.04	0.02	0.00
11.94	2.00	0.00	4.03	0.02	0.00	11.96	2.00	0.00	4.02	0.02	0.00
11.98	2.00	0.00	4.01	0.02	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.02	0.00
12.02	2.00	0.00	3.99	0.02	0.00	12.04	2.00	0.00	3.98	0.02	0.00
12.06	2.00	0.00	3.97	0.02	0.00	12.08	2.00	0.00	3.96	0.02	0.00
12.10	2.00	0.00	3.95	0.02	0.00	12.12	2.00	0.00	3.94	0.02	0.00
12.14	2.00	0.00	3.93	0.02	0.00	12.16	2.00	0.00	3.92	0.02	0.00
12.18	2.00	0.00	3.91	0.02	0.00	12.20	2.00	0.00	3.90	0.02	0.00
12.22	2.00	0.00	3.89	0.02	0.00	12.24	2.00	0.00	3.88	0.02	0.00
12.26	2.00	0.00	3.87	0.02	0.00	12.28	2.00	0.00	3.86	0.02	0.00
12.30	2.00	0.00	3.85	0.02	0.00	12.32	2.00	0.00	3.84	0.02	0.00
12.34	2.00	0.00	3.83	0.02	0.00	12.36	2.00	0.00	3.82	0.02	0.00
12.38	2.00	0.00	3.81	0.02	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.02	0.00
12.42	2.00	0.00	3.79	0.02	0.00	12.44	2.00	0.00	3.78	0.02	0.00
12.46	2.00	0.00	3.77	0.02	0.00	12.48	2.00	0.00	3.76	0.02	0.00
12.50	2.00	0.00	3.75	0.02	0.00	12.52	2.00	0.00	3.74	0.02	0.00
12.54	2.00	0.00	3.73	0.02	0.00	12.56	2.00	0.00	3.72	0.02	0.00
12.58	2.00	0.00	3.71	0.02	0.00	12.60	2.00	0.00	3.70	0.02	0.00
12.62	2.00	0.00	3.69	0.02	0.00	12.64	2.00	0.00	3.68	0.02	0.00
12.66	2.00	0.00	3.67	0.02	0.00	12.68	2.00	0.00	3.66	0.02	0.00
12.70	2.00	0.00	3.65	0.02	0.00	12.72	2.00	0.00	3.64	0.02	0.00
12.74	2.00	0.00	3.63	0.02	0.00	12.76	2.00	0.00	3.62	0.02	0.00
12.78	2.00	0.00	3.61	0.02	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.02	0.00
12.82	2.00	0.00	3.59	0.02	0.00	12.84	2.00	0.00	3.58	0.02	0.00
12.86	2.00	0.00	3.57	0.02	0.00	12.88	2.00	0.00	3.56	0.02	0.00
12.90	2.00	0.00	3.55	0.02	0.00	12.92	2.00	0.00	3.54	0.02	0.00
12.94	2.00	0.00	3.53	0.02	0.00	12.96	2.00	0.00	3.52	0.02	0.00
12.98	2.00	0.00	3.51	0.02	0.00	13.00	2.00	0.00	3.50	0.02	0.00
13.02	2.00	0.00	3.49	0.02	0.00	13.04	2.00	0.00	3.48	0.02	0.00
13.06	2.00	0.00	3.47	0.02	0.00	13.08	2.00	0.00	3.46	0.02	0.00
13.10	2.00	0.00	3.45	0.02	0.00	13.12	2.00	0.00	3.44	0.02	0.00
13.14	2.00	0.00	3.43	0.02	0.00	13.16	2.00	0.00	3.42	0.02	0.00
13.18	2.00	0.00	3.41	0.02	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.02	0.00
13.22	2.00	0.00	3.39	0.02	0.00	13.24	2.00	0.00	3.38	0.02	0.00
13.26	2.00	0.00	3.37	0.02	0.00	13.28	2.00	0.00	3.36	0.02	0.00
13.30	2.00	0.00	3.35	0.02	0.00	13.32	2.00	0.00	3.34	0.02	0.00
13.34	2.00	0.00	3.33	0.02	0.00	13.36	2.00	0.00	3.32	0.02	0.00
13.38	2.00	0.00	3.31	0.02	0.00	13.40	2.00	0.00	3.30	0.02	0.00
13.42	2.00	0.00	3.29	0.02	0.00	13.44	2.00	0.00	3.28	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
13.46	2.00	0.00	3.27	0.02	0.00	13.48	2.00	0.00	3.26	0.02	0.00
13.50	2.00	0.00	3.25	0.02	0.00	13.52	2.00	0.00	3.24	0.02	0.00
13.54	2.00	0.00	3.23	0.02	0.00	13.56	2.00	0.00	3.22	0.02	0.00
13.58	2.00	0.00	3.21	0.02	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.02	0.00
13.62	2.00	0.00	3.19	0.02	0.00	13.64	2.00	0.00	3.18	0.02	0.00
13.66	2.00	0.00	3.17	0.02	0.00	13.68	2.00	0.00	3.16	0.02	0.00
13.70	2.00	0.00	3.15	0.02	0.00	13.72	2.00	0.00	3.14	0.02	0.00
13.74	2.00	0.00	3.13	0.02	0.00	13.76	2.00	0.00	3.12	0.02	0.00
13.78	2.00	0.00	3.11	0.02	0.00	13.80	2.00	0.00	3.10	0.02	0.00
13.82	2.00	0.00	3.09	0.02	0.00	13.84	2.00	0.00	3.08	0.02	0.00
13.86	2.00	0.00	3.07	0.02	0.00	13.88	2.00	0.00	3.06	0.02	0.00
13.90	2.00	0.00	3.05	0.02	0.00	13.92	2.00	0.00	3.04	0.02	0.00
13.94	2.00	0.00	3.03	0.02	0.00	13.96	2.00	0.00	3.02	0.02	0.00
13.98	2.00	0.00	3.01	0.02	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.02	0.00
14.02	2.00	0.00	2.99	0.02	0.00	14.04	2.00	0.00	2.98	0.02	0.00
14.06	2.00	0.00	2.97	0.02	0.00	14.08	2.00	0.00	2.96	0.02	0.00
14.10	2.00	0.00	2.95	0.02	0.00	14.12	2.00	0.00	2.94	0.02	0.00
14.14	2.00	0.00	2.93	0.02	0.00	14.16	2.00	0.00	2.92	0.02	0.00
14.18	2.00	0.00	2.91	0.02	0.00	14.20	2.00	0.00	2.90	0.02	0.00
14.22	2.00	0.00	2.89	0.02	0.00	14.24	2.00	0.00	2.88	0.02	0.00
14.26	2.00	0.00	2.87	0.02	0.00	14.28	2.00	0.00	2.86	0.02	0.00
14.30	2.00	0.00	2.85	0.02	0.00	14.32	2.00	0.00	2.84	0.02	0.00
14.34	2.00	0.00	2.83	0.02	0.00	14.36	2.00	0.00	2.82	0.02	0.00
14.38	2.00	0.00	2.81	0.02	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.02	0.00
14.42	2.00	0.00	2.79	0.02	0.00	14.44	2.00	0.00	2.78	0.02	0.00
14.46	2.00	0.00	2.77	0.02	0.00	14.48	2.00	0.00	2.76	0.02	0.00
14.50	2.00	0.00	2.75	0.02	0.00	14.52	2.00	0.00	2.74	0.02	0.00
14.54	2.00	0.00	2.73	0.02	0.00	14.56	2.00	0.00	2.72	0.02	0.00
14.58	2.00	0.00	2.71	0.02	0.00	14.60	2.00	0.00	2.70	0.02	0.00
14.62	2.00	0.00	2.69	0.02	0.00	14.64	2.00	0.00	2.68	0.02	0.00
14.66	2.00	0.00	2.67	0.02	0.00	14.68	2.00	0.00	2.66	0.02	0.00
14.70	2.00	0.00	2.65	0.02	0.00	14.72	2.00	0.00	2.64	0.02	0.00
14.74	2.00	0.00	2.63	0.02	0.00	14.76	2.00	0.00	2.62	0.02	0.00
14.78	2.00	0.00	2.61	0.02	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.02	0.00
14.82	2.00	0.00	2.59	0.02	0.00	14.84	2.00	0.00	2.58	0.02	0.00
14.86	2.00	0.00	2.57	0.02	0.00	14.88	2.00	0.00	2.56	0.02	0.00
14.90	2.00	0.00	2.55	0.02	0.00	14.92	2.00	0.00	2.54	0.02	0.00
14.94	2.00	0.00	2.53	0.02	0.00	14.96	2.00	0.00	2.52	0.02	0.00
14.98	2.00	0.00	2.51	0.02	0.00	15.00	2.00	0.00	2.50	0.02	0.00
15.02	2.00	0.00	2.49	0.02	0.00	15.04	2.00	0.00	2.48	0.02	0.00
15.06	2.00	0.00	2.47	0.02	0.00	15.08	2.00	0.00	2.46	0.02	0.00
15.10	2.00	0.00	2.45	0.02	0.00	15.12	2.00	0.00	2.44	0.02	0.00
15.14	2.00	0.00	2.43	0.02	0.00	15.16	2.00	0.00	2.42	0.02	0.00
15.18	2.00	0.00	2.41	0.02	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.02	0.00
15.22	2.00	0.00	2.39	0.02	0.00	15.24	2.00	0.00	2.38	0.02	0.00
15.26	2.00	0.00	2.37	0.02	0.00	15.28	2.00	0.00	2.36	0.02	0.00
15.30	2.00	0.00	2.35	0.02	0.00	15.32	2.00	0.00	2.34	0.02	0.00
15.34	2.00	0.00	2.33	0.02	0.00	15.36	2.00	0.00	2.32	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
15.38	2.00	0.00	2.31	0.02	0.00	15.40	2.00	0.00	2.30	0.02	0.00
15.42	2.00	0.00	2.29	0.02	0.00	15.44	2.00	0.00	2.28	0.02	0.00
15.46	2.00	0.00	2.27	0.02	0.00	15.48	2.00	0.00	2.26	0.02	0.00
15.50	2.00	0.00	2.25	0.02	0.00	15.52	2.00	0.00	2.24	0.02	0.00
15.54	2.00	0.00	2.23	0.02	0.00	15.56	2.00	0.00	2.22	0.02	0.00
15.58	2.00	0.00	2.21	0.02	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.02	0.00
15.62	2.00	0.00	2.19	0.02	0.00	15.64	2.00	0.00	2.18	0.02	0.00
15.66	2.00	0.00	2.17	0.02	0.00	15.68	2.00	0.00	2.16	0.02	0.00
15.70	2.00	0.00	2.15	0.02	0.00	15.72	2.00	0.00	2.14	0.02	0.00
15.74	2.00	0.00	2.13	0.02	0.00	15.76	2.00	0.00	2.12	0.02	0.00
15.78	2.00	0.00	2.11	0.02	0.00	15.80	2.00	0.00	2.10	0.02	0.00
15.82	2.00	0.00	2.09	0.02	0.00	15.84	2.00	0.00	2.08	0.02	0.00
15.86	2.00	0.00	2.07	0.02	0.00	15.88	2.00	0.00	2.06	0.02	0.00
15.90	2.00	0.00	2.05	0.02	0.00	15.92	2.00	0.00	2.04	0.02	0.00
15.94	2.00	0.00	2.03	0.02	0.00	15.96	2.00	0.00	2.02	0.02	0.00
15.98	2.00	0.00	2.01	0.02	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.02	0.00
16.02	2.00	0.00	1.99	0.02	0.00	16.04	2.00	0.00	1.98	0.02	0.00
16.06	2.00	0.00	1.97	0.02	0.00	16.08	2.00	0.00	1.96	0.02	0.00
16.10	2.00	0.00	1.95	0.02	0.00	16.12	2.00	0.00	1.94	0.02	0.00
16.14	2.00	0.00	1.93	0.02	0.00	16.16	2.00	0.00	1.92	0.02	0.00
16.18	2.00	0.00	1.91	0.02	0.00	16.20	2.00	0.00	1.90	0.02	0.00
16.22	2.00	0.00	1.89	0.02	0.00	16.24	2.00	0.00	1.88	0.02	0.00
16.26	2.00	0.00	1.87	0.02	0.00	16.28	2.00	0.00	1.86	0.02	0.00
16.30	2.00	0.00	1.85	0.02	0.00	16.32	2.00	0.00	1.84	0.02	0.00
16.34	2.00	0.00	1.83	0.02	0.00	16.36	2.00	0.00	1.82	0.02	0.00
16.38	2.00	0.00	1.81	0.02	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.02	0.00
16.42	2.00	0.00	1.79	0.02	0.00	16.44	2.00	0.00	1.78	0.02	0.00
16.46	2.00	0.00	1.77	0.02	0.00	16.48	2.00	0.00	1.76	0.02	0.00
16.50	2.00	0.00	1.75	0.02	0.00	16.52	2.00	0.00	1.74	0.02	0.00
16.54	2.00	0.00	1.73	0.02	0.00	16.56	2.00	0.00	1.72	0.02	0.00
16.58	2.00	0.00	1.71	0.02	0.00	16.60	2.00	0.00	1.70	0.02	0.00
16.62	2.00	0.00	1.69	0.02	0.00	16.64	2.00	0.00	1.68	0.02	0.00
16.66	2.00	0.00	1.67	0.02	0.00	16.68	2.00	0.00	1.66	0.02	0.00
16.70	2.00	0.00	1.65	0.02	0.00	16.72	2.00	0.00	1.64	0.02	0.00
16.74	2.00	0.00	1.63	0.02	0.00	16.76	2.00	0.00	1.62	0.02	0.00
16.78	2.00	0.00	1.61	0.02	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.02	0.00
16.82	2.00	0.00	1.59	0.02	0.00	16.84	2.00	0.00	1.58	0.02	0.00
16.86	2.00	0.00	1.57	0.02	0.00	16.88	2.00	0.00	1.56	0.02	0.00
16.90	2.00	0.00	1.55	0.02	0.00	16.92	2.00	0.00	1.54	0.02	0.00
16.94	2.00	0.00	1.53	0.02	0.00	16.96	2.00	0.00	1.52	0.02	0.00
16.98	2.00	0.00	1.51	0.02	0.00	17.00	2.00	0.00	1.50	0.02	0.00
17.02	2.00	0.00	1.49	0.02	0.00	17.04	2.00	0.00	1.48	0.02	0.00
17.06	2.00	0.00	1.47	0.02	0.00	17.08	2.00	0.00	1.46	0.02	0.00
17.10	2.00	0.00	1.45	0.02	0.00	17.12	2.00	0.00	1.44	0.02	0.00
17.14	2.00	0.00	1.43	0.02	0.00	17.16	2.00	0.00	1.42	0.02	0.00
17.18	2.00	0.00	1.41	0.02	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.02	0.00
17.22	2.00	0.00	1.39	0.02	0.00	17.24	2.00	0.00	1.38	0.02	0.00
17.26	2.00	0.00	1.37	0.02	0.00	17.28	2.00	0.00	1.36	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
17.30	2.00	0.00	1.35	0.02	0.00	17.32	2.00	0.00	1.34	0.02	0.00
17.34	2.00	0.00	1.33	0.02	0.00	17.36	2.00	0.00	1.32	0.02	0.00
17.38	2.00	0.00	1.31	0.02	0.00	17.40	2.00	0.00	1.30	0.02	0.00
17.42	2.00	0.00	1.29	0.02	0.00	17.44	2.00	0.00	1.28	0.02	0.00
17.46	2.00	0.00	1.27	0.02	0.00	17.48	2.00	0.00	1.26	0.02	0.00
17.50	2.00	0.00	1.25	0.02	0.00	17.52	2.00	0.00	1.24	0.02	0.00
17.54	2.00	0.00	1.23	0.02	0.00	17.56	2.00	0.00	1.22	0.02	0.00
17.58	2.00	0.00	1.21	0.02	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.02	0.00
17.62	2.00	0.00	1.19	0.02	0.00	17.64	2.00	0.00	1.18	0.02	0.00
17.66	2.00	0.00	1.17	0.02	0.00	17.68	2.00	0.00	1.16	0.02	0.00
17.70	2.00	0.00	1.15	0.02	0.00	17.72	2.00	0.00	1.14	0.02	0.00
17.74	2.00	0.00	1.13	0.02	0.00	17.76	2.00	0.00	1.12	0.02	0.00
17.78	2.00	0.00	1.11	0.02	0.00	17.80	2.00	0.00	1.10	0.02	0.00
17.82	2.00	0.00	1.09	0.02	0.00	17.84	2.00	0.00	1.08	0.02	0.00
17.86	2.00	0.00	1.07	0.02	0.00	17.88	2.00	0.00	1.06	0.02	0.00
17.90	2.00	0.00	1.05	0.02	0.00	17.92	2.00	0.00	1.04	0.02	0.00
17.94	2.00	0.00	1.03	0.02	0.00	17.96	2.00	0.00	1.02	0.02	0.00
17.98	2.00	0.00	1.01	0.02	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.02	0.00
18.02	2.00	0.00	0.99	0.02	0.00	18.04	2.00	0.00	0.98	0.02	0.00
18.06	2.00	0.00	0.97	0.02	0.00	18.08	2.00	0.00	0.96	0.02	0.00
18.10	2.00	0.00	0.95	0.02	0.00	18.12	2.00	0.00	0.94	0.02	0.00
18.14	2.00	0.00	0.93	0.02	0.00	18.16	2.00	0.00	0.92	0.02	0.00
18.18	2.00	0.00	0.91	0.02	0.00	18.20	2.00	0.00	0.90	0.02	0.00
18.22	2.00	0.00	0.89	0.02	0.00	18.24	2.00	0.00	0.88	0.02	0.00
18.26	2.00	0.00	0.87	0.02	0.00	18.28	2.00	0.00	0.86	0.02	0.00
18.30	2.00	0.00	0.85	0.02	0.00	18.32	2.00	0.00	0.84	0.02	0.00
18.34	2.00	0.00	0.83	0.02	0.00	18.36	2.00	0.00	0.82	0.02	0.00
18.38	2.00	0.00	0.81	0.02	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.02	0.00
18.42	2.00	0.00	0.79	0.02	0.00	18.44	2.00	0.00	0.78	0.02	0.00
18.46	2.00	0.00	0.77	0.02	0.00	18.48	2.00	0.00	0.76	0.02	0.00
18.50	2.00	0.00	0.75	0.02	0.00	18.52	2.00	0.00	0.74	0.02	0.00
18.54	2.00	0.00	0.73	0.02	0.00	18.56	2.00	0.00	0.72	0.02	0.00
18.58	2.00	0.00	0.71	0.02	0.00	18.60	2.00	0.00	0.70	0.02	0.00
18.62	2.00	0.00	0.69	0.02	0.00	18.64	2.00	0.00	0.68	0.02	0.00
18.66	2.00	0.00	0.67	0.02	0.00	18.68	2.00	0.00	0.66	0.02	0.00
18.70	2.00	0.00	0.65	0.02	0.00	18.72	2.00	0.00	0.64	0.02	0.00
18.74	2.00	0.00	0.63	0.02	0.00	18.76	2.00	0.00	0.62	0.02	0.00
18.78	2.00	0.00	0.61	0.02	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.02	0.00
18.82	2.00	0.00	0.59	0.02	0.00	18.84	2.00	0.00	0.58	0.02	0.00
18.86	2.00	0.00	0.57	0.02	0.00	18.88	2.00	0.00	0.56	0.02	0.00
18.90	2.00	0.00	0.55	0.02	0.00	18.92	2.00	0.00	0.54	0.02	0.00
18.94	2.00	0.00	0.53	0.02	0.00	18.96	2.00	0.00	0.52	0.02	0.00
18.98	2.00	0.00	0.51	0.02	0.00	19.00	2.00	0.00	0.50	0.02	0.00
19.02	2.00	0.00	0.49	0.02	0.00	19.04	2.00	0.00	0.48	0.02	0.00
19.06	2.00	0.00	0.47	0.02	0.00	19.08	2.00	0.00	0.46	0.02	0.00
19.10	2.00	0.00	0.45	0.02	0.00	19.12	2.00	0.00	0.44	0.02	0.00
19.14	2.00	0.00	0.43	0.02	0.00	19.16	2.00	0.00	0.42	0.02	0.00
19.18	2.00	0.00	0.41	0.02	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.02	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	FL	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	FL	w _z	d _z	LPI
19.22	2.00	0.00	0.39	0.02	0.00	19.24	2.00	0.00	0.38	0.02	0.00
19.26	2.00	0.00	0.37	0.02	0.00	19.28	2.00	0.00	0.36	0.02	0.00
19.30	2.00	0.00	0.35	0.02	0.00	19.32	2.00	0.00	0.34	0.02	0.00
19.34	2.00	0.00	0.33	0.02	0.00	19.36	2.00	0.00	0.32	0.02	0.00
19.38	2.00	0.00	0.31	0.02	0.00	19.40	2.00	0.00	0.30	0.02	0.00
19.42	2.00	0.00	0.29	0.02	0.00	19.44	2.00	0.00	0.28	0.02	0.00
19.46	2.00	0.00	0.27	0.02	0.00	19.48	2.00	0.00	0.26	0.02	0.00
19.50	2.00	0.00	0.25	0.02	0.00	19.52	2.00	0.00	0.24	0.02	0.00
19.54	2.00	0.00	0.23	0.02	0.00	19.56	2.00	0.00	0.22	0.02	0.00
19.58	2.00	0.00	0.21	0.02	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.02	0.00
19.62	2.00	0.00	0.19	0.02	0.00	19.64	2.00	0.00	0.18	0.02	0.00
19.66	2.00	0.00	0.17	0.02	0.00	19.68	2.00	0.00	0.16	0.02	0.00
19.70	2.00	0.00	0.15	0.02	0.00	19.72	2.00	0.00	0.14	0.02	0.00
19.74	2.00	0.00	0.13	0.02	0.00	19.76	2.00	0.00	0.12	0.02	0.00
19.78	2.00	0.00	0.11	0.02	0.00	19.80	2.00	0.00	0.10	0.02	0.00
19.82	2.00	0.00	0.09	0.02	0.00	19.84	2.00	0.00	0.08	0.02	0.00
19.86	2.00	0.00	0.07	0.02	0.00	19.88	2.00	0.00	0.06	0.02	0.00
19.90	2.00	0.00	0.05	0.02	0.00	19.92	2.00	0.00	0.04	0.02	0.00
19.94	2.00	0.00	0.03	0.02	0.00	19.96	2.00	0.00	0.02	0.02	0.00
19.98	2.00	0.00	0.01	0.02	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
20.02	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.04	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.06	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.08	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.10	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.12	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.14	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.16	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.18	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.22	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.24	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.26	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.32	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.34	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
 LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
 LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
 LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
 FL: 1 - FS
 w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
 d_z: Layer thickness (m)
 LPI: Liquefaction potential index value for test point

Si riporta una tabella riassuntiva

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I_L (R&W 1997)	RISCHIO (Sonmez 2003)	SPESSORE (m)	PROFONDITA' (m)
CPT01	0	MOLTO BASSO	/	/
CPT02	7.88	ELEVATO	0.40	17.20÷17.60
CPTU01	0	MOLTO BASSO	/	/

Concludendo si evidenzia la presenza di un livello potenzialmente liquefacibile solo in corrispondenza della CPT n. 2 dello spessore poco significativo di 0.40 m alla profondità di – 17.20 metri di quota. Si tratta di un livello non continuo in quanto presente solo nella prova CPT n.2

Sulla base delle verifiche eseguite si ritiene corretto, nel rispetto della Normativa, classificare il sito in categoria di sottosuolo D e determinare la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato previsto dalle NTC08.

4.3.2 Valutazione fattore di amplificazione litologica e parametri spettrali

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 Gennaio 2008, viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

Gli spettri di Norma sono quindi stati ottenuti per il sito di interesse a partire dalle coordinate geografiche del sito secondo la tecnica indicata dalle NTC08 della media pesata dei parametri sismici relativi ai quattro vertici più vicini del reticolo in cui è stato suddiviso il territorio italiano tramite il foglio di calcolo Spettri – NTC ver. 1.0.3 (fonte ministero Infrastrutture e Trasporti).

Le coordinate in forma decimale ED50 del sito di ampliamento sono:

44.788322 N – 11.027305 E

Di seguito vengono indicati per il sito in oggetto i diversi spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite per un suolo di tipo A.

Per spettro di risposta si intende la massima accelerazione di un oscillatore (edificio di progetto) a un particolare input (terremoto) in funzione del periodo proprio e dello smorzamento.

Gli spettri di risposta su suolo rigido di seguito riportati vengono dati per gli stati limite di esercizio: lo stato limite di Operatività (SLO) e lo stato limite di Danno (SLD) e per gli stati limite ultimi: lo stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e lo stato limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le forme spettrali sono definite in base a dei parametri il cui valore dipende dai periodi di ritorno associato a ciascun stato limite.

Nella tabella di seguito riportata vengono definiti i parametri base degli spettri per i vari periodi di ritorno.

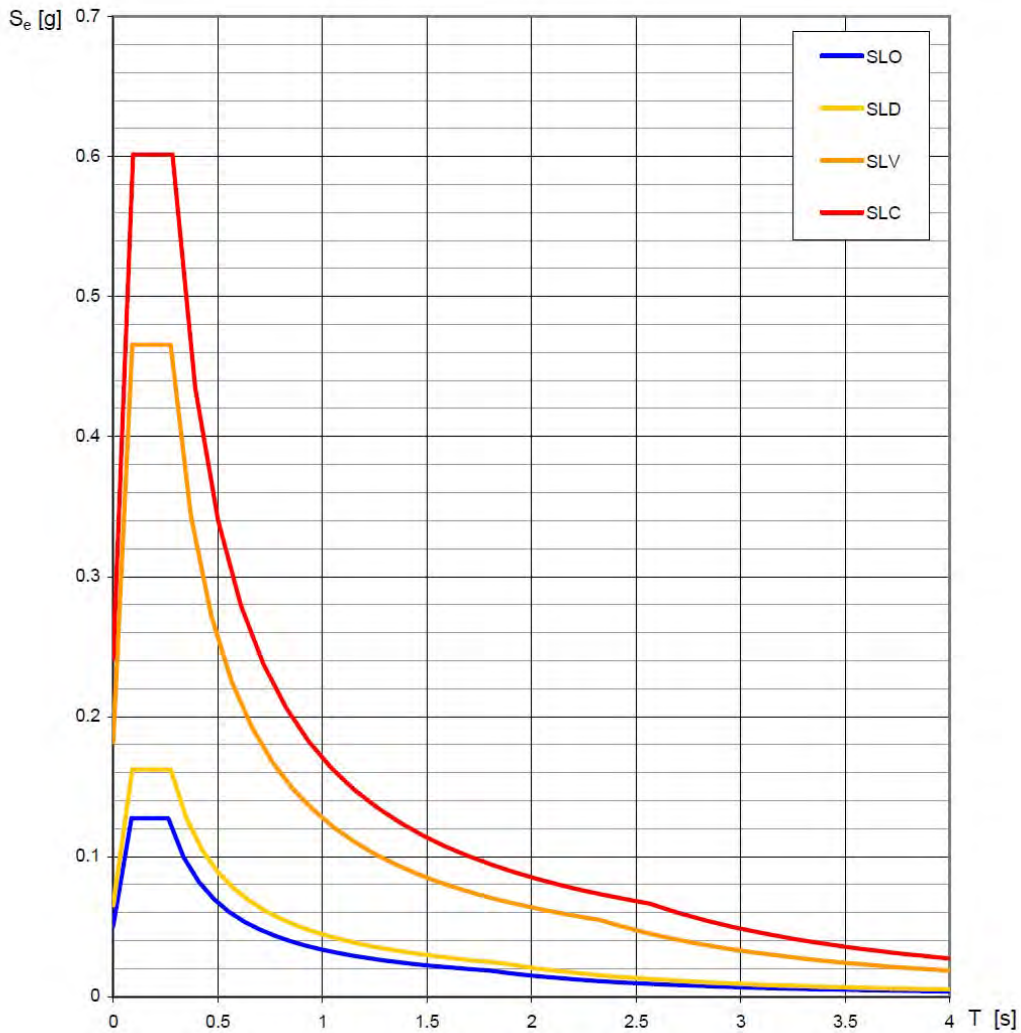
I parametri definiti sono

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.051	2.515	0.264
SLD	75	0.065	2.481	0.275
SLV	712	0.182	2.558	0.274
SLC	1462	0.242	2.489	0.284

Fig. 11: Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite su suolo di tipo A e tabella dei parametri relativa.

Viene inoltre riportato lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale per lo spettro allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ in superficie su suolo di tipo D:

Il valore di $a_g(g)$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido = 0.182 che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il Comune di San Prospero, scalato per un coefficiente d'uso 1.5 che corrisponde ad una classe d'uso III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a 2.558.

Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_C è uguale a 0.274 s

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (poiché la categoria del suolo indagato è la D) risulta pari a 1.702.

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a 1 poiché il sito è pianeggiante.

Accelerazione attesa in superficie $PGA = a_g \times S_s = 0.31g$

$K_h = 0.074$ $K_v = 0.037$ $\beta = 0.240$

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

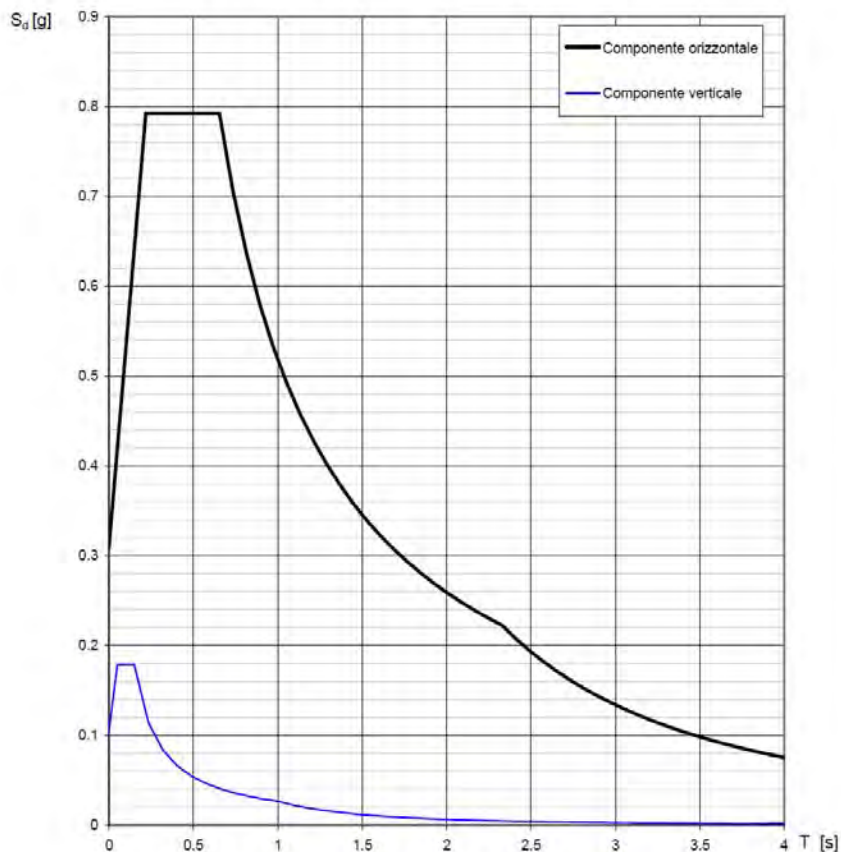


Fig.12: Spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita su suolo di studio di tipo D.

Si riporta di seguito, a livello informativo, la PGA registrata in superficie al sito di studio come risulta dalle mappe di scuotimento dell'INGV nell'evento sismico del 20 Maggio 2012, del 29 Maggio 2012 e del 03 Giugno 2012 e la PGA in superficie calcolata da Norma.

Evento del 20 Maggio PGA (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 0.16g
Evento del 20 Maggio PGV (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 22 cm/s
Evento del 29 Maggio PGA (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 0.24g
Evento del 29 Maggio PGV (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 28 cm/s
Evento del 03 Giugno PGA (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 0.04g
Evento del 03 Giugno PGV (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 2 cm/s

NORMATIVA DI RIFERIMENTO NTC 2008 PGA (AL SITO DELL'EDIFICIO) = 0.31g.

Per quanto riguarda l'accelerazione spettrale si riportano di seguito:

- le accelerazioni spettrali riportate nelle mappe di scuotimento dell'INGV per la zona dell'edificio reperibili sul sito <http://shakemap.rm.ingv.it/shake> e disponibili solo per periodi di 0.3s;1.0s e 3.0s per l'evento sismico del 20 Maggio, del 29 Maggio e del 03 Giugno 2012.

- le accelerazioni spettrali calcolate secondo la normativa NTC08 considerando lo spettro elastico per il profilo di sottosuolo D di figura 12 calcolate per i soli periodi di 0.3s;1.0s e 3.0s.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO NTC 2008 PSA 0.3s = 0.79g

NORMATIVA DI RIFERIMENTO NTC 2008 PSA 1s = 0.52g

NORMATIVA DI RIFERIMENTO NTC 2008 PSA 3s = 0.13g

Evento del 20 Maggio PSA 0.3s = 0.44g

Evento del 20 Maggio PSA 1s = 0.24g

Evento del 20 Maggio PSA 3s = 0.04g

Evento del 29 Maggio PSA 0.3s = 0.48g

Evento del 29 Maggio PSA 1s = 0.20g

Evento del 29 Maggio PSA 3s = 0.08g

Evento del 03 Giugno PSA 0.3s = 0.08g

Evento del 03 Giugno PSA 1s = 0.02g

Evento del 03 Giugno PSA 3s = 0.02g

5. ANALISI RESISTENZE DI PROGETTO

La verifica allo stato limite ultimo viene eseguita secondo un'analisi semiprobabilistica includendo per le azioni e le resistenze, fattori di sicurezza parziali FS applicati a valori medi dei parametri di interesse. Tale metodo è detto di primo livello.

Il fattore di sicurezza globale viene quindi diviso in fattori di sicurezza parziali applicati ai singoli valori caratteristici dei carichi o dei parametri geotecnici in modo che la disequazione finale $E_d \leq R_d$ venga sempre verificata.

Cioè l'effetto delle azioni di progetto (E_d) deve essere sempre non superiore alle Resistenze di progetto (R_d) in condizioni di stabilità della struttura.

Gli approcci progettuali da seguire sono i seguenti:

- **Approccio 1:**

Combinazione 1 – (A1+M1+R1) - STR

Combinazione 2 – (A2+M2+R2) - GEO

- **Approccio 2:**

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

I valori di A1, A2, M1, M2, R1, R2 ed R3 si determinano in base alle seguenti tabelle:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

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
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Si è proceduto alla determinazione dei valori teorici del carico limite ultimo Qult (SLU) con l'ausilio del programma di calcolo "Loadcap 2012 - rel. 611" della ditta GEOSTRU sas. Per la determinazione delle resistenze di progetto (Rd) sono stati considerati entrambi gli approcci in condizioni **drenate e non drenate e statiche considerando, non esistendo allo stato attuale un progetto esecutivo, impronte di fondazione a trave di larghezza B = 1.50 impostate a – 1.00 m dal piano campagna.**

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	1.5 m
Lunghezza fondazione	20.0 m
Profondità piano di posa	1.0 m
Altezza di incastro	1.0 m
Profondità falda	1.6

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
27.8	17.0	19.0	18.0	18	6.0	6.0	46.0	0.0	5000.0	0.0	0.0	0.0
3.0	18.0	20.0	27.0	27	0.0	0.0	0.0	12000	0.0	0.0	0.0	0.0
4.2	17.0	19.0	19.0	19	10.0	10.0	55.0	0.0	6000.0	0.0	0.0	0.0

Approccio 1:

Combinazione 2 – (A2+M2+R2) - GEO

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	A2+M2+R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	Sisma	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
4	S.L.E.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
5	S.L.D.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

CONDIZIONI DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] **161.5 kN/m²**

Resistenza di progetto [Rd] **89.72 kN/m²**

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] **--**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler **6459.83 kN/m³**

A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	1.09
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.27
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0

Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	155.78 kN/m ²
Resistenza di progetto	86.54 kN/m ²
=====	
Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)	
=====	
Fattore [Nq]	4.26
Fattore [Nc]	12.53
Fattore [Ng]	2.4
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	160.7 kN/m ²
Resistenza di progetto	89.28 kN/m ²
=====	
Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)	
=====	
Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	1.04
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.17
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.01
Fattore profondità [Dq]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.01
Fattore profondità [Dg]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	145.89 kN/m ²
Resistenza di progetto	81.05 kN/m ²
=====	
Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)	
=====	
Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71

Fattore [Ng]	2.49
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.27
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	171.72 kN/m ²
Resistenza di progetto	95.4 kN/m ²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	1.45
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.26
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	161.5 kN/m ²
Resistenza di progetto	89.72 kN/m ²

CONDIZIONI NON DRENATE E STATICHE
CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	188.42 kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	104.68 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler **7536.76 kN/m³**
A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.02
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	188.42 kN/m ²
Resistenza di progetto	104.68 kN/m ²

- Approccio 2:

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	Sisma	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione di efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	2,3	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CONDIZIONI DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] **243.6 kN/m²**

Resistenza di progetto[Rd] **105.91 kN/m²**

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] **--**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler **9744.11 kN/m³**
A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	5.26
Fattore [Nc]	13.1

Fattore [Ng]	2.08
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.27
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.21
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	233.68 kN/m ²
Resistenza di progetto	101.6 kN/m ²
=====	
Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)	
=====	
Fattore [Nq]	6.04
Fattore [Nc]	15.52
Fattore [Ng]	3.87
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	241.16 kN/m ²
Resistenza di progetto	104.85 kN/m ²
=====	
Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)	
=====	
Fattore [Nq]	5.26
Fattore [Nc]	13.1
Fattore [Ng]	2.0
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.18
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.01
Fattore profondità [Dq]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.01
Fattore profondità [Dg]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	220.67 kN/m ²
Resistenza di progetto	95.94 kN/m ²

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	5.26
Fattore [Nc]	13.1
Fattore [Ng]	4.07
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.27
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.21
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	256.33 kN/m ²
Resistenza di progetto	111.45 kN/m ²

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	5.26
Fattore [Nc]	13.1
Fattore [Ng]	2.77
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.26
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.21
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====

Carico limite	243.6 kN/m ²
Resistenza di progetto	105.91 kN/m ²

=====

CONDIZIONI NON DRENATE E STATICHE
CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3
Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	256.99 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	111.73 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)	
Costante di Winkler	10279.46 kN/m ³
	A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.02
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	256.99 kN/m ²
Resistenza di progetto	111.73 kN/m ²

Pertanto riassumendo i valori delle resistenze **in condizione drenate e non drenate** statiche, considerando un piano di posa a - 1.00 m dal p.c. e fondazioni superficiali a trave, secondo l'autore Brinch-Hansen (1970) (Eurocodice 8):

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 1

CONDIZIONI DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	161.5 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	89.72 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)	
Costante di Winkler	6459.83 kN/m ³

CONDIZIONI NON DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	188.42 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	104.68 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)	
Costante di Winkler	7536.76 kN/m ³

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 2

CONDIZIONI DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	243.6 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	105.91 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)	
Costante di Winkler	9744.11 kN/m ³

CONDIZIONI NON DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	256.99 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	111.73 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)	
Costante di Winkler	10279.46 kN/m ³

6. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del Committente si produce una modellazione geologica del sito, un'analisi di pericolosità sismica locale, riportando gli effetti attesi, e una caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dell'area interessata dalla demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado "Dante Alighieri", sita in Via Chiletti, in Comune di San Prospero sulla Secchia.

La caratterizzazione litologica di dettaglio e la definizione dei parametri geotecnici dei terreni sono ricavati dai risultati di due prove penetrometriche statiche di tipo meccanico e da una prova penetrometrica statica con punta elettrica "ENVI MEMOCONE", eseguite in sito in data 15/07/2014, dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Le prove sono state spinte ad una profondità variabile di – 21.00 m e – 35.00 m dal p.c.

Al fine di produrre un'analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono eseguite una prova di sismica passiva HVSR a stazione singola (Gemini2@PASI Srl) e due prove di sismica attiva tipo HoliSurface in onde Rayleigh realizzata in sito in data 15/07/2014.

La zona oggetto di studio si trova nel centro cittadino di San Prospero, in zona residenziale.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44°47'17.96"N e 11°01' 38.30"E .

Il sito ha accesso da Via Chiletti.

I centri abitati vicini sono:

Cavezzo a circa 5.40 Km a nord

Frazione Solara a circa 5.20 Km a est-sud-est

Frazione Sorbara a circa 4.60 Km a sud-sud-ovest

Rovereto sulla Secchia a circa 8.00 Km a nord. ovest

Oltre che a varie case sparse di campagna.

Il territorio del Comune di San Prospero è situato a Nord della provincia di Modena e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena redatto nel Marzo 2000, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 2 "Dossi e zone più rilevate nella Bassa e Media Pianura".

I caratteri ambientali dell'Unità di Paesaggio n. 2 sono caratterizzati dalla trama degli antichi paleoalvei fluviali, morfologicamente emergenti sull'intorno delle aree vallive riscattate dalla bonifica.

Il sito di studio è ubicato in un'area priva di evidenti morfostrutture.

Nel PRG Vigente l'area di ubicazione della struttura è classificata in zona G2 "Zone di attrezzature pubbliche di servizio – Attrezzature per l'istruzione (art.32)".

Le sequenze stratigrafiche ricostruite del sito si presentano omogenee nei tre punti di prova con diversi livelli litologici:

- Al di sotto del riporto, dello spessore di 0.80 m, fino alla quota di – 27.80 m sono presenti argille limose compatte con rari livelli sabbiosi non continui in quanto presenti solo nella prova n. 1;
- da – 27.80 m a – 30.80 m si evidenziano sabbie mediamente addensate;
- da – 30.80 m alla quota di fine prova si evidenziano argille compatti.

Sintetizzando, nella tabella di seguito si riportano i parametri in termini di resistenza dei terreni indagati derivati da prove penetrometriche mediante trasformazioni indirette della geotecnica classica in condizioni non drenate e drenate. Si precisa che, risulta più corretto definire un intervallo di confidenza (range) dei parametri geotecnici in condizioni drenate anziché fissare un unico valore restrittivo in quanto stimati in base a correlazioni empiriche della geotecnica classica (Schmertmann, 1978; Robertson e Campanella, 1983). Si ritiene quindi più opportuno accompagnare la stima dei parametri geotecnici in condizioni drenate con un intervallo di valori anziché fissarne uno unico.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	C_{uk} (kPa)
0.00 – 27.80	Argille limose compatte con rari livelli sabbiosi	17	19	6÷8	17÷19	46
27.80 – 30.80	Sabbie mediamente addensate	18	20	0	26÷28	0
30.80 – 35.00	Argille compatte	17	19	9÷11	18÷20	55

Si riportano, inoltre, i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff. di Poisson (v)	Modulo elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 – 27.80	Argille limose compatte con rari livelli sabbiosi	17	19	0.45	/	4000÷5000
27.80 – 30.80	Sabbie mediamente addensate	18	20	0.35	10000÷15000	/
30.80 – 35.00	Argille compatte	17	19	0.45	/	6000÷8000

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati dall'analisi di una acquisizione HVSR e di due acquisizioni in onde Rayleigh con metodo HoliSurface con Geofono 3D Pasi srl.

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un **picco stratigrafico** caratteristico **alla frequenza caratteristica di 0.7/0.8 Hz e periodo caratteristico pari a 1.4/1.25 s** che rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 150/180 m. Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza non significativi ($H/V < 2$) in caso di moto sismico.

Il profilo di Vs con la profondità e la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT.

Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

HoliSurface n. 1 e n. 2 Vs₍₃₀₎: compreso fra 161 - 186 m/s

Sulla base dell'interpretazione litostratigrafica del sito, e dei valori di Vs₃₀ calcolati che non manifestano significative inversioni di velocità di propagazione delle onde con la profondità fino alla quota di 30 metri e oltre, si fa riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento conformemente a quanto espresso nel DM 2008.

Il sito rientra in classe sismica di tipo D.

Le colonne stratigrafiche, dedotta dalle prove penetrometriche, evidenziano terreni di natura coesiva fino a - 35.00 m con rari livelli sabbiosi non continui.

Sulle colonne stratigrafiche riscontrate è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

Le verifiche sono state eseguite con l'accelerazione calcolata in superficie da norma per un suolo di tipo D e tempo di ritorno =712 anni: a_{max in superficie} (g) = 0.31.

Mw = 6.14 (Mw max Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS)

Il fattore di correzione della magnitudo MSF = 1.67 NCEEER (Seed R. B. et al.1997; 2003)

Il livello della soggiacenza della falda più alto misurato nei fori di prova nel Luglio 2014 pari a - 1.60 m dal p.c.

L'analisi rischio di liquefazione è stata eseguita con metodo di Robertson & Wride (1997) sulla verticale delle prove penetrometriche meccaniche CPT e con metodo di Idriss e Boulanger (2008) sulla verticale delle prova penetrometrica elettrica CPTU.

Sulla base dei risultati ottenuti si riporta di seguito una tabella riassuntiva

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE I _L (R&W 1997)	RISCHIO (Sonmez 2003)	SPESSORE (m)	PROFONDITA' (m)
CPT01	0	MOLTO BASSO	/	/
CPT02	7.88	ELEVATO	0.40	17.20÷17.60
CPTU01	0	MOLTO BASSO	/	/

Concludendo i terreni verificati hanno rischio liquefazione molto basso, si evidenzia la presenza di un livello potenzialmente liquefacibile solo in corrispondenza della CPT n. 2 dello spessore poco significativo di 0.40 m alla profondità di - 17.20 metri di quota. Si tratta di un livello non continuo in quanto presente solo nella prova CPT n.2

Sulla base delle verifiche eseguite si ritiene corretto, nel rispetto della Normativa, classificare il sito in categoria di sottosuolo D e determinare la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato previsto dalle NTC08.

Si è quindi fornito lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale per lo spettro allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ in superficie su suolo di tipo D:

Il valore di a_g(g) = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento

rigido = 0.182 che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il Comune di San Prospero, scalato per un coefficiente d'uso 1.5 che corrisponde ad una classe d'uso III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a 2.558.

Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c è uguale a 0.274 s

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (poiché la categoria del suolo indagato è la D) risulta pari a 1.702.

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a 1 poiché il sito è pianeggiante.

Accelerazione attesa in superficie $PGA = a_g \times S_s = 0.31g$

$K_h = 0.074 \quad K_v = 0.037 \quad \beta = 0.240$

Sulla base della caratterizzazione geotecnica dei terreni studiati, i valori delle resistenze in **condizione drenate e non drenate** statiche, considerando un piano di posa a $- 1.00$ m dal p.c. e fondazioni superficiali a trave di larghezza $B = 1.50$ m (Autore Brinch-Hansen, 1970) sono:

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 1

CONDIZIONI DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 161.5 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 89.72 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 6459.83 kN/m³

CONDIZIONI NON DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 188.42 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 104.68 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 7536.76 kN/m³

Resistenze di progetto - Rd (SLU) - Approccio 2

CONDIZIONI DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 243.6 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 105.91 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 9744.11 kN/m³

CONDIZIONI NON DRENATE E STATICHE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 256.99 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 111.73 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10279.46 kN/m³

Il livello della frangia freatica superficiale di circolazione nel materasso alluvionale, è stato misurato in foro all'atto d'esecuzione prove, in data 15/07/2014, alla quota variabile da – 1.60 a – 2.20 m dal p.c.

La frangia freatica presente in superficie è un livello idrico sospeso, povero e non utilizzabile perché presente in terreni poco permeabili testimonianza di una circolazione ipodermica.

In questa situazione la presenza di acqua è fortemente influenzata dalle precipitazioni che percolano nei primi metri di terreno e nei livelli limo-sabbiosi a permeabilità maggiore.

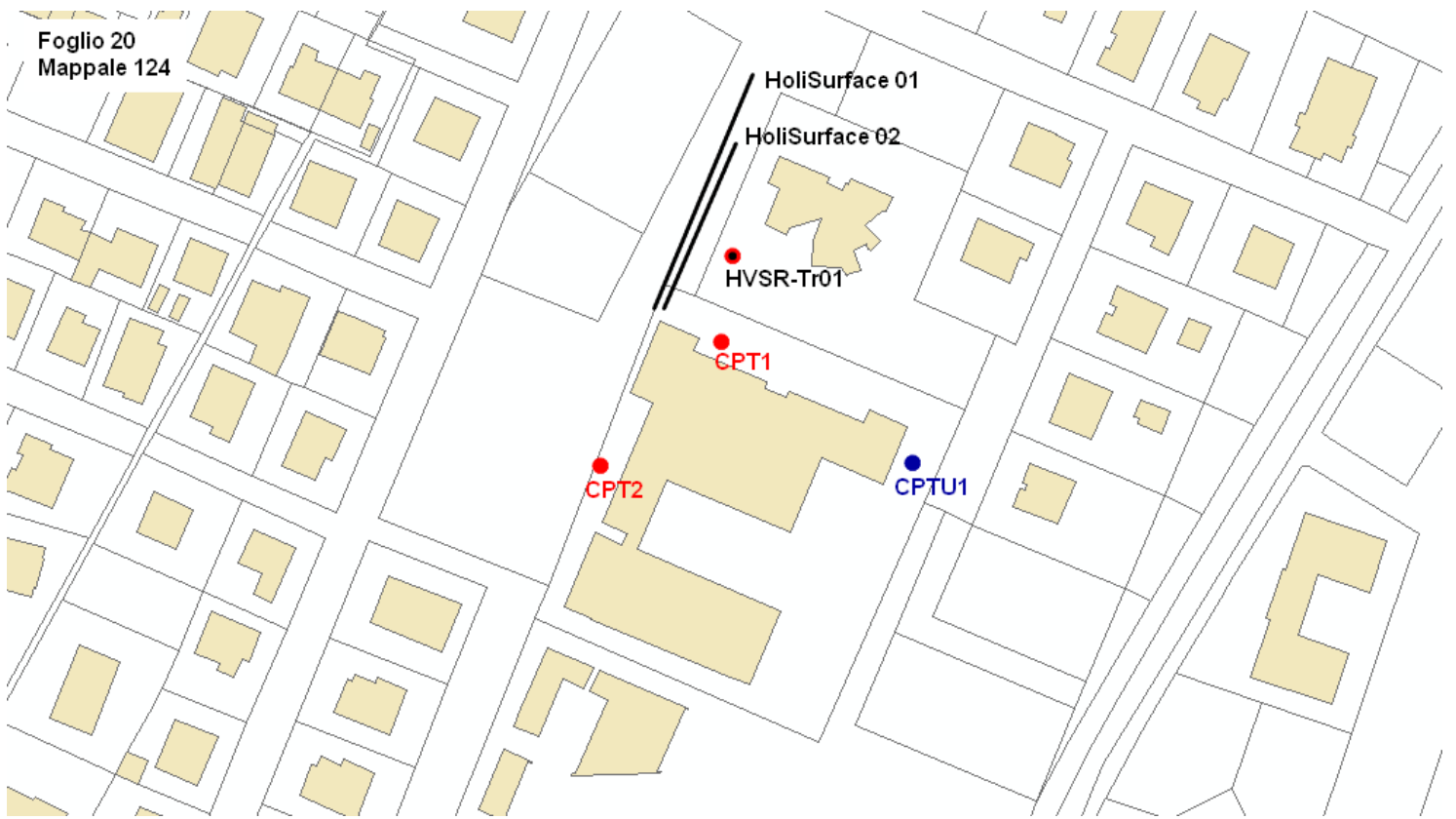
Nei periodi carenti in precipitazioni tale livello idrico spesso è assente nei primi quattro metri in quanto non alimentato dall'acqua meteorica, tende invece a crescere nei periodi invernali o comunque nei periodi con piogge abbondanti.

Dott. Geol. CESTARI PAOLO

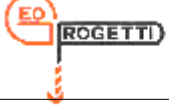


ALLEGATI

1. UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE
2. DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
3. TABELLE DI CAMPAGNA PROVE CPT E CPTU
4. DIAGRAMMI VALUTAZIONI LITOLOGICHE
5. PARAMETRI GEOTECNICI
6. RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA A FIRMA DEL DOTT. GEOL. LORENZO DEL MASCHIO
7. VERIFICA LIQUEFAZIONE CPTU METODO IDRISSE E BOULANGER



DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

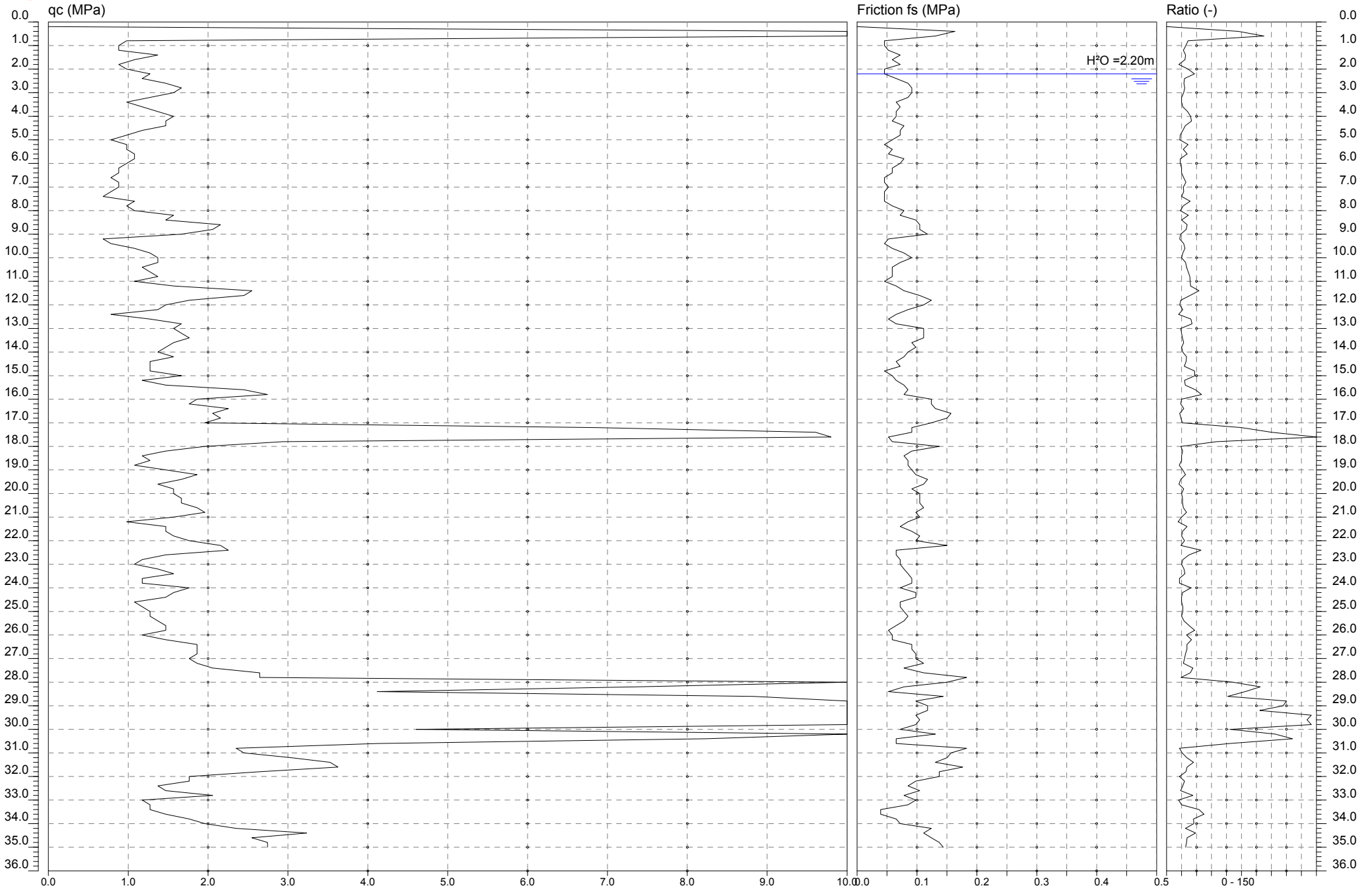


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Geomittente: COMUNE DI SAN PROSPERO
Cantiere: SAN PROSPERO scuole
Data: 15/07/2014

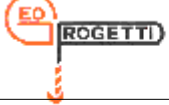
Quota: Preforo:
Falda: -2.20

Prova n° 1



35.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

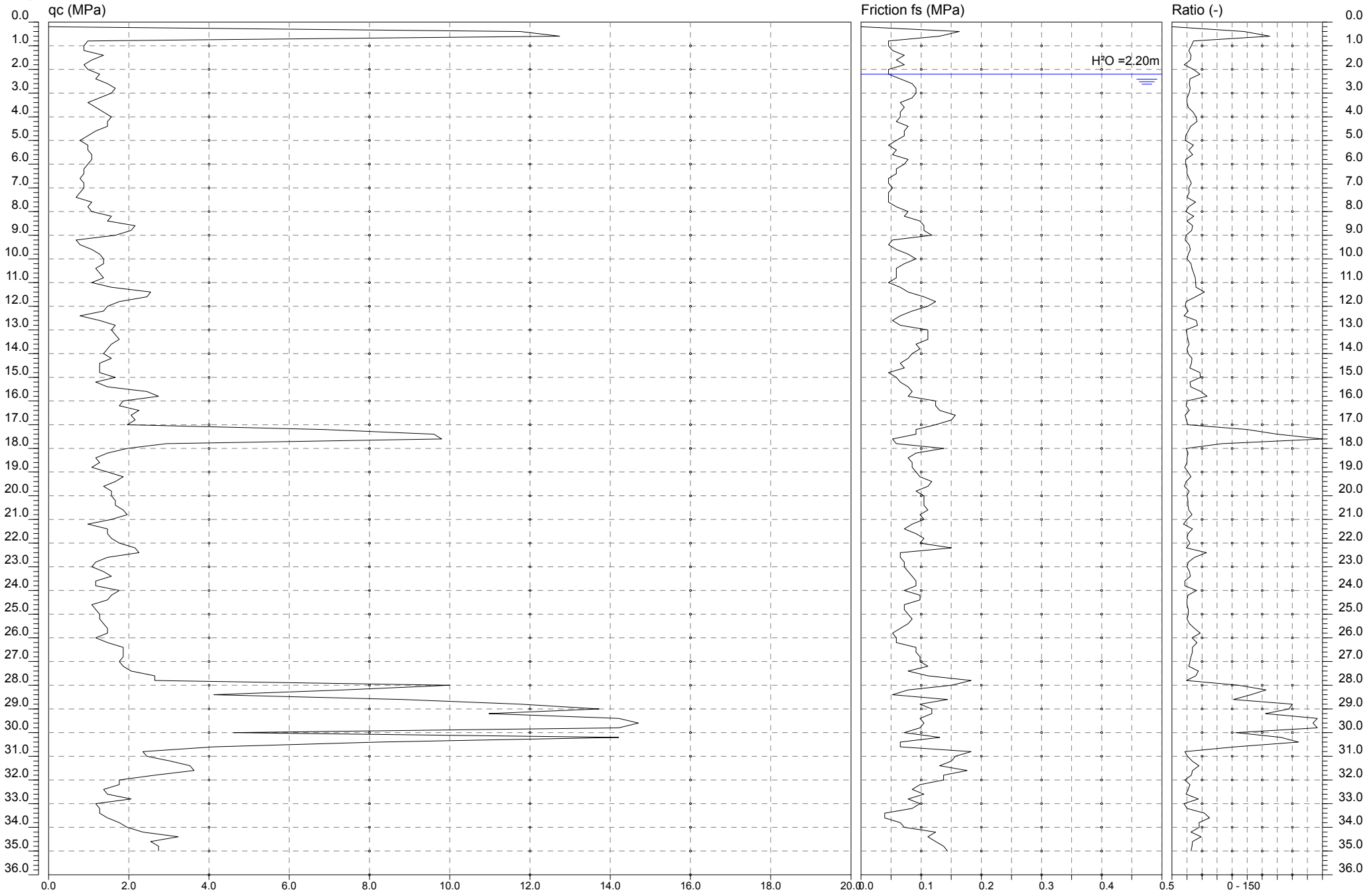


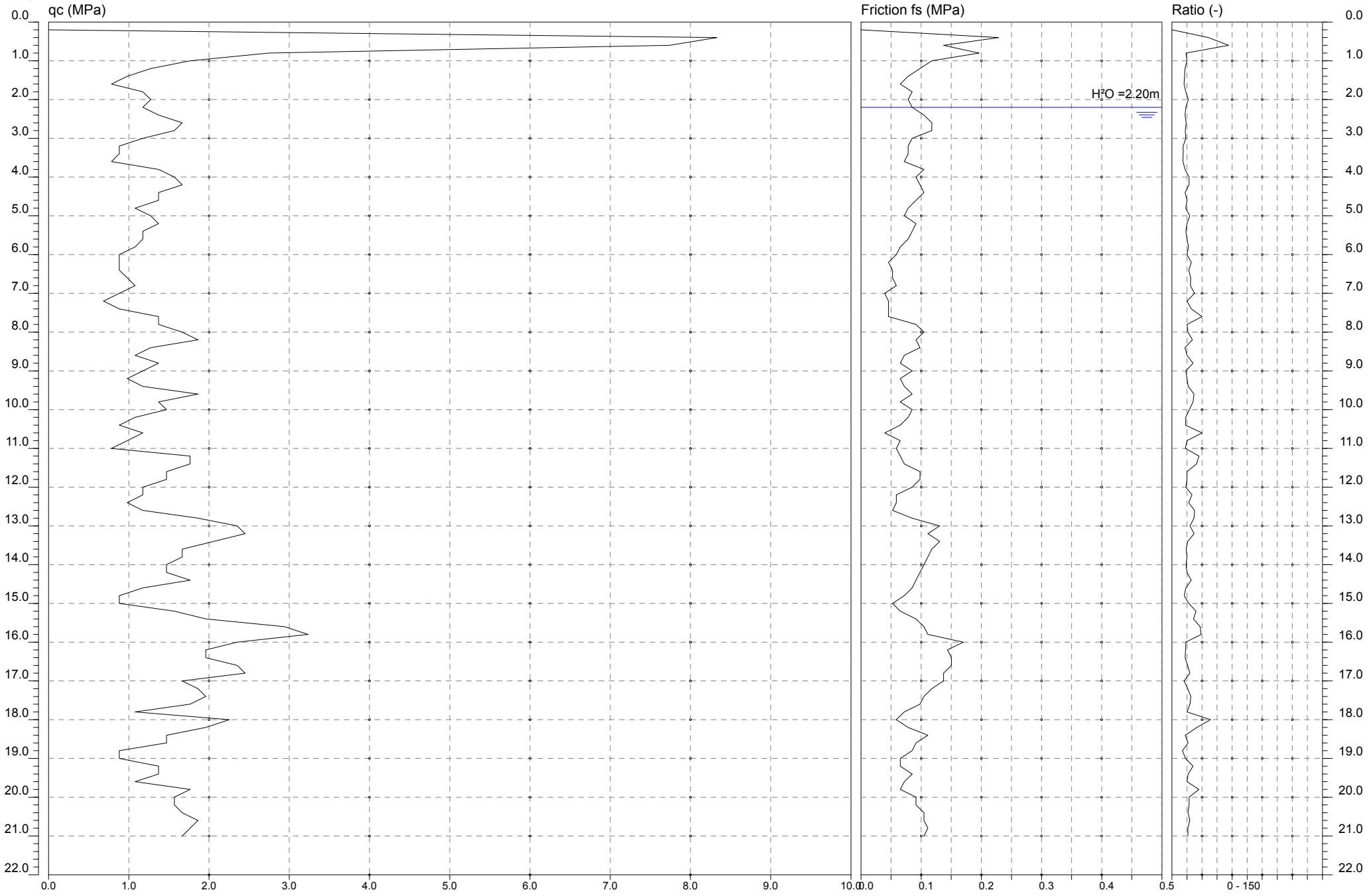
GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

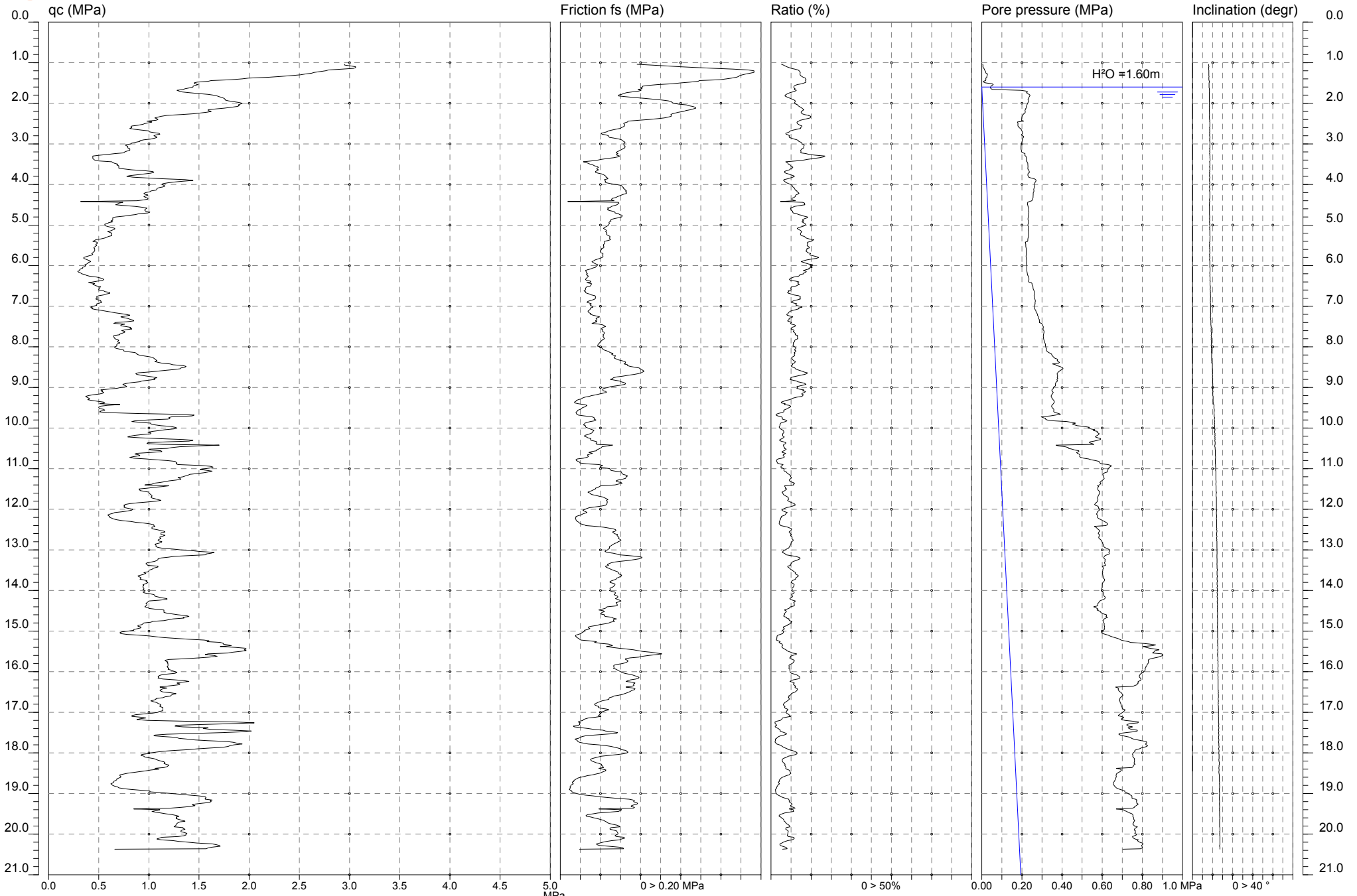
Committente: COMUNE DI SAN PROSPERO
Cantiere: SAN PROSPERO scuole
Data: 15/07/2014

Quota: -
Preforo: -
Falda: -2.20

Prova n° 1







LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:

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

CPTU1

Start level 1.00
 Date 15-Jul-2014
 Time 09:10
 Method CPT
 Project San Prospero - Scuole Medie

DEPTH	QC(MPa)	PP(KPa)	FS(KPa)	IN
1.02	2.95	104.5	76.5	6.4
1.04	2.95	105.5	90.5	6.5
1.06	3.01	106.5	105.5	6.4
1.08	3.06	105.5	120	6.6
1.1	3.06	107.5	135	6.4
1.12	3.04	110	153.5	6.5
1.14	2.93	113	172	6.4
1.16	2.79	114	187	6.5
1.18	2.76	116.5	193	6.5
1.2	2.7	119	193	6.5
1.22	2.65	119.5	193	6.5
1.24	2.62	121.5	189	6.5
1.26	2.56	128.5	185	6.5
1.28	2.51	127.5	181.5	6.5
1.3	2.41	126.5	178.5	6.5
1.32	2.3	125	177.5	6.6
1.34	2.19	125.5	175.5	6.5
1.36	1.99	119.5	170.5	6.5
1.38	1.93	121	165.5	6.5
1.4	1.82	120	159	6.5
1.42	1.62	119	138.5	6.6
1.44	1.59	108	137.5	6.7
1.46	1.48	110	129	6.7
1.48	1.45	119	120	6.6
1.5	1.46	151.5	112	6.6
1.52	1.49	157	97	6.6
1.54	1.46	151	87.5	6.6
1.56	1.44	145	82	6.6
1.58	1.44	145	82	6.6
1.6	1.41	142.5	80	6.6
1.62	1.36	146.5	81.5	6.7
1.64	1.34	152.5	77.5	6.7
1.66	1.28	195.5	80.5	6.7
1.68	1.3	220	78	6.8
1.7	1.33	228	71.5	6.7
1.72	1.4	223	66	6.7
1.74	1.49	227	63	6.7
1.76	1.59	235.5	61	6.7
1.78	1.64	240.5	58	6.7
1.8	1.68	239	58	6.7
1.82	1.7	236.5	65	6.7
1.84	1.73	234.5	74	6.7
1.86	1.75	232	84.5	6.7
1.88	1.76	230	93	6.7
1.9	1.76	232.5	101	6.7
1.92	1.79	233.5	107.5	6.7
1.94	1.84	232.5	110.5	6.7
1.96	1.9	230.5	111.5	6.8
1.98	1.93	229	113	6.7
2	1.91	226.5	118	6.8
2.02	1.89	225	125.5	6.7
2.04	1.9	224	128	6.8
2.06	1.88	222	132	6.7
2.08	1.82	221	134.5	6.8
2.1	1.75	220.5	135	6.7
2.12	1.67	217.5	132.5	6.8
2.14	1.59	217	129.5	6.7
2.16	1.59	215	125.5	6.7
2.18	1.62	216.5	122.5	6.7
2.2	1.58	216.5	118	6.8

CPTU1

2.22	1.51	215	114.5	6.7
2.24	1.44	209	111.5	6.8
2.26	1.31	206	110	6.8
2.28	1.18	203	110.5	6.8
2.3	1.12	200.5	110.5	6.7
2.32	1.09	200	107.5	6.8
2.34	1.06	199	103.5	6.7
2.36	1.08	199	97	6.8
2.38	1.09	199	88	6.8
2.4	1.07	197.5	78	6.9
2.42	0.98	208.5	67.5	6.8
2.44	1.03	178	67	6.9
2.46	1	179	64.5	6.9
2.48	0.96	180.5	63	6.9
2.5	0.94	180	64	6.9
2.52	0.89	180	64	6.9
2.54	0.83	180	64	6.9
2.56	0.82	184	62.5	6.9
2.58	0.83	186	61	6.8
2.6	0.81	192	59.5	6.9
2.62	0.85	195	55.5	6.8
2.64	0.93	198.5	51	6.9
2.66	1	199.5	48	6.8
2.68	1	201.5	46.5	6.9
2.7	1.04	203.5	44	6.8
2.72	1.1	202.5	40.5	6.9
2.74	1.11	200	41.5	6.8
2.76	1.07	197	45.5	6.9
2.78	1.05	203	48	6.8
2.8	1.07	208.5	48	6.9
2.82	1.08	207.5	49	6.9
2.84	1.06	205	53.5	6.9
2.86	1.02	204	58.5	6.8
2.88	0.95	201.5	61	6.9
2.9	0.91	202	62	6.8
2.92	0.91	201	63	6.9
2.94	0.87	199.5	64.5	6.9
2.96	0.83	199	64	7
2.98	0.82	198	63	6.9
3	0.77	196.5	63.5	6.9
3.02	0.77	196	63.5	6.9
3.04	0.79	195	64.5	6.9
3.06	0.79	195	64.5	6.9
3.08	0.79	195	64	6.9
3.1	0.81	195.5	62.5	6.8
3.12	0.81	196	61	6.9
3.14	0.81	198	59.5	6.9
3.16	0.78	197.5	58	6.8
3.18	0.76	198	56.5	6.9
3.2	0.75	206	55.5	6.9
3.22	0.66	215.5	57.5	6.8
3.24	0.59	215.5	56	6.9
3.26	0.51	213.5	56.5	6.9
3.28	0.44	218	59	6.9
3.3	0.44	222	57.5	7
3.32	0.44	221.5	53	6.9
3.34	0.44	222	47	7
3.36	0.45	222.5	41	7
3.38	0.46	222	37.5	7
3.4	0.5	222	31	7
3.42	0.63	225.5	23	6.8
3.44	0.64	227	25.5	6.9
3.46	0.66	229	28	6.9
3.48	0.69	229	29.5	6.9
3.5	0.68	229.5	32.5	6.9
3.52	0.7	230	34	6.9
3.54	0.7	230.5	37	6.8
3.56	0.7	230	38	6.9

CPTU1

3.58	0.7	229.5	36.5	6.9
3.6	0.76	229	36.5	6.9
3.62	0.83	233	38	6.9
3.64	0.96	235	36.5	6.8
3.66	1.04	236.5	35	6.9
3.68	1.05	237.5	35	6.8
3.7	1.02	232	37.5	6.8
3.72	0.96	230	41	6.9
3.74	0.89	230	43	6.8
3.76	0.81	230	44.5	6.8
3.78	0.78	232.5	45.5	6.8
3.8	0.84	233.5	45.5	6.9
3.82	0.97	244	47	6.9
3.84	1.14	261.5	47.5	6.8
3.86	1.36	268.5	44	6.8
3.88	1.44	270.5	44.5	6.8
3.9	1.34	269	45	6.8
3.92	1.25	267	44.5	6.9
3.94	1.19	264.5	46	6.9
3.96	1.14	263	50	6.8
3.98	1.13	264	55.5	6.9
4	1.15	264.5	60.5	6.9
4.02	1.16	264	61.5	6.8
4.04	1.14	262	62	6.8
4.06	1.1	261	63	6.8
4.08	1.08	260	63	6.9
4.1	1.08	259	64.5	6.9
4.12	1.07	259	64.5	6.8
4.14	1.02	260.5	66	6.8
4.16	1.01	259	65	6.9
4.18	0.97	257	66	6.9
4.2	0.95	256	66	6.9
4.22	0.96	256	63	6.9
4.24	0.99	256	61	6.9
4.26	0.97	255.5	59	6.9
4.28	0.95	255.5	57	6.9
4.3	0.97	255.5	55.5	6.9
4.32	0.99	254	52	6.9
4.34	0.99	253	51	6.8
4.36	0.95	251.5	51	6.8
4.38	0.88	249.5	53.5	6.8
4.4	0.32	237.5	7.5	6.9
4.42	0.74	228.5	58	6.8
4.44	0.7	228	58.5	6.8
4.46	0.69	227.5	57.5	6.8
4.48	0.67	228	56.5	6.7
4.5	0.75	229.5	54	6.7
4.52	0.86	230.5	51	6.8
4.54	0.93	232.5	50	6.8
4.56	0.98	232.5	47	6.8
4.58	0.97	233.5	48	6.8
4.6	0.96	233.5	47	6.8
4.62	0.96	233	48.5	6.8
4.64	0.97	233	52.5	6.8
4.66	1.01	235	54.5	6.8
4.68	0.99	234	54.5	6.8
4.7	0.9	233	58	6.8
4.72	0.87	233	59	6.8
4.74	0.81	232	61.5	6.8
4.76	0.75	231.5	61.5	6.9
4.78	0.67	231.5	61	6.8
4.8	0.64	231	58	6.9
4.82	0.64	230.5	54	6.8
4.84	0.64	230.5	51	6.8
4.86	0.64	231	50	6.9
4.88	0.62	232.5	50.5	6.8
4.9	0.64	232	49	6.8
4.92	0.6	231.5	48.5	6.8

CPTU1

4.94	0.59	231.5	49	6.9
4.96	0.56	230.5	48.5	6.8
4.98	0.56	230	48	6.9
5	0.57	230.5	47	6.9
5.02	0.6	232	45.5	6.9
5.04	0.63	231.5	44	6.8
5.06	0.66	231.5	43	6.9
5.08	0.66	231.5	44	6.8
5.1	0.64	231	45.5	6.9
5.12	0.62	231.5	46	6.9
5.14	0.59	232	45	6.9
5.16	0.61	232.5	46	6.9
5.18	0.63	232	46.5	6.9
5.2	0.63	232	46	6.9
5.22	0.63	232	46.5	6.9
5.24	0.63	232	48	6.9
5.26	0.6	232	49.5	7
5.28	0.58	231.5	49.5	7
5.3	0.56	230.5	49	6.9
5.32	0.52	230	49.5	7
5.34	0.47	229	50	6.9
5.36	0.46	229	47.5	6.9
5.38	0.44	228.5	44	7
5.4	0.48	216.5	44	6.8
5.42	0.49	218	44	6.8
5.44	0.48	218.5	44	6.9
5.46	0.47	219	43	6.8
5.48	0.48	219.5	43	6.8
5.5	0.47	219.5	43	6.8
5.52	0.46	220	43.5	6.8
5.54	0.45	220.5	43	6.9
5.56	0.46	221	41	6.8
5.58	0.46	221	41	6.9
5.6	0.46	221.5	40.5	6.9
5.62	0.46	221	40	6.8
5.64	0.45	221	40	6.9
5.66	0.44	221	40.5	6.9
5.68	0.43	221	42.5	6.9
5.7	0.44	221	42.5	6.8
5.72	0.43	221	42	6.8
5.74	0.4	220.5	42.5	6.9
5.76	0.37	220.5	42.5	6.8
5.78	0.35	221	41.5	6.9
5.8	0.35	221.5	39.5	6.9
5.82	0.37	222	37	6.8
5.84	0.39	223	34.5	6.8
5.86	0.41	223	33.5	6.9
5.88	0.42	223	31.5	6.9
5.9	0.4	222.5	32.5	6.9
5.92	0.39	222.5	34	6.9
5.94	0.38	222.5	35.5	6.9
5.96	0.36	223.5	37.5	6.9
5.98	0.37	224	36.5	6.9
6	0.36	224	35.5	6.9
6.02	0.34	224.5	35	6.9
6.04	0.34	224	32	7
6.06	0.32	224	30.5	7
6.08	0.31	224.5	27	7
6.1	0.31	224.5	25	7
6.12	0.29	225	25.5	7
6.14	0.3	225.5	26	6.9
6.16	0.32	226.5	26	6.9
6.18	0.33	227	27	6.9
6.2	0.36	228	26	7
6.22	0.38	229	27	6.9
6.24	0.41	232	28	6.9
6.26	0.48	233	27	7
6.28	0.51	234	26.5	7

CPTU1

6.3	0.54	235	25.5	7
6.32	0.55	235	25	7
6.34	0.54	233.5	26	6.9
6.36	0.49	233	30	7.1
6.38	0.44	233.5	30.5	7
6.4	0.4	246.5	26.5	7
6.42	0.46	250	31	7
6.44	0.44	250	31	7
6.46	0.46	251	30.5	7
6.48	0.48	253	30	7.1
6.5	0.52	255	26.5	7.1
6.52	0.51	255	25.5	7.1
6.54	0.51	255.5	25	7.1
6.56	0.5	257	25	7
6.58	0.5	258.5	25	7.1
6.6	0.55	260.5	23.5	7.1
6.62	0.56	261.5	25	7.1
6.64	0.61	262.5	25	7.2
6.66	0.61	263	26.5	7.1
6.68	0.57	262.5	29.5	7.2
6.7	0.55	261.5	31	7.1
6.72	0.5	260.5	34.5	7.2
6.74	0.48	261.5	35	7.2
6.76	0.48	261.5	35	7.2
6.78	0.49	262	35	7.1
6.8	0.47	264	34.5	7.2
6.82	0.49	265.5	32.5	7.1
6.84	0.52	266.5	30	7.1
6.86	0.52	266.5	27.5	7.2
6.88	0.53	265.5	26.5	7.1
6.9	0.51	265	29	7.1
6.92	0.48	265.5	31	7.2
6.94	0.48	264	29.5	7.2
6.96	0.48	263.5	30	7.2
6.98	0.44	262.5	32	7.2
7	0.42	262.5	32.5	7.2
7.02	0.44	262	30	7.2
7.04	0.43	263.5	30	7.2
7.06	0.47	265.5	29.5	7.2
7.08	0.52	268.5	28.5	7.2
7.1	0.57	270	27.5	7.2
7.12	0.62	270.5	28	7.2
7.14	0.66	272.5	28.5	7.2
7.16	0.72	276	30.5	7.3
7.18	0.77	277.5	30	7.2
7.2	0.81	277.5	32.5	7.2
7.22	0.77	280	36	7.2
7.24	0.72	281.5	39	7.2
7.26	0.75	282.5	37	7.1
7.28	0.79	283.5	35.5	7.3
7.3	0.81	285	36.5	7.2
7.32	0.84	287.5	36.5	7.3
7.34	0.85	286.5	35	7.3
7.36	0.78	287.5	36.5	7.3
7.38	0.67	287	34	7.3
7.4	0.65	297	31.5	7.3
7.42	0.76	301	38.5	7.3
7.44	0.72	302	42.5	7.3
7.46	0.72	303.5	44	7.4
7.48	0.77	306.5	45	7.4
7.5	0.82	306.5	42.5	7.5
7.52	0.81	306.5	41.5	7.4
7.54	0.83	304.5	41	7.4
7.56	0.76	306.5	42.5	7.5
7.58	0.73	309.5	42	7.4
7.6	0.76	310	42	7.4
7.62	0.76	310	43.5	7.5
7.64	0.74	309.5	44	7.5

CPTU1

7.66	0.71	308.5	43.5	7.5
7.68	0.71	307	42.5	7.5
7.7	0.65	307	43	7.4
7.72	0.65	306.5	42.5	7.5
7.74	0.65	307	43	7.5
7.76	0.66	307.5	43.5	7.4
7.78	0.66	308	44	7.5
7.8	0.69	309	42	7.4
7.82	0.7	310	41.5	7.5
7.84	0.69	311.5	40.5	7.5
7.86	0.69	313	40	7.5
7.88	0.71	314	39	7.5
7.9	0.69	316	38.5	7.5
7.92	0.68	317.5	37.5	7.5
7.94	0.68	317	37.5	7.4
7.96	0.68	317.5	37	7.5
7.98	0.66	318.5	39	7.5
8	0.66	320	41	7.5
8.02	0.68	322	42	7.6
8.04	0.72	322.5	42.5	7.5
8.06	0.75	322.5	44	7.6
8.08	0.75	323.5	46.5	7.5
8.1	0.79	327.5	48.5	7.5
8.12	0.86	333	49.5	7.5
8.14	0.88	343.5	52.5	7.6
8.16	0.88	347.5	51	7.6
8.18	0.9	348.5	52.5	7.6
8.2	0.94	352	55	7.6
8.22	1	355.5	54.5	7.6
8.24	1.04	359.5	53.5	7.6
8.26	1.05	365	54	7.6
8.28	1.06	375.5	56	7.6
8.3	1.07	378.5	58	7.6
8.32	1.08	375	61	7.6
8.34	1.06	380.5	64.5	7.7
8.36	1.09	387	65	7.6
8.38	1.13	383	65	7.7
8.4	1.21	353	63.5	7.9
8.42	1.24	368	67	7.9
8.44	1.34	372.5	67	7.9
8.46	1.37	388	69.5	7.9
8.48	1.36	397	74	7.9
8.5	1.32	403.5	78.5	7.9
8.52	1.31	405	79.5	7.9
8.54	1.25	399	81	7.9
8.56	1.15	390.5	82.5	8
8.58	1.08	386.5	83.5	7.9
8.6	0.99	381	82	8
8.62	0.89	377.5	80.5	8
8.64	0.87	375.5	77.5	8
8.66	0.88	376	73.5	7.9
8.68	0.93	377	67	8
8.7	0.98	377.5	62.5	8
8.72	1.04	376.5	56	8
8.74	1.08	376	53	7.9
8.76	1.05	379	52	8.1
8.78	1.06	374	50	8.1
8.8	1	375.5	54	8
8.82	0.93	378	59	8.1
8.84	0.91	373	60.5	8
8.86	0.83	369	63.5	8
8.88	0.78	368	65	8.1
8.9	0.74	366	64.5	8.1
8.92	0.75	366.5	61	8.1
8.94	0.77	366.5	55.5	8.1
8.96	0.78	361.5	50	8.2
8.98	0.72	356.5	47.5	8.1
9	0.68	356.5	43.5	8.1

CPTU1

9.02	0.59	352.5	42	8.1
9.04	0.52	349.5	42.5	8.1
9.06	0.54	349.5	42.5	8.1
9.08	0.53	352.5	45.5	8.2
9.1	0.55	356	46	8.1
9.12	0.54	354.5	42.5	8.1
9.14	0.51	351.5	39	8.1
9.16	0.44	348	35.5	8.1
9.18	0.4	346	31.5	8.1
9.2	0.37	345.5	28.5	8.2
9.22	0.38	347.5	24.5	8.2
9.24	0.4	349.5	22	8.2
9.26	0.41	352.5	21	8.2
9.28	0.39	355	18	8.2
9.3	0.43	358.5	16	8.2
9.32	0.49	361	15.5	8.2
9.34	0.55	361.5	14	8.2
9.36	0.56	358.5	14.5	8.3
9.38	0.51	357	18	8.2
9.4	0.71	352	23.5	8.5
9.42	0.59	349.5	26.5	8.6
9.44	0.52	347.5	25.5	8.5
9.46	0.5	348.5	24	8.6
9.48	0.5	351	22	8.5
9.5	0.51	355.5	21	8.6
9.52	0.55	358.5	20	8.7
9.54	0.56	359	17.5	8.7
9.56	0.52	358	17	8.7
9.58	0.51	359	16	8.6
9.6	0.6	367.5	15.5	8.6
9.62	0.88	383	16	8.6
9.64	1.25	392	16.5	8.6
9.66	1.45	367.5	18	8.7
9.68	1.43	341.5	24	8.6
9.7	1.23	296	31.5	8.7
9.72	1.2	304	33.5	8.8
9.74	1.21	317	34	8.8
9.76	1.19	317.5	33.5	8.7
9.78	0.99	325	35.5	8.7
9.8	0.86	358	34	8.8
9.82	0.83	423.5	30	8.8
9.84	0.92	449	26.5	8.7
9.86	1.02	466.5	24.5	8.8
9.88	1.02	451	24	8.8
9.9	1.06	462	23	8.7
9.92	1.12	475.5	25	8.8
9.94	1.22	509	25	8.9
9.96	1.26	536	25.5	8.7
9.98	1.28	529.5	27.5	8.9
10	1.25	543	29.5	8.8
10.02	1.16	563	32	9
10.04	1.1	556	33.5	8.9
10.06	1.04	575	32.5	8.8
10.08	0.99	573.5	32	8.8
10.1	1.02	579	31.5	8.9
10.12	1.02	585.5	29.5	9
10.14	0.93	581.5	27	8.9
10.16	0.86	575.5	24.5	9
10.18	0.81	568	24	8.9
10.2	0.79	566.5	26	8.9
10.22	0.91	578	27.5	9
10.24	1.11	592.5	30.5	8.9
10.26	1.34	591	30	9
10.28	1.44	578.5	30.5	8.9
10.3	1.4	560	34	8.9
10.32	1.18	539	36.5	9
10.34	0.99	536	36.5	9
10.36	0.98	549	35.5	9

CPTU1

10.38	1.14	558	36.5	9
10.4	1.7	370	52	16.1
10.42	1.49	382.5	47	15.9
10.44	1.31	414.5	41.5	16.1
10.46	1.23	431	41	15.8
10.48	1.18	432.5	39.5	16.1
10.5	1	450.5	38	16
10.52	1.02	463	36	16.2
10.54	1.12	484	36	16.1
10.56	1.13	483.5	31	16.3
10.58	1.02	472.5	28.5	16.1
10.6	0.88	475.5	32	16.3
10.62	0.86	484.5	29.5	16.1
10.64	0.9	488	27	16.3
10.66	0.91	489.5	27.5	16.2
10.68	0.85	487.5	28	16.4
10.7	0.81	491.5	26.5	16.2
10.72	0.85	507.5	23	16.4
10.74	0.97	532	17	16.3
10.76	1.07	545	15.5	16.5
10.78	1.18	565.5	16	16.3
10.8	1.26	583	17.5	16.5
10.82	1.27	586.5	19.5	16.4
10.84	1.28	588	19.5	16.5
10.86	1.27	597	26	16.4
10.88	1.29	628.5	38.5	16.7
10.9	1.52	644.5	42	16.4
10.92	1.61	643.5	40.5	16.7
10.94	1.64	637.5	39.5	16.5
10.96	1.62	634	44	16.6
10.98	1.56	629	49.5	16.6
11	1.51	629	49.5	16.7
11.02	1.58	627	50.5	16.6
11.04	1.63	627	54.5	16.7
11.06	1.59	625.5	61	16.6
11.08	1.55	613	61	16.8
11.1	1.48	605	61.5	16.6
11.12	1.41	603	62.5	16.8
11.14	1.39	604.5	65.5	16.7
11.16	1.36	606	67	16.9
11.18	1.34	607	65.5	16.8
11.2	1.29	608	65.5	16.9
11.22	1.31	610	65	16.8
11.24	1.32	607.5	61.5	16.9
11.26	1.27	602.5	57.5	16.8
11.28	1.2	597	55.5	17
11.3	1.16	591.5	56.5	16.8
11.32	1.11	588.5	60.5	17.1
11.34	1.05	593.5	61.5	16.9
11.36	1.03	590.5	57.5	17.1
11.38	0.96	586	54.5	16.9
11.4	1.2	576.5	40.5	17.8
11.42	1.14	582.5	39	17.9
11.44	1.05	578.5	37.5	17.8
11.46	0.98	578	35	18
11.48	0.9	577.5	35	17.9
11.5	0.91	579	33	18.1
11.52	0.91	581.5	31.5	17.9
11.54	0.96	587.5	29.5	18
11.56	1	586	27.5	18
11.58	1	587	29.5	18.1
11.6	1.01	586	30	18
11.62	1.02	583	32	18.1
11.64	1.03	581	35.5	18
11.66	1.03	579.5	39	18.2
11.68	1.02	577.5	42.5	18
11.7	1.03	576	44.5	18.2
11.72	1.06	577.5	46	18.1

CPTU1

11.74	1.09	579	47.5	18.2
11.76	1.12	577.5	46	18.1
11.78	1.07	576	46.5	18.2
11.8	0.98	573.5	47	18.2
11.82	0.89	569	46.5	18.3
11.84	0.81	565.5	46.5	18.2
11.86	0.77	562	46	18.3
11.88	0.75	565	45	18.2
11.9	0.76	575.5	41.5	18.4
11.92	0.75	581.5	35	18.3
11.94	0.76	581	29	18.5
11.96	0.8	582.5	26.5	18.3
11.98	0.84	590.5	24.5	18.5
12	0.83	586	22.5	18.4
12.02	0.79	581	23.5	18.5
12.04	0.73	576	25.5	18.4
12.06	0.66	577	26.5	18.5
12.08	0.64	573	24	18.4
12.1	0.61	571.5	22	18.6
12.12	0.59	575.5	20.5	18.4
12.14	0.6	575.5	17.5	18.6
12.16	0.61	576	15.5	18.5
12.18	0.61	576	15.5	18.7
12.2	0.63	580	15	18.5
12.22	0.65	586.5	15.5	18.7
12.24	0.68	594.5	15.5	18.5
12.26	0.74	603.5	16	18.7
12.28	0.82	610.5	17	18.6
12.3	0.87	618.5	18.5	18.8
12.32	0.95	624	19	18.6
12.34	1.01	626.5	20.5	18.8
12.36	1.05	626.5	23.5	18.6
12.38	1.05	617	25.5	18.8
12.4	1.06	561	35	19.2
12.42	1.03	568	43	19.4
12.44	1.03	572.5	47.5	19.3
12.46	1.03	577	52.5	19.4
12.48	1.08	581.5	55	19.2
12.5	1.11	586.5	55.5	19.4
12.52	1.15	587	54.5	19.3
12.54	1.16	583.5	52	19.5
12.56	1.12	582	53	19.4
12.58	1.12	580	54	19.6
12.6	1.12	586	57	19.4
12.62	1.16	587.5	56.5	19.6
12.64	1.14	585.5	57	19.5
12.66	1.11	582.5	58	19.6
12.68	1.11	582.5	58.5	19.5
12.7	1.12	585	58	19.7
12.72	1.1	590.5	59.5	19.5
12.74	1.09	594.5	60.5	19.7
12.76	1.1	598	59.5	19.6
12.78	1.13	598	57.5	19.7
12.8	1.12	603	57	19.6
12.82	1.09	602	54	19.7
12.84	1.06	604.5	53	19.5
12.86	1.07	606	51.5	19.7
12.88	1.07	608	50.5	19.6
12.9	1.07	607.5	49	19.8
12.92	1.09	612.5	49	19.6
12.94	1.14	621	49	19.8
12.96	1.24	630.5	48	19.7
12.98	1.32	637	47	19.7
13	1.43	638	45	19.7
13.02	1.51	635	44.5	19.9
13.04	1.65	633	46.5	19.7
13.06	1.62	634.5	52.5	19.8
13.08	1.57	635	56	19.7

CPTU1

13.1	1.57	624.5	58.5	19.8
13.12	1.41	614.5	67.5	19.8
13.14	1.25	611.5	76.5	19.9
13.16	1.19	608.5	81.5	19.8
13.18	1.12	607.5	81	19.9
13.2	1.09	612	78.5	19.7
13.22	1.09	615.5	74	19.9
13.24	1.08	613.5	68.5	19.7
13.26	1.06	614.5	60	19.9
13.28	1.02	612.5	53.5	19.8
13.3	0.98	611.5	50.5	20
13.32	0.97	613.5	48.5	19.9
13.34	0.98	614.5	47	20.1
13.36	0.99	616.5	48	19.9
13.38	1.09	600	45	20.5
13.4	1.09	604	45.5	20.7
13.42	1.06	604.5	47	20.6
13.44	1.04	606	49	20.8
13.46	1.03	603.5	50.5	20.7
13.48	1	602.5	52.5	20.8
13.5	1	602.5	55	20.5
13.52	0.99	601	57	20.8
13.54	0.95	602.5	58	20.6
13.56	0.97	601.5	58	20.9
13.58	0.95	602	59	20.7
13.6	0.92	603	61	20.8
13.62	0.89	604	61	20.7
13.64	0.9	604.5	59.5	21
13.66	0.92	606	58	20.8
13.68	0.92	606.5	56	20.9
13.7	0.91	611.5	55.5	20.8
13.72	0.95	612	53.5	21
13.74	0.98	610.5	51	20.9
13.76	0.97	608.5	49.5	21.1
13.78	0.99	604	49.5	20.9
13.8	0.98	601.5	52	21.1
13.82	0.96	600	54.5	20.9
13.84	0.94	601	54.5	21
13.86	0.95	600.5	54	20.9
13.88	0.94	600.5	53	21.1
13.9	0.94	600	52	21
13.92	0.95	598.5	49.5	21.2
13.94	0.95	598	49.5	21
13.96	0.94	599.5	50	21.2
13.98	0.96	598	49	21.1
14	0.96	599.5	51	21.2
14.02	0.94	603.5	54.5	21.1
14.04	0.96	606	55	21.2
14.06	1.01	606.5	54.5	21.1
14.08	1.05	607	53.5	21.3
14.1	1.06	608.5	55	21.1
14.12	1.06	609.5	57	21.3
14.14	1.09	614.5	57.5	21.1
14.16	1.13	615	56.5	21.3
14.18	1.18	612.5	55	21.3
14.2	1.18	607.5	57	21.3
14.22	1.1	596	59	21.2
14.24	1	588	60.5	21.3
14.26	0.99	584	58	21.3
14.28	0.98	582.5	55.5	21.4
14.3	0.97	578	56	21.2
14.32	0.98	578	56.5	21.4
14.34	0.98	578	57	21.3
14.36	0.97	576.5	56	21.4
14.38	0.96	557.5	46.5	22
14.4	0.99	568.5	46	21.8
14.42	1	574	44.5	22
14.44	1.06	580	41.5	21.9

CPTU1

14.46	1.15	574	38.5	22
14.48	1.15	583.5	43	21.9
14.5	1.15	592	44	22.1
14.52	1.15	593	41.5	21.9
14.54	1.18	599.5	40.5	22.1
14.56	1.24	608	40.5	21.9
14.58	1.29	621	44	22.1
14.6	1.38	621.5	43.5	21.9
14.62	1.4	618.5	45	22.2
14.64	1.34	626.5	51.5	22
14.66	1.35	618	52.5	22.2
14.68	1.24	609.5	56	22
14.7	1.2	608	53	22.2
14.72	1.15	602.5	53	22
14.74	1.04	605.5	54	22.2
14.76	1.02	606	50	22.1
14.78	0.95	608	48.5	22.2
14.8	0.94	611	44.5	22.1
14.82	0.93	609.5	39	22.2
14.84	0.89	609.5	36.5	22.1
14.86	0.89	612	31	22.2
14.88	0.92	610.5	28	22.1
14.9	0.92	610.5	28	22.1
14.92	0.89	611	29.5	22.2
14.94	0.85	611	27	22.1
14.96	0.85	605	24	22.3
14.98	0.79	600.5	24	22.2
15	0.73	598	23	22.3
15.02	0.71	596.5	21.5	22.2
15.04	0.72	602.5	20.5	22.3
15.06	0.78	617	18	22.2
15.08	0.9	630	15.5	22.3
15.1	1.01	638.5	15	22.2
15.12	1.07	649	16	22.3
15.14	1.15	662.5	16.5	22.2
15.16	1.28	677.5	18.5	22.4
15.18	1.39	686.5	19	22.2
15.2	1.55	694	20.5	22.4
15.22	1.6	708	28.5	22.2
15.24	1.58	731.5	36	22.4
15.26	1.71	740.5	34	22.4
15.28	1.74	802	40	22.4
15.3	1.74	837	48	22.3
15.32	1.79	866	50.5	22.5
15.34	1.82	850	52	22.3
15.36	1.71	804	46	22.8
15.38	1.86	818.5	51.5	22.9
15.4	1.96	836.5	58.5	22.8
15.42	1.97	859.5	65.5	22.9
15.44	1.95	883	73	22.8
15.46	1.97	864.5	77	23
15.48	1.91	859.5	82	22.9
15.5	1.83	857	90.5	23
15.52	1.79	850.5	95.5	22.9
15.54	1.59	896.5	101	23
15.56	1.56	902.5	96	22.8
15.58	1.65	902	88	23.1
15.6	1.68	892	82	22.9
15.62	1.6	879	78	23
15.64	1.5	861.5	69.5	23
15.66	1.36	842.5	65	23.1
15.68	1.2	832	65	23
15.7	1.16	829	67	23.2
15.72	1.17	829.5	67.5	23
15.74	1.19	831	66.5	23.2
15.76	1.18	830	65	23.1
15.78	1.19	827.5	61.5	23.2
15.8	1.19	824.5	57	23.1

CPTU1

15.82	1.19	823	53.5	23.3
15.84	1.19	821	53	23.1
15.86	1.18	817.5	53.5	23.3
15.88	1.19	817.5	53.5	23.1
15.9	1.2	813	53	23.3
15.92	1.19	814.5	55.5	23.2
15.94	1.22	814	57	23.4
15.96	1.24	811.5	58.5	23.3
15.98	1.26	807	60	23.4
16	1.28	803.5	61.5	23.3
16.02	1.26	796	64	23.4
16.04	1.18	789.5	68	23.3
16.06	1.12	787.5	72	23.5
16.08	1.1	784.5	74.5	23.4
16.1	1.09	784.5	77	23.5
16.12	1.1	787	78.5	23.4
16.14	1.09	790.5	78	23.5
16.16	1.14	793	75.5	23.4
16.18	1.26	792.5	70	23.6
16.2	1.35	789.5	67.5	23.5
16.22	1.4	779.5	65.5	23.6
16.24	1.33	777.5	71.5	23.5
16.26	1.28	780	74.5	23.6
16.28	1.31	774	73	23.6
16.3	1.3	773.5	73	23.6
16.32	1.24	762.5	73.5	23.8
16.34	1.16	753.5	71	23.7
16.36	1.11	667.5	65.5	24.1
16.38	1.18	678	72.5	24.3
16.4	1.14	681.5	74.5	24.3
16.42	1.12	679.5	74	24.4
16.44	1.11	681.5	71.5	24.3
16.46	1.12	684	70	24.4
16.48	1.14	689.5	68.5	24.2
16.5	1.22	695	66.5	24.5
16.52	1.27	698.5	64	24.3
16.54	1.24	701.5	62	24.5
16.56	1.22	703.5	58	24.4
16.58	1.22	700	53.5	24.5
16.6	1.16	695.5	52	24.4
16.62	1.14	690.5	49	24.5
16.64	1.07	688	48.5	24.4
16.66	1.07	688	48.5	24.4
16.68	1.05	685.5	45	24.6
16.7	1.02	688	41.5	24.5
16.72	1.05	688.5	39	24.6
16.74	1.08	690.5	37	24.5
16.76	1.09	692	35.5	24.6
16.78	1.11	693.5	34	24.5
16.8	1.12	694.5	34.5	24.7
16.82	1.11	694	36	24.5
16.84	1.11	698.5	38.5	24.7
16.86	1.14	699	38	24.6
16.88	1.14	699.5	40	24.7
16.9	1.14	704	46	24.6
16.92	1.14	714	48.5	24.8
16.94	1.14	711	44.5	24.7
16.96	1.1	706.5	42.5	24.8
16.98	1.09	702.5	40.5	24.7
17	1.04	696	40	24.7
17.02	0.95	690	40	24.7
17.04	0.87	684	39	24.8
17.06	0.83	680	38	24.7
17.08	0.83	692	40.5	24.8
17.1	0.92	707	35	24.7
17.12	0.97	705	28	24.8
17.14	0.91	696	25	24.7
17.16	0.88	695.5	23	24.8

CPTU1

17.18	0.99	714	22.5	24.7
17.2	1.38	754.5	19	24.9
17.22	1.87	781	18	24.8
17.24	2.05	777	20	24.9
17.26	1.84	738.5	19	24.8
17.28	1.51	723	19.5	24.9
17.3	1.27	723	18	24.8
17.32	1.26	731.5	13	25
17.34	1.34	750.5	14	24.9
17.36	1.59	728.5	21.5	25.1
17.38	1.54	733.5	27.5	25.3
17.4	1.62	746	33.5	25.1
17.42	1.84	775	42.5	25.3
17.44	2.02	774.5	45	25.2
17.46	1.94	755.5	52	25.3
17.48	1.73	718	57	25.2
17.5	1.44	686	55.5	25.3
17.52	1.18	683	45	25.2
17.54	1.06	689.5	34	25.4
17.56	1.05	704.5	25	25.2
17.58	1.16	724.5	21.5	25.4
17.6	1.27	741.5	20	25.3
17.62	1.3	746.5	18	25.5
17.64	1.38	756.5	14.5	25.3
17.66	1.46	777	16	25.4
17.68	1.59	796	17	25.3
17.7	1.78	818.5	17.5	25.5
17.72	1.84	821.5	19	25.3
17.74	1.88	821.5	23.5	25.4
17.76	1.93	815.5	27.5	25.3
17.78	1.85	819.5	38	25.5
17.8	1.81	826	45	25.3
17.82	1.79	822	50.5	25.5
17.84	1.74	808.5	54	25.4
17.86	1.61	793	57.5	25.5
17.88	1.48	785.5	60	25.4
17.9	1.4	769.5	60.5	25.6
17.92	1.25	762	65.5	25.3
17.94	1.15	763.5	66	25.6
17.96	1.07	758.5	67.5	25.4
17.98	1.02	754.5	66.5	25.7
18	0.98	751.5	63	25.5
18.02	0.93	751	57.5	25.7
18.04	0.92	753.5	49.5	25.5
18.06	0.95	752	41	25.7
18.08	0.96	753.5	37.5	25.5
18.1	1	757.5	34.5	25.7
18.12	1.05	760.5	31.5	25.6
18.14	1.07	759.5	30	25.8
18.16	1.09	761	30.5	25.5
18.18	1.12	761	31.5	25.8
18.2	1.15	760.5	33.5	25.6
18.22	1.16	759	35.5	25.8
18.24	1.15	759	38.5	25.7
18.26	1.17	764	41	25.8
18.28	1.2	756	40.5	25.7
18.3	1.19	755.5	42	25.9
18.32	1.18	753	42.5	25.7
18.34	1.15	748	43	25.9
18.36	1.06	670.5	38.5	26.3
18.38	1.1	690.5	42	26.4
18.4	1.02	696	45.5	26.3
18.42	0.97	692.5	45	26.5
18.44	0.91	689.5	43	26.4
18.46	0.85	681	41	26.5
18.48	0.79	675.5	39.5	26.3
18.5	0.75	670.5	35.5	26.5
18.52	0.71	670	32	26.3

CPTU1

18.54	0.71	668.5	27	26.5
18.56	0.72	670.5	24	26.4
18.58	0.72	669.5	20.5	26.5
18.6	0.7	667.5	17.5	26.4
18.62	0.68	665.5	16	26.6
18.64	0.68	665	14.5	26.4
18.66	0.67	662.5	13.5	26.6
18.68	0.65	660.5	13.5	26.5
18.7	0.65	657.5	12	26.7
18.72	0.64	655.5	12	26.5
18.74	0.62	654.5	13	26.7
18.76	0.63	655	11.5	26.5
18.78	0.64	659.5	10.5	26.7
18.8	0.66	662	10.5	26.5
18.82	0.69	666	9.5	26.7
18.84	0.7	670	10	26.6
18.86	0.75	678.5	9.5	26.7
18.88	0.82	689	9	26.6
18.9	0.92	702	10	26.8
18.92	1.01	712.5	11.5	26.6
18.94	1.01	712.5	11.5	26.6
18.96	1.13	722	13.5	26.8
18.98	1.23	730	16.5	26.7
19	1.32	734	19.5	26.8
19.02	1.41	742	25	26.7
19.04	1.5	747.5	32.5	26.9
19.06	1.56	748.5	39	26.7
19.08	1.57	748	48	26.9
19.1	1.56	749	57.5	26.7
19.12	1.56	765.5	68.5	26.9
19.14	1.63	773	72.5	26.7
19.16	1.61	771	74	26.9
19.18	1.62	771	73	26.8
19.2	1.6	772	75	26.9
19.22	1.53	772	77	26.8
19.24	1.46	779.5	76.5	27
19.26	1.43	775	73.5	26.8
19.28	1.46	769.5	71	27
19.3	1.41	762	70.5	26.8
19.32	1.32	760	74	27
19.34	1.22	752.5	73	26.8
19.36	0.85	670	38.5	27.5
19.38	1.11	705	61	27.6
19.4	1.07	711.5	59.5	27.4
19.42	1.03	721.5	58	27.7
19.44	1.07	728.5	48	27.4
19.46	1.12	737.5	37.5	27.6
19.48	1.17	748	32.5	27.4
19.5	1.23	752	27.5	27.7
19.52	1.27	753.5	25.5	27.5
19.54	1.3	752	26	27.7
19.56	1.27	754.5	30.5	27.6
19.58	1.28	757	33.5	27.8
19.6	1.27	757.5	37	27.6
19.62	1.3	757.5	40	27.7
19.64	1.33	762	43	27.6
19.66	1.36	760	44.5	27.8
19.68	1.31	757.5	46	27.6
19.7	1.29	757	47	27.8
19.72	1.28	753	49	27.7
19.74	1.27	753	53	27.9
19.76	1.27	757.5	56.5	27.7
19.78	1.26	761	58.5	27.9
19.8	1.25	775.5	59.5	27.7
19.82	1.34	769.5	50.5	28
19.84	1.34	763	49.5	27.8
19.86	1.36	761	49.5	28
19.88	1.33	759.5	53	27.8

CPTU1

19.9	1.32	765.5	56	28
19.92	1.32	764	56.5	27.7
19.94	1.35	765.5	57	28.1
19.96	1.38	762	57.5	27.8
19.98	1.37	770	57.5	28.1
20	1.37	770	55.5	27.9
20.02	1.35	761	54.5	28
20.04	1.29	751	56	28.1
20.06	1.13	752	63.5	28
20.08	1.1	757	64	28.1
20.1	1.08	763.5	61	28
20.12	1.12	780	59	28.2
20.14	1.24	775.5	51.5	28.1
20.16	1.3	780	46	28.2
20.18	1.39	786.5	42.5	28.1
20.2	1.48	799.5	39.5	28.2
20.22	1.63	803.5	36	28.1
20.24	1.67	800	36.5	28.2
20.26	1.7	796.5	39	28.2
20.28	1.71	798	48	28.3
20.3	1.63	799.5	58.5	28.1
20.32	1.59	799.5	62.5	28.3
20.34	1.57	791.5	63	28.2
20.35	0.66	702.5	19	28.5

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

105-2014

Committente: **COMUNE DI SAN PROSPERO**

U.M.: **MPa**

Data esec.: **15/07/2014**

Cantiere: **SAN PROSPERO scuole**

Pagina: **1**

Località: **SAN PROSPERO scuole**

Elaborato:

Falda: **-2.20 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa
0.20	0.0	0.0		0.0	167.00	17.20	70.0	84.0		6.9	93.00	34.20	24.0	43.0		2.4	113.00
0.40	120.0	145.0		11.8	133.00	17.40	98.0	112.0		9.6	53.00	34.40	33.0	50.0		3.2	127.00
0.60	130.0	150.0		12.7	47.00	17.60	100.0	108.0		9.8	60.00	34.60	26.0	45.0		2.5	140.00
0.80	10.0	17.0		1.0	47.00	17.80	30.0	39.0		2.9	140.00	34.80	28.0	49.0		2.7	147.00
1.00	9.0	16.0		0.9	53.00	18.00	20.0	41.0		2.0	93.00	35.00	28.0	50.0		2.7	
1.20	9.0	17.0		0.9	73.00	18.20	15.0	29.0		1.5	80.00						
1.40	14.0	25.0		1.4	60.00	18.40	12.0	24.0		1.2	87.00						
1.60	11.0	20.0		1.1	73.00	18.60	13.0	26.0		1.3	87.00						
1.80	9.0	20.0		0.9	47.00	18.80	11.0	24.0		1.1	93.00						
2.00	10.0	17.0		1.0	47.00	19.00	15.0	29.0		1.5	100.00						
2.20	13.0	20.0		1.3	67.00	19.20	19.0	34.0		1.9	120.00						
2.40	12.0	22.0		1.2	87.00	19.40	17.0	35.0		1.7	113.00						
2.60	15.0	28.0		1.5	93.00	19.60	14.0	31.0		1.4	93.00						
2.80	17.0	31.0		1.7	93.00	19.80	16.0	30.0		1.6	107.00						
3.00	16.0	30.0		1.6	87.00	20.00	16.0	32.0		1.6	107.00						
3.20	13.0	26.0		1.3	67.00	20.20	17.0	33.0		1.7	107.00						
3.40	10.0	20.0		1.0	73.00	20.40	17.0	33.0		1.7	113.00						
3.60	12.0	23.0		1.2	67.00	20.60	19.0	36.0		1.9	100.00						
3.80	14.0	24.0		1.4	67.00	20.80	20.0	35.0		2.0	107.00						
4.00	16.0	26.0		1.6	60.00	21.00	16.0	32.0		1.6	87.00						
4.20	15.0	24.0		1.5	80.00	21.20	10.0	23.0		1.0	73.00						
4.40	15.0	27.0		1.5	73.00	21.40	15.0	26.0		1.5	93.00						
4.60	12.0	23.0		1.2	73.00	21.60	15.0	29.0		1.5	107.00						
4.80	10.0	21.0		1.0	60.00	21.80	16.0	32.0		1.6	100.00						
5.00	8.0	17.0		0.8	47.00	22.00	18.0	33.0		1.8	153.00						
5.20	10.0	17.0		1.0	60.00	22.20	22.0	45.0		2.2	67.00						
5.40	10.0	19.0		1.0	53.00	22.40	23.0	33.0		2.3	67.00						
5.60	11.0	19.0		1.1	80.00	22.60	15.0	25.0		1.5	73.00						
5.80	11.0	23.0		1.1	73.00	22.80	12.0	23.0		1.2	73.00						
6.00	10.0	21.0		1.0	60.00	23.00	11.0	22.0		1.1	80.00						
6.20	9.0	18.0		0.9	60.00	23.20	14.0	26.0		1.4	87.00						
6.40	9.0	18.0		0.9	47.00	23.40	16.0	29.0		1.6	93.00						
6.60	8.0	15.0		0.8	47.00	23.60	12.0	26.0		1.2	93.00						
6.80	9.0	16.0		0.9	53.00	23.80	12.0	26.0		1.2	73.00						
7.00	9.0	17.0		0.9	47.00	24.00	18.0	29.0		1.8	100.00						
7.20	8.0	15.0		0.8	47.00	24.20	16.0	31.0		1.6	100.00						
7.40	7.0	14.0		0.7	47.00	24.40	15.0	30.0		1.5	73.00						
7.60	11.0	18.0		1.1	60.00	24.60	11.0	22.0		1.1	73.00						
7.80	10.0	19.0		1.0	80.00	24.80	12.0	23.0		1.2	80.00						
8.00	11.0	23.0		1.1	73.00	25.00	13.0	25.0		1.3	87.00						
8.20	16.0	27.0		1.6	100.00	25.20	13.0	26.0		1.3	80.00						
8.40	15.0	30.0		1.5	107.00	25.40	14.0	26.0		1.4	67.00						
8.60	22.0	38.0		2.2	107.00	25.60	15.0	25.0		1.5	53.00						
8.80	21.0	37.0		2.1	120.00	25.80	15.0	23.0		1.5	60.00						
9.00	17.0	35.0		1.7	53.00	26.00	12.0	21.0		1.2	60.00						
9.20	7.0	15.0		0.7	47.00	26.20	15.0	24.0		1.5	93.00						
9.40	8.0	15.0		0.8	60.00	26.40	19.0	33.0		1.9	93.00						
9.60	11.0	20.0		1.1	80.00	26.60	19.0	33.0		1.9	100.00						
9.80	13.0	25.0		1.3	93.00	26.80	19.0	34.0		1.9	100.00						
10.00	14.0	28.0		1.4	73.00	27.00	18.0	33.0		1.8	113.00						
10.20	14.0	25.0		1.4	60.00	27.20	19.0	36.0		1.9	80.00						
10.40	12.0	21.0		1.2	60.00	27.40	21.0	33.0		2.1	113.00						
10.60	13.0	22.0		1.3	60.00	27.60	27.0	44.0		2.6	187.00						
10.80	14.0	23.0		1.4	47.00	27.80	27.0	55.0		2.6	153.00						
11.00	11.0	18.0		1.1	67.00	28.00	102.0	125.0		10.0	80.00						
11.20	16.0	26.0		1.6	80.00	28.20	75.0	87.0		7.4	53.00						
11.40	26.0	38.0		2.5	107.00	28.40	42.0	50.0		4.1	147.00						
11.60	25.0	41.0		2.5	127.00	28.60	90.0	112.0		8.8	100.00						
11.80	18.0	37.0		1.8	113.00	28.80	120.0	135.0		11.8	120.00						
12.00	15.0	32.0		1.5	87.00	29.00	140.0	158.0		13.7	120.00						
12.20	14.0	27.0		1.4	67.00	29.20	112.0	130.0		11.0	100.00						
12.40	8.0	18.0		0.8	53.00	29.40	145.0	160.0		14.2	107.00						
12.60	13.0	21.0		1.3	67.00	29.60	150.0	166.0		14.7	100.00						
12.80	17.0	27.0		1.7	113.00	29.80	145.0	160.0		14.2	73.00						
13.00	16.0	33.0		1.6	113.00	30.00	47.0	58.0		4.6	133.00						
13.20	17.0	34.0		1.7	113.00	30.20	145.0	165.0		14.2	67.00						
13.40	18.0	35.0		1.8	93.00	30.40	84.0	94.0		8.2	67.00						
13.60	16.0	30.0		1.6	100.00	30.60	42.0	52.0		4.1	187.00						
13.80	15.0	30.0		1.5	87.00	30.80	24.0	52.0		2.4	160.00						
14.00	14.0	27.0		1.4	80.00	31.00	25.0	49.0		2.5	153.00						
14.20	16.0	28.0		1.6	67.00	31.20	31.0	54.0		3.0	133.00						
14.40	13.0	23.0		1.3	73.00	31.40	36.0	56.0		3.5	180.00						
14.60	13.0	24.0		1.3	47.00	31.60	37.0	64.0		3.6	140.00						
14.80	13.0	20.0		1.3	60.00	31.80	27.0	48.0		2.6	140.00						
15.00	17.0	26.0		1.7	67.00	32.00	18.0	39.0		1.8	100.00						
15.20	12.0	22.0		1.2	80.00	32.20	18.0	33.0		1.8	87.00						
15.40	15.0	27.0		1.5	87.00	32.40	14.0	27.0		1.4	107.00						
15.60	25.0	38.0		2.5	80.00	32.60	15.0	31.0		1.5	80.00						
15.80	28.0	40.0		2.7	127.00	32.80	21.0	33.0		2.1	100.00						
16.00	19.0	38.0		1.9	127.00	33.00	12.0	27.0		1.2	87.00						
16.20	18.0	37.0		1.8	133.00	33.20	13.0	26.0		1.3	40.00						
16.40	23.0	43.0		2.3	160.00	33.40	13.0	19.0		1.3	40.00						
16.60	21.0	45.0		2.1	153.00	33.60	15.0	21.0		1.5	67.00						
16.80	22.0	45.0		2.2	127.00	33.80	18.0	28.0		1.8	73.00						
17.00	20.0	39.0		2.0	93.00	34.00	20.0	31.0		2.0	127.00						

H = profondità

qc = resistenza di punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale calcolata

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

</

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
2

riferimento

105-2014

 Committente: **COMUNE DI SAN PROSPERO**

 U.M.: **MPa**

Data exec.: 15/07/2014

 Cantiere: **SAN PROSPERO scuole**

Pagina: 1

 Località: **SAN PROSPERO scuole**

Elaborato:

Falda: -2.20 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.0	233.00	0		15.20	16.0	26.0		1.6	93.00	17	5.8
0.40	85.0	120.0		8.3	140.00	61	1.6	15.40	20.0	34.0		2.0	107.00	19	5.4
0.60	79.0	100.0		7.7	200.00	40	2.5	15.60	30.0	46.0		2.9	113.00	27	3.8
0.80	28.0	58.0		2.7	120.00	23	4.3	15.80	33.0	50.0		3.2	173.00	19	5.2
1.00	18.0	36.0		1.8	100.00	18	5.6	16.00	24.0	50.0		2.4	147.00	16	6.1
1.20	13.0	28.0		1.3	80.00	16	6.2	16.20	20.0	42.0		2.0	153.00	13	7.7
1.40	10.0	22.0		1.0	67.00	15	6.7	16.40	20.0	43.0		2.0	153.00	13	7.7
1.60	8.0	18.0		0.8	87.00	9	10.9	16.60	24.0	47.0		2.4	140.00	17	5.8
1.80	12.0	25.0		1.2	80.00	15	6.7	16.80	25.0	46.0		2.5	140.00	18	5.6
2.00	13.0	25.0		1.3	87.00	15	6.7	17.00	17.0	38.0		1.7	120.00	14	7.1
2.20	12.0	25.0		1.2	107.00	11	8.9	17.20	19.0	37.0		1.9	107.00	18	5.6
2.40	14.0	30.0		1.4	120.00	12	8.6	17.40	20.0	36.0		2.0	100.00	20	5.0
2.60	17.0	35.0		1.7	120.00	14	7.1	17.60	18.0	33.0		1.8	73.00	25	4.1
2.80	16.0	34.0		1.6	87.00	18	5.4	17.80	11.0	22.0		1.1	60.00	18	5.5
3.00	12.0	25.0		1.2	80.00	15	6.7	18.00	23.0	32.0		2.3	80.00	29	3.5
3.20	9.0	21.0		0.9	80.00	11	8.9	18.20	20.0	32.0		2.0	113.00	18	5.7
3.40	9.0	21.0		0.9	73.00	12	8.1	18.40	15.0	32.0		1.5	93.00	16	6.2
3.60	8.0	19.0		0.8	107.00	7	13.4	18.60	15.0	29.0		1.5	87.00	17	5.8
3.80	14.0	30.0		1.4	93.00	15	6.6	18.80	9.0	22.0		0.9	67.00	13	7.4
4.00	16.0	30.0		1.6	100.00	16	6.3	19.00	9.0	19.0		0.9	67.00	13	7.4
4.20	17.0	32.0		1.7	107.00	16	6.3	19.20	14.0	24.0		1.4	87.00	16	6.2
4.40	14.0	30.0		1.4	93.00	15	6.6	19.40	14.0	27.0		1.4	73.00	19	5.2
4.60	14.0	28.0		1.4	80.00	18	5.7	19.60	11.0	22.0		1.1	67.00	16	6.1
4.80	11.0	23.0		1.1	73.00	15	6.6	19.80	18.0	28.0		1.8	93.00	19	5.2
5.00	13.0	24.0		1.3	93.00	14	7.2	20.00	16.0	30.0		1.6	93.00	17	5.8
5.20	14.0	28.0		1.4	87.00	16	6.2	20.20	16.0	30.0		1.6	107.00	15	6.7
5.40	12.0	25.0		1.2	80.00	15	6.7	20.40	17.0	33.0		1.7	107.00	16	6.3
5.60	12.0	24.0		1.2	67.00	18	5.6	20.60	19.0	35.0		1.9	113.00	17	5.9
5.80	11.0	21.0		1.1	60.00	18	5.5	20.80	18.0	35.0		1.8	107.00	17	5.9
6.00	9.0	18.0		0.9	47.00	19	5.2	21.00	17.0	33.0		1.7			
6.20	9.0	16.0		0.9	53.00	17	5.9								
6.40	9.0	17.0		0.9	53.00	17	5.9								
6.60	10.0	18.0		1.0	60.00	17	6.0								
6.80	11.0	20.0		1.1	40.00	28	3.6								
7.00	9.0	15.0		0.9	47.00	19	5.2								
7.20	7.0	14.0		0.7	47.00	15	6.7								
7.40	9.0	16.0		0.9	47.00	19	5.2								
7.60	14.0	21.0		1.4	93.00	15	6.6								
7.80	14.0	28.0		1.4	107.00	13	7.6								
8.00	17.0	33.0		1.7	93.00	18	5.5								
8.20	19.0	33.0		1.9	100.00	19	5.3								
8.40	13.0	28.0		1.3	73.00	18	5.6								
8.60	11.0	22.0		1.1	67.00	16	6.1								
8.80	14.0	24.0		1.4	87.00	16	6.2								
9.00	12.0	25.0		1.2	67.00	18	5.6								
9.20	10.0	20.0		1.0	73.00	14	7.3								
9.40	12.0	23.0		1.2	87.00	14	7.3								
9.60	19.0	32.0		1.9	67.00	28	3.5								
9.80	14.0	24.0		1.4	87.00	16	6.2								
10.00	15.0	28.0		1.5	80.00	19	5.3								
10.20	11.0	23.0		1.1	67.00	16	6.1								
10.40	9.0	19.0		0.9	40.00	23	4.4								
10.60	12.0	18.0		1.2	67.00	18	5.6								
10.80	10.0	20.0		1.0	60.00	17	6.0								
11.00	8.0	17.0		0.8	67.00	12	8.4								
11.20	18.0	28.0		1.8	73.00	25	4.1								
11.40	18.0	29.0		1.8	100.00	18	5.6								
11.60	15.0	30.0		1.5	100.00	15	6.7								
11.80	15.0	30.0		1.5	87.00	17	5.8								
12.00	12.0	25.0		1.2	60.00	20	5.0								
12.20	12.0	21.0		1.2	60.00	20	5.0								
12.40	10.0	19.0		1.0	53.00	19	5.3								
12.60	12.0	20.0		1.2	87.00	14	7.3								
12.80	19.0	32.0		1.9	133.00	14	7.0								
13.00	24.0	44.0		2.4	113.00	21	4.7								
13.20	25.0	42.0		2.5	133.00	19	5.3								
13.40	21.0	41.0		2.1	120.00	18	5.7								
13.60	17.0	35.0		1.7	113.00	15	6.6								
13.80	17.0	34.0		1.7	107.00	16	6.3								
14.00	15.0	31.0		1.5	100.00	15	6.7								
14.20	15.0	30.0		1.5	93.00	16	6.2								
14.40	18.0	32.0		1.8	87.00	21	4.8								
14.60	12.0	25.0		1.2	73.00	16	6.1								
14.80	9.0	20.0		0.9	53.00	17	5.9								
15.00	9.0	17.0		0.9	67.00	13	7.4								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON025

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.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

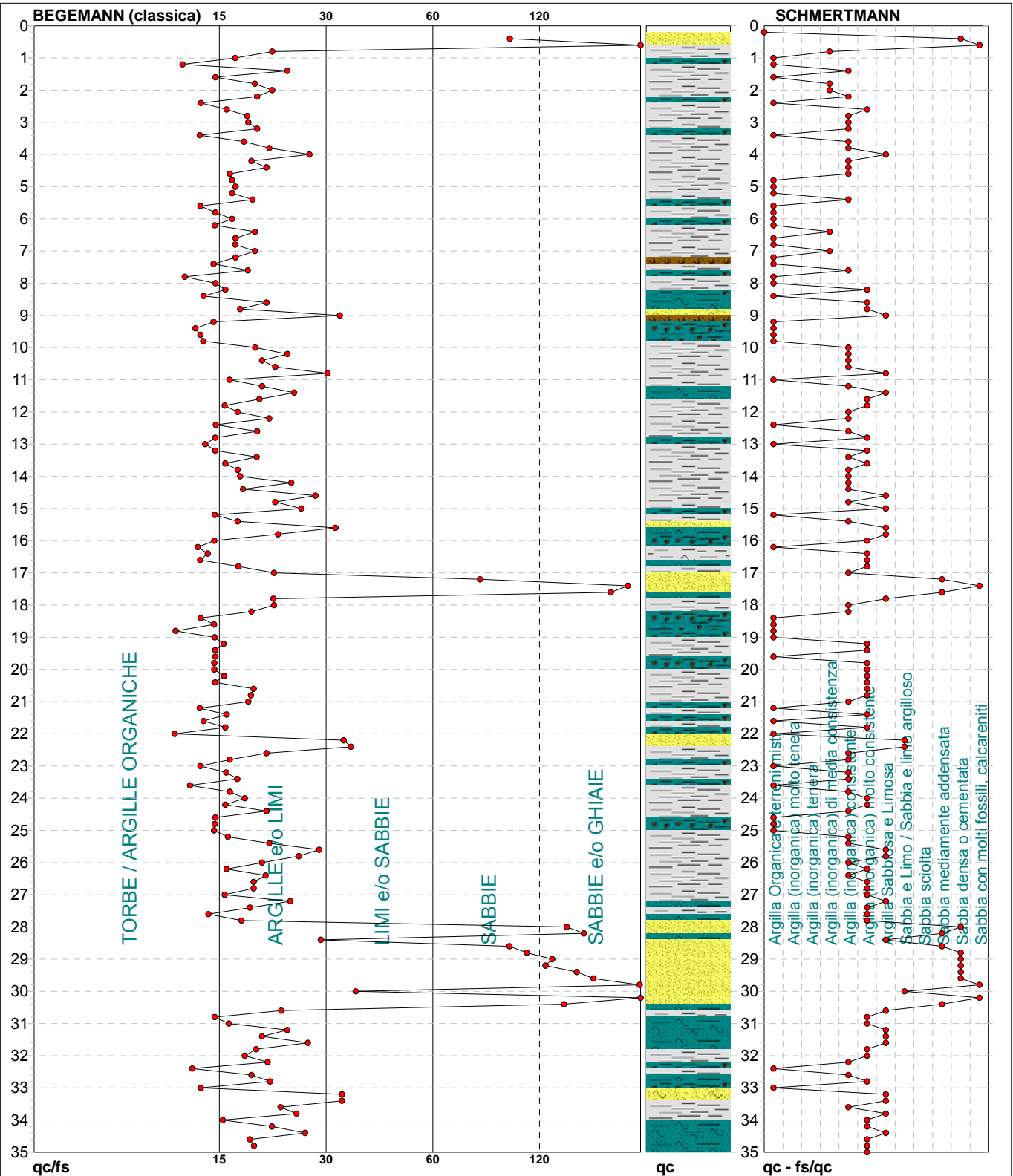
riferimento

105-2014

Committente: **COMUNE DI SAN PROSPERO**
 Cantiere: **SAN PROSPERO scuole**
 Località: **SAN PROSPERO scuole**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:175**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **15/07/2014**
 Falda: **-2.20 m**



Torbe / Argille org. :	36 punti, 20.69%	Argilla Organica e terreni misti:	43 punti, 24.71%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	21 punti, 12.07%
Argille e/o Limi :	115 punti, 66.09%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 2.87%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 1.72%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 4.02%	Argilla (inorganica) consistente:	44 punti, 25.29%	Sabbia mediamente addensata:	5 punti, 2.87%
Sabbie:	6 punti, 3.45%	Argilla (inorganica) molto consist.:	41 punti, 23.56%	Sabbia densa o cementata:	7 punti, 4.02%
Sabbie e/o Ghiaie :	10 punti, 5.75%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	4 punti, 2.30%

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

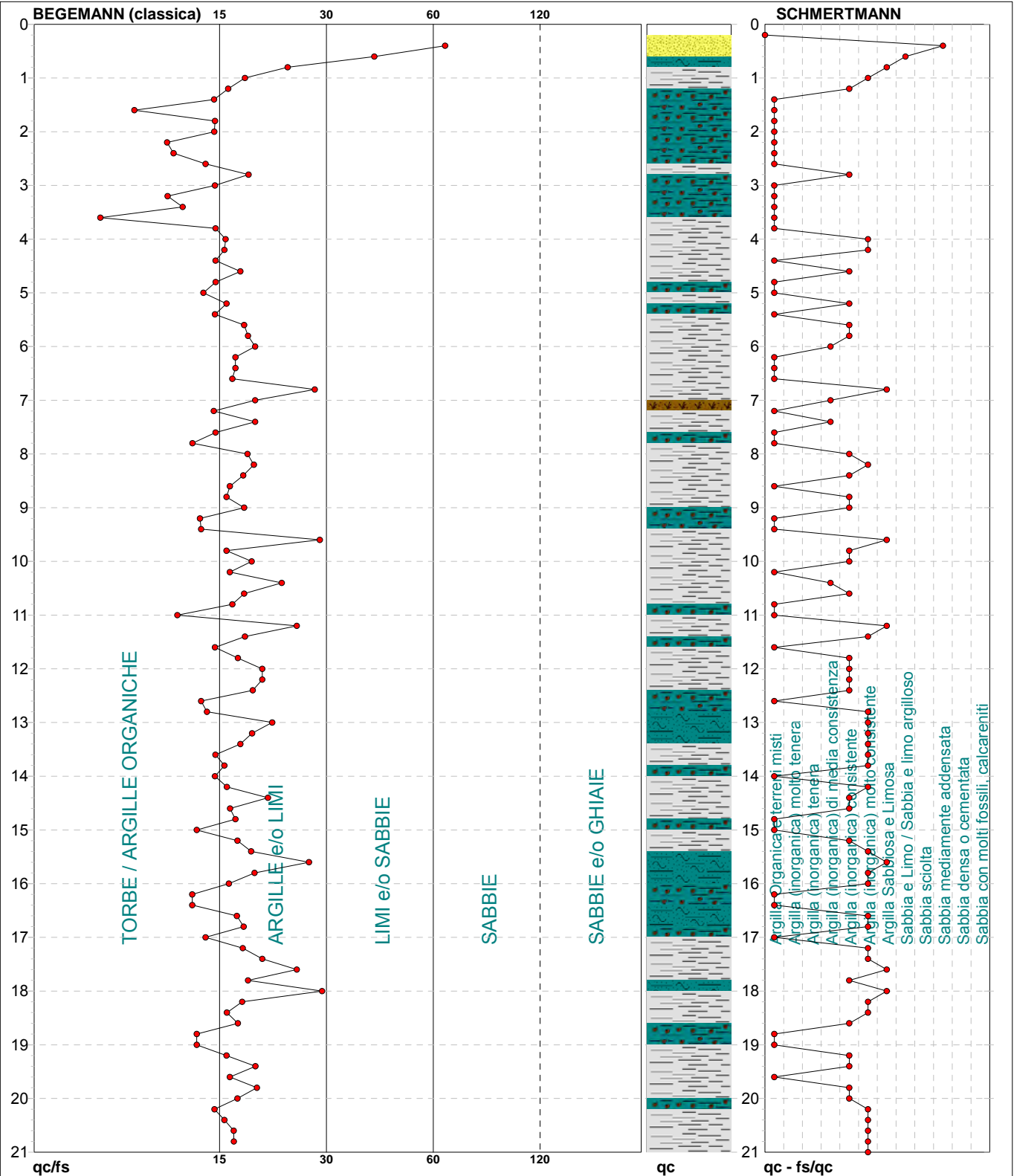
riferimento

105-2014

Committente: **COMUNE DI SAN PROSPERO**
 Cantiere: **SAN PROSPERO scuole**
 Località: **SAN PROSPERO scuole**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:105**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **15/07/2014**
 Falda: **-2.20 m**



Torbe / Argille org. :	30 punti, 28.85%	Argilla Organica e terreni misti:	39 punti, 37.50%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 6.73%
Argille e/o Limi :	72 punti, 69.23%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 3.85%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punto, 0.96%
Limi e/o Sabbie :	1 punti, 0.96%	Argilla (inorganica) consistente:	26 punti, 25.00%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 0.96%
Sabbie:	1 punti, 0.96%	Argilla (inorganica) molto consist.:	25 punti, 24.04%		

nota:

FON025

**LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI
SPECIFICHE TECNICHE**

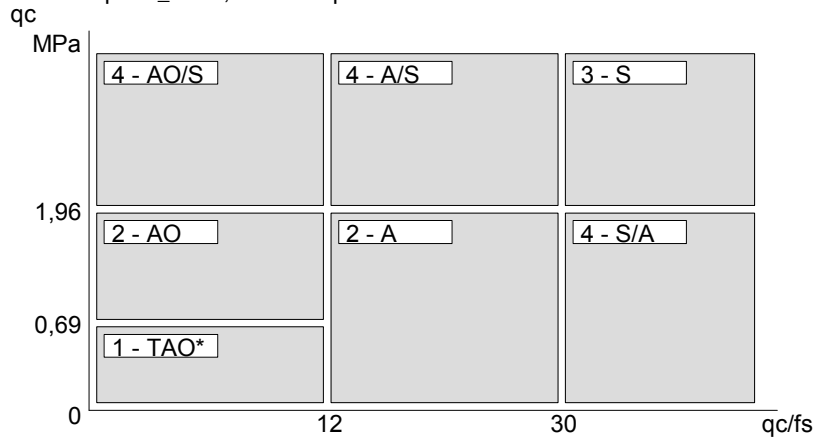
Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 1,96 \text{ MPa}$: possibili terreni COESIVI

anche se (qc / fs) > 30

$qc \geq 1,96 \text{ MPa}$: possibili terreni GRANULARI

anche se (qc / fs) < 30



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
- 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')

Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - qc]

OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)

Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip= ind.plast.]
Eu50 - Eu25 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 ed altri 1983)

Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]

ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - qc - σ'_{vo})

ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)

ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)

ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Burrow e Stokoe 1983)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT
riferimento **1**
105-2014

Committente: COMUNE DI SAN PROSPERO	U.M.: MPa	Data exec.: 15/07/2014
Cantiere: SAN PROSPERO scuole	Pagina: 2	
Località: SAN PROSPERO scuole	Elaborato:	Falda: -2.20 m

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																								
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σ_{Sc} (°)	σ_{Ca} (°)	σ_{Ko} (°)	σ_{DB} (°)	σ_{DM} (°)	σ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.														
20.00	1.6	15.0		0.96	200.8	164	68.2	1.6	39.4	59.1	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20.20	1.7	15.9		0.97	202.7	165	70.9	1.7	40.8	61.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20.40	1.7	15.0		0.97	204.6	165	70.9	1.7	40.8	61.3	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20.60	1.9	19.0		0.99	206.5	166	76.0	1.8	43.3	65.0	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20.80	2.0	18.7		0.93	208.3	167	78.4	1.9	44.5	66.8	5.9	--	31	21	17	17	25	27	--	--	3.3	4.9	5.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
21.00	1.6	18.4		0.96	210.2	164	68.2	1.5	39.7	59.5	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.20	1.0	13.7		0.90	212.0	160	49.0	1.0	29.4	44.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.40	1.5	16.1		0.95	213.8	164	65.3	1.4	38.3	57.4	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.60	1.5	14.0		0.95	215.7	164	65.3	1.4	38.3	57.5	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.80	1.6	16.0		0.96	217.6	164	68.2	1.5	39.8	59.8	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
22.00	1.8	11.8		0.98	219.5	166	73.5	1.6	42.6	63.9	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
22.20	2.2	32.8		0.86	221.2	168	--	--	--	--	--	--	31	21	18	17	25	28	--	--	3.6	5.4	6.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
22.40	2.3	34.3		0.86	222.9	169	--	--	--	--	--	--	1	31	21	18	17	25	28	--	--	3.8	5.6	6.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
22.60	1.5	20.5		0.95	224.7	164	65.3	1.3	38.5	57.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
22.80	1.2	16.4		0.92	226.5	162	56.0	1.1	33.5	50.2	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.00	1.1	13.8		0.91	228.3	161	52.6	1.0	31.5	47.3	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.20	1.4	16.1		0.94	230.2	163	62.4	1.2	37.0	55.5	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.40	1.6	17.2		0.96	232.0	164	68.2	1.4	40.1	60.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.60	1.2	12.9		0.92	233.8	162	56.0	1.1	33.5	50.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.80	1.2	16.4		0.92	235.6	162	56.0	1.0	33.5	50.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.00	1.8	18.0		0.98	237.6	166	73.5	1.4	43.0	64.5	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.20	1.6	16.0		0.96	239.4	164	68.2	1.3	40.3	60.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.40	1.5	20.5		0.95	241.3	164	65.3	1.2	38.8	58.1	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.60	1.1	15.1		0.91	243.1	161	52.6	0.9	31.6	47.3	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.80	1.2	15.0		0.92	244.9	162	56.0	1.0	33.6	50.4	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.00	1.3	14.9		0.93	246.7	162	59.3	1.1	35.5	53.2	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.20	1.3	16.3		0.93	248.5	162	59.3	1.0	35.5	53.2	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.40	1.4	20.9		0.94	250.4	163	62.4	1.1	37.2	55.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.60	1.5	28.3		0.95	252.2	164	65.3	1.2	38.9	58.3	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.80	1.5	25.0		0.95	254.1	164	65.3	1.1	38.9	58.4	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.00	1.2	20.0		0.92	255.9	162	56.0	0.9	33.6	50.4	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.20	1.5	16.1		0.95	257.8	164	65.3	1.1	39.0	58.4	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.40	1.9	20.4		0.99	259.7	166	76.0	1.4	44.8	67.1	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.60	1.9	19.0		0.99	261.7	166	76.0	1.3	44.8	67.2	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
26.80	1.9	19.0		0.99	263.6	166	76.0	1.3	44.8	67.2	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.00	1.8	15.9		0.98	265.5	166	73.5	1.3	43.5	65.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.20	1.9	23.8		0.99	267.5	166	76.0	1.3	44.9	67.3	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.40	2.1	18.6		0.93	269.3	167	80.7	1.4	47.4	71.1	6.2	--	31	20	16	16	25	27	--	--	3.4	5.1	6.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
27.60	2.6	14.4		0.95	271.1	171	92.8	1.6	53.6	80.4	7.9	--	2	32	21	18	17	25	28	--	--	4.4	6.6	7.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
27.80	2.6	17.6		0.95	273.0	171	92.8	1.6	53.7	80.5	7.9	--	2	31	21	18	17	25	28	--	--	4.4	6.6	7.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
28.00	10.0	127.5		1.00	275.0	219	--	--	--	--	--	--	47	37	28	24	23	31	34	--	--	16.7	25.0	30.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
28.20	7.4	141.5		0.96	276.9	202	--	--	--	--	--	--	37	36	26	23	22	30	32	--	--	12.3	18.4	22.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
28.40	4.1	28.6		1.00	278.8	181	137.2	2.6	71.9	107.9	12.3	--	17	33	23	20	19	26	30	--	--	6.9	10.3	12.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
28.60	8.8	90.0		0.98	280.7	212	--	--	--	--	--	--	43	36	27	24	22	31	33	--	--	14.7	22.1	26.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
28.80	11.8	100.0		1.03	282.8	231	--	--	--	--	--	--	52	38	28	25	24	32	35	--	--	19.6	29.4	35.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29.00	13.7	116.7		1.06	284.8	244	--	--	--	--	--	--	58	38	29	26	24	33	36	--	--	22.9	34.3	41.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
29.20	11.0	112.0		1.02	286.8	226	--	--	--	--	--	--	50	37	28	25	23	32	34	--	--	18.3	27.4	32.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
29.40	14.2	135.5		1.07	288.9	247	--	--	--	--	--	--	58	38	29	26	24	33	36	--	--	23.7	35.5	42.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
29.60	14.7	150.0		1.08	291.0	250	--	--	--	--	--	--	59	38	29	26	25	33	36	--	--	24.5	36.8	44.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
29.80	14.2	198.6		1.07	293.1	247	--	--	--	--	--	--	58	38	29	26	24	33	36	--	--	23.7	35.5	42.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
30.00	4.6	35.3		0.91	294.9	184	--	--	--	--	--	--	19	34	23	20	19	27	31	--	--	7.7	11.5	13.8	--	--	--									

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO

Via Camogli 59 - 41125 Modena

Tel 347/4128277 - Fax 059/394816

e-mail delmaschio.l@alice.it

PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI SAN PROSPERO SULLA SECCHIA
PROVINCIA DI MODENA

OGGETTO:

**RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA
PER LA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE
DELLA SCUOLA SECONDARIA DI I GRADO "D. ALIGHIERI"
IN COMUNE DI SAN PROSPERO S/S**

LOCALITÀ:

San Prospero s/S - via Chiletti

COMMITTENTE

Comune di San Prospero s/S

LUGLIO 2014



INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
a. Riferimenti cartografici	1
b. Copertura aerofotogrammetrica	1
c. Riferimenti catastali	1
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	3
a. Sismicità delle aree di interesse	3
b. Sismicità storica delle aree di intervento	4
c. Individuazione della pericolosità sismica del sito	8
4. INDAGINI REALIZZATE	17
5. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	18
a. Indagini geofisiche	18
a1. I dati ottenuti	18
a2. Interpretazione delle indagini	18

1. PREMESSA

Su incarico della Geoprogetti. Srl, con sede in Via Duca d'Este 6 - 41036 Medolla (MO), è stato redatto lo studio sulla modellazione sismica per la demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di I grado "D. Alighieri", in Comune di San Prospero s/S.

L'indagine è stata effettuata mediante reperimento di materiale bibliografico conoscitivo, sopralluoghi, rilievi diretti sul sito e indagini geognostiche e sismiche.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di intervento è ubicata in San Prospero s/S, via Chiletti

I principali riferimenti sono:

a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)

C.T.R.: Tavola 202 NO (1:25.000);

Sezione 202010 (1:10.000);

Elemento 202014 (1:5000).

b. Copertura aereofotogrammetrica

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

c. Riferimenti catastali

Foglio 20, Mappale 124 - Comune di San Prospero s/S

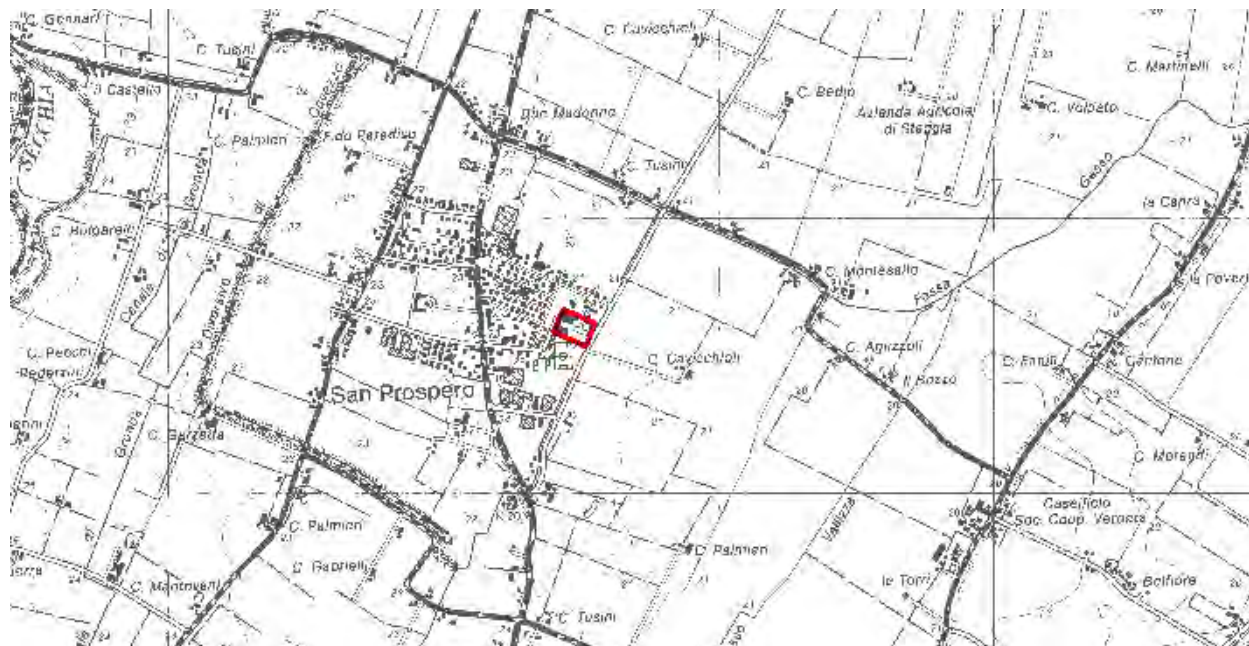


Figura 2.1: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:25.000.



Figura 2.2: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:5.000.

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

a. Sismicità delle aree di interesse

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante “norme tecniche per le costruzioni”, entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell’Allegato 1 dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone” all’allegato 1.A” sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 3.1):

Tabella 3.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 \text{ g}$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$	0.15 g
4	$\leq 0.05 \text{ g}$	0.05 g

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall’OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 3.2).

Tabella 3.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell’accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
San Prospero s/S	n.c.	3	0.15 g

b. Sismicità storica delle aree di intervento

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. In particolare sono evidenti gli alti di Mirandola – San Possidonio e Finale Emilia (tra Reggio Emilia e Ferrara), di San Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara), dove la base del SERS è a una profondità inferiore a 100 m s.l.m. Queste zone di alto ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo - pleistocenica di questa struttura.

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma; risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità compresa tra 150 e 200 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRS risulta che fino alla profondità di circa 150-180 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino 400 m/s. La profondità di circa 150-180 m da p.c. può essere considerata come la quota del bedrock sismico.

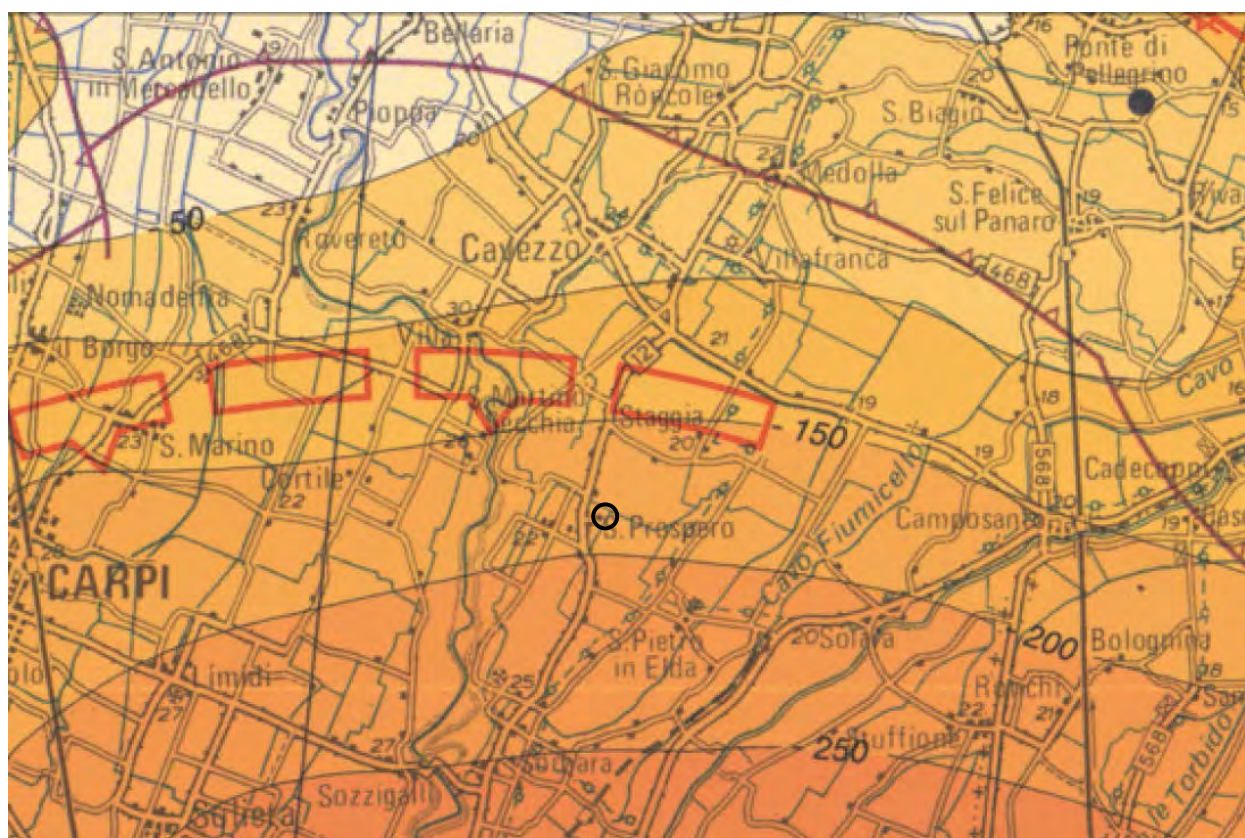


Figura 3.1: Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna (2004).

Tali dati vengono validati anche dal rapporto presentato nel 31° convegno nazionale GNGTS tenutosi a Potenza dal 20-22 novembre 2012.

In particolare si riportano i risultati ottenuti dall'Università di Siena "PRIME INDAGINI DI SISMICA PASSIVA NELLE AREE EMILIANE INTERESSATE DALLA SEQUENZA SISMICA DEL MAGGIO-GIUGNO 2012" del Prof. Albarello.

In particolar modo si riportano i risultati delle analisi congiunta HVSR e onde di dispersione Rayleigh che sono serviti ad individuare l'interfaccia risonante.

Campagna di Misura

Mirandola	M6	0,9	3,5			B1		3
	M7	0,9	4,6			B1	A7	3
	S6	1	4,7			B1	A7	3
	S7	1	6,1			B1	A7	3
Finale Emilia	R9	0,8	2,9	0,3	2,5 *	B1		1
	R10	0,7	3,3	0,3	3,2 *	B1		1
	R11	0,8	2,7	0,4	2,1 *	B1		1
	R12	0,8	2,5 *	0,3	2,4	B1		1
	R13	0,7	4	0,3	2,5	B1		1
	R14	0,9	3,9	0,3	3	B1		1
	R15	0,7	3,6	0,2	2,5 *	B1		1

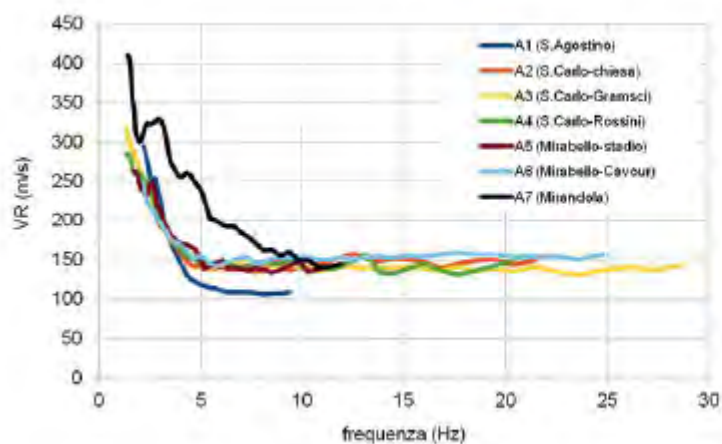


Fig. 1 - Curve di dispersione effettive delle onde di Rayleigh ottenute dalle sette antenne sismiche realizzate nelle località indicate nella legenda.

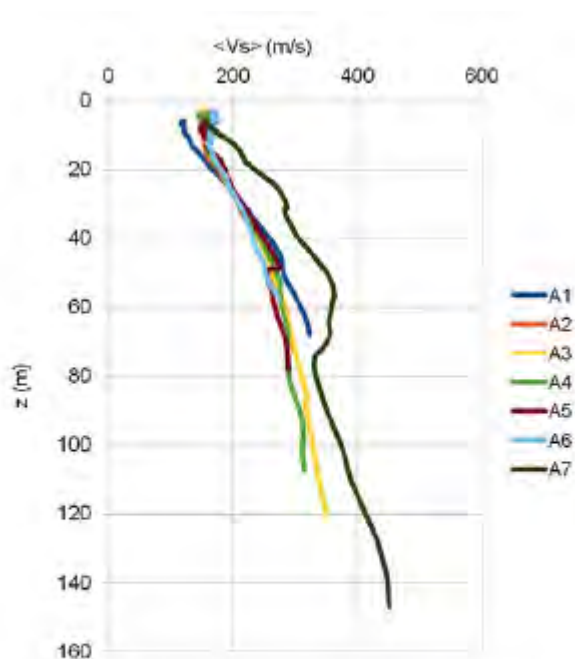


Fig. 2 - Andamento approssimato delle V_s medie in funzione della profondità. Il grafico è stato realizzato assumendo una profondità di penetrazione pari alla metà della lunghezza d'onda corrispondente alle diverse frequenze.

Sintesi dei risultati

Tab. 2 - Corrispondenze indicative fra frequenza di picco della curva HVSR e profondità stimata della relativa interfaccia risonante.

Località	f_0 (Hz)	H (m)
Mirandola	0,9-1	100-120
Finale Emilia 1	0,7-0,9	150-260
Finale Emilia 2	0,7-0,9	120-180

Nella tabella 3.3 sono riportati i dati storici del comune di San Prospero s/S, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di San Prospero
[44.789, 11.021]



Numero di eventi: 9

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1957 08 27 11:5	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
5	1978 12 25 22:5	Bassa mantovana	28	5 4.22 ±0.22
6	1983 11 09 16:2	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:0	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
4	1988 03 15 12:0	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12
5	1996 10 15 09:5	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
NF	1997 05 12 22:1	Reggiano	56	4-5 4.22 ±0.27
NF	1998 02 21 02:2	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17
4-5	2000 06 18 07:4	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09

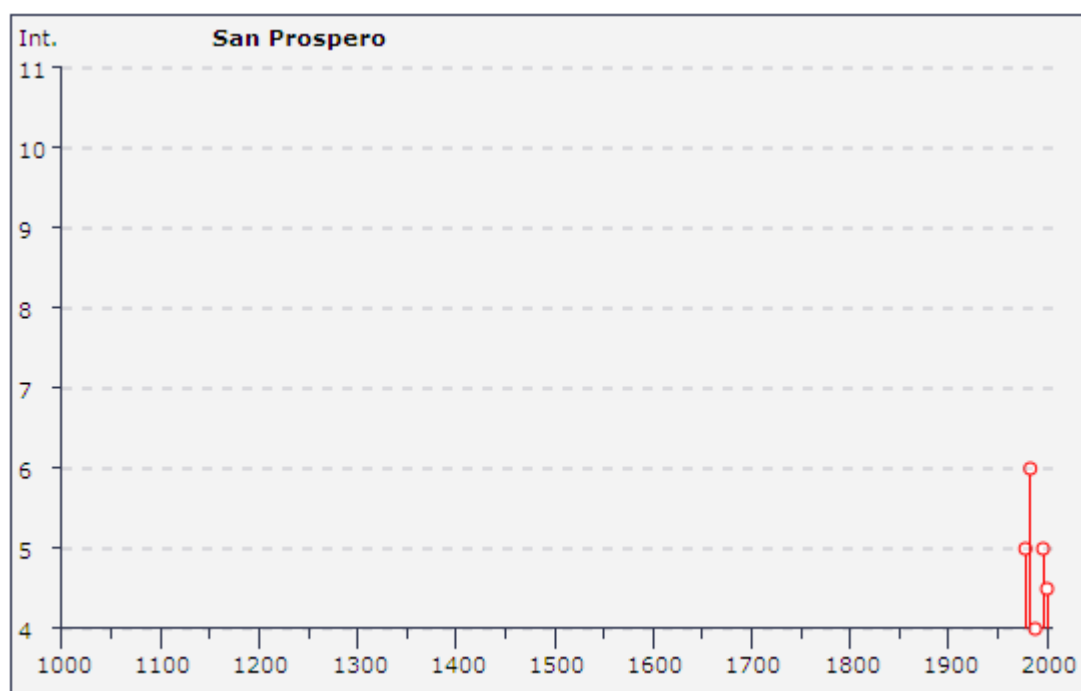


Tabella 3.3: Storia sismica del comune di San Prospero s/S (MO).

La sismicità storica non tiene conto della recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.

c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo "Spetti NTC v. 1.03" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 11.028357 LATTITUDINE: 44.789295

Ricerca per comune REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Rimini COMUNE: Rimini

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

km7.5
-7.5 15394 15395 7.5 km
-7.5 15616 15617

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
media ponderata

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	50	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U	1.5	info

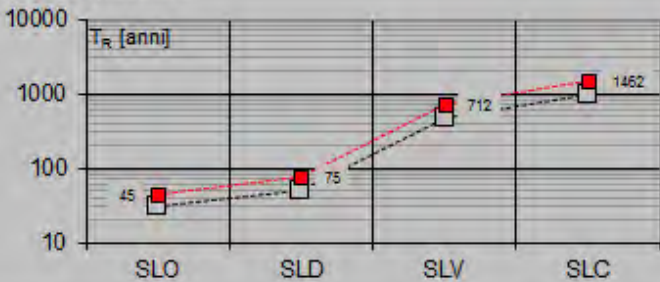
Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	75	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	45
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	712
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1462

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



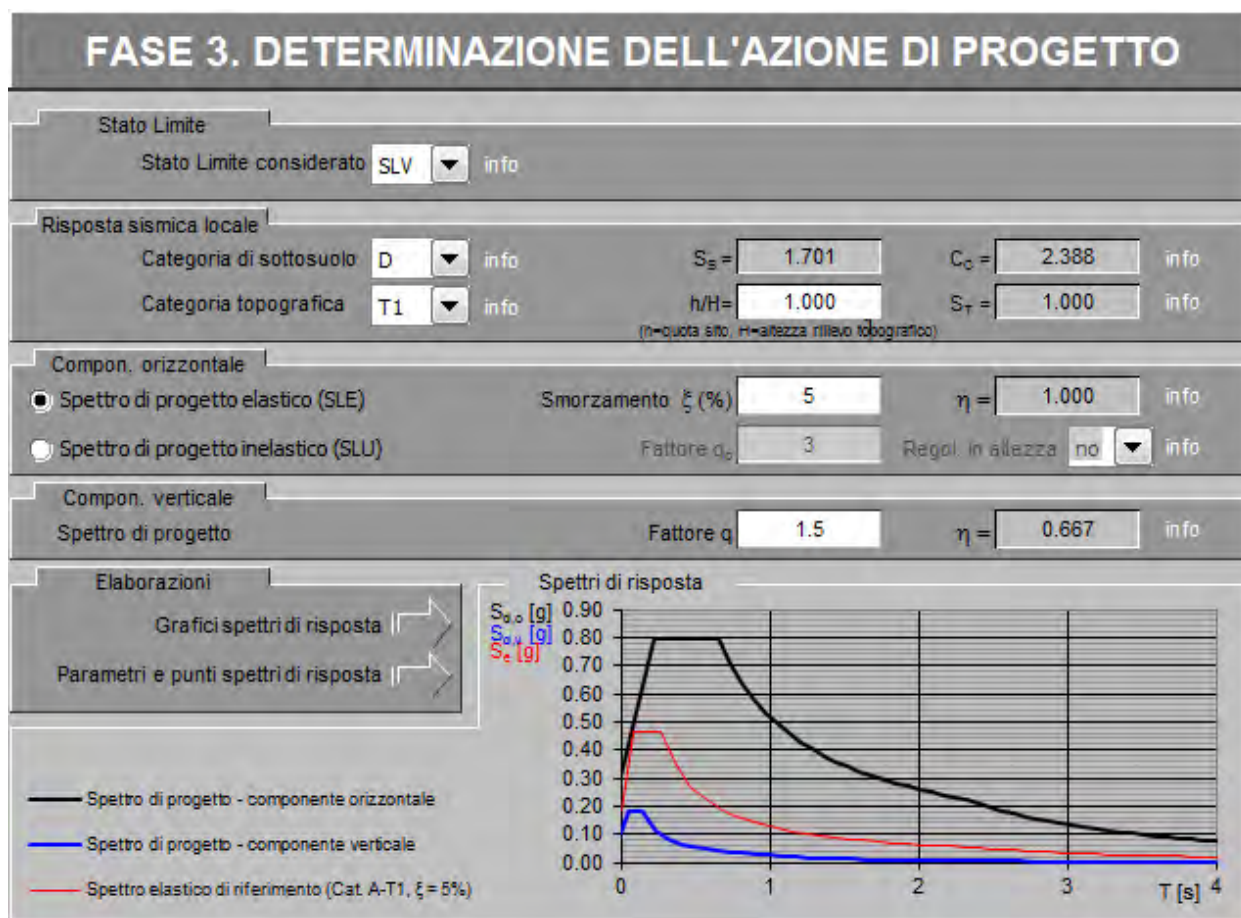
LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.051	2.505	0.264
SLD	75	0.065	2.485	0.275
SLV	712	0.182	2.558	0.274
SLC	1462	0.242	2.490	0.284

Tabella 3.4: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto



Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,789295
longitudine: 11,028357
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15394	Lat: 44,8094	Lon: 11,0251	Distanza: 2250,296
Sito 2	ID: 15395	Lat: 44,8108	Lon: 11,0955	Distanza: 5811,976
Sito 3	ID: 15617	Lat: 44,7609	Lon: 11,0975	Distanza: 6306,135
Sito 4	ID: 15616	Lat: 44,7594	Lon: 11,0272	Distanza: 3322,114

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni]
ag: 0,051 g
Fo: 2,505
Tc*: 0,264 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni]
ag: 0,065 g
Fo: 2,484
Tc*: 0,275 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni]
ag: 0,182 g
Fo: 2,558
Tc*: 0,274 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0,242 g
Fo: 2,490
Tc*: 0,284 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,800
Cc: 2,430
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,896
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800
Cc: 2,380
St: 1,000
Kh: 0,023
Kv: 0,012
Amax: 1,152
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,700
Cc: 2,390
St: 1,000
Kh: 0,074
Kv: 0,037
Amax: 3,035
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,500
Cc: 2,350
St: 1,000
Kh: 0,101
Kv: 0,051
Amax: 3,554
Beta: 0,280

Si riporta di seguito il rapporto presentato nel 31° convegno nazionale GNGTS tenutosi a potenza dal 20-22 novembre 2012 “Il terremoto emiliano del 2012: analisi delle registrazioni accelerometriche e confronto con le azioni sismiche previste nelle NTC2008” del Prof. Mucciarelli.

Le accelerazioni registrate al sito dalla stazione accelerometrica RAN di Mirandola (MRN) dell'INGV durante l'evento sismico del 20-29 maggio sono state le seguenti:

Tab. 1 - Valori di PGA, PGV, PGD e IH per ciascuna componente della stazione RAN di Mirandola (MRN) per gli eventi del 20.05.2012 e del 29.05.2012.

EVENTO	Dist. Epicentrale	Componente	PGA (g)	PGV (cm/sec)	PGD (cm)	I _H (cm)
5.9 MI 20.05.2012	17 km	N - S	0.29	40.00	10.71	129
		E - O	0.28	32.43	6.28	84
		VERT.	0.32	5.65	1.26	17
5.8 MI 29.05.2012	2 km	N - S	0.29	40.07	19.77	135
		E - O	0.23	23.62	9.21	70
		VERT.	0.87	22.71	5.70	31

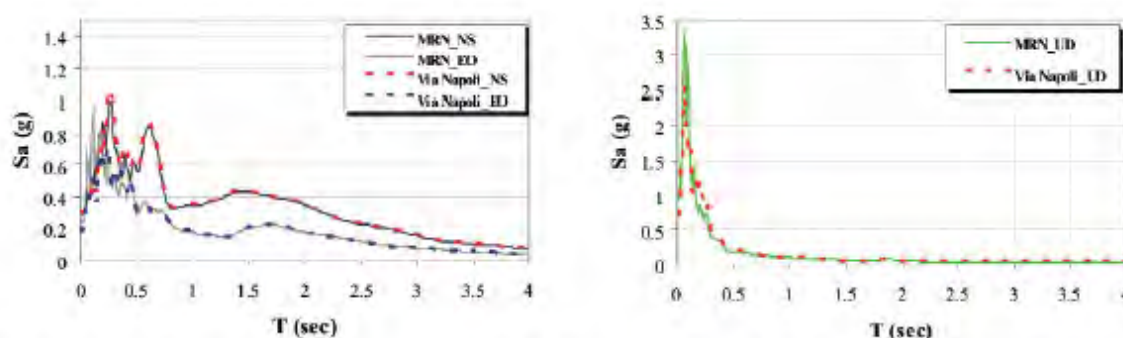


Fig. 1 - Confronto in pseudoaccelerazione spettrale tra le registrazioni dell'evento del 29.05.2012 (5.8 MI) disponibili per le stazioni MRN-RAN e di via Napoli.

Sulla base di quanto registrato durante l'evento sismico è stato fatto il confronto tra gli spettri di risposta registrati alla stazione di Mirandola MRN con quelli utilizzati dalla normativa vigente NTC08 per categorie di sottosuolo di tipo C e D e per due differenti tempi di ritorno (Tr 475 e Tr 975 anni):

Tab. 2 - Valori di PGA, PGV, PGD ed IH per ciascuna componente delle stazioni temporanee installate a Mirandola dopo l'evento principale. Registrazione dell'evento 5.8 MI del 29.05.2012.

COD. STAZIONE	Dist. Epicentrale	Componente	PGA (g)	PGV (cm/sec)	PGD (cm)	I _{H-RAN} (cm)
Staz. temporanea VIA NAPOLI	2 km	N - S	0.30	40.44	19.94	136
		E - O	0.18	24.27	8.92	69
		VERT.	0.71	20.93	5.79	32
Staz. temporanea OSPEDALE	2 km	N - S	0.30	48.72	21.76	117
		E - O	0.15	19.25	5.18	59
		VERT.	0.52	16.01	4.95	29

Tab. 3 - Confronto in termini di PGA ed Intensità di Housner tra le azioni registrate e quelle attese (NTC-2008) per le stazioni (fisse e temporanee) installate a Mirandola riferito agli eventi del 20.05.2012 (sopra) e 29.05.2012 (sotto). In rosso sono evidenziati i casi in cui i valori di norma (sia per 475 che per 2475 anni) sottostimano i valori ottenuti dalle registrazioni strumentali, in blu quelli per i quali i valori di norma sono maggiori di quelli registrati.

59 MI 20.05.2012		SITO		NORMA NTC-2008							
				TR=475		TR=2475		%Δ(TR=475)		%Δ(TR=2475)	
ID-Stazione	Comp.	PGA	IH	PGA	IH	PGA	IH	PGA	IH	PGA	IH
MRN-RAN ENEL	N - S	0.29	129	0.21	64	0.35	110	-39%	-101%	+17%	-17%
	E - O	0.28	84					-34%	-31%	+20%	+24%
	VERT.	0.32	17	0.07	4	0.19	11	-360%	-325%	-68%	-54%
5.8 MI 20.05.2012		SITO		NORMA NTC-2008							
				TR=475		TR=2475		%Δ(TR=475)		%Δ(TR=2475)	
ID-Stazione	Comp.	PGA	IH	PGA	IH	PGA	IH	PGA	IH	PGA	IH
MRN-RAN ENEL	N - S	0.29	135	0.21	64	0.35	110	-38%	-111%	17%	-23%
	E - O	0.23	70					-10%	-9%	34%	36%
	VERT.	0.87	31	0.07	4	0.19	11	-1143%	-675%	-358%	-182%
staz. temporanea VIA NAPOLI	N - S	0.30	136	0.21	64	0.35	110	-43%	-113%	14%	-24%
	E - O	0.18	69					14%	-8%	49%	37%
	VERT.	0.71	32	0.07	4	0.19	11	-914%	-700%	-274%	-191%
staz. temporanea OSPEDALE	N - S	0.30	117	0.21	64	0.35	110	-43%	-83%	14%	-6%
	E - O	0.15	59					29%	8%	57%	46%
	VERT.	0.52	29	0.07	4	0.19	11	-643%	-625%	-174%	-164%

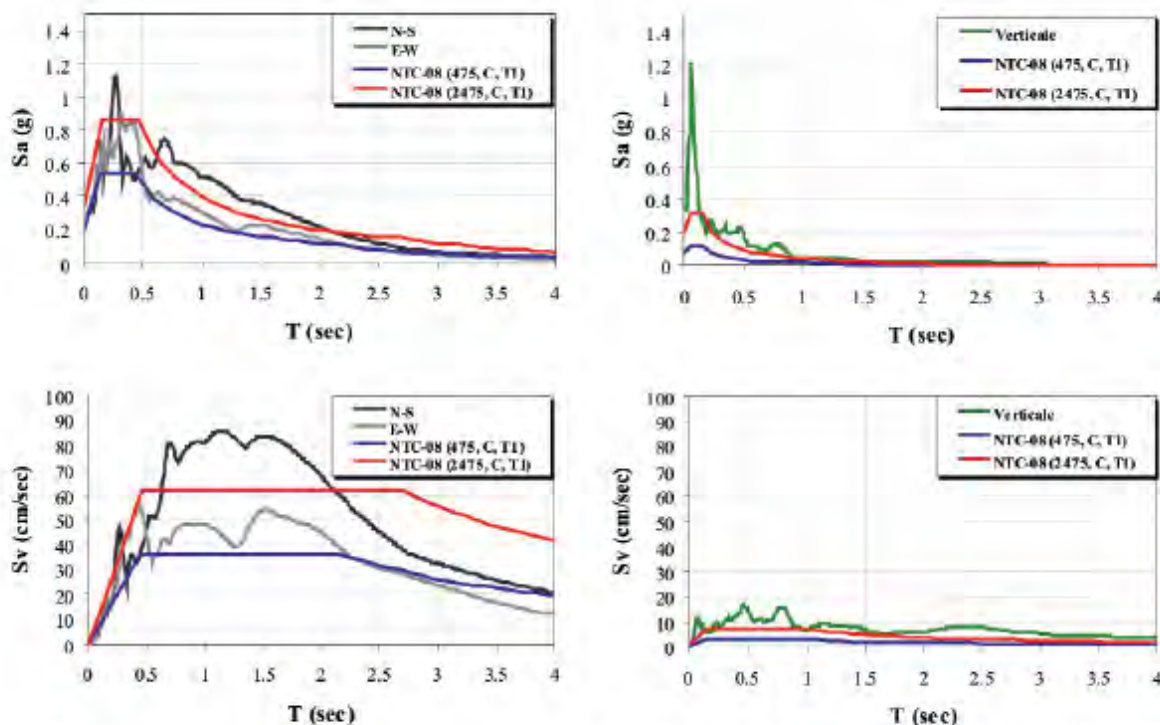


Fig. 2 - Confronto in pseudoaccelerazione (sopra) e pseudovelocità (sotto) tra l'azione registrata, nel piano (N-S, E-W) e sulla componente verticale dell'evento del 20.05.2012 alla stazione RAN di Mirandola (MRN) e quella attesa dalla norma NTC-2008 per suolo C, categoria topografica T1 e periodi di ritorno dell'azione di 475 e 2475 anni).

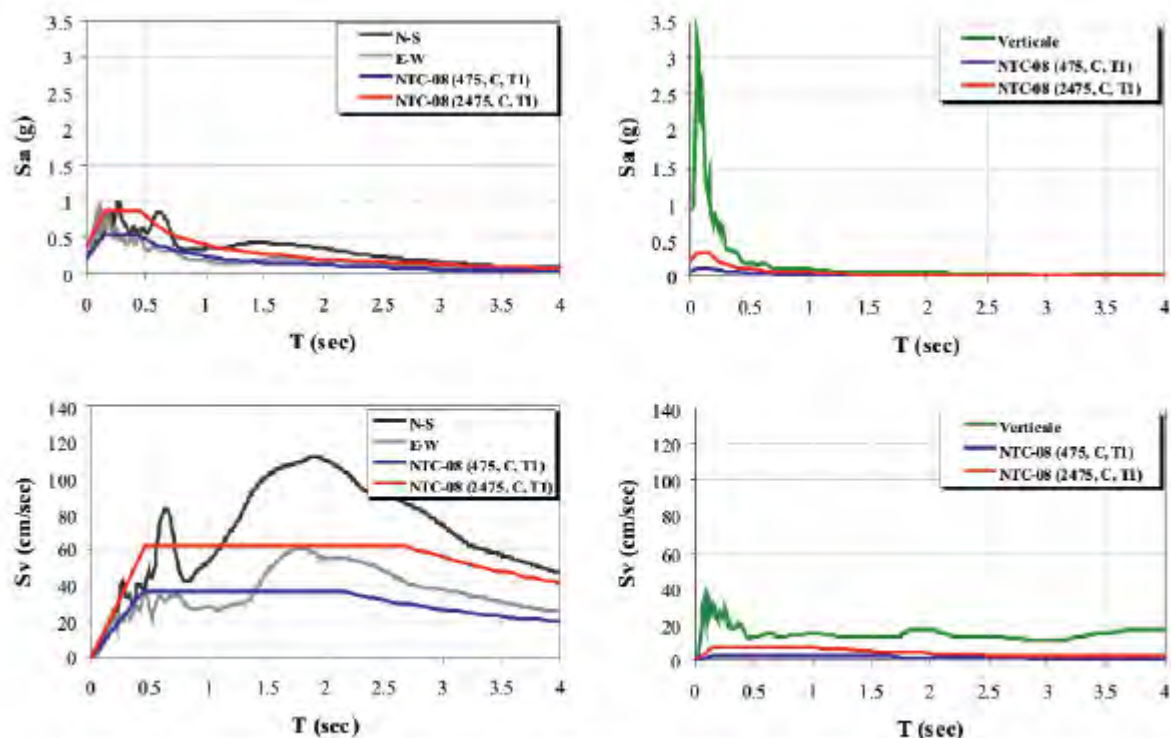


Fig. 3 - Confronto in pseudoaccelerazione (sopra) e pseudovelocità (sotto) tra l'azione registrata, nel piano (N-S, E-W) e sulla componente verticale dell'evento del 29.05.2012 alla stazione RAN di Mirandola (MRN) e quella attesa dalla norma NTC-2008 per suolo C, categoria topografica T1 e periodi di ritorno dell'azione di 475 e 2475 anni.

Si riportano di seguito i parametri del terremoto, al sito di studio, come risulta dalle mappe di scuotimento dell'INGV (<http://shakemap.rm.ingv.it/shake>) per gli eventi sismici del 20 Maggio 2012, del 29 Maggio 2012 e del 03 giugno 2012.

Ivalori desunti dalle mappe di accelerazione sismica sono i seguenti:

Pga value = (di g)

Pgv value = (cm/s)

Psa value = (di g)

con

Psa 0.3 = spectral acceleration at 0.3 s period, 5% damping.

Psa 1.0 = spectral acceleration at 1.0 s period, 5% damping.

Psa 3.0 = spectral acceleration at 3.0 s period, 5% damping.

EVENTO del 20 maggio 2012 M=5.9 - sito via Chiletti

PGA = 0.16g

PGV = 22 cm/s

PSA 0.3 sec = 0.44g

PSA 1.0 sec = 0.24g

PSA 3.0 sec = 0.04g

EVENTO del 29 maggio 2012 M=5.8 - sito via Chiletti

PGA = 0.24g
PGV = 28 cm/s
PSA 0.3 sec = 0.48g
PSA 1.0 sec = 0.20g
PSA 3.0 sec = 0.08g

EVENTO del 03 giugno 2012 M=5.1 - sito via Chiletti

PGA = 0.04g
PGV = 2 cm/s
PSA 0.3 sec = 0.08g
PSA 1.0 sec = 0.02g
PSA 3.0 sec = 0.02g

NTC 2008 - sito via Chiletti

PGA = 0.310g.
PSA 0.3 sec = 0.79g
PSA 1.0 sec = 0.52g
PSA 3.0 sec = 0.13g

Ai sensi dell'Ordinanza n. 112/2013 "Modalità di applicazione dell'Art. 10 comma 3 della Legge 122/2012" il manufatto in oggetto ricade all'interno dell'area campita per le costruzioni in classe d'uso III. La categoria di sottosuolo individuata risulta essere la "D".

4. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini sismiche (HoliSurface e HVSR) eseguite nell'area di intervento (figura 4.1):

- n. 1 indagini sismica passiva di microtremori (HVSR - Tr01);
- n. 2 indagini sismiche attive HoliSurface01 e HoliSurface02 (onde Rayleigh e Love).

Le indagini sismiche sono state eseguite dal Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio.



Figura 4.1: Ubicazione delle indagini sismiche.

5. PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

a. Indagini geofisiche

a1. I dati ottenuti

L'indagine geofisica è stata eseguita mediante sismica attiva HoliSurface e passiva a stazione singola (HVSR) (Gemini2®PASI Srl) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{S30} .

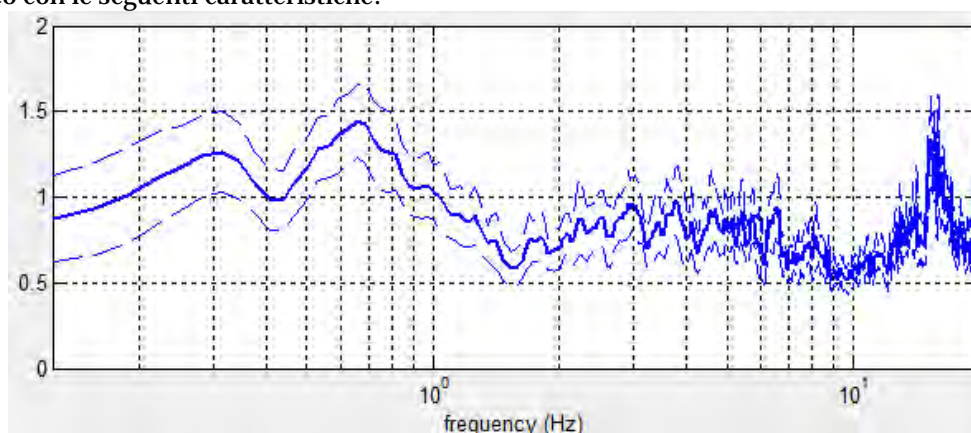
a2. Interpretazione delle indagini geofisiche

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nel luglio 2014. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSR e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo HoliSurface. I dati ottenuti dalla curva HVSR forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica HoliSurface è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle V_{S30} ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

Tutte le registrazioni sono state effettuate con Gemini2®PASI Srl, che è un registratore disegnato specificatamente per le acquisizioni del rumore sismico. Si tratta di uno strumento portatile tutto in uno nel quale è integrata una terna di geofoni con frequenza di risonanza pari a 2Hz (accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente) ed un acquisitore dati 24 bit reali appositamente progettato. Collegato al computer tramite l'interfaccia USB, Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente sul vostro PC tramite il software dedicato in dotazione.

Dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche specifiche si è riscontrato che il terreno di fondazione su cui andrà realizzato l'intervento in esame, appartiene alla categoria di sottosuolo "D", ai sensi del D.M. 14/01/08 (previa verifica alla liquefazione).

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, dal diagramma delle curve H/V, abbiamo un picco stratigrafico con le seguenti caratteristiche:



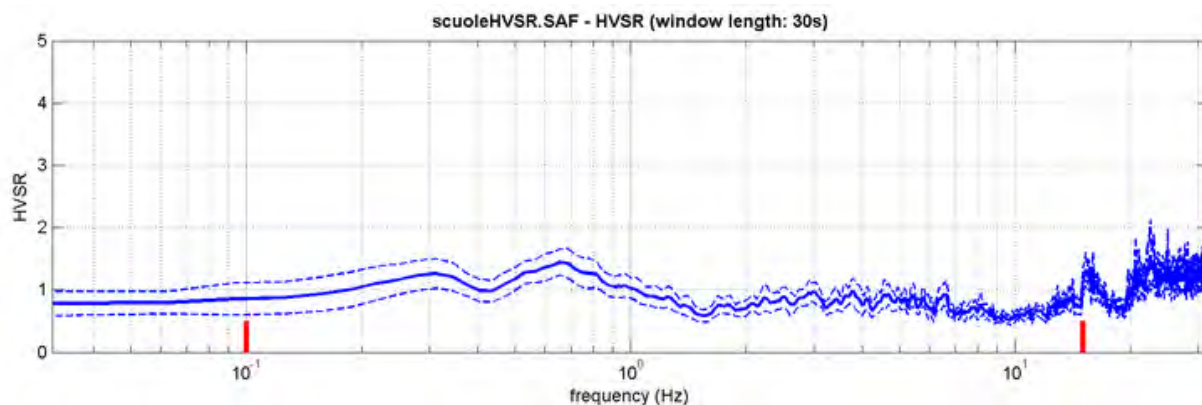
Le acquisizioni HVSR, risultano in parte convalidate dalle linee guida SESAME 2005.

Si riportano di seguito i report delle indagini sismiche a stazione singola (HVSR) e dell'indagine sismica HoliSurface:

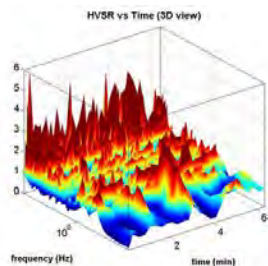
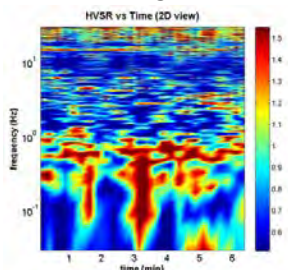
SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletti - HVSR TR01

Strumento: Gemini2 - PASI Srl
 Inizio registrazione: 15/07/14 Fine registrazione: 15/07/14
 Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 0h12'3" tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 64 Hz
 Lunghezza finestre: 30 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 2%

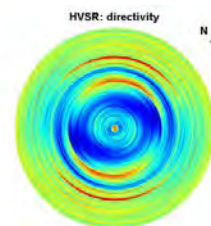
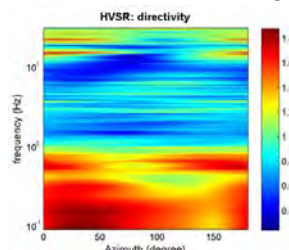
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



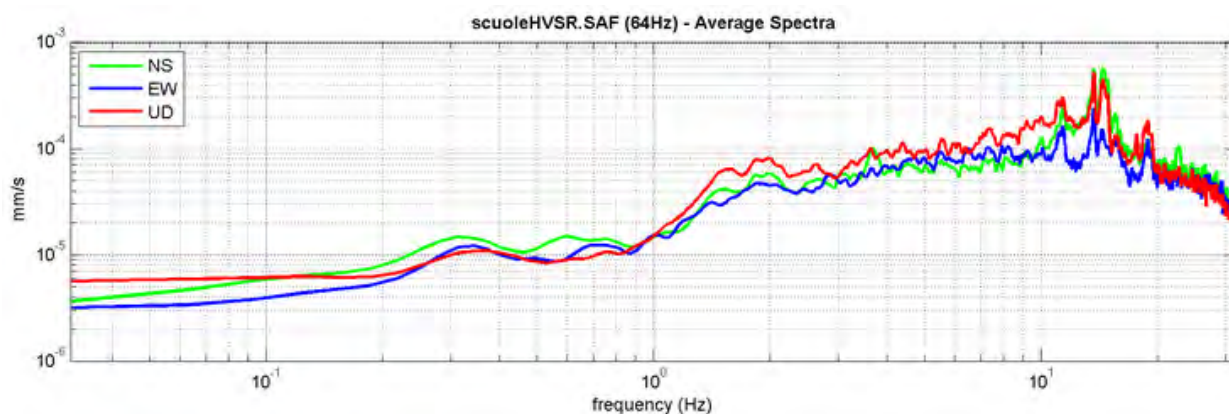
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

<p><i>0.1-20.0Hz frequency range</i> Peak frequency (Hz): 0.7 (± 4.1) Peak HVSR value: 1.4 (± 0.2)</p>

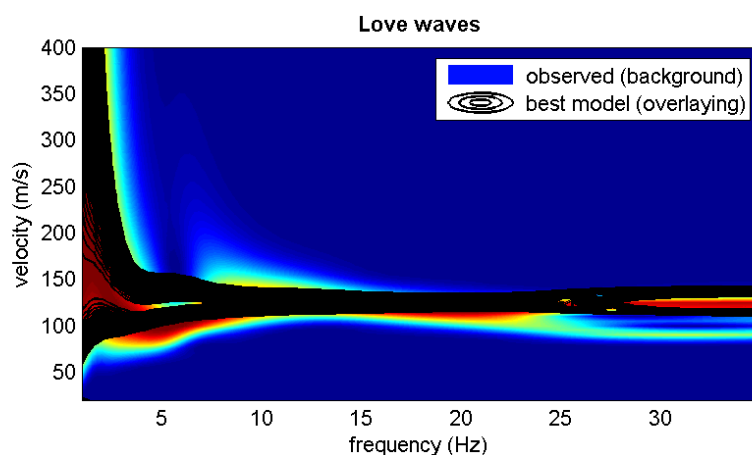
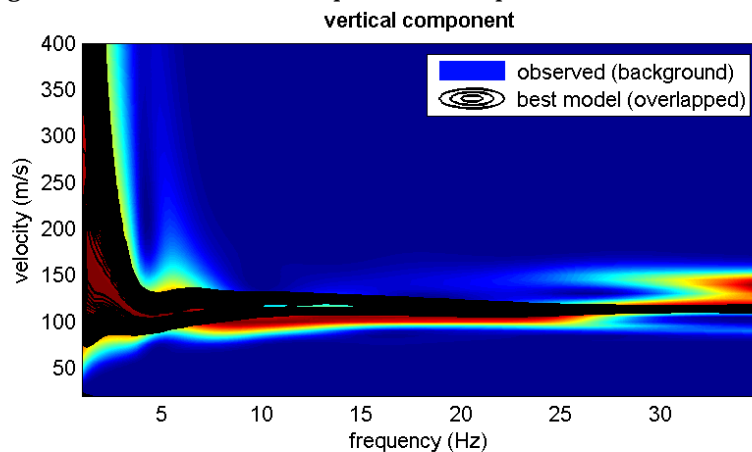
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.7 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$537 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.4 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.052 < 0.103$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.202 < 2$	OK	

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

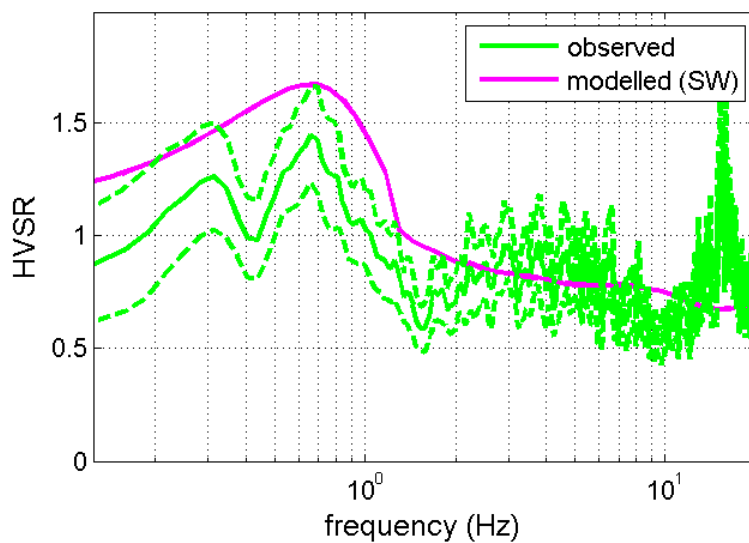
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48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

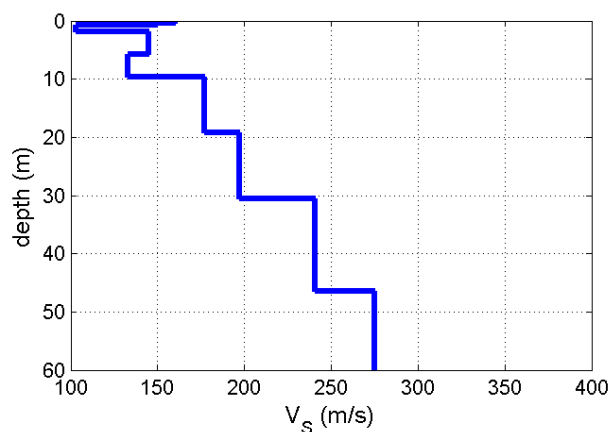
SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletti - HoliSurface01
(Analisi Rayleigh + Love + HVSR - Tr01)

Analisi onde Rayleigh e Love (offset 50 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)



Analisi HVSR - Tr01





Subsurface model

Shear-wave velocities (m/s): 160 150 103 145 133 177 197 241 275 325 400

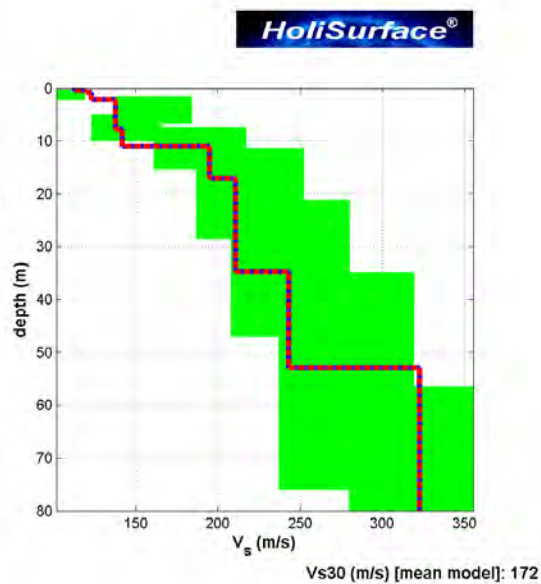
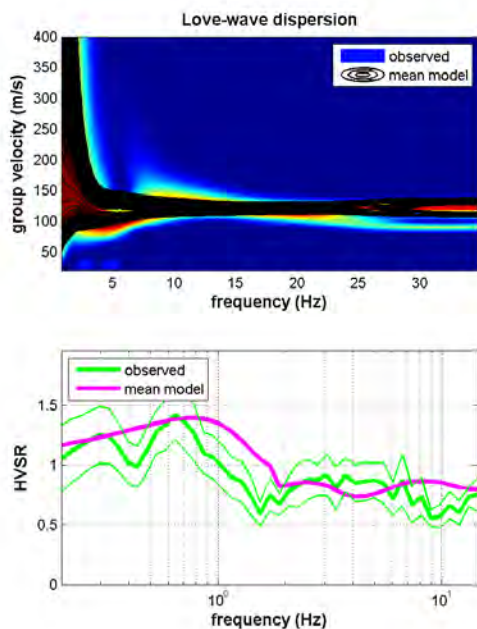
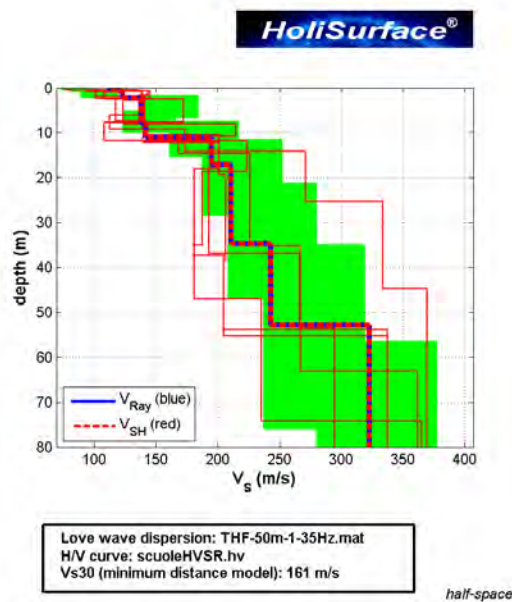
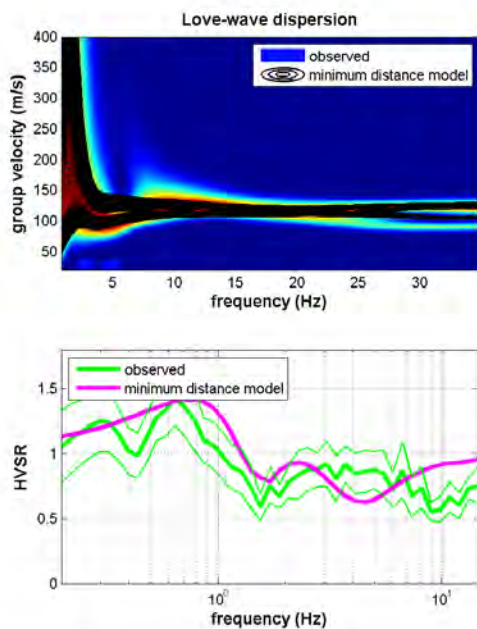
Thicknesses (m): 0.4 0.3 1.2 3.9 3.8 9.6 11.3 16.0 25.0 30.0

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 49 42 19 38 33 59 76 116 150 211 312

Vs30 (m/s): 166

SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletti - HoliSurface01
(Analisi Love + HVSr - Tr01)

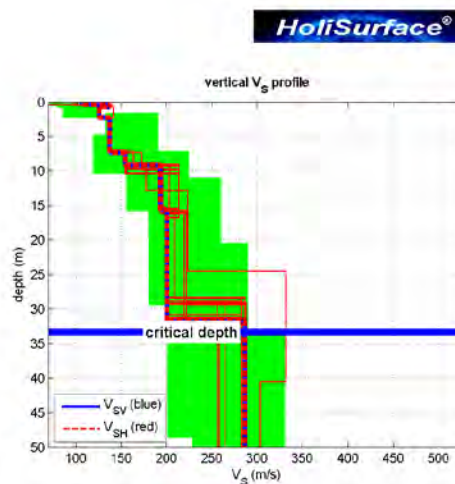
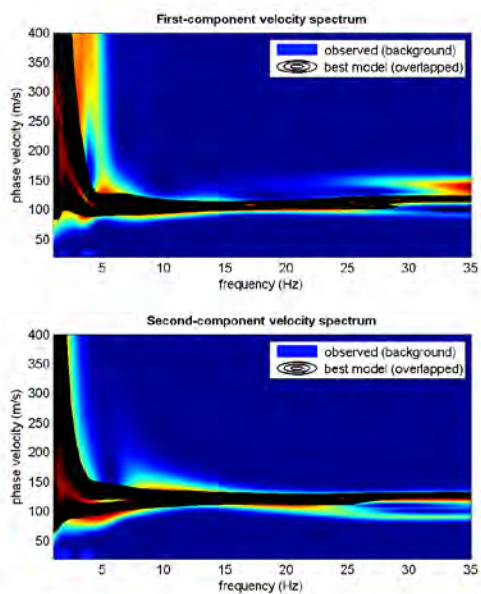
INVERSIONE AUTOMATICA dello spettro di velocità di Love - Componente THF + HVSr



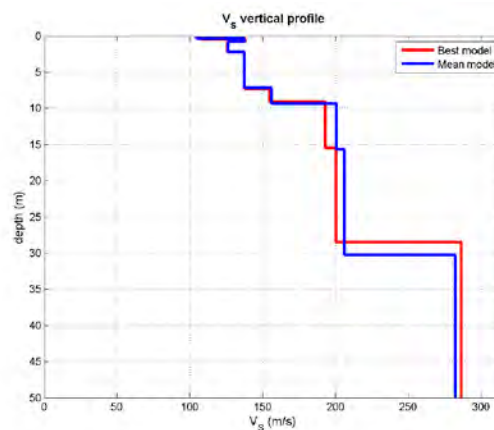
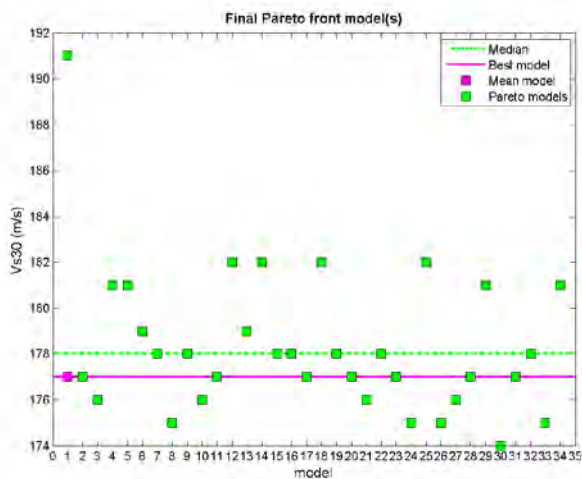
Vs30 (m/s): 161 - 172

SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletti - HoliSurface01
(Analisi Rayleigh + Love)

INVERSIONE AUTOMATICA dello spettro di velocità di Rayleigh e Love - Componente ZVF + THF



First-component spectrum: ZVF-50m-1-35Hz.mat
 Second-component spectrum: THF-50m-1-35Hz.mat

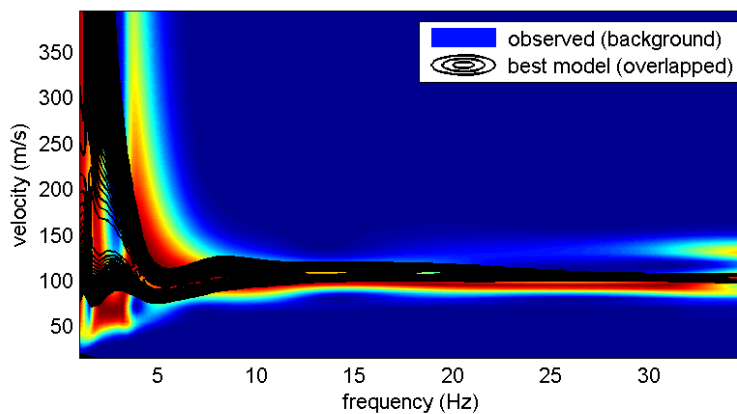


V_{s30} (m/s): 177

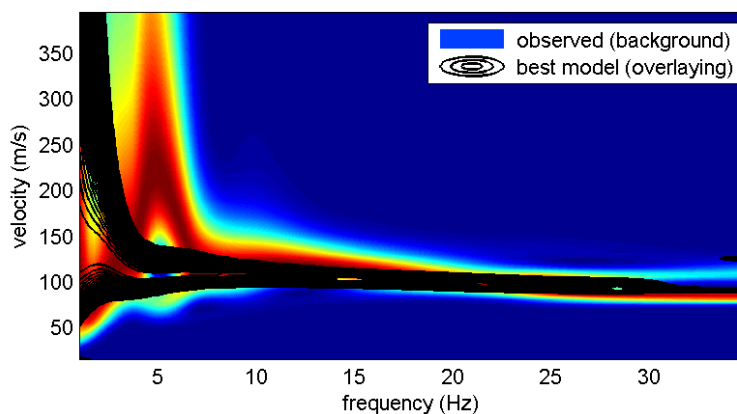
SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletta - HoliSurface02
(Analisi Rayleigh + Love + HVSr - Tr01)

Analisi onde Rayleigh e Love (offset 40 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)

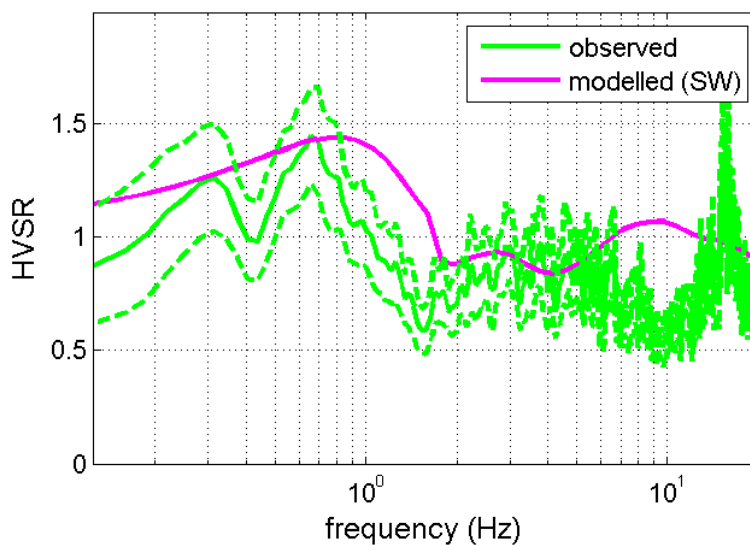
vertical component

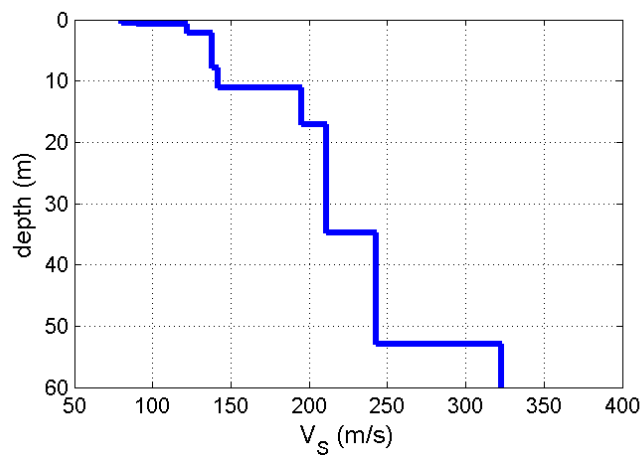


Love waves



- Analisi HVSr - Tr01





Subsurface model

Shear-wave velocities (m/s): 80 90 122 138 142 195 211 243 323 351 360

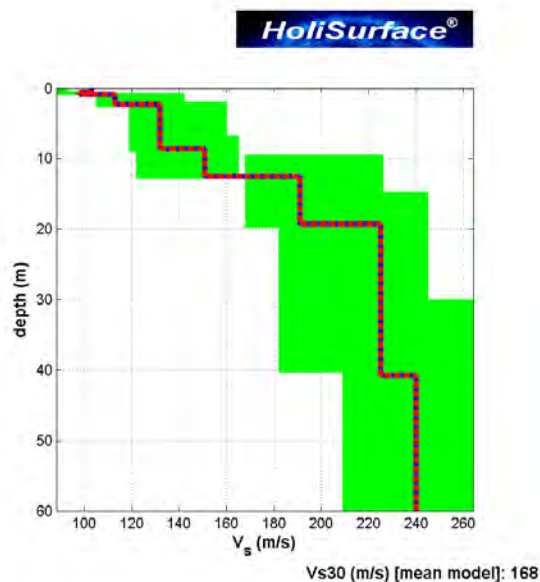
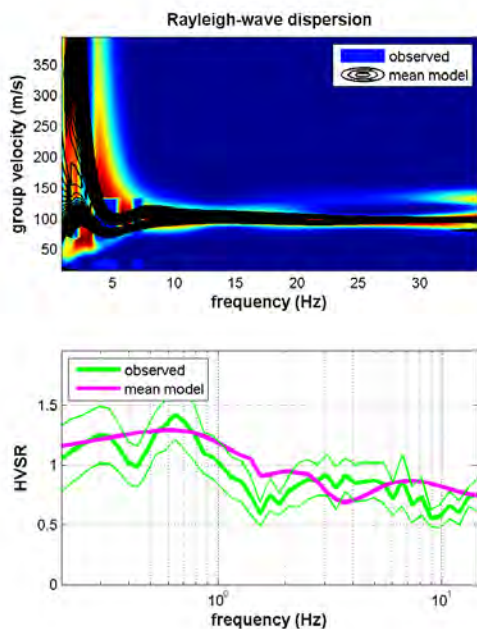
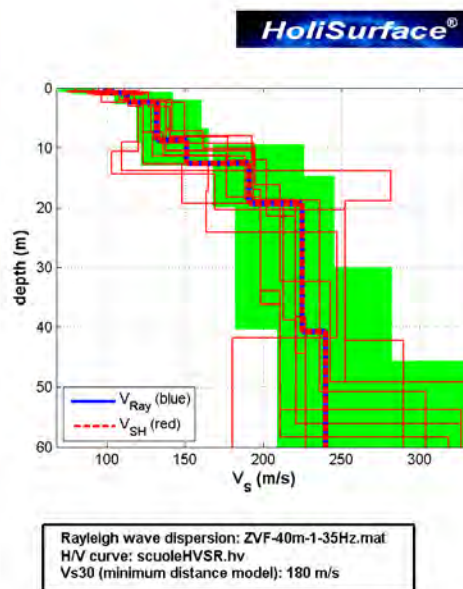
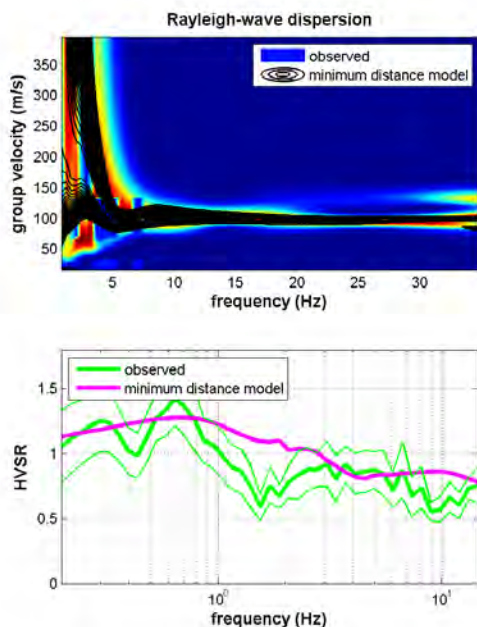
Thicknesses (m): 0.5 0.3 1.4 5.6 3.2 6.0 17.7 18.2 38.9 34.1

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 12 14 28 37 38 73 88 122 226 244 251

Vs30 (m/s): 170

SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletta - HoliSurface02
(Analisi Rayleigh + HVSr - Tr01)

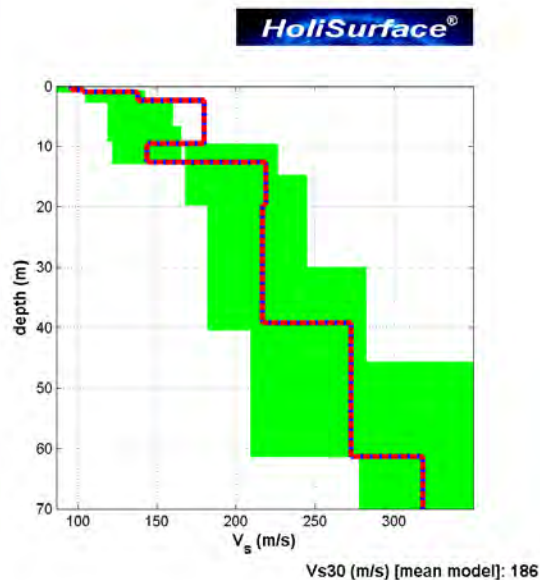
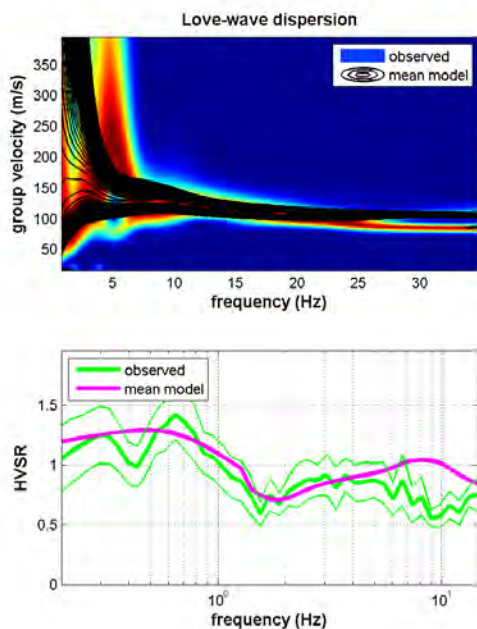
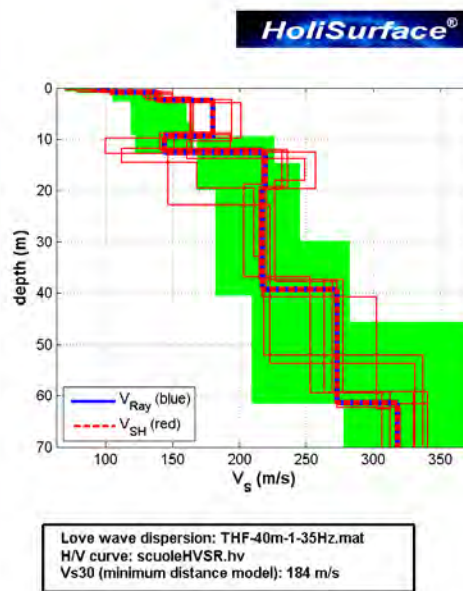
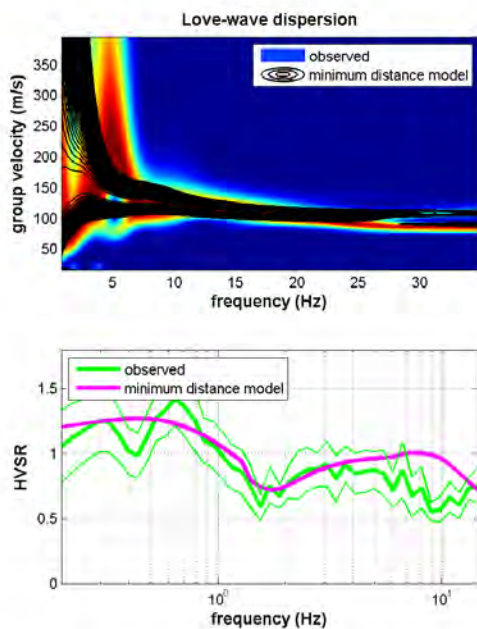
INVERSIONE AUTOMATICA dello spettro di velocità di Rayleigh - Componente verticale ZVF + HVSr



Vs30 (m/s): 168-180

SAN PROSPERO S/S (MO), via Chiletti - HoliSurface02
(Analisi Love + HVSr - Tr01)

INVERSIONE AUTOMATICA dello spettro di velocità di Love - Componente THF + HVSr

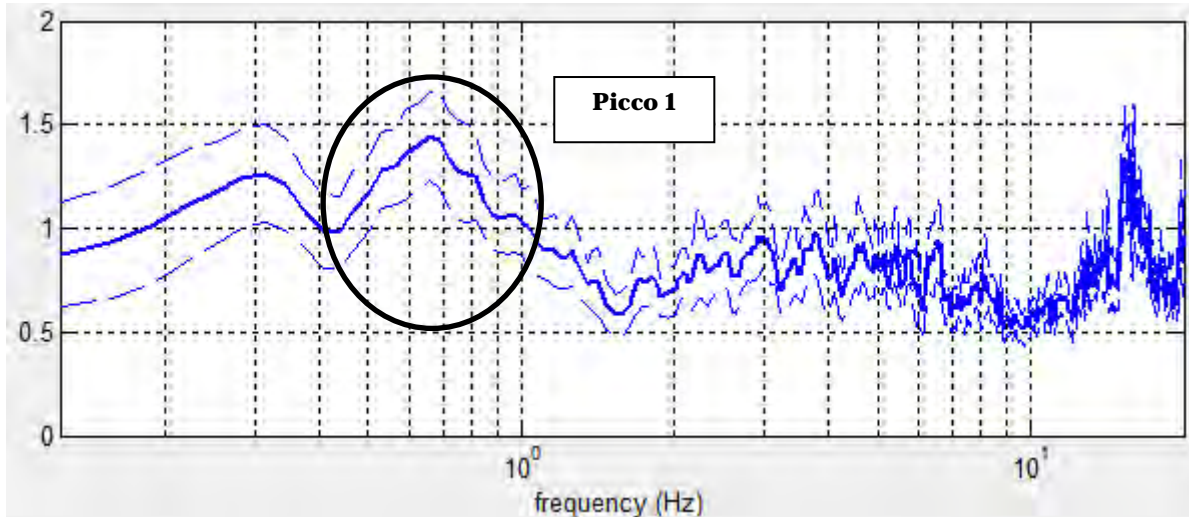


Vs30 (m/s): 184-186

Sul sito di studio, sono state eseguite 1 acquisizione HVSR, 2 acquisizioni HoliSurface con Geofono 3D Pasi srl, modello Gemini2, 3 prove penetrometriche statiche ed lettriche CPT/CPTU, effettuate da Geoprogetti, utilizzata per tarare e/o vincolare, le prove geofisiche.

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:

Un picco stratigrafico, caratteristico, così caratterizzato:

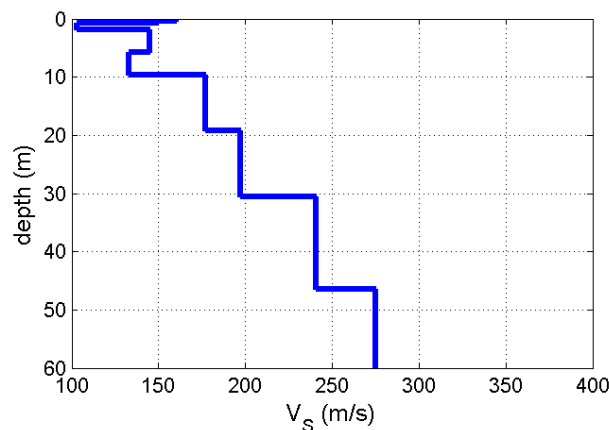


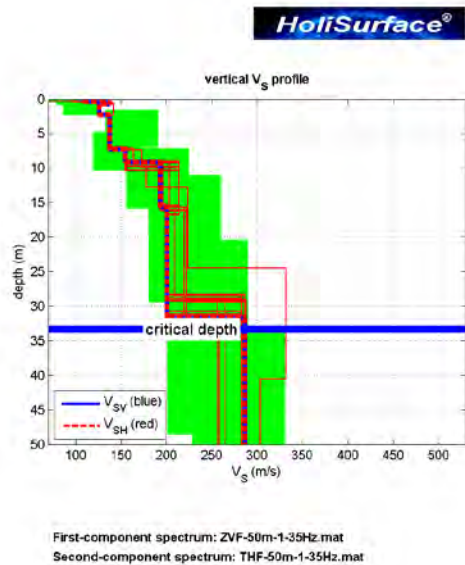
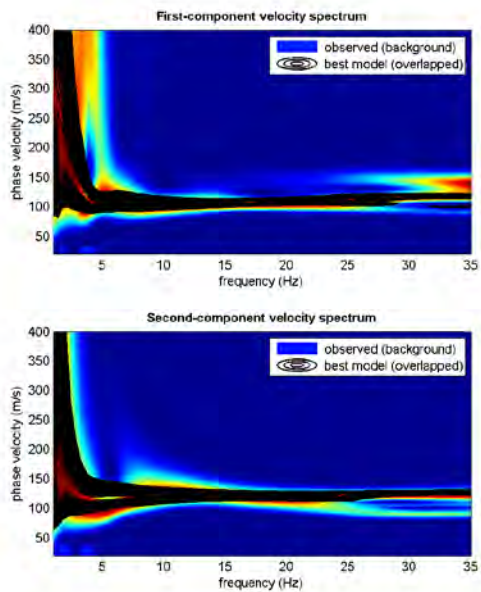
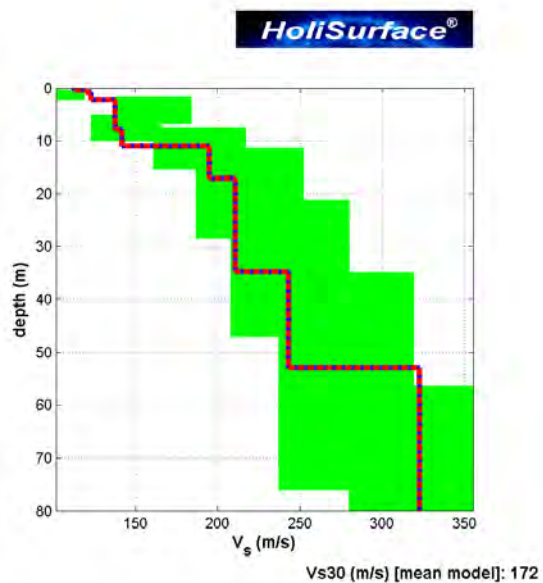
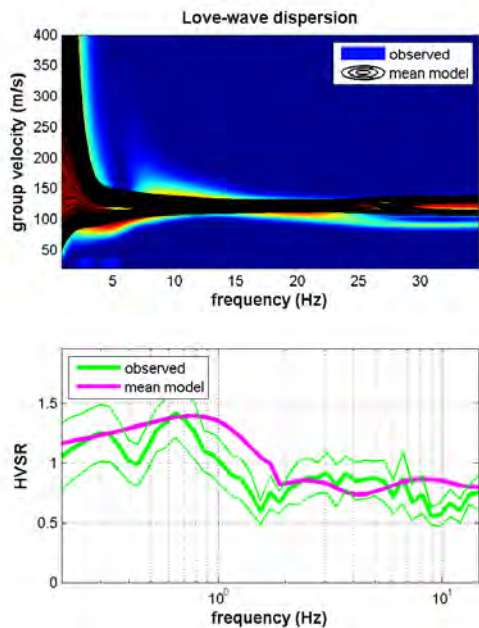
Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza (Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 1.5	~ 0.7/0.8

Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza non significativi ($H/V < 2$) in caso di moto sismico.

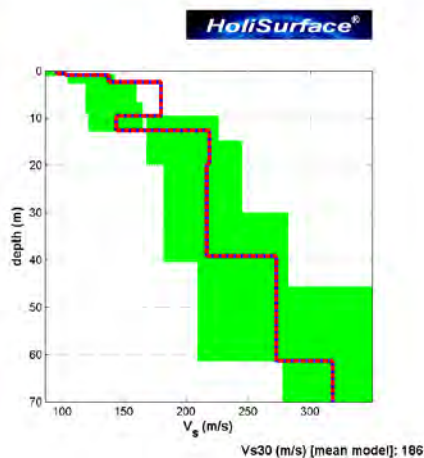
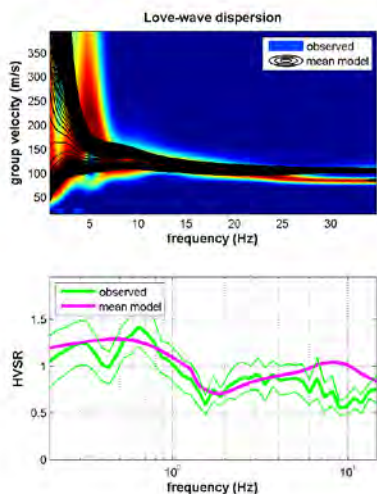
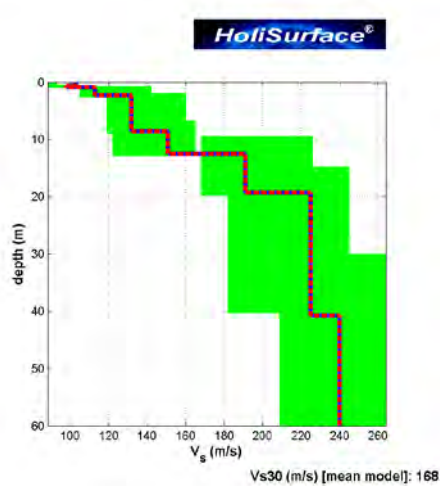
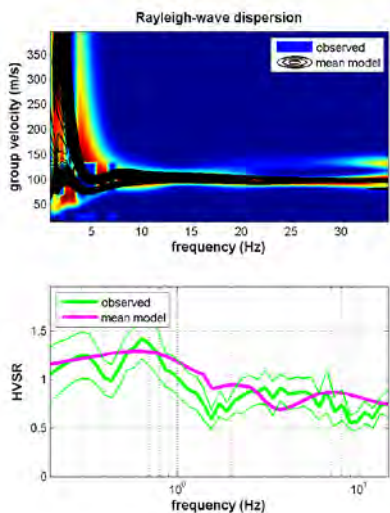
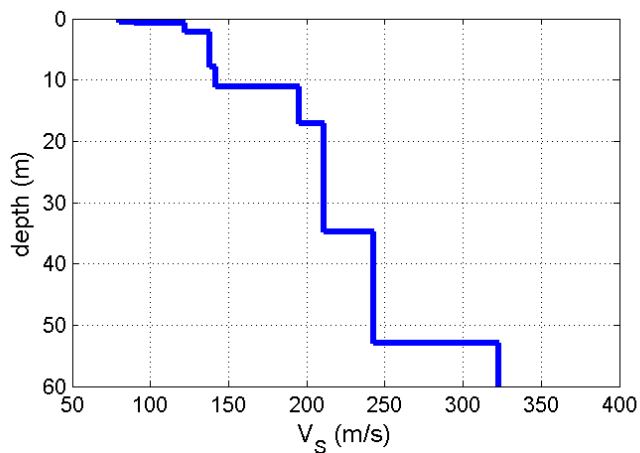
Relativamente al profilo di V_s con la profondità e alla determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, **mediante la ricostruzione delle V_{s30}** attraverso l'analisi HoliSurface, abbiamo che:

- HoliSurface01



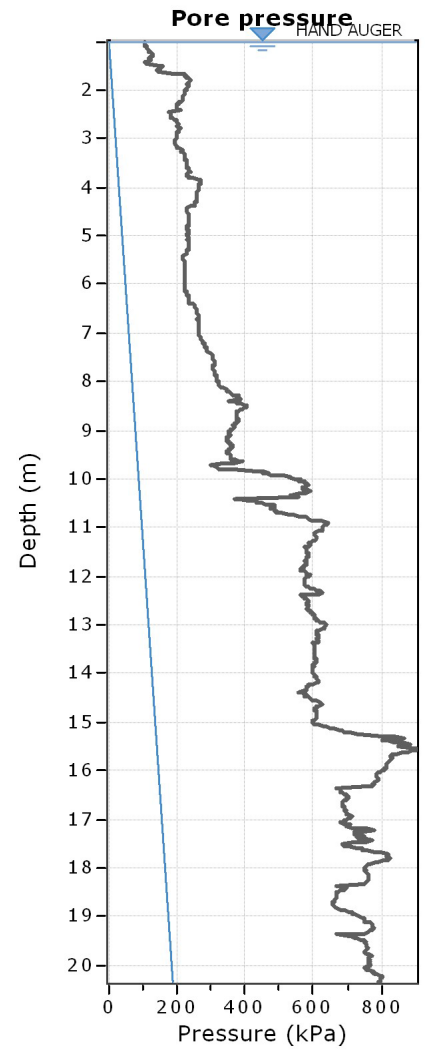
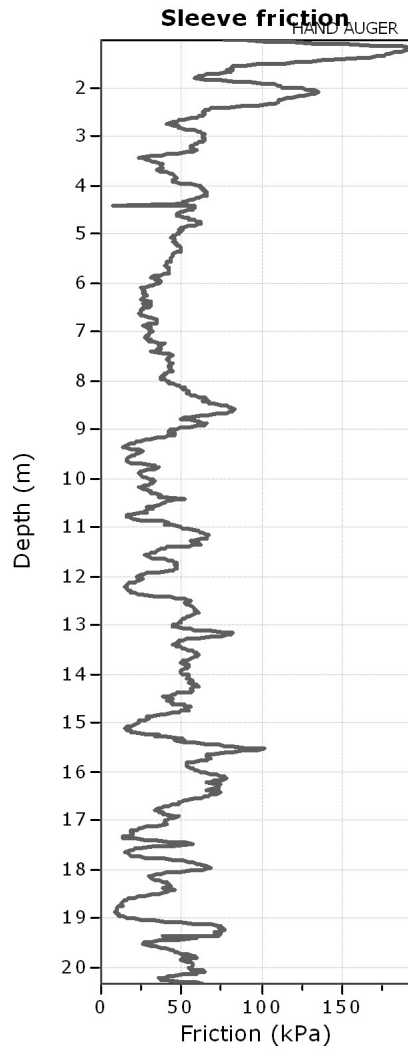
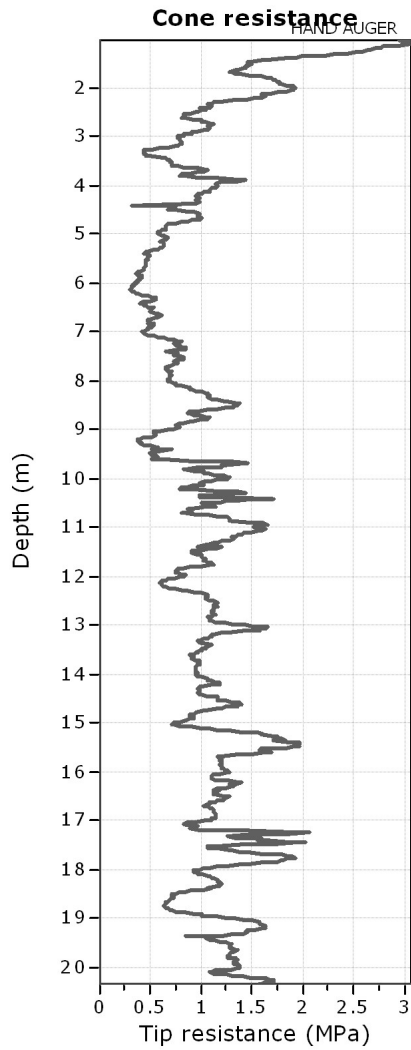


- HoliSurface02



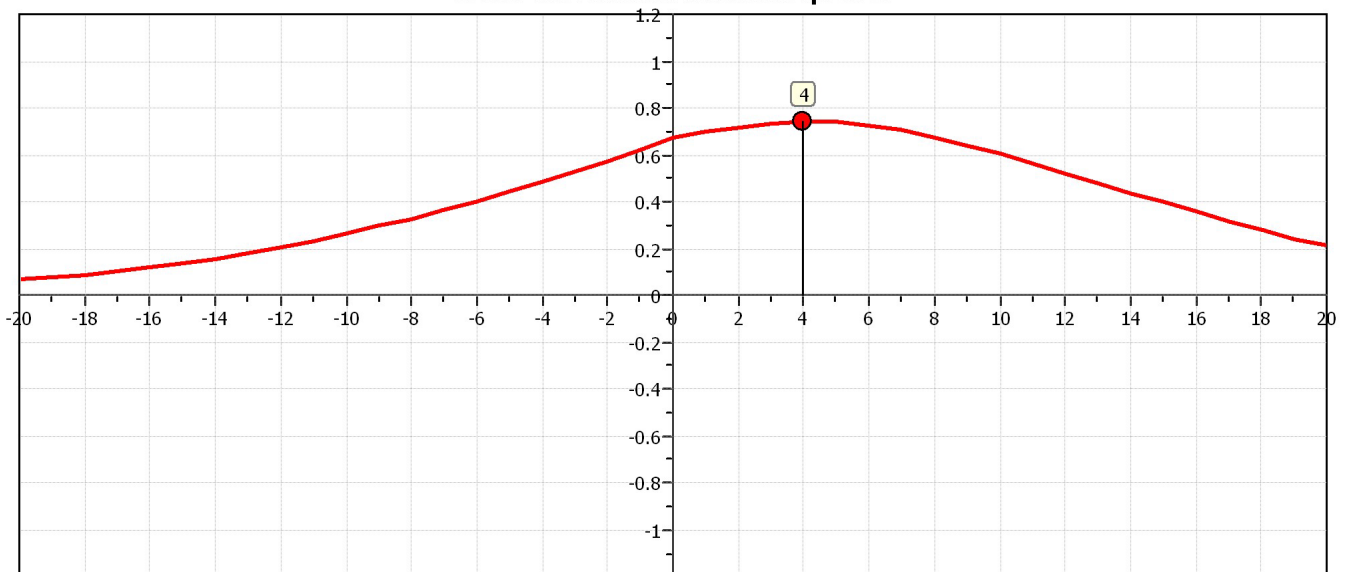
HoliSurface - Vs (30): 161 - 186 (categoria di sottosuolo "D")

Project:
Location:



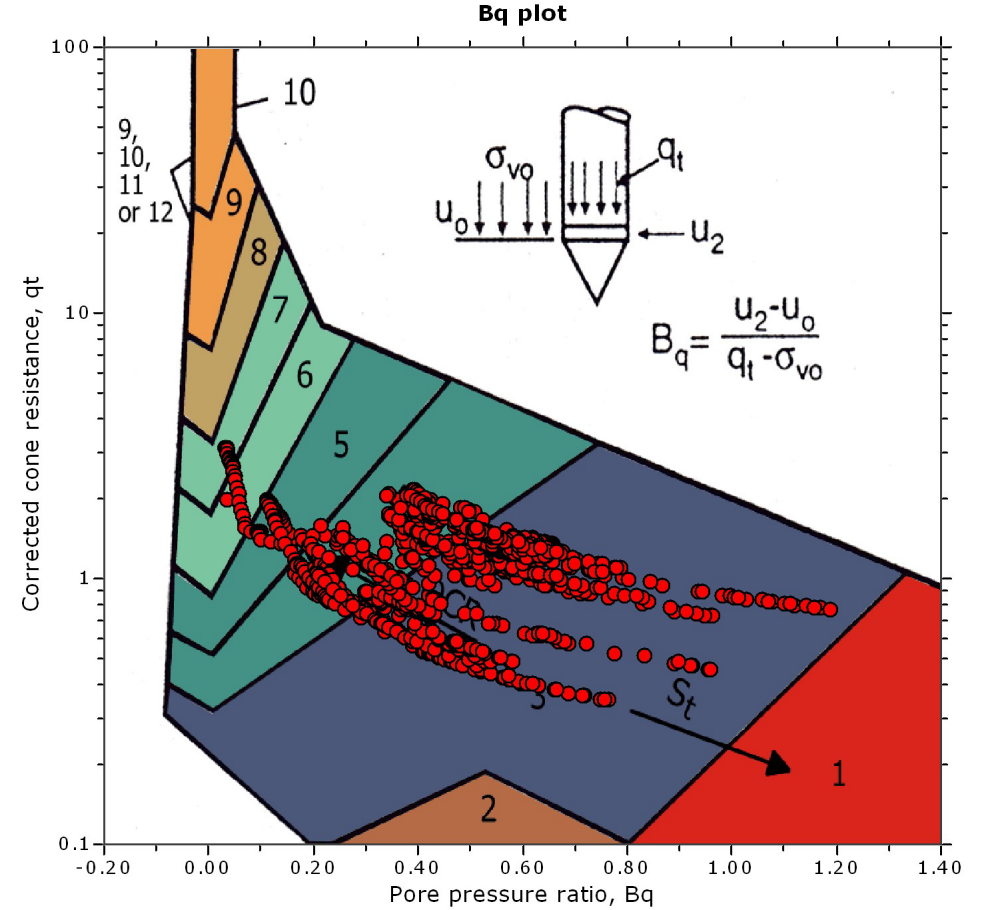
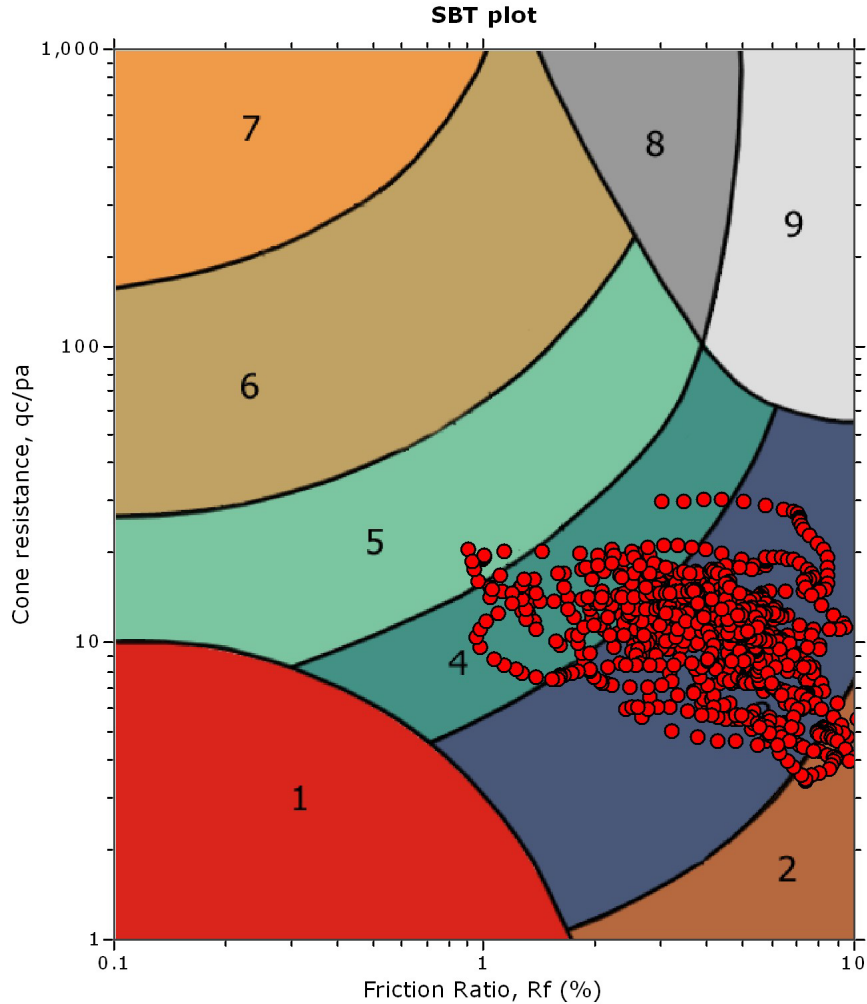
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



Project:
Location:

SBT - Bq plots

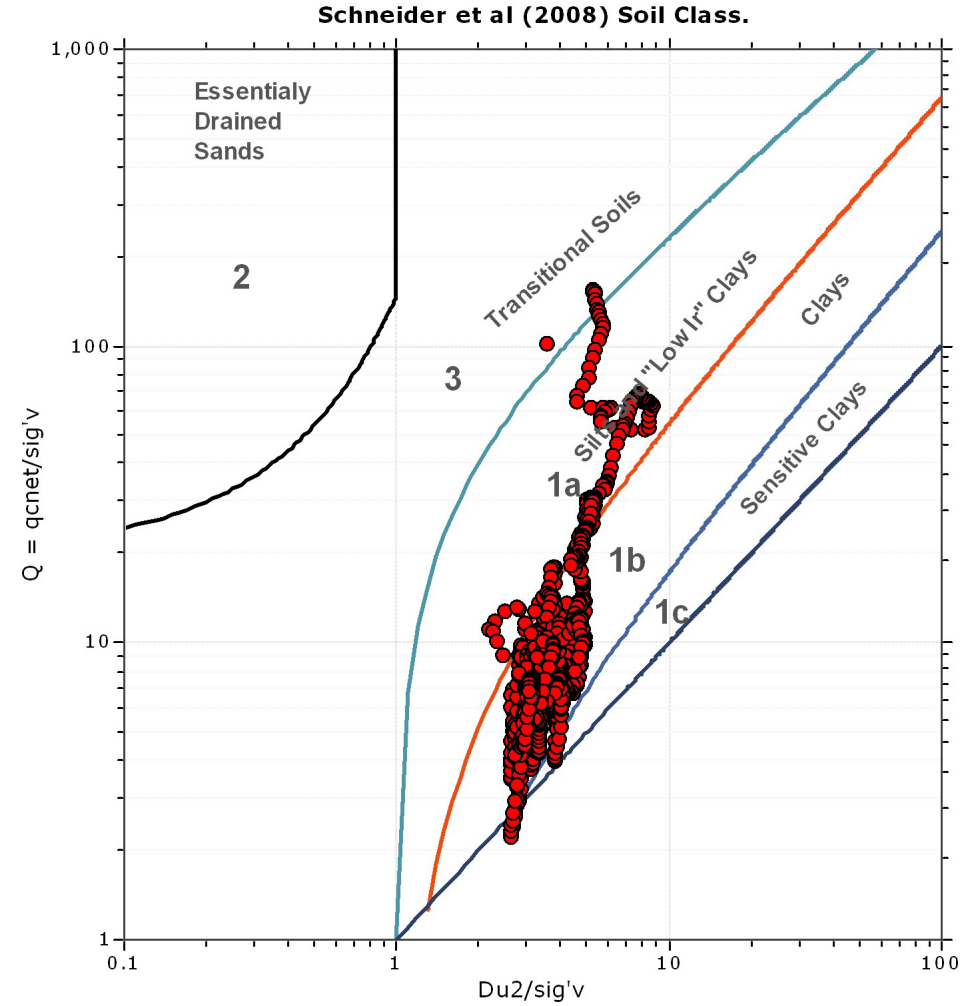
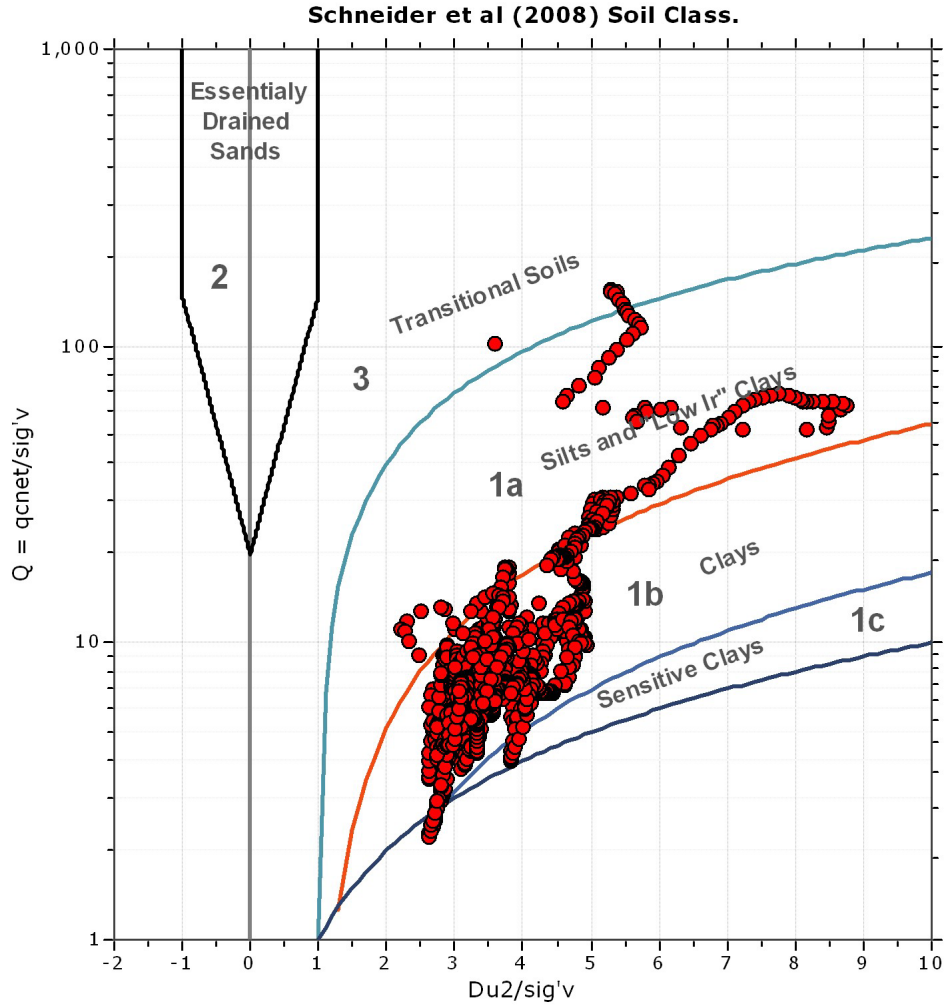


SBT legend

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

Project:
Location:

Bq plots (Schneider)



Project:

Location:

