

I ARCHISTRUTTURA

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA, STRUTTURALE, CIVILE

Via Malavolti 31 - Modena

Via del Tuscolano 9 - Bologna

Via Siepelunga 12 - Bologna

Tel. 059 7109442

studio@archistruttura.it

www.archistruttura.it

COMUNE DI BASTIGLIA

Piazza Tintori , n° 26-28

SCUOLA DELL'INFANZIA "H.C. ANDERSEN"

INTERVENTO STRUTTURALE A SEGUITO DI INDAGINI DIAGNOSTICHE RELATIVE AGLI ELEMENTI STRUTTURALI DEI SOLAI

PROGETTISTA STRUTTURALE:

Dott. Ing. Corrado Bonettini

Dott. Ing. Andrea Brighenti

COMMITTENTE:

Comune di Bastiglia

Piazza Repubblica n. 57

41030 Bastiglia

COLLABORATORI:

Dott. Ing. Gianluca Gaiani

REFERENTE PER IL COMMITTENTE:

Geom. Adriana Barbieri

DIRETTORE LAVORI STRUTTURALE:

Dott. Ing. Corrado Bonettini

PROTOCOLLO:

OGGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione geologica e caratterizzazione
del terreno

ES 11

DATA: 19/11/2018

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Comune di Bastiglia
Provincia di Modena

Scuola dell'infanzia "H.C. Andersen" – Piazza Tintori n° 26-28

**Intervento strutturale a seguito di indagini diagnostiche
relative agli elementi strutturali dei solai**

Relazione geologica

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	Novembre 2018	Geol. Alessandro Zanna	Geol. Stefano Maggi	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione

Committente:



COMUNE DI BASTIGLIA

Redatto da:



GEOTE A s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente



Fornitori:



Codice Cliente

Codice interno: 18.288

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it

COMUNE DI BASTIGLIA	Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen	 GEOTEA S.p.A. Geologia Territorio Ambiente 
--------------------------------	---	--

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO _____	4
3.	PREMESSE _____	5
3.1.	Riferimenti cartografici _____	5
4.	CARATTERI GEOLOGICI GENERALI _____	7
4.1.	Caratteri geologico-strutturali generali degli appennini bolognesi _____	7
4.2.	Geomorfologia e geologia generale _____	7
4.3.	Idrogeologia e rischio idraulico _____	8
4.4.	Rischio sismico _____	9
5.	INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO _____	15
•	Prove di laboratorio geotecnico _____	21
6.	SISMICITA' DEL SITO _____	23
6.1.	Pericolosità sismica di base _____	23
7.	CONCLUSIONI _____	25
8.	USO E LIMITAZIONI DELLA RELAZIONE _____	26

<p>COMUNE DI BASTIGLIA</p>	<p>Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> 
---------------------------------------	--	--

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 18.288 rev. n° 01, del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.

Dott. Geol. Alessandro Zanna

Collaboratori.

Dott. Geol. Flaminia Mesiti

Redazione del documento.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Alessandro Zanna

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n°27 fogli di testo e n° 3 fogli allegati.

<p>COMUNE DI BASTIGLIA</p>	<p>Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> 
---------------------------------------	--	--

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 02.02.2009

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Decreto Ministeriale 23.03.2018

Testo Unitario -Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

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

Allegato al voto n.36 del 27.07.2007

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II :Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

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

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

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

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I :Regole Generali .-UNI

Circ. Min. LL.PP. n° 30483 24 Settembre 1988

Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

Decreto Ministeriale 11 Marzo 1988

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni".

3. PREMESSE

Nel territorio del Comune di Modena, precisamente nella località Bastiglia, è prevista un'opera di ristrutturazione di un fabbricato ad uso pubblico come scuola per l'infanzia, denominata scuola "HC Andersen", situata in piazza Tintori 26-28, nella località Bastiglia (MO).



Immagine aerea del sito oggetto di studio (tratta da Google Earth). Nel cerchio rosso viene inquadrata l'area in esame.

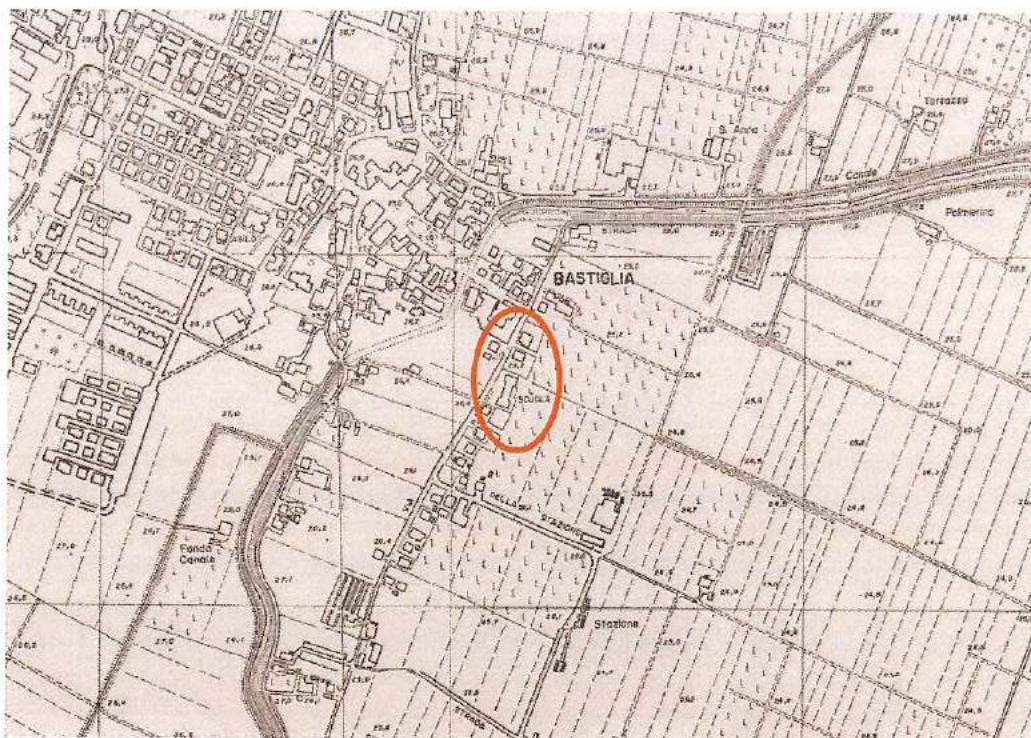
La presente relazione geologica, in ottemperanza alla legislazione tecnica vigente, delinea il modello geologico del sottosuolo dell'area su cui si effettueranno le opere in progetto, con riferimento ai caratteri geomorfologici, litologici, sismici e strutturali che caratterizzano il sito.

Quanto si riporta è stato definito sulla base di conoscenze dirette degli scriventi, di informazioni reperibili dalla letteratura specializzata, e dalla consultazione degli strumenti di pianificazione territoriale.

3.1. Riferimenti cartografici

Da un punto di vista cartografico l'area in oggetto è compreso nei seguenti elaborati tecnici:

- C.T.R. della R.E.R., scala 1:5.000 Elemento n. 202050



Inquadramento su base CTR in scala 1:5.000 dell'area di interesse, evidenziata nel cerchio rosso.

<p>COMUNE DI BASTIGLIA</p>	<p>Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> 
---------------------------------------	--	--

4. CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

4.1. Caratteri geologico-strutturali generali degli appennini bolognesi

La zona oggetto di studio è collocata circa m. 8300 a NNE rispetto al Comune di Modena, in località Bastiglia, in Piazza Tintori, nei pressi della SS12. Pertanto, il contesto in esame riguarda la porzione iniziale della Pianura Padana, alle pendici della catena appenninica settentrionale modenese.

L'area complessiva di interesse, è localizzata, inoltre, in posizione intermedia tra i corsi dei fiumi Panaro (rispetto al quale si trova in sinistra idrografica) e torrente Secchia (rispetto al quale si trova in destra idrografica).

La quota media del terreno è pari a circa 25.5 m sul livello del mare.

4.2. Geomorfologia e geologia generale

Il territorio esaminato appartiene alla fascia di piana alluvionale originatasi dall'evoluzione deposizionale dei corsi dei fiumi Panaro e Secchia, ai quali si affida la distribuzione litologica di questa porzione di Pianura Padana. Si tratta, pertanto, di litozone costituite da sedimenti marini marginali del Quaternario antico e medio, e depositi fluviali terrazzati del Quaternario medio-recente, continentale (AES8a).

Dalla cartografia vigente presso il Sistema Cartografico Regionale della Regione Emilia-Romagna (di cui viene rappresentato uno stralcio nell'immagine sottostante in scala 1:5.000), il sito risulta costituito prevalentemente da depositi attribuiti alla Unità di Modena (AES8a), Essa risulta essere la porzione sommitale del Subsistema di Ravenna (AES8), e contiene i depositi più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione. L'unità è, pertanto, costituita da due ordini di depositi alluvionali terrazzati di ghiaie potenti, spesso sovrastati da limi più o meno sabbiosi. La pedogenesi di AES8a è di modesta entità: i depositi sono interessati al tetto da Entisuoli generalmente calcarei di colore bruno olivastro e bruno grigiastro, di spessore inferiore ai 50 cm. All'interno di questa unità è possibile trovare reperti romani rimaneggiati, essendo di età post-romana (IV – VI sec. d.C. – Attuale; attribuzione archeologica).

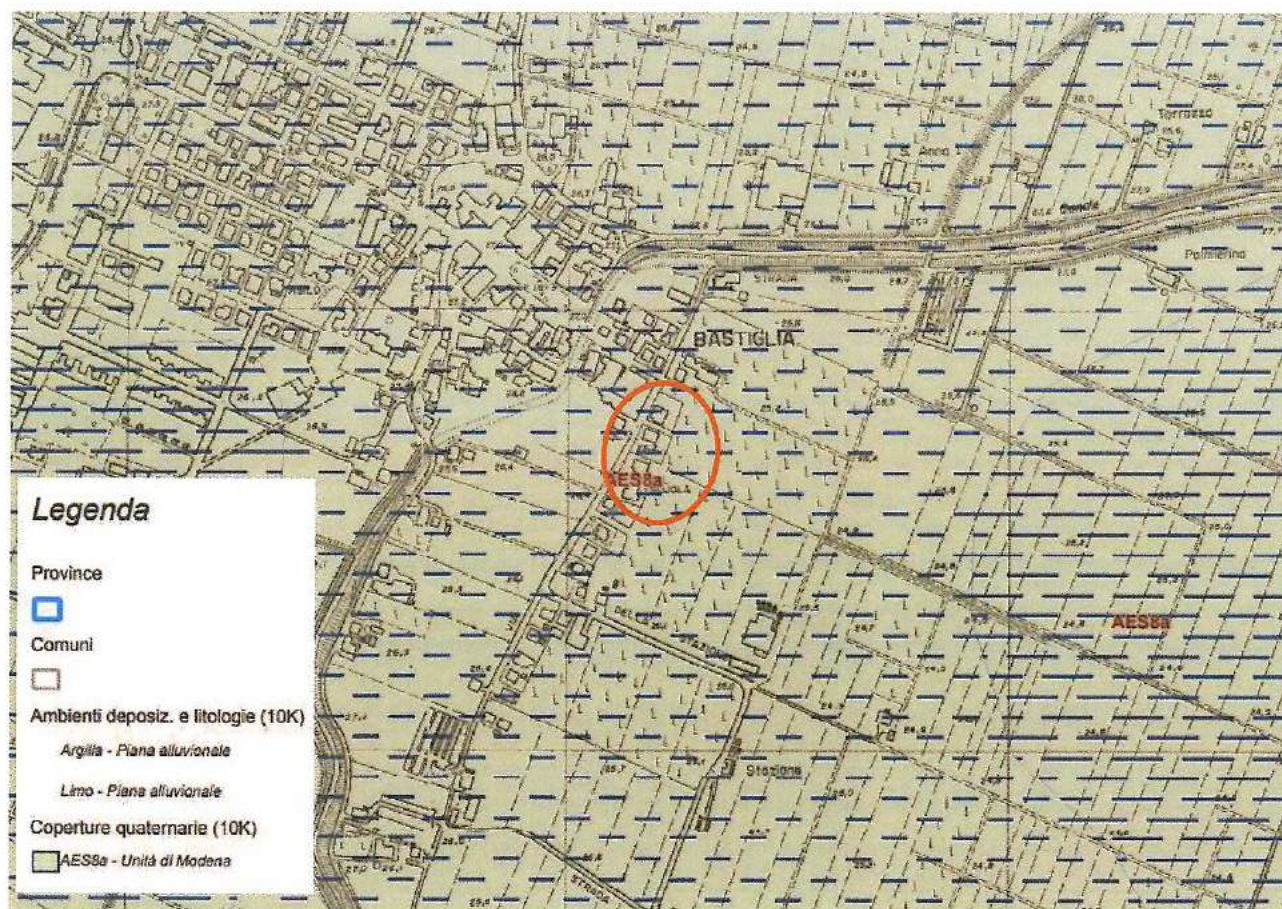


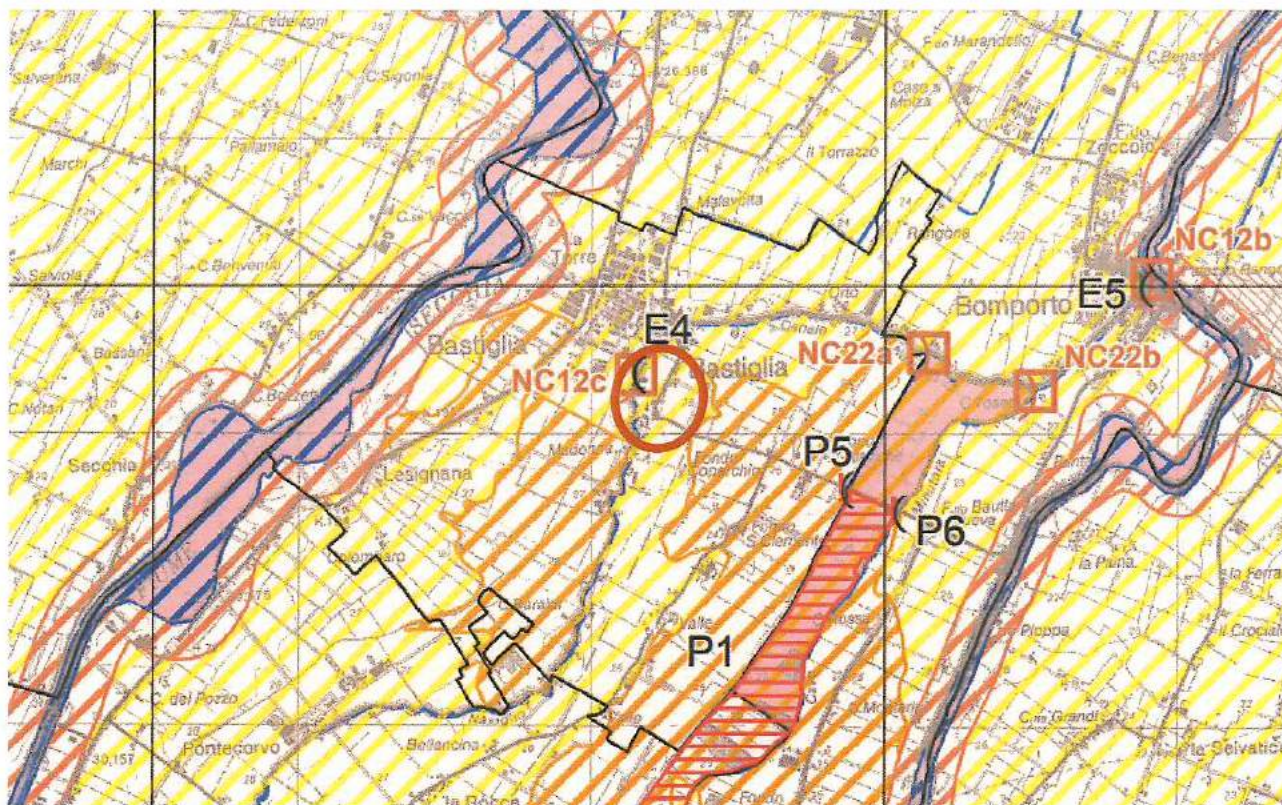
Immagine rappresentativa dell'assetto geologico in scala 1:5.000. Nel cerchio rosso viene indicata la zona in esame.

4.3. Idrogeologia e rischio idraulico

L'area interessata dal tracciato in questione è influenzata dal corso dei fiumi Secchia e fiume Panaro, che circolano entrambi in direzione SSW-NNE, rispettivamente circa m. 1500 a W e circa m 4300 a E del tracciato in oggetto.

Sono presenti corsi minori, come il cosiddetto Naviglio, che circola nei dintorni del sito in esame in direzione SW-NE.

Per quanto riguarda il rischio idraulico, secondo la Carta 2.3.1 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" (di cui si riporta uno stralcio nell'immagine sottostante), appartenente alla Variante al P.T.C.P. della Provincia di Modena, approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009, l'area in esame risulta appartenere alla categoria A3 – aree depresse ad elevata criticità idraulica, a rapido scorrimento (aree a strisce gialle, normatizzato da Art. 11). In estrema vicinanza all'area di interesse sono presenti zone attribuite alla categoria A2 – aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (aree a strisce arancioni, normatizzata dal medesimo Art.11).

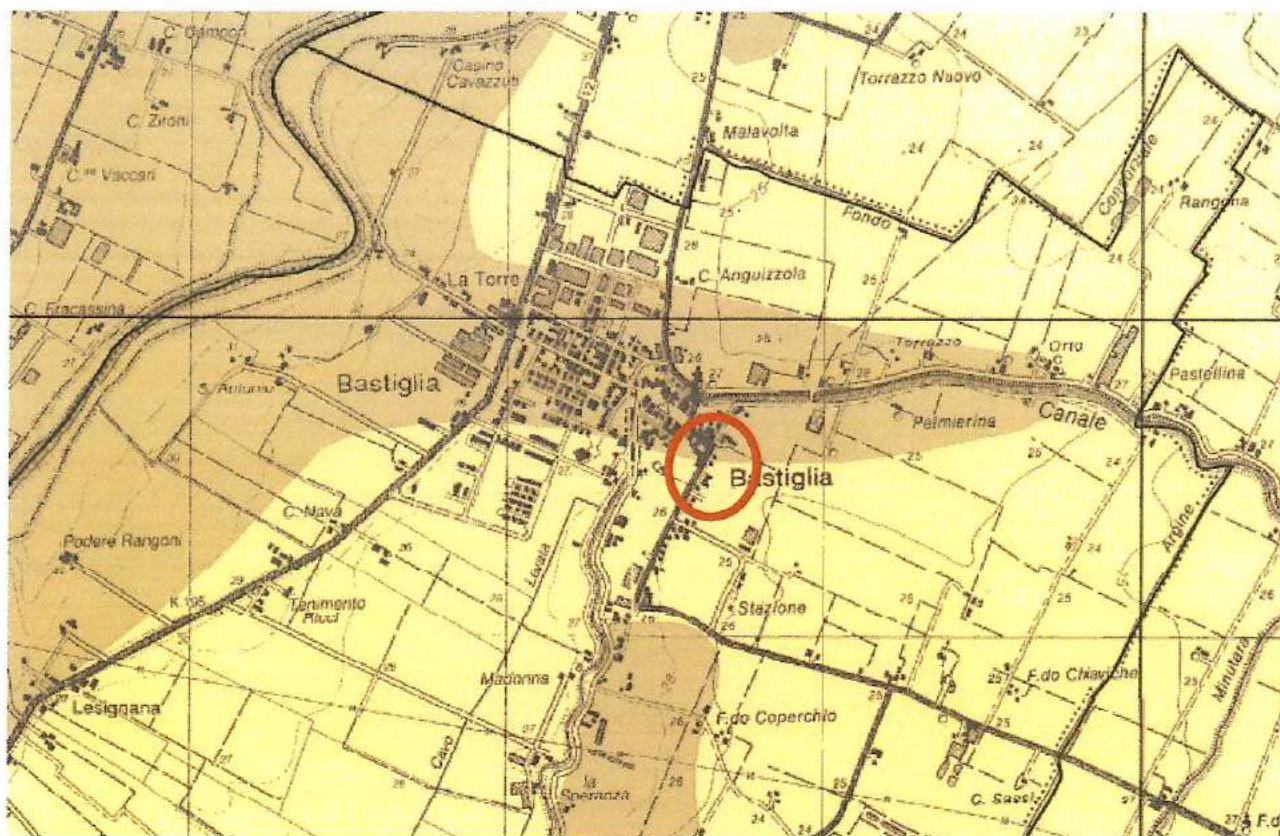


	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)

Immagine ricavata dalla Carta 2.3.1 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica", ricavata dal P.T.C.P. della Provincia di Modena, con evidenziata la zona di interesse nel cerchio.

4.4. Rischio sismico

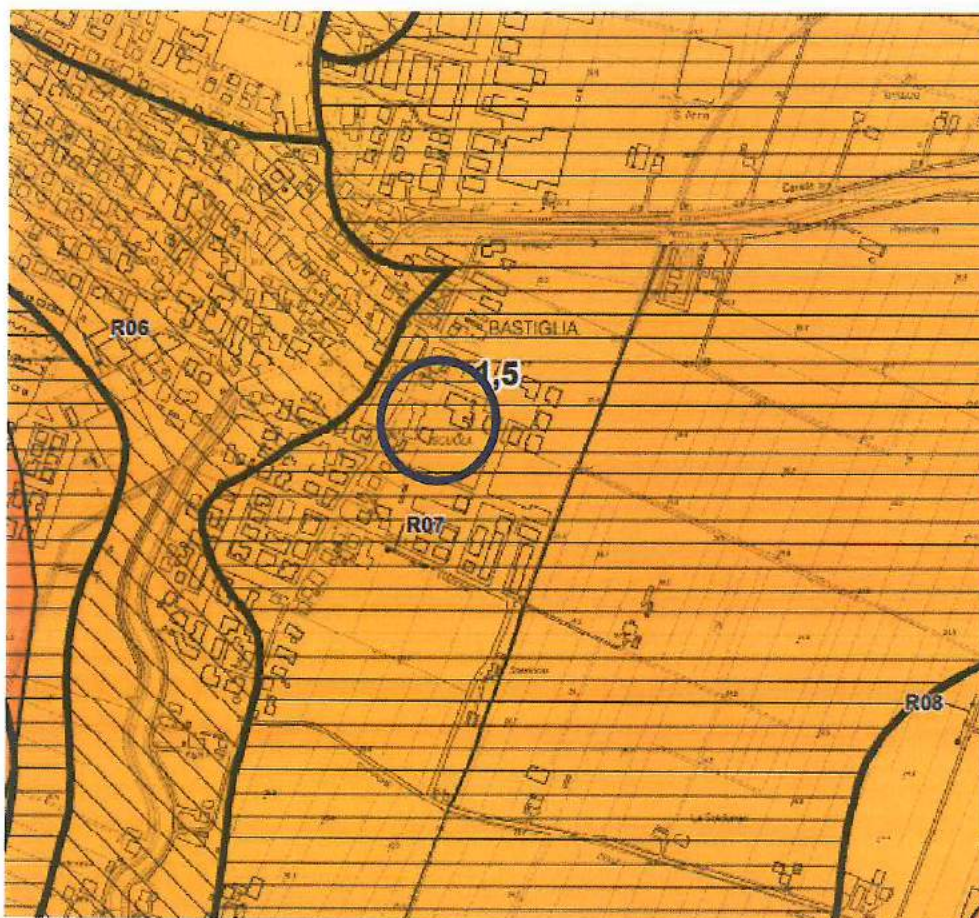
Secondo la cartografia vigente appartenente alla Variante al P.T.C.P. della Provincia di Modena, approvato con D.C.P. n. 46 del 18/03/2009, la Carta 2.2 a.2 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" (di cui si riporta uno stralcio nell'immagine sottostante), inserisce la zona interessata dal progetto in esame in parte tra quelle indicate come zona 7 – soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e tra quelle indicate come zona 8 – soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti.



7	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica: approfondimenti di III livello.</p>
8	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologica e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologica e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>
9	<p>Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali studi: indagini per caratterizzare V_{s30}; in caso V_{s30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso V_{s30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologica; microzonazione sismica: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.</p>
10	<p>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche studi: indagini per caratterizzare V_{s30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografica; in caso V_{s30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografica, in caso V_{s30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologica; microzonazione sismica: valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambienti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso V_{s30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologica.</p>

Immagine ricavata dalla Carta 2.2 a.2 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali", ricavata dal P.T.C.P. della Provincia di Modena, con evidenziata la zona di interesse nel cerchio.

La Carta 3.1 FA PGA "Aree suscettibili di effetti locali e Fattori di Amplificazione", di cui si riporta uno stralcio in seguito, ricavata dal database cartografico appartenente al P.S.C. del Comune di Bastiglia, riporta la scuola in progetto tra le aree con fattore di amplificazione delle onde di taglio pari a 1,5 PGA, con necessario approfondimento del terzo livello per la valutazione dei cedimenti (in condizioni statiche e dinamiche) e di densificazione.



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA P.G.A.

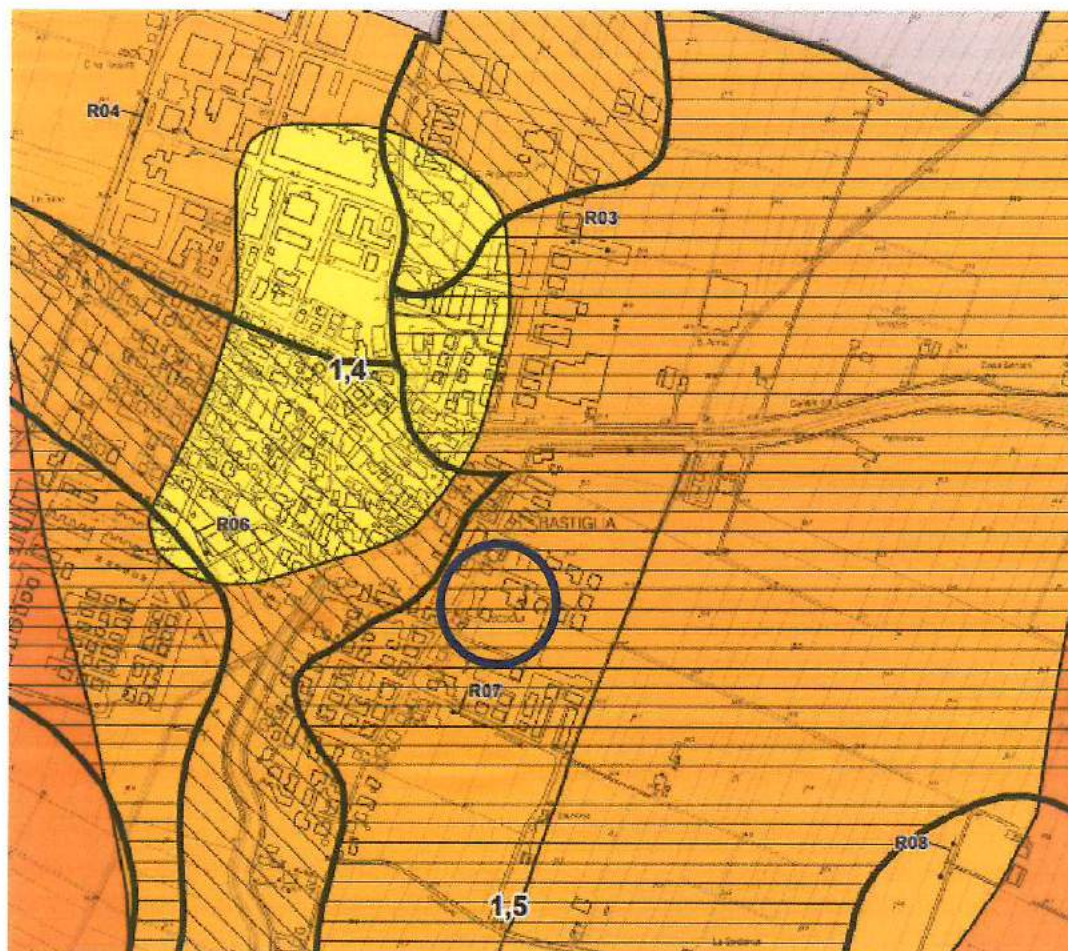
●—● R01	Stendimento geofisico tipo Re.MI.
	F.A. P.G.A. corrispondente a 1.4
	F.A. P.G.A. corrispondente a 1.5
	F.A. P.G.A. corrispondente a 1.6
	F.A. P.G.A. corrispondente a 1.7






AREE SOGGETTE AD APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO

	Aree soggette ad approfondimenti di III livello per valutazione della suscettività alla liquefazione
	Aree soggette ad approfondimento di III livello per valutazione cedimenti (in condizioni statiche e dinamiche) e densificazione.

Immagine ricavata dalla Carta 3.1 FA PGA "Aree suscettibili di effetti locali e Fattori di Amplificazione", ricavata dal P.S.C. del Comune di Bastiglia, con evidenziata la zona di interesse nel cerchio.

La Carta 3.2 Fattori di Amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0.1 – 0.3 sec “Aree suscettibili di effetti locali e Fattori di Amplificazione”, di cui si riporta uno stralcio in seguito, ricavata dal medesimo database del P.S.C. del Comune di Bastiglia, riporta la zona di interesse tra quelle con intensità sismica pari a 1.5.



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI INTENSITA' SISMICA HOUSNER NEI PERIODI TRA 0.1 - 0.3 sec	
	R01 Stendimento geofisico tipo Re.MI.
	F.A. IS 0.1-0.3 corrispondente a 1.4
	F.A. IS 0.1-0.3 corrispondente a 1.5
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondente a 1.6
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondente a 1.7

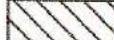
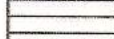
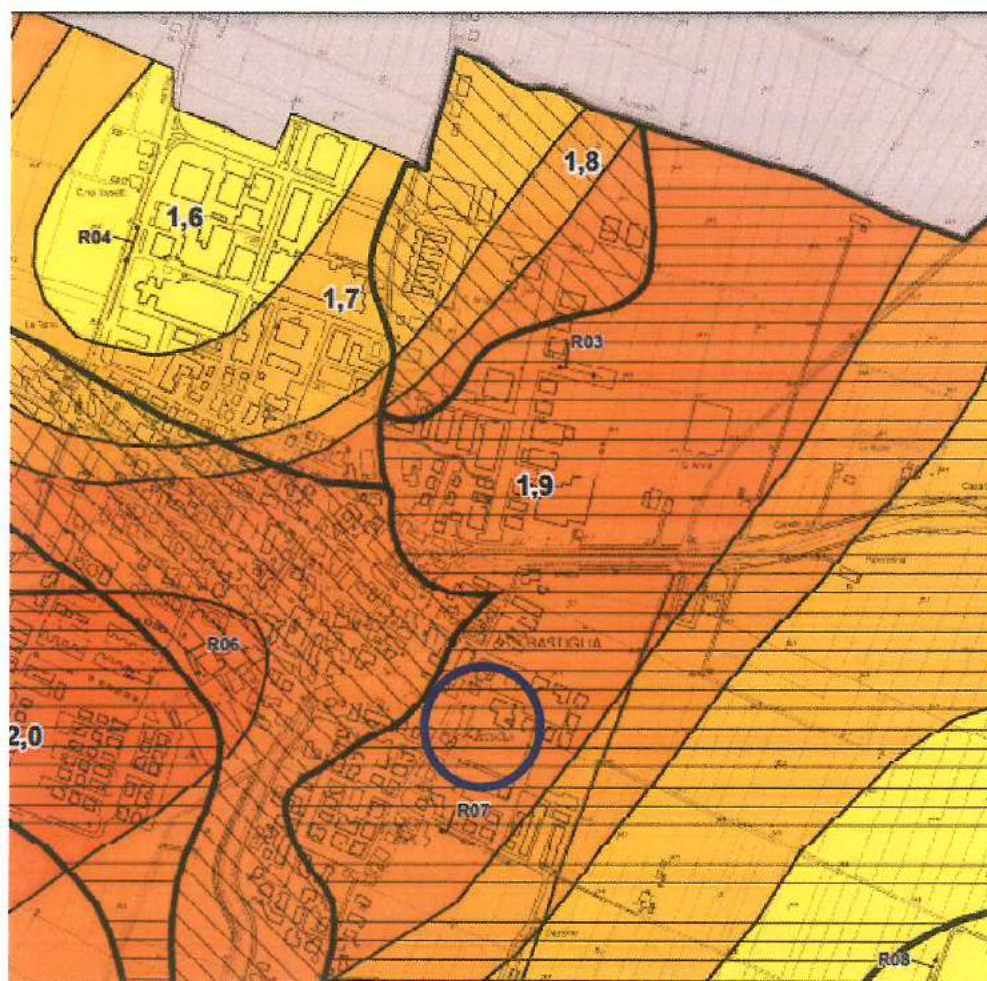
AREE SOGGETTE AD APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO	
	Area soggette ad approfondimenti di III livello per valutazione della suscettività alla liquefazione
	Area soggette ad approfondimento di III livello per valutazione cedimenti (in condizioni statiche e dinamiche) e densificazione.

Immagine ricavata dalla Carta 3.2 Fattori di Amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0.1 – 0.3 sec, ricavata dal P.S.C. del Comune di Bastiglia, con evidenziata la zona di interesse nel cerchio.

Inoltre, la Carta 3.3 Fattori di Amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0.3 – 0.5 sec “Aree suscettibili di effetti locali e Fattori di Amplificazione”, di cui si riporta uno stralcio in seguito, ricavata dal medesimo database del P.S.C. del Comune di Bastiglia, riporta la zona di interesse tra quelle con intensità sismica pari a 1.9.



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI INTENSITA' SISMICA HOUSNER NEI PERIODI TRA 0.3 - 0.5 sec

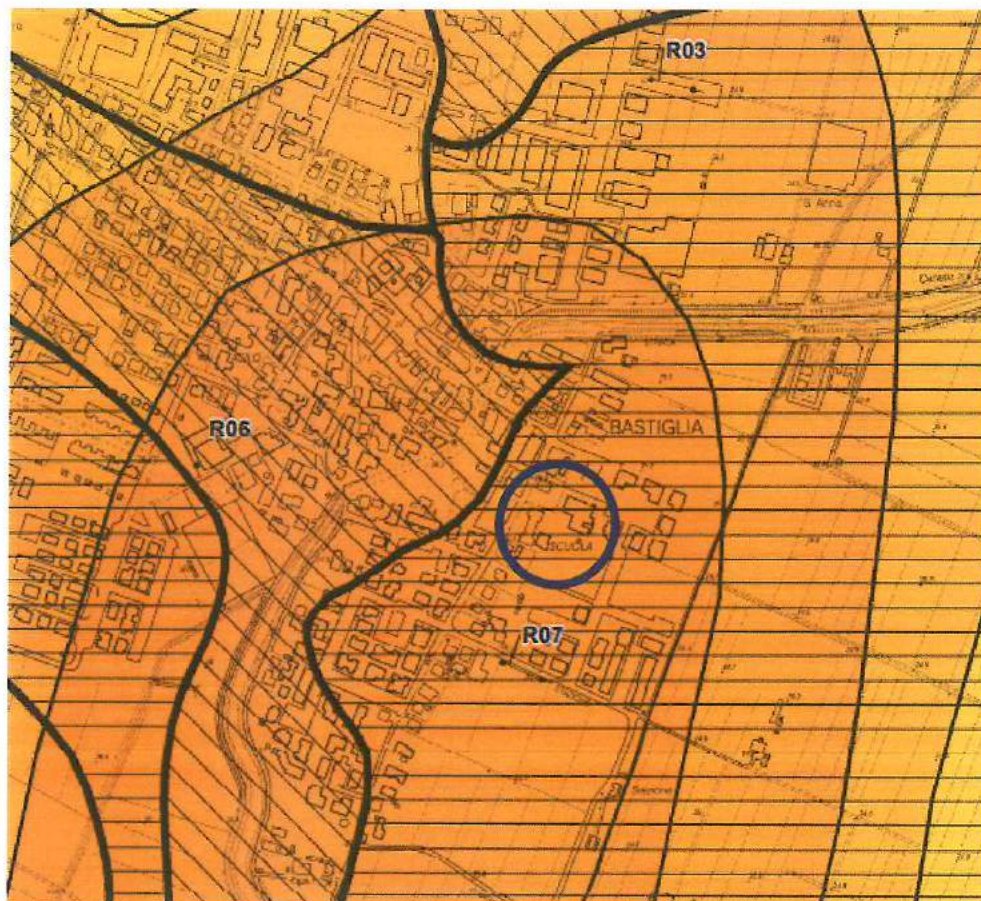
	R01 Stendimento geofisico tipo Re.Mi.
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondete a 1.6
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondete a 1.7
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondete a 1.8
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondete a 1.9
	F.A. IS 0.3-0.5 corrispondete a 2.0

AREE SOGGETTE AD APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO

	Aree soggette ad approfondimenti di III livello per valutazione della suscettività alla liquefazione
	Aree soggette ad approfondimento di III livello per valutazione cedimenti (in condizioni statiche e dinamiche) e densificazione.

Immagine ricavata dalla Carta 3.3 Fattori di Amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0.3 – 0.5 sec, ricavata dal P.S.C. del Comune di Bastiglia, con evidenziata la zona di interesse nel cerchio.

La Carta 3.4 Fattori di Amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0.5 – 1.0 sec "Aree suscettibili di effetti locali e Fattori di Amplificazione", di cui si riporta uno stralcio in seguito, ricavata dal medesimo database del P.S.C. del Comune di Bastiglia, riporta la zona di interesse tra quelle con intensità sismica pari a 1.7.



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI INTENSITA' SISMICA HOUSNER NEI PERIODI TRA 0.5 - 1.0 sec	
	R01 Stendimento geofisico tipo Re.Mi.
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.3
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.4
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.5
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.6
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.7
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.8
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 1.9
	F.A. IS 0.5-1.0 corrispondente a 2.0

AREE SOGGETTE AD APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO	
	Aree soggette ad approfondimenti di III livello per valutazione della suscettività alla liquefazione
	Aree soggette ad approfondimento di III livello per valutazione cedimenti (in condizioni statiche e dinamiche) e densificazione.

Immagine ricavata dalla Carta 3.4 Fattori di Amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0.5 – 1.0 sec, ricavata dal P.S.C. del Comune di Bastiglia, con evidenziata la zona di interesse nel cerchio.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

Nel corso del mese di Agosto 2018 si è svolta nel cantiere in questione una campagna di indagini costituita da due prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) fino alla profondità di m. 20.00 e da un inquadramento sismico ottenuto tramite:

- Un'acquisizione di sismica attiva in onde di superficie, secondo la metodologia MASW;
- Un'acquisizione di sismica passiva in onde di superficie per mezzo di un array bidimensionale con metodologia ESAC;
- Tre acquisizioni di sismica passiva a stazione singola con metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Da tale inquadramento sismico si è ottenuto un valore di Vs30 pari a 201 m/s, facendo così ricadere il sottosuolo in esame nella categoria C (par. 3.2.2 DM 17 gennaio 2018).

Le prove penetrometriche sono state eseguite dalla ditta SONGEO S.r.l., mentre le indagini geofisiche dal Dott. Geol. Marco Capitani.



Figura 1. A sinistra: Estratto da CTR con ubicazione dell'area d'intervento (cerchio in magenta), dello stendimento MASW (linea in magenta), dell'array bidimensionale (linea arancione) e delle acquisizioni a stazione singola HVSR (triangoli in verde, sigla HV). A destra: stendimento sismico MASW visto dal lato del geofono 1, eseguito a Bastiglia in via Tintori, 29.

**CPTU1**

LOCALITA':	Bastiglia (MO)
CANTIERE:	Via Tintori 29
CPTU N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 5778-07; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	24/08/2018
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	2,30 m da p.c.

Prova eseguita dalla ditta SONGEO S.r.l.

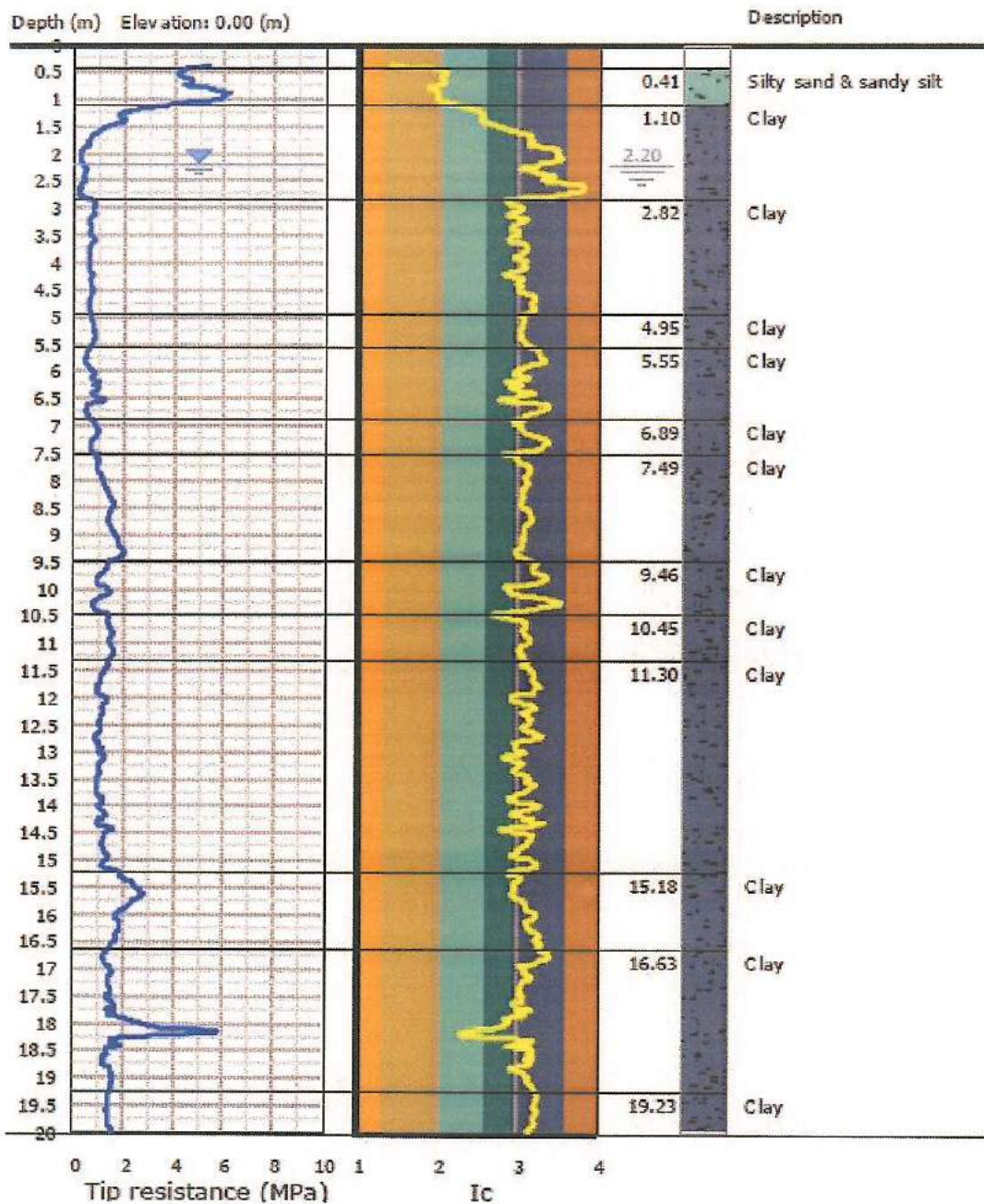


CPTU2



LOCALITA':	Bastiglia (MO)	
CANTIERE:	Via Tintori 29	
CPTU N°	2	
Specifiche di prova:	ASTM D 5778-07; AGI 1977	
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200	
Procedure:	PRO E05	
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono	
DATA ESECUZIONE PROVA	24/08/2018	
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.	
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m	
PROFONDITA' DELLA FALDA	2,20 m da p.c.	

Prova eseguita dalla ditta SONGEO S.r.l.

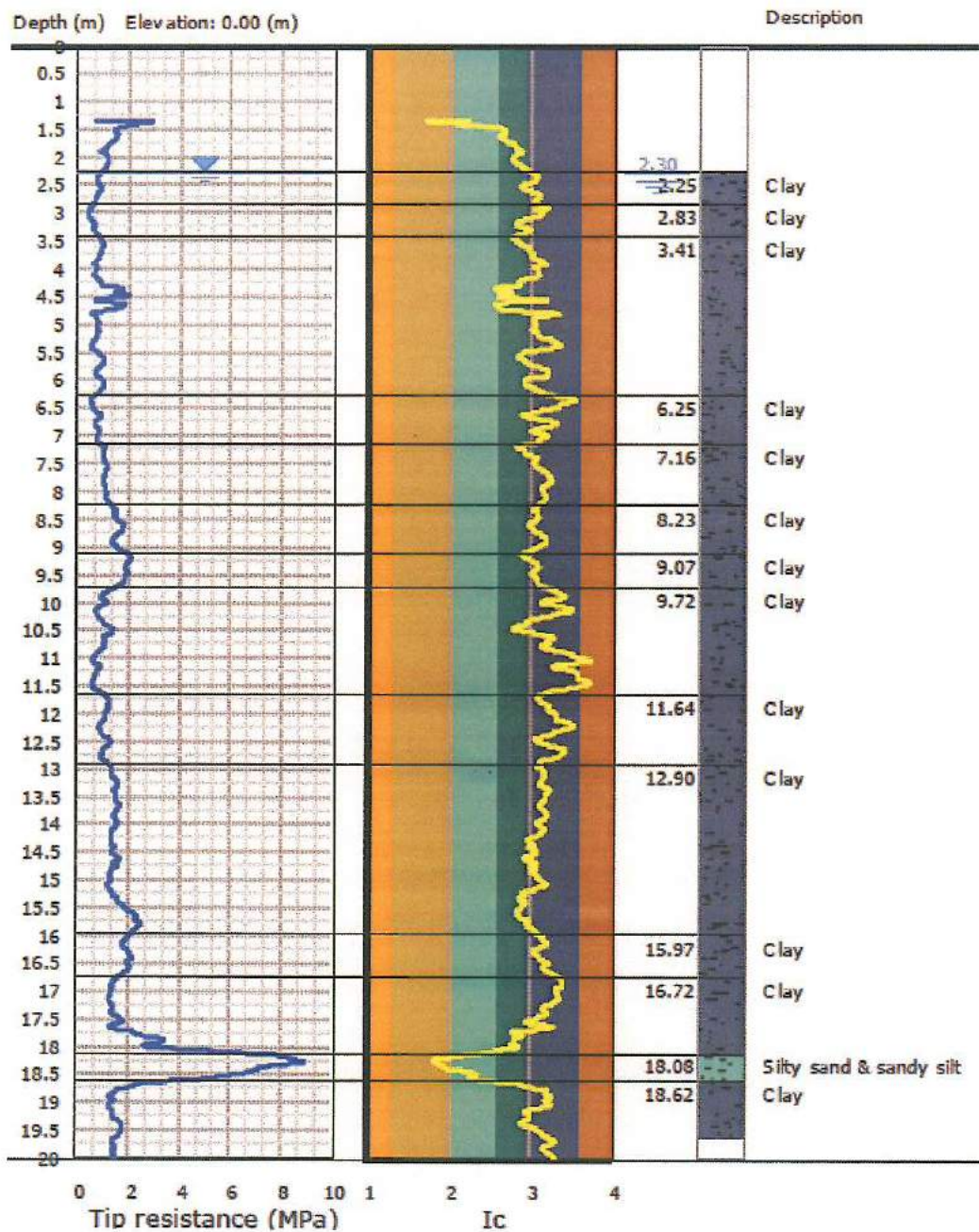


CPTU 1

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N10} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G _s (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.41	0.69	9.49E-06	13.3	44.9	69.1	42.0	56.2	56.3	0.0	0.0	0.0	19.0
1.10		(±1.34E-05)	(±1.7)	(±6.0)	(±3.9)	(±0.6)	(±7.6)	(±7.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
1.10	1.72	8.79E-06	4.0	34.9	0.0	0.0	10.4	27.1	50.8	1.5	7.0	19.0
2.82		(±2.57E-07)	(±2.5)	(±2.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±12.5)	(±11.7)	(±48.0)	(±1.6)	(±7.3)	(±0.0)
2.82	2.13	7.30E-09	3.4	0.0	0.0	0.0	6.1	24.2	41.8	0.7	3.4	19.0
4.95		(±5.12E-09)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.0)	(±2.5)	(±5.7)	(±0.2)	(±0.7)	(±0.0)
4.95	0.60	4.51E-09	4.0	0.0	0.0	0.0	6.1	28.2	46.4	0.7	3.1	19.0
5.55		(±8.98E-10)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.9)	(±1.3)	(±3.4)	(±0.0)	(±0.2)	(±0.0)
5.55	1.34	5.40E-09	3.7	0.0	0.0	0.0	4.5	25.4	40.5	0.5	2.4	19.0
6.89		(±6.45E-09)	(±0.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.2)	(±4.6)	(±14.1)	(±0.2)	(±0.8)	(±0.0)
6.89	0.60	3.62E-09	4.6	0.0	0.0	0.0	5.3	33.0	47.8	0.5	2.5	19.0
7.49		(±3.36E-09)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.8)	(±5.1)	(±8.4)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.0)
7.49	1.97	4.57E-09	7.7	0.0	0.0	0.0	15.7	55.3	89.5	0.9	4.1	19.0
9.46		(±3.09E-09)	(±1.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.9)	(±12.9)	(±21.8)	(±0.2)	(±0.8)	(±0.0)
9.46	0.99	4.63E-09	6.5	0.0	0.0	0.0	8.1	46.6	66.0	0.6	2.7	19.0
10.45		(±6.96E-09)	(±1.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±4.0)	(±9.9)	(±16.7)	(±0.2)	(±0.7)	(±0.0)
10.45	0.85	8.25E-09	7.7	0.0	0.0	0.0	13.4	54.5	91.1	0.8	3.5	19.0
11.30		(±1.24E-08)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.5)	(±8.0)	(±5.9)	(±0.0)	(±0.2)	(±0.0)
11.30	3.68	4.95E-09	6.2	0.0	0.0	0.0	5.5	39.6	62.5	0.4	2.0	19.0
15.18		(±4.63E-09)	(±0.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.0)	(±6.8)	(±10.9)	(±0.1)	(±0.4)	(±0.0)
15.18	1.45	4.53E-09	11.1	0.0	0.0	0.0	18.5	78.1	123.0	0.7	3.4	19.0
16.63		(±3.64E-09)	(±1.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.2)	(±9.9)	(±27.0)	(±0.2)	(±0.8)	(±0.0)

DATI GEOTECNICI CPTU 1



CPTU 2

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N50} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
2.25	0.58	6.93E-09	4.0	0.0	0.0	0.0	10.3	30.4	53.2	1.2	5.4	19.0
2.83		(±3.78E-09)	(±0.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.5)	(±2.8)	(±6.6)	(±0.2)	(±0.8)	(±0.0)
2.83	0.58	1.03E-08	2.7	0.0	0.0	0.0	4.8	19.3	35.2	0.7	3.1	19.0
3.41		(±7.91E-09)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.8)	(±2.6)	(±7.2)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.0)
3.41	2.84	1.83E-08	4.5	30.9	0.0	0.0	9.6	31.0	58.5	0.9	4.1	19.0
6.25		(±3.15E-08)	(±1.0)	(±2.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.4)	(±4.6)	(±22.2)	(±0.3)	(±1.6)	(±0.0)
6.25	0.91	3.29E-09	4.1	0.0	0.0	0.0	4.2	29.1	41.6	0.5	2.3	19.0
7.16		(±3.31E-09)	(±0.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.5)	(±2.1)	(±8.2)	(±0.1)	(±0.4)	(±0.0)
7.16	1.07	4.94E-09	5.9	0.0	0.0	0.0	9.4	43.2	66.9	0.7	3.3	19.0
8.23		(±5.23E-09)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.2)	(±6.9)	(±4.8)	(±0.0)	(±0.2)	(±0.0)
8.23	0.84	4.18E-09	8.3	0.0	0.0	0.0	18.0	60.9	97.9	1.0	4.4	19.0
9.07		(±1.74E-09)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.0)	(±4.0)	(±10.3)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.0)
9.07	0.65	6.10E-09	9.9	0.0	0.0	0.0	23.9	72.0	122.6	1.1	5.2	19.0
9.72		(±3.44E-09)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.4)	(±4.6)	(±9.8)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.0)
9.72	1.92	2.82E-09	5.7	0.0	0.0	0.0	4.8	41.2	50.9	0.4	2.0	19.0
11.64		(±5.65E-09)	(±0.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.2)	(±7.7)	(±17.1)	(±0.2)	(±0.7)	(±0.0)
11.64	1.26	1.70E-09	6.6	0.0	0.0	0.0	5.6	47.7	61.5	0.5	2.1	19.0
12.90		(±1.23E-09)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.8)	(±5.1)	(±9.7)	(±0.1)	(±0.4)	(±0.0)
12.90	3.07	5.68E-09	8.5	0.0	0.0	0.0	11.5	56.7	93.1	0.6	2.8	19.0
15.97		(±4.69E-09)	(±1.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.7)	(±11.8)	(±22.7)	(±0.1)	(±0.6)	(±0.0)
15.97	0.75	2.51E-09	11.3	0.0	0.0	0.0	16.0	81.5	118.6	0.7	3.2	19.0
16.72		(±1.17E-09)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.4)	(±5.9)	(±9.2)	(±0.1)	(±0.2)	(±0.0)

CPTU 2 DATI GEOTECNICI

In generale si può affermare che i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in studio sono formati da argille limose per tutta la profondità indagata.


Si esclude pertanto la presenza di livelli sabbiosi suscettibili di potenziale liquefazione.

• Prove di laboratorio geotecnico

Le prove di laboratorio geotecnico sul campione indisturbato prelevato durante l'esecuzione delle prove penetrometriche sono state eseguite dal laboratorio geotecnico autorizzato Mucchi S.r.l. di Ferrara.

In particolare sono state eseguite le seguenti prove:

- Prove speditive con pocket penetrometer e Vane Test;
- Determinazione del contenuto naturale di acqua, del peso di volume e della densità secca, peso specifico dei grani;
- Analisi granulometrica completa (per vagliatura e sedimentazione);
- Prova edometrica a incrementi di carico ad espansione laterale impedita;
- prova triassiale consolidata - non drenata (C.I.U.)

COMUNE DI BASTIGLIA	Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente 
--------------------------------	---	---

I risultati completi, con i certificati ufficiali del laboratorio geotecnico, sono riportati in allegato.

Campione	Prof.	γ	w	γ_s	e	c'	ϕ'
	(m)	kN/m ³	%	kN/m ³	-	kPa	°
Sh1	2.00-2.50	18.035	30	24.647	0.699	3.07	23

Dove: γ = peso di volume; w = umidità naturale; γ_s = peso specifico dei granuli; e = indice dei vuoti; c' = coesione efficace; ϕ' = angolo di resistenza al taglio.

6. SISMICITA' DEL SITO

6.1. Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2000 e successivamente con quello del 23/03/2018, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio sito dipendente e non più mediante un criterio zona dipendente.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite previsti nelle NTC, si definiscono infatti a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito. Essa viene espressa in termini di accelerazione orizzontale massima a_g su suolo rigido orizzontale di riferimento e costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica di base per un qualsiasi sito considerato è la probabilità che in un certo intervallo di tempo chiamato periodo di riferimento V_R (espresso in anni) in detto sito si verifichi un evento sismico di intensità almeno pari ad una prefissata. La probabilità in questione è chiamata P_{VR} , probabilità di superamento o di eccedenza nel periodo di riferimento V_R .

La pericolosità sismica del sito in esame viene definita a partire dalle sue coordinate geografiche e da quelle relative ai 4 nodi del reticolo (reticolo di riferimento) all'interno del quale ricade l'area in studio.

Di seguito si riportano le coordinate geografiche del sito in esame e quelle relative ai 4 nodi del reticolo all'interno dei quali ricade l'area in studio.

	ID	LAT (°)	LON(°)	Distanza (m)
Bastiglia (MO) – Piazza Tintori	-	44.725	11.003	
NODO 1	15837	44.700	10.959	4038
NODO 2	15838	44.709	11.029	2657
NODO 3	15616	44.759	11.027	4225
NODO 4	15615	44.758	10.957	5200

Tabella 1- Coordinate geografiche del sito in esame e dei nodi di riferimento espresse in ED50.

Nella sottostante tabella si riportano i dati relativi alla vita nominale (V_N), alla classe d'uso e relativo coefficiente (C_U), ed al periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_R = V_N \times C_U$) considerati per l'opera di progetto.

Tipologia opera	Nuovo fabbricato a uso azienda agricola (laboratorio)	-
V_N	50	anni
Classe uso	III	-
C_U	1.5	-
V_R	75	anni

Tabella 2 - Vita nominale e carattere strategico dell'opera di progetto.

Di seguito vengono riportati i valori medi dei parametri sismici relativi al sito in esame (in riferimento ai 4 nodi di tab. 1), ottenuti mediante l'utilizzo del software GeoStru PS, con riferimento al carattere strategico dell'opera. L'azione sismica per il sito in esame è definita sulla base della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione orizzontale massima a_g per ciascun stato limite ultimo e di esercizio.

COMUNE DI BASTIGLIA	Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente 
--------------------------------	---	--

Stati limite		P_{VR} (%)	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (adm)	T_c^* (s)
SLE	SLO	81	45	0.053	2.506	0.265
	SLD	63	75	0.068	2.480	0.274
SLU	SLV	10	712	0.185	2.553	0.276
	SLC	5	1462	0.244	2.489	0.285

Tabella 3- Parametri sismici ottenuti considerando $V_R = 50$ anni ($CU = 1$; Classe d'uso III)

Dove.

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento;

T_R = periodo di ritorno dell'azione sismica;

a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento rigido orizzontale;

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.

A questo punto, considerando la categoria di sottosuolo C (come precedentemente determinato mediante apposita indagine sismica sperimentale), sulla base dei dati riportati nelle precedenti pagine è possibile definire l'azione sismica per il sito in esame, con riferimento alla tipologia di opera che si intende realizzare (carattere strategico dell'opera), sulla base della pericolosità sismica di base (espressa in termini di accelerazione orizzontale massima a_g per ciascun stato limite ultimo e di esercizio) e delle amplificazioni stratigrafiche e topografiche dipendenti rispettivamente dalla categoria di suolo ottenuta e dalle caratteristiche della superficie topografica sulla quale si colloca l'area di studio.

Stati limite		S_s (-)	C_c (-)	S_T (-)	K_h (-)	K_v (-)	A_{max} (m/s ²)	$Beta$ (-)
SLE	SLO	1.500	1.630	1.000	0.016	0.008	0.787	0.200
	SLD	1.500	1.610	1.000	0.020	0.010	1.001	0.200
SLU	SLV	1.420	1.610	1.000	0.063	0.031	2.571	0.240
	SLC	1.340	1.590	1.000	0.091	0.046	3.203	0.280

Tabella 5 - Coefficienti sismici finali – in evidenza i coefficienti relativi allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita.

Dove:

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica.

C_c = coefficiente funzione della categoria di suolo

$S = S_s \times S_T$

A_{max} = accelerazione massima attesa nel sito

7. CONCLUSIONI

Dall' inquadramento geomorfologico e dalla bibliografia consultata per la stesura di questo documento, risulta che il sito in oggetto:

- è situato in posizione intermedia tra i corsi dei fiumi Secchia e Panaro, e per questo posizionato in aree a criticità idraulica elevata, con scorrimento idrico rapido (vedere cap. 4.3),
- ci si trova in corrispondenza di aree soggette ad amplificazione delle onde sismiche di taglio per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e cedimenti post-sismici, con valori mediamente elevati dei Fattori di Amplificazione individuati nel cap. 4.4.

la tessitura dei terreni presenti nel sottosuolo fino alla massima profondità indagata è sicuramente fine e finissima (argille e argille limose). Si esclude pertanto la possibilità di insorgenza di fenomeni di liquefazione (possibili solamente nei terreni francamenti granulari come le sabbie e le sabbie limose in falda).

La categoria di sottosuolo dell'area è la C (velocità delle onde Vs nei primi 30 m di profondità pari a 201 m/s. Il livello della prima falda acquifera è posto a -2.30 m dalla superficie (misura effettuata immediatamente dopo l'estrazione delle aste della prova penetrometrica).

Poiché tale misura si riferisce ad un periodo a scarse precipitazioni (mese di agosto), è possibile che tale livello subisca degli innalzamenti in occasione dei periodi a maggiore piovosità.

In base ai risultati ottenuti dalla campagna geognostica e geofisica riteniamo che il sito in esame sia idoneo ad ospitare l'intervento in progetto.

San Lazzaro di Savena, 09/11/2018.



<p>COMUNE DI BASTIGLIA</p>	<p>Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen</p>	<div data-bbox="997 129 1093 235"> </div> <div data-bbox="1093 145 1332 212"> <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> </div> <div data-bbox="1332 129 1444 235"> </div>
---------------------------------------	--	--

8. USO E LIMITAZIONI DELLA RELAZIONE

La prestazione è stata svolta con la professionalità e la cura di un geologo geotecnico; inoltre il lavoro è stato realizzato tenendo presente i limiti e lo scopo per i quali è stato richiesto dal cliente, nonché le dimensioni e l'importanza dell'opera in progetto e le risorse economiche e umane disponibili, concordate tra GEOTEA e il cliente.

Rimane inteso che questa relazione dovrà essere usata unicamente per lo scopo per cui è stata redatta.

Nel caso dovessero cambiare gli scopi per i quali la relazione verrà usata, o se saranno apportate sostanziali modifiche al sito di indagine, nonché variazioni alla tipologia di progetto o di uso del sito stesso, questa relazione non dovrà più essere considerata valida e ogni ulteriore suo uso da parte del cliente, senza revisioni e verifiche da parte di GEOTEA, sarà unicamente a rischio del Cliente.

I dati geologici e geotecnici messi a disposizione sono basati unicamente sulla valutazione delle prove in sito e di laboratorio eseguite sui campioni provenienti dai punti di indagine.

Queste informazioni non possono essere estrapolate a nessuna area al di fuori dei punti di indagine così come specificati in questa relazione. Alla luce delle informazioni in possesso di GEOTEA, i dati geologici e geotecnici ottenuti sono sufficienti per l'uso previsto, ma possono non esserlo per altre strutture diverse da quelle per cui sono state studiate.

L'interpretazione delle condizioni geologiche e geotecniche del sottosuolo sono basate sulle osservazioni effettuate sul campo nei punti di indagine che sono stati scelti per ricostruire una rappresentazione significativa delle caratteristiche del sottosuolo. GEOTEA ha analizzato i dati di campagna e formulato un giudizio professionale per esprimere una opinione delle condizioni del sottosuolo nel sito al momento dell'indagine.

Le condizioni del sottosuolo possono tuttavia differire, tra i punti di indagine, da quelli indicati in questa relazione.

Questa relazione sulle indagini geologiche e geotecniche è basata sulle condizioni esistenti al momento dell'esecuzione delle indagini e dello studio basato su di esse e l'opinione sulle condizioni geologiche e geotecniche del sottosuolo è legata ai dati ricavati negli specifici punti di indagine.

I risultati e le conclusioni della nostra relazione possono essere influenzati da cambiamenti dovuti al passare del tempo, da azioni umane quali costruzioni sul luogo di indagine o nelle sue adiacenze, o da eventi naturali quali allagamenti, terremoti, instabilità del versante o fluttuazioni del livello di falda acquifera.

L'effettiva rispondenza di quanto riscontrato durante l'indagine dovrà essere verificato da un tecnico geotecnico durante la realizzazione dell'opera.

GEOTEA dovrà essere avvisata se verranno riscontrate differenze rispetto a quanto contenuto in questa relazione.

Durante la realizzazione dell'opera e/o attività di scavo dovranno essere messi in atto monitoraggi, prove e confronti in numero sufficiente per confermare che le condizioni del sottosuolo realmente incontrate siano coerenti con quanto descritto in questa relazione e per poter fornire raccomandazioni e cambiamenti al progetto nel caso di differenze sostanziali rispetto a quanto previsto.

<p>COMUNE DI BASTIGLIA</p>	<p>Progetto di Ristrutturazione scuola per l'infanzia HC Andersen</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p> 
---------------------------------------	--	--

Use and constraints of the report

The Services were performed with the skill and care ordinarily exercised by a geological and geotechnical specialist. Further, and in particular, the Services were performed by taking into account the limits of the scope of works required by the Client and the resources, including financial and manpower resources, agreed between GEOTEA and the Client.

It is GEOTEA's understanding that this report is to be used for the purpose described.

Should the purpose for which the report is used, and/or should the Client's proposed development or use of the site change (including in particular any change in any design and/or specification relating to the proposed use or development of the site), this report may no longer be valid or appropriate and any further use of or reliance upon the report in those circumstances by the Client without GEOTEA's review and advice shall be at the Client's sole and own risk.

The geological and geotechnical information provided are based solely on evaluations of laboratory and in-situ tests at determined sample test locations. That information cannot be extrapolated to any area outside those locations unless specifically so stated in the report. In the light of the information available to GEOTEA, the geological and geotechnical information are considered appropriate for use in relation to the geotechnical design of the structures addressed in the report, but they may not be appropriate for the design of other structures.

This geological and geotechnical soil investigation report is based on the existing conditions when conducting the study and our opinion concerning the ground conditions is strictly based on geotechnical data collected at specific test locations. The actual geological and geotechnical subsurface conditions may differ, between sampling locations, from those indicated in this report.

The findings and conclusions of our reports may be affected by the passage of time, by manmade events such as construction on or adjacent to the site, or by natural events such as floods, earthquakes, and slope instability or groundwater fluctuations

Interpretations of subsurface conditions are based on field observations at the test locations that were spaced to capture a 'representative' snap shot of subsurface conditions. The site exploration identifies subsurface conditions at the points of sampling only.

GEOTEA reviews the field data and then applies a professional judgment to formulate an opinion of subsurface conditions throughout the site.

The subsurface ground conditions should be verified by a qualified geotechnical technician during construction. GEOTEA should be notified if any discrepancies to this report or unusual conditions are found during construction. Sufficient monitoring, testing and consultation should be provided during construction and/or excavation activities, to confirm that the conditions encountered are consistent with those indicated by the investigation results in this report and to provide recommendations for design changes in case the conditions revealed during the actual work differ from those anticipated. In addition, monitoring, testing and consultation should be completed by GEOTEA to evaluate whether or not earthwork activities are completed in accordance with our recommendations.



via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi
alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del
16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

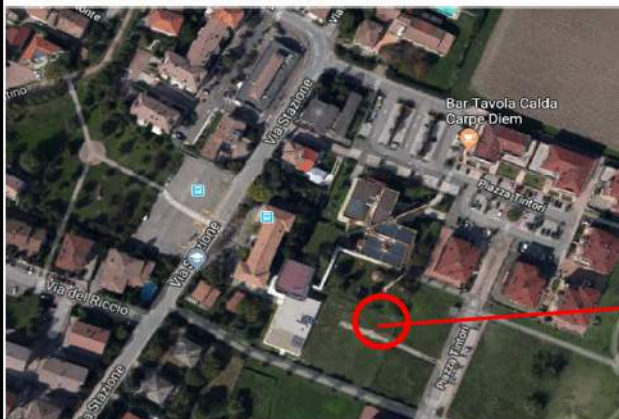
CERTIFICATO DI PROVA

CERTIFICATO N°	130/18	Data	30/08/2018	N° COMMESSA	71/18	Data	24/08/2018
-----------------------	--------	-------------	------------	--------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	LIFE S.r.l.
LOCALITA':	Bastiglia (MO)
CANTIERE:	Via Tintori 29
CPTU N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 5778-07; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	24/08/2018
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	2,30 m da p.c.

ANNOTAZIONI:

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

2 PAGINE

Sperimentatore

Direttore



Sito: Bastiglia (MO) scuole - Test: cptu 1 Profondità falda: -2,20 m da p.c.

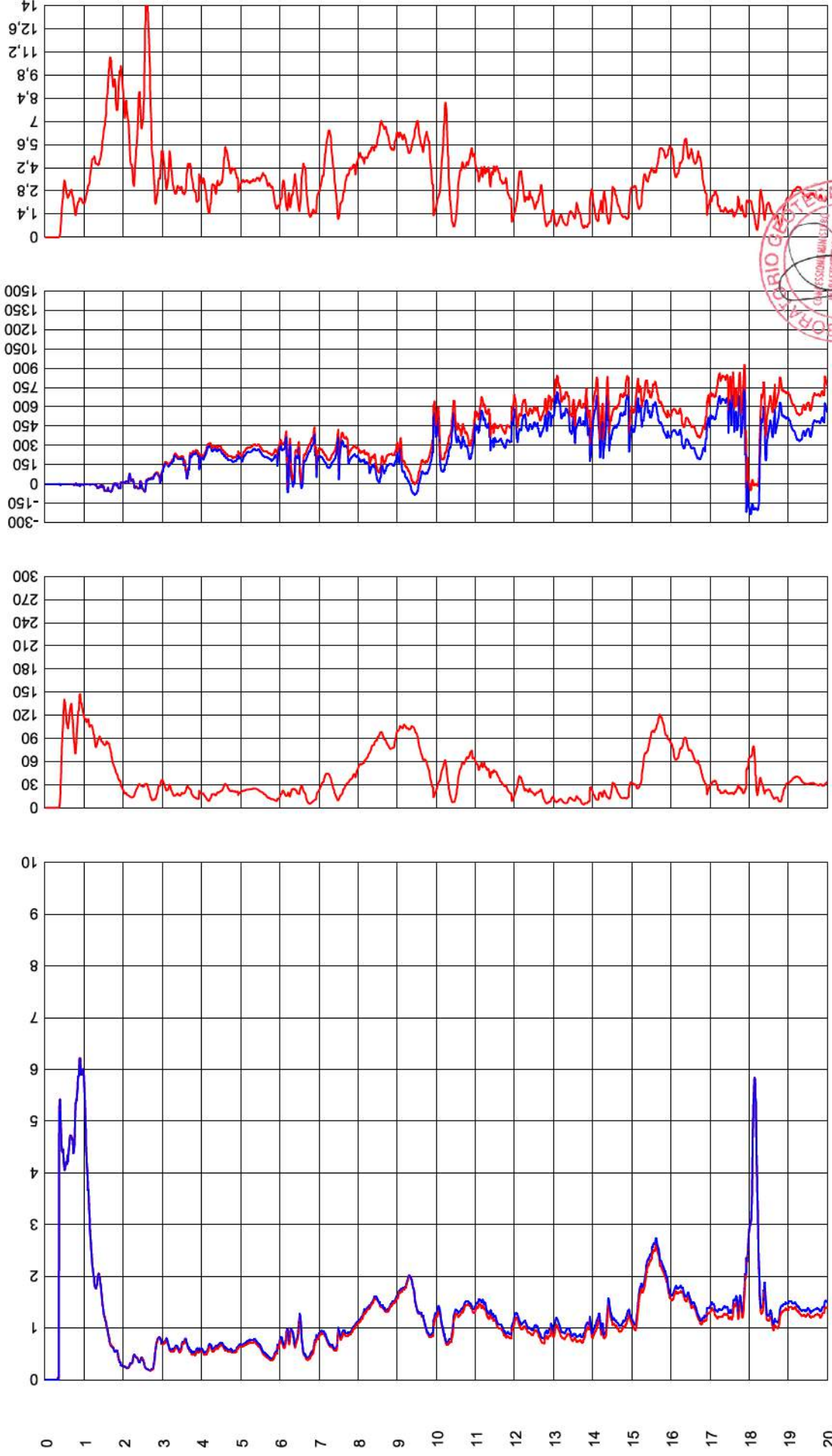
Qc [MPa]

Fs [kPa]

U2 [kPa]

Rf [%]

Qc — Qt — U0 — U2 — U2 - U0





via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi
alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del
16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

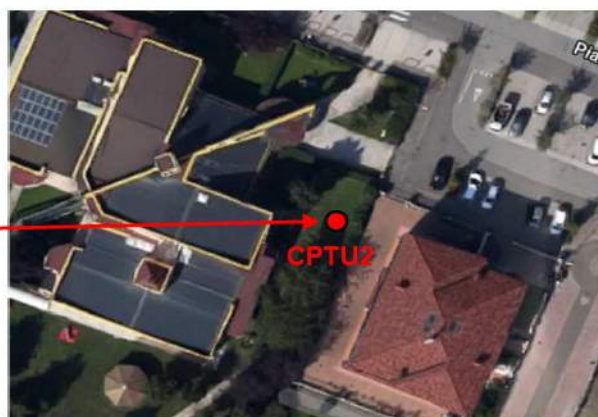
CERTIFICATO DI PROVA

CERTIFICATO N°	131/18	Data	30/08/2018	N° COMMESSA	71/18	Data	24/08/2018
----------------	--------	------	------------	-------------	-------	------	------------

COMMITTENTE:	LIFE S.r.l.
LOCALITA':	Bastiglia (MO)
CANTIERE:	Via Tintori 29
CPTU N°	2
Specifiche di prova:	ASTM D 5778-07; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	24/08/2018
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	2,20 m da p.c.

ANNOTAZIONI:

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

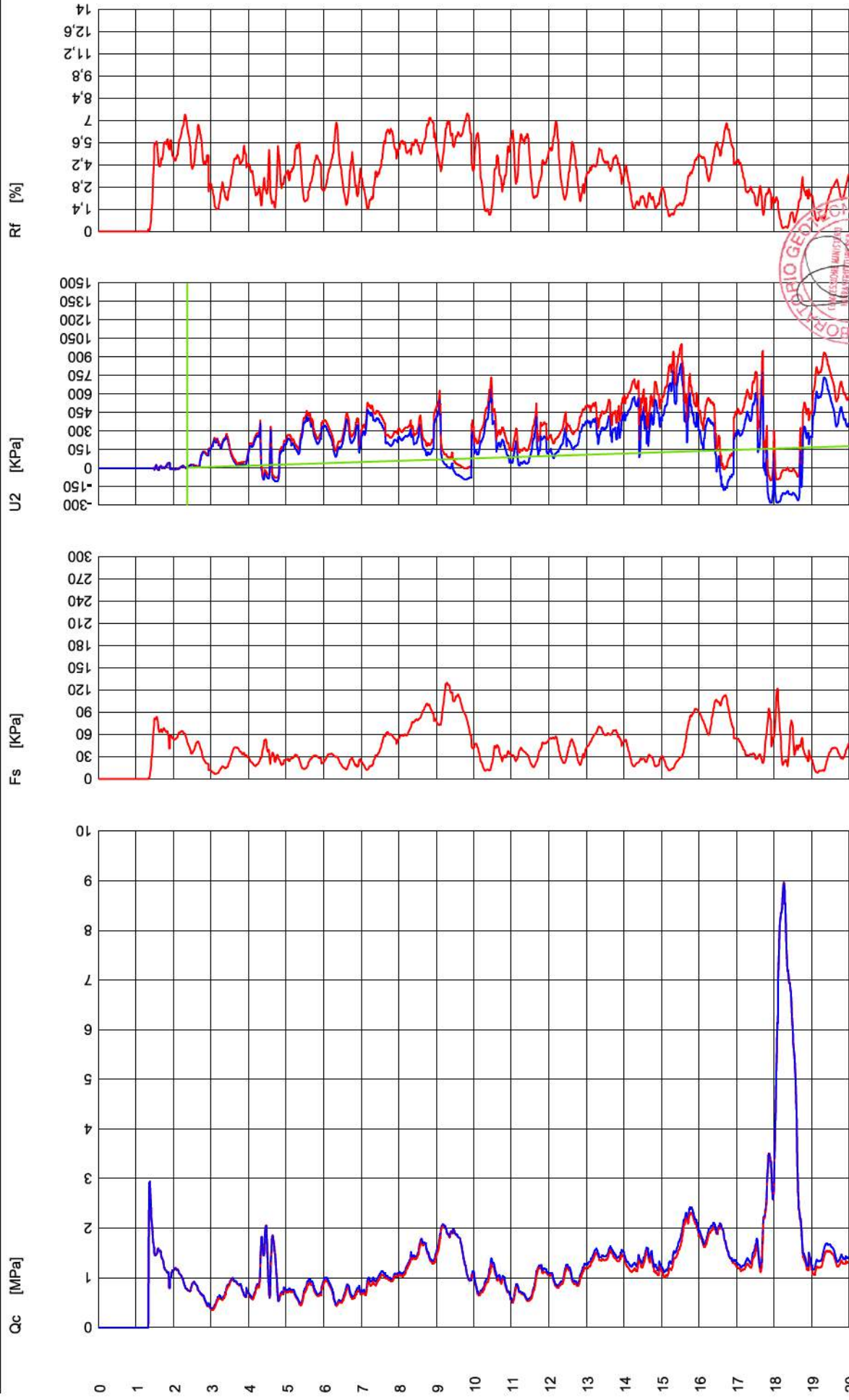
2 PAGINE

Sperimentatore

Direttore



Sito: Bastiglia (MO) scuole - Test: cptu 2 Profondità falda: -2,30 m da p.c.



Indagine Sismica MASW-ESAC e HVSR a Bastiglia Via Tintori, 29 (Comune di Bastiglia, Provincia di Modena)

1 Premessa

Su incarico della ditta L.I.FE s.r.l. di Ferrara, sono state eseguite nel capoluogo del Comune di Bastiglia (MO), in via Tintori 29 (Figura 1), in data 24 agosto 2018:

- un'acquisizione di sismica attiva in onde di superficie, elaborata secondo la metodologia MASW (*Multichannell Analysis of Surface Waves*);
- un'acquisizione di sismica passiva in onde di superficie, per mezzo di un *array* bidimensionale, elaborata secondo la metodologia ESAC (*Extended Spatial Autocorrelation*);
- tre acquisizioni di sismica passiva a stazione singola, elaborate secondo la metodologia HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), detta anche metodologia di Nakamura.

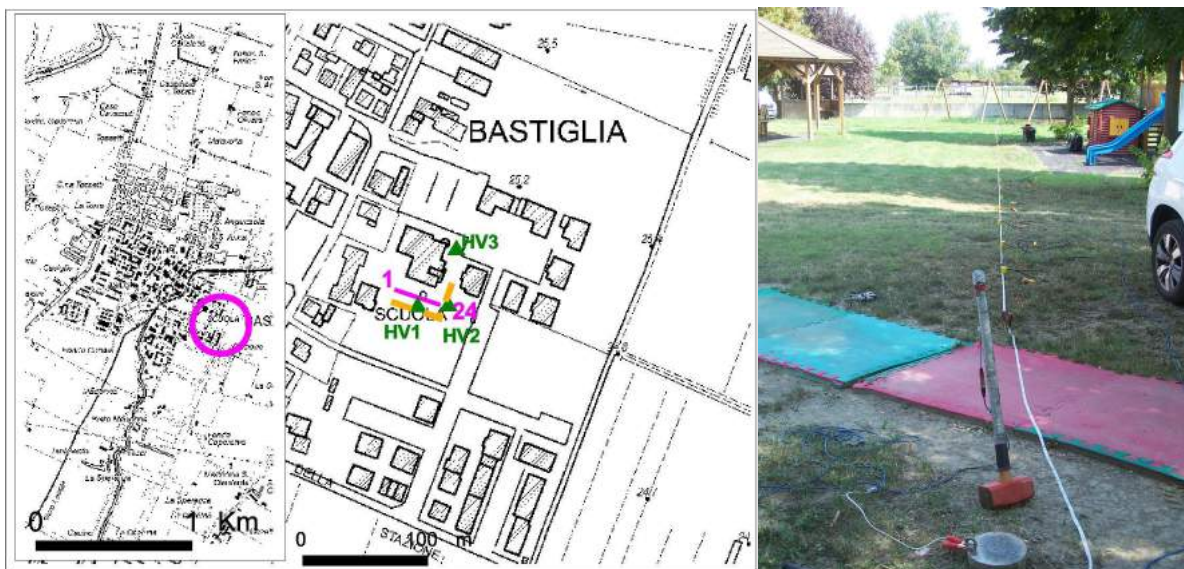


Figura 1. A sinistra: Estratto da CTR con ubicazione dell'area d'intervento (cerchio in magenta), dello stendimento MASW (linea in magenta), dell'array bidimensionale (linea arancione) e delle acquisizioni a stazione singola HVSR (triangoli in verde, sigla HV). A destra: stendimento sismico MASW visto dal lato del geofono 1, eseguito a Bastiglia in via Tintori, 29.

Le indagini MASW ed ESAC sono state interpretate in combinazione ricavando dalle medesime un'unica curva di dispersione effettiva.

Indagine Sismica MASW-ESAC e HVSR (AGO2018)	Via Tintori, 29 Comune di Bastiglia (MO)	Dott. Geol. Marco Capitani
--	---	----------------------------

Le tre registrazioni HVSR sono state elaborate in maniera speditiva singolarmente. Una di esse è stata poi elaborata e interpretata in maniera più approfondita, condizionando la modellizzazione del profilo di velocità profondo con i dati del modello MASW/ESAC.

2-Acquisizione di sismica attiva (MASW)

Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione

È stato impiegato un sismografo digitale Dolang, modello DBS280, a 24 canali, dotato di cavi di 60 metri e di geofoni da 4,5 Hz, per una lunghezza complessiva di 34,5 m di stendimento (1,5 m di distanza intergeofonica). Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza da 10 Kg battente su piastra, con chiusura del circuito (*trigger*) a contatto. Sono state eseguite più acquisizioni (sia in andata che in ritorno) con *offset* minimo (distanza tra il punto di energizzazione e primo geofono) pari a 3x (essendo x la distanza intergeofonica di 1,5 m), acquisendo 4096 campioni, con un passo di campionamento di 0,6 ms.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software MASW (di "Roma e associati"). Nelle Figure 2 e 3 sono riportate le tracce dei sismogrammi, lo spettro FK e la curva di dispersione effettiva sperimentale.

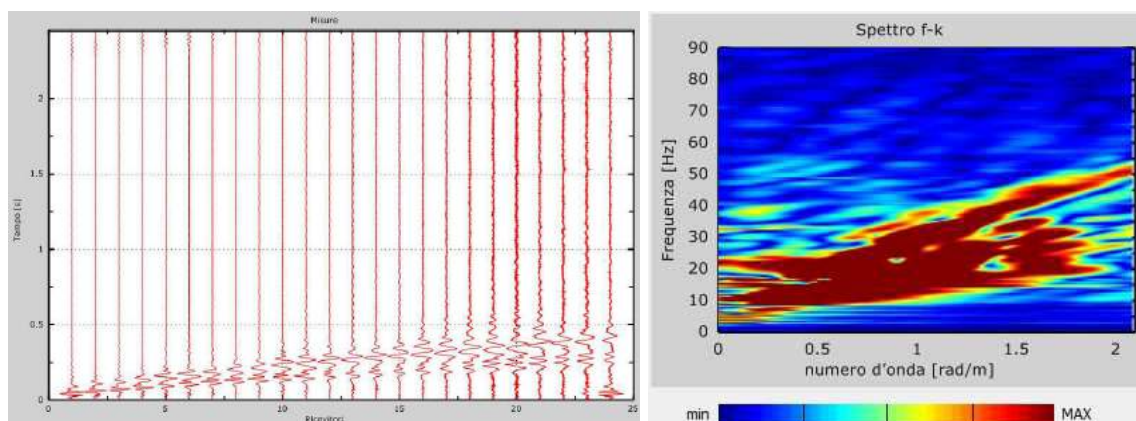


Figura 2. A destra: spettro f-k relativo ai sismogrammi riportati sulla sinistra

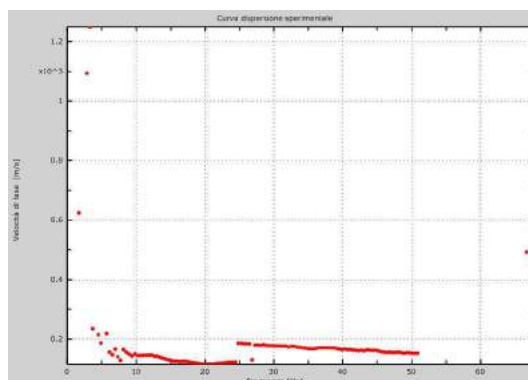


Figura 3. Curva di dispersione effettiva sperimentale relativa all'acquisizione di sismica attiva in onde di superficie. L'andamento della curva è ben definito tra circa 6 Hz e 50 Hz, interpretabile tra circa 4 Hz e 6 Hz.

3-Acquisizione di sismica passiva con array bidimensionale (ESAC) *Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione*

È stata impiegata la medesima strumentazione utilizzata per l'acquisizione attiva, disposta secondo uno stendimento a geometria bidimensionale a forma grossolanamente simile alla lettera "L" (Figura 1 e 4), con lato maggiore (est-ovest) lungo circa 35 m e lato minore (nord-sud) di circa 17 m, utilizzando 12 geofoni posizionati a una distanza l'uno dall'altro di circa 5 m (Figura 4).

Per le registrazioni passive si è utilizzato un passo di campionamento di 2.4 ms, per registrare il numero massimo di campioni (10982) consentito dalla strumentazione. Tali parametri corrispondono a circa 25,5 secondi per ciascuna delle 32 registrazioni, per una durata complessiva di poco meno di 14 minuti, elaborate per ottenere la curva di dispersione effettiva dell'acquisizione passiva (punti in verde chiaro nella Figura 5).

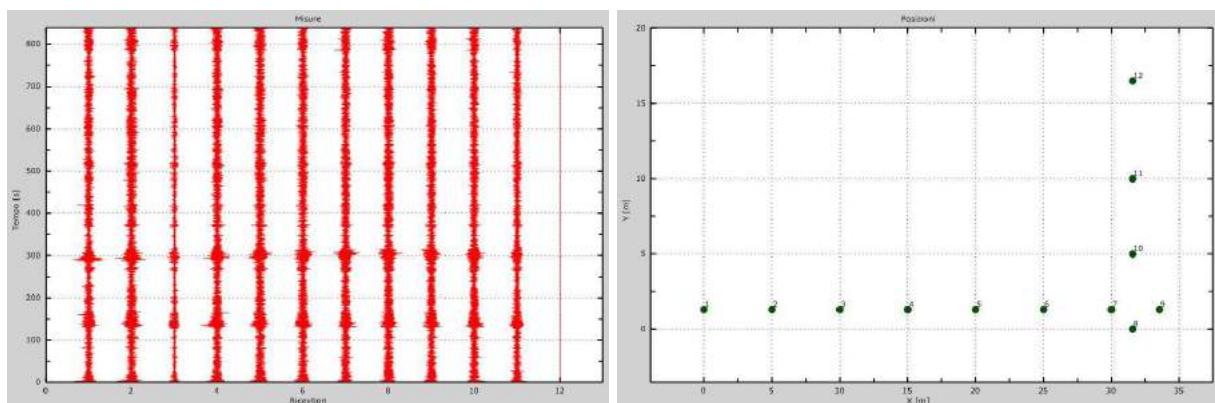


Figura 4. A sinistra, tracce complessive dell'acquisizione di sismica passiva in array bidimensionale. A destra: disposizione geometrica dello stendimento in array bidimensionale (E sul lato destro, Nord in alto, schema non in scala).

4-Interpretazione combinata delle acquisizioni MASW/ESAC

Le curve di dispersione effettive, ricavate per mezzo dell'acquisizione attiva (MASW) e passiva (ESAC), sono state sovrapposte, al fine di derivare un'unica curva interpretativa "combinata" (Figura 5). Per il *picking* della curva e per la sua modellazione si è quindi fatto riferimento alla curva MASW per le frequenze alte (>15 Hz) e alla curva ESAC per frequenze più basse (<5-8 Hz). Come ben evidenziato nella Figura 5, le due curve si sovrappongono per un ampio intervallo di frequenze, all'incirca tra 7 e 20 Hz, permettendo una più agevole interpretazione della curva di selezione da utilizzare per la modellazione (*picking*: punti in verde scuro nella Figura 5).

A supporto dell'interpretazione (eseguita per modellazione diretta) ci si è avvalsi dei dati derivanti dalle prove penetrometriche eseguite in loco a cura della committenza, nonché delle informazioni desunte dalla bibliografia e/o dalla Banca Dati Geognostici di Pianura della Regione Emilia-Romagna consultabile sul sito web regionale.

I dati penetrometrici indicano che il primo sottosuolo dell'area in studio è formato da terreni prevalentemente argilloso limosi fino alla profondità di almeno 20 m, con sporadica presenza di strati lievemente più grossolani. Si distingue un primo orizzonte di 8-9 m caratterizzato da valori di resistenza relativamente inferiori rispetto alla successione sottostante.

A scala più generale (sezione geologica 100, sito web della Regione Emilia-Romagna), la successione di terreni continentali presenta una composizione prevalentemente pelitica fino a circa 100-110 m di profondità, con locali inserimenti di strati sabbiosi, anche metrici, principalmente tra 20-30 m di profondità. A circa 100-110 m sono segnalati orizzonti grossolani plurimetrici, in corrispondenza del passaggio tra le unità AES7 (subsintema di Villa Verucchio) e AES6 (subsintema di Bazzano) della Carta Geologica regionale e della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Figura 18).

Si segnala inoltre che la presenza di acque libere è stata individuata nei fori penetrometrici a poco più di 2 m dal piano campagna (p.c.)

* * *

Nella figura 5 sono riportate le curve di dispersione effettive (ricavate dalla prova

MASW e dalla prova ESAC), nonché la selezione dei punti (*picking*) per la modellazione diretta della soluzione sismostratigrafica. Nella Figura 6 è riportato il risultato della modellazione (confronto tra curve teoriche (effettiva e apparente) e curva sperimentale)

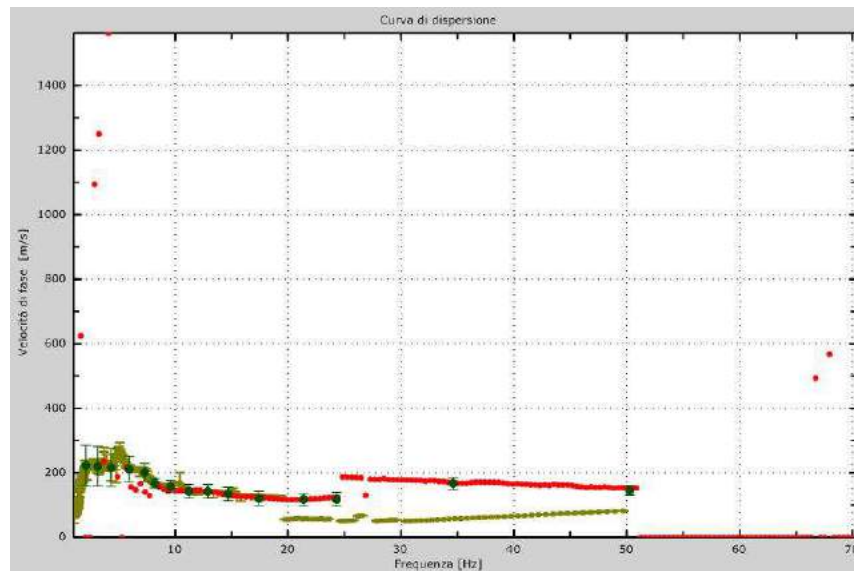


Figura 5 – Curva di dispersione effettiva MASW (rosso), ESAC (verde chiaro) e selezione dei punti interpretativi per la modellazione diretta (punti verde scuro con intervallo di incertezza). Le curve MASW ed ESAC si sovrappongono in un intervallo piuttosto esteso tra le basse e le medie frequenze.

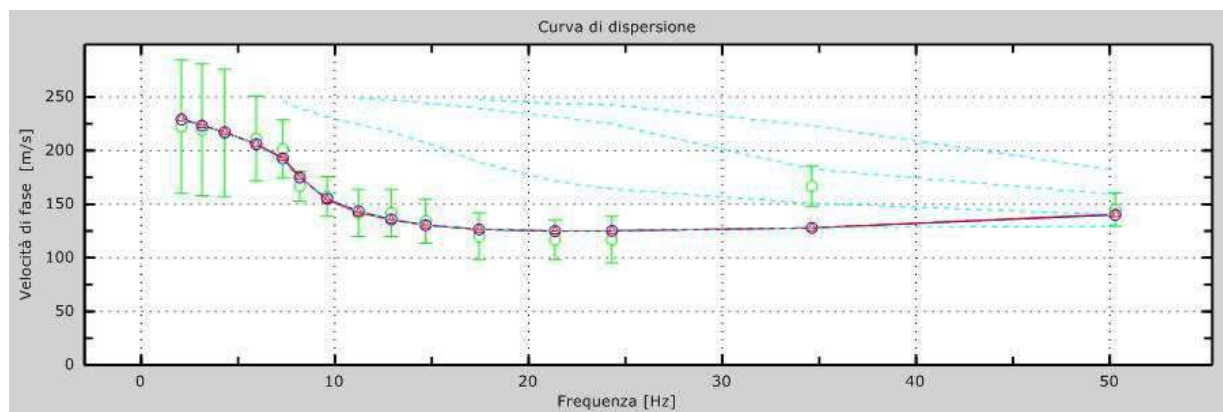


Figura 6-Confronto tra il *picking* della curva effettiva sperimentale (punti in verde chiaro) e le curve effettiva e apparente sintetiche (curve rossa e blu) (discrepanza pari al 7%) e modi vibrazionali riferibili al modello di profilo di velocità (curve in celeste) (Figura 7 e Tabella 1).

L'andamento della curva effettiva sperimentale mostra valori della velocità di fase relativamente bassi (inferiori a 200 m/s) a partire da circa 7 Hz. Con il calare della frequenza (incremento della profondità esplorata) i valori della velocità di fase aumentano relativamente fino a circa a 220-230 m/s alla frequenza di grossomodo 2

Hz corrispondente a una profondità teorica esplorata dall'indagine di circa 50-55 m.

* * *

Il modello di profilo verticale di velocità (Figura 7 e Tabella 1), ricavato per modellazione diretta della curva effettiva MASW/ESAC (coerentemente con il dato penetrometrico), è indicativo di un sottosuolo caratterizzato da un orizzonte (attribuibile in via interpretativa alla così detta unità di Modena (AES8a della Carta Geologica) caratterizzato da valori relativamente bassi della velocità delle onde S (<200 m/s). La lieve inversione di velocità superficiale (170 m/s rispetto ai 120 m/s dello strato sottostante) è interpretabile come dovuta alla sovraconsolidazione per essiccazione che comporta l'irrigidimento relativo dei terreni in superficie (ramo della curva di dispersione a frequenza maggiore di 25 Hz (Figura 5).

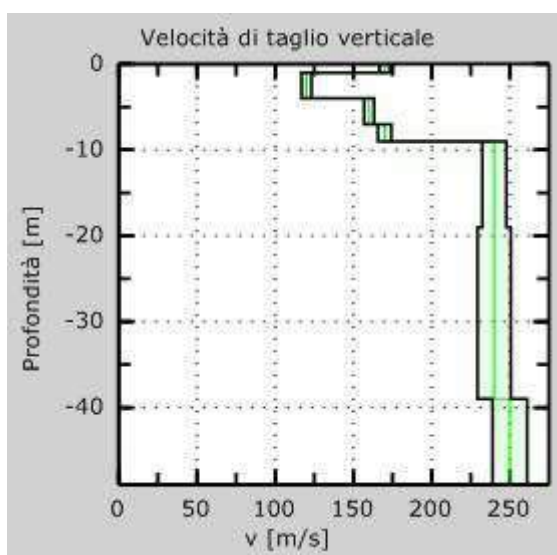


Figura 7- Modello di profilo verticale di velocità ottenuto per modellazione diretta della curva di dispersione effettiva (Figure 3, 5 e 6): Incertezza 0,1).

A partire dalla profondità di circa 9 m dal p.c., il modello di velocità presenta valori di Vs piuttosto omogenei (230-250 m/s) fino a circa 50 m di profondità (Figure 7 e Tabella 1), confondendo di fatto (a livello stratigrafico) la parte inferiore del subsistema di Ravenna con il subsistema di Villa Verucchio (rispettivamente unità AES8 e AES7 della Carta Geologica).

Strato	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m3)	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Sedimenti prevalentemente pelitici (Unità di Modena)	1	-1	1800	0,48	170	354
Sedimenti prevalentemente pelitici (Unità di Modena)	3	-4	1800	0,48	120	612
Sedimenti prevalentemente pelitici (Unità di Modena)	3	-7	1800	0,48	160	816
Sedimenti prevalentemente pelitici (Unità di Modena)	2	-9	1800	0,48	170	867
Sedimenti prevalentemente pelitici (subsistema di Ravenna)	10	-19	1800	0,48	240	1224
Sedimenti prevalentemente pelitici (con strato sabbioso di alcuni m tra i 20 e i 30 m dal p.c.) (subsistema di Villa Verucchio)	20	-39	1900	0,48	240	1224
Sedimenti prevalentemente pelitici (subsistema di Villa Verucchio)	15	-54	2000	0,48	250	1275

Tabella 1. Dati riassuntivi relativi al modello di profilo verticale di velocità con attribuzione interpretativa alle unità stratigrafiche della Carta geologica.

* * *

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava il valore di Vs30 (par. 3.2.2. DM 17 gennaio 2018) pari a circa:

Vs30=201 m/s se calcolato a partire dal p.c.;

Vs30=203 m/s se calcolato a partire dalla quota di -1 m dal p.c.;

Vs30=209 m/s se calcolato a partire dalla quota di -2 m dal p.c.

5-Acquisizioni HVSR

Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione

Sono state eseguite tre acquisizioni di rumore ambientale a stazione singola, ubicate come da Figura 1, per mezzo di un sismografo munito di terna triassiale di geofoni (con frequenza di taglio di 4,5 Hz), modello Geobox della ditta Sara Electronics Instruments di Perugia.

Tutte le registrazioni sono durate 20 minuti, con lo strumento impostato su una frequenza di campionamento di 300 Hz.

Per l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati il software di libero utilizzo Geopsy (www.geopsy.org) e il software GeoexplorerHVSR della Sara Electronics Instruments di Perugia.

Si è proceduto con una prima elaborazione speditiva (col *software* Geopsy) per verificare la coerenza reciproca dei grafici dei rapporti H/V di tutte e tre le acquisizioni (Figura 8). Successivamente si è proceduto all'elaborazione più approfondita dell'acquisizione HV3 (per mezzo del *software* GeoexplorerHVSR).

Elaborazione preliminare

L'elaborazione è stata condotta suddividendo i segnali in finestre temporali della durata di 20 secondi, con sovrapposizione del 5%, lisciamento secondo il metodo di Konno & Omachi (costante=40%) e *taper* con funzione coseno (5%). Per l'elaborazione preliminare sono state considerate tutte le "finestre" temporali nella quali sono state suddivise le registrazioni.

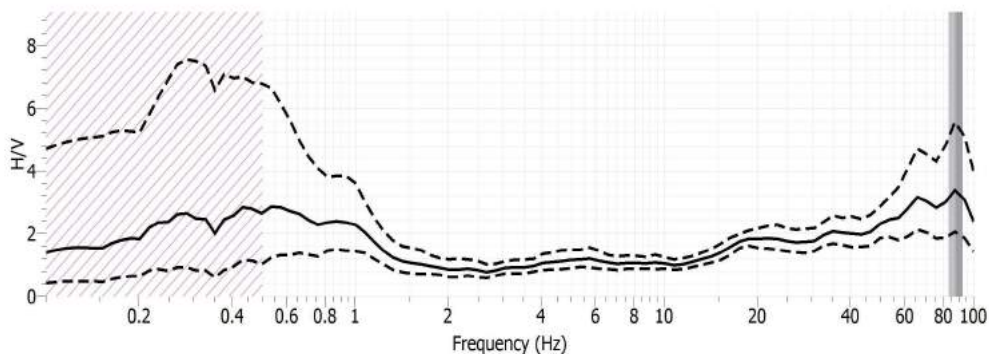


Figura 8a Andamento del rapporto H/V relativo alla registrazione HV1

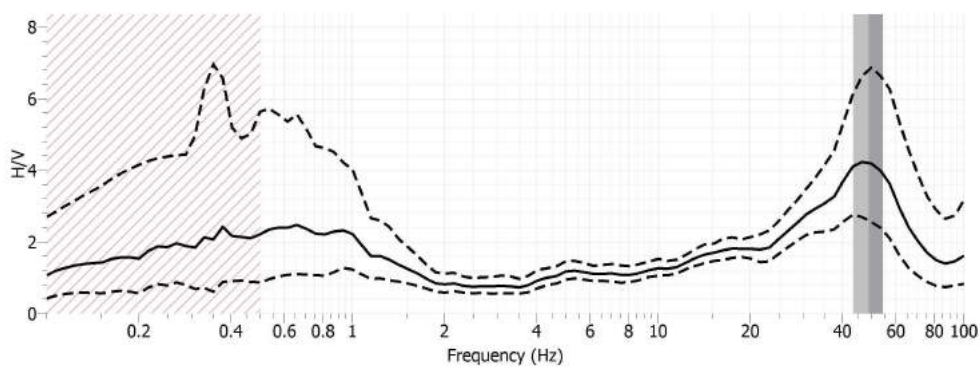


Figura 8b Andamento del rapporto H/V relativo alla registrazione HV2

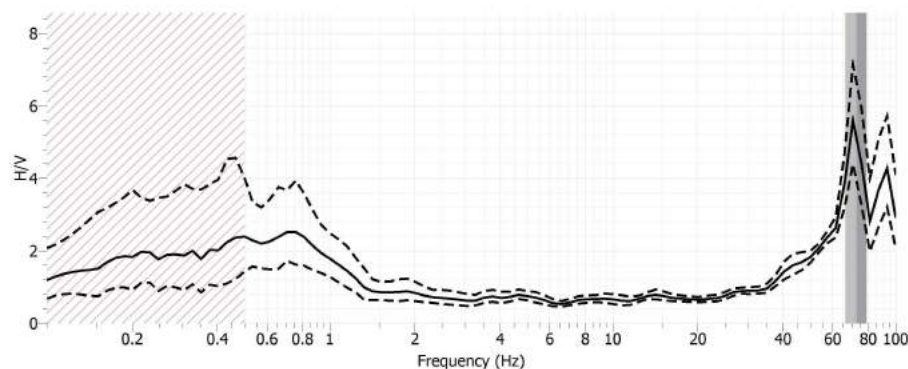


Figura 8c Andamento del rapporto H/V relativo alla registrazione HV3

I tre grafici (Figura 8), nel campo di frequenza di interesse, mostrano alcune analogie significative:

- Il valore del rapporto H/V si mantiene basso, intorno all'unità, nell'intervallo 1.5/25 Hz a suggerire l'assenza di contrasti di impedenza significativi nel sottosuolo a profondità che raggiungono diverse decine di m. Ciò tenuto anche conto dei risultati dell'indagine combinata MASW/ESAC e dei dati geologici e

geofisici disponibili;

- In HV3 si segnala un picco chiaro del rapporto HV attorno alla frequenza di circa 0.8 Hz che potrebbe essere indicativo di un contrasto di impedenza significativo di natura stratigrafica. In HV1 e HV2 alla medesima frequenza il valore del rapporto HV è evidentemente superiore a 2, ma il grafico più che definire un picco, si delinea con un andamento domiforme a coprire un intervallo di frequenza più ampio.
- In tutti e tre i grafici (Figure 8) sono presenti picchi molto pronunciati ad alta frequenza, qui non considerati perché al di fuori dell'intervallo di frequenze ingegneristiche e perché di probabile non natura stratigrafica (ovvero correlati a contrasti a profondità inferiori a quella di appoggio delle fondazioni).

Considerato che la registrazione HV3 ha messo meglio in evidenza un possibile contrasto d'impedenza di natura stratigrafica nel sottosuolo, è stata presa in considerazione per un'analisi, elaborazione e interpretazione più approfondite. A tale proposito è possibile azzardare una stima per difetto della profondità di tale contrasto d'impedenza attraverso la formulazione classica

$$H=V_s/4f$$

Nella quale H rappresenta lo spessore della copertura al di sopra del contrasto di impedenza, V_s è la velocità media delle onde S, sempre nello strato di copertura, ed f è la frequenza in corrispondenza della quale si ha il picco del rapporto HV (circa 0.8 Hz nel caso in esame).

Facendo riferimento al modello di profilo verticale di velocità ricavato per mezzo dell'indagine MASW/ESAC e facendo astrazione dei primi 10 m più superficiali, si può assumere un valore per V_s dell'ordine di 250 m/s, ricavando pertanto (approssimando i decimali)

$$H=250/(4*0.8) \text{ m} = 78 \text{ m}$$

Tenuto conto del fatto che con la profondità (anche per questioni di costipamento) dovrebbe aumentare la densità e la rigidezza dei terreni e quindi la velocità, è ragionevole supporre che il valore di $V_s=250$ m/s assunto come valore medio per la copertura fino al contrasto di impedenza, sia una stima per difetto, per cui anche il valore di 78 m dello spessore della copertura risulta sottostimato. I dati

geologici (sezione geologica 100 e dati geognostici consultabili sul sito web della Regione Emilia-Romagna) evidenzerebbero infatti che, nell'area in esame, alla profondità di circa 100-110 m passerebbe il limite tra le unità cartografiche AES7 e AES6 che a sua volta potrebbe essere riconosciuto come la superficie del contrasto d'impedenza corrispondente al picco di circa 0.8 Hz.

Elaborazione della registrazione HV3

Come già accennato, l'elaborazione è stata condotta per mezzo del software GeoexploreHVSr.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2018/08/24 17:07:55

Recording length: 20 min

Windows count: 40

Average windows length: 20

Signal coverage: 66.67%

Figura 9-Informazioni relative alla durata del segnale e ai parametri di elaborazione"

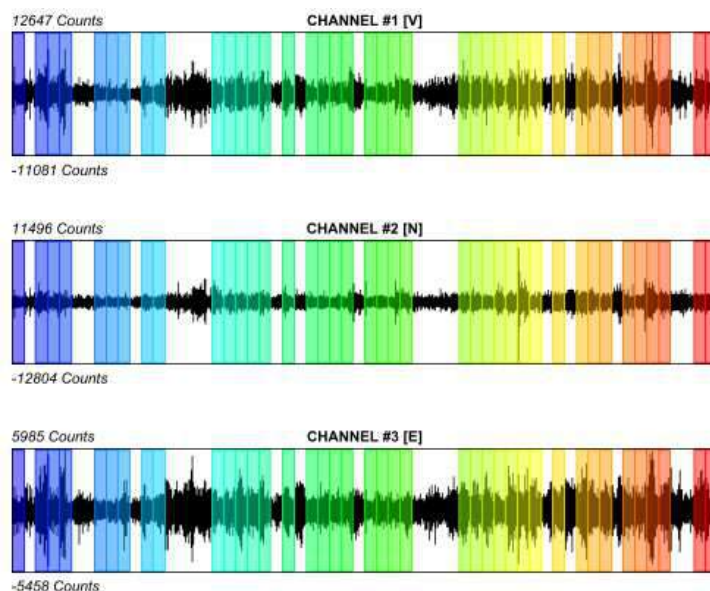


Figura 10-Tracce della registrazione HV3 e finestrazione: in alto la traccia a direzione verticale; al centro la traccia a direzione NS; in basso la traccia a direzione EW.

HVSr ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

HVSr average

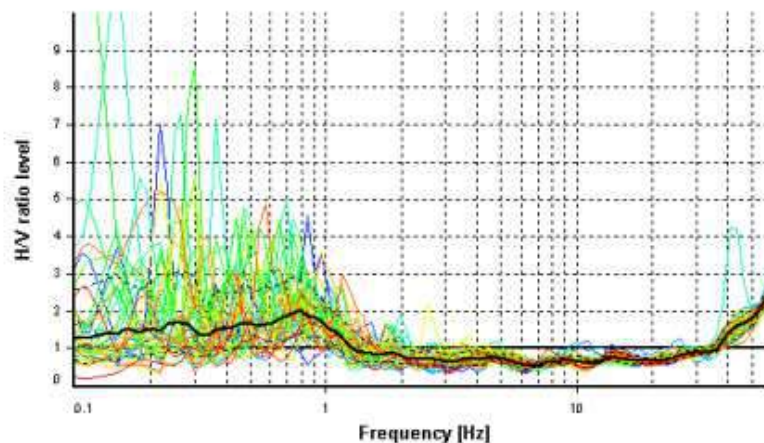


Figura 11– Grafico del rapporto HV medio (riga nera in grassetto) e grafici del rapporto HV relativi alle singole finestre temporali (linee colorate, cfr figura precedente).

Signal spectra average

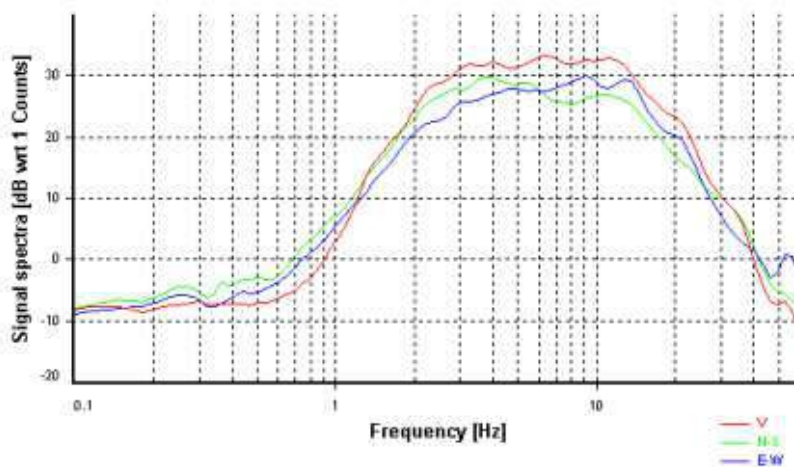


Figura 12-Spettri medi delle tre componenti (rosso-componente verticale; blu-componente EW; verde-componente-NS). È presente una forma così detta “a occhio” in corrispondenza della frequenza di picco a circa 0.7-0.8 Hz, con la componente verticale inferiore a quelle orizzontali, a suggerire la natura stratigrafica del contrasto d'impedenza. Poco sopra 1 Hz e fino a circa 40 Hz la componente verticale risulta maggiore di quelle orizzontali).

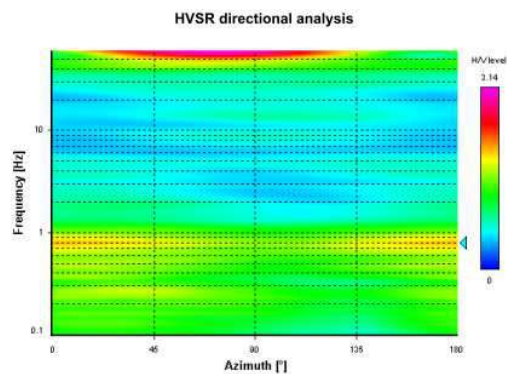


Figura 13- Diagramma della direzionalità del rapporto H/V

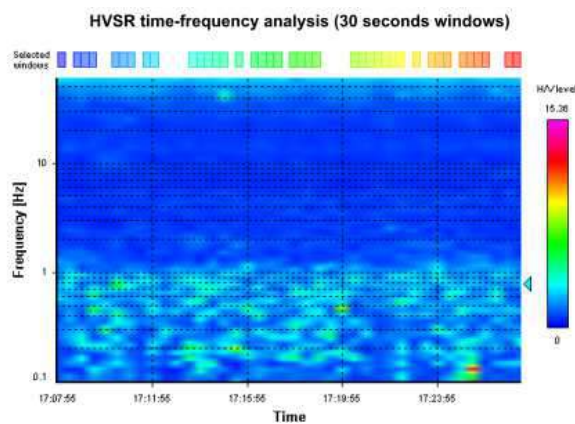


Figura 14 – Diagramma della persistenza temporale del rapporto H/V

Selected f_0 frequency
0.791 Hz
 A_0 amplitude = 2.005
Average $f_0 = 0.711 \pm 0.115$

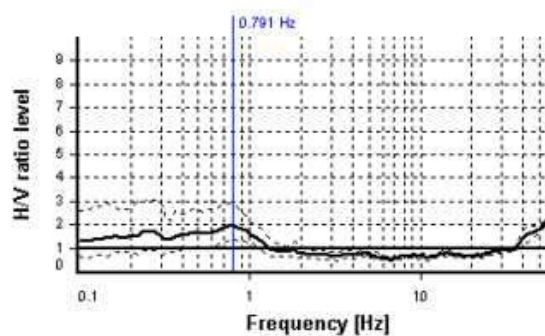


Figura 15-Grafico del rapporto spettrale H/V e suo intervallo di confidenza (picco a 0,79 Hz)

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_{10}$	40 valid windows (length > 12.65 s) out of 40	OK
$n_s(f_0) > 200$	632.53 > 200	OK
$\sigma_s(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 21	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0/2$	1.32582 Hz	OK
$A_0 > 2$	2 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_s(f)] = f_0 \pm 5\%$	6.26% > 5%	NO
$\sigma_s < 0.1(f_0)$	0.11506 < 0.1186	OK
$\sigma_s(f_0) < 0(f_0)$	1.41497 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Figura 16-Criteri SESAME.

Commento interpretativo ai risultati dell'elaborazione della registrazione HV3

L'elaborazione della registrazione HV3 suggerirebbe la presenza di un picco nel grafico HV di probabile origine stratigrafica all'incirca a 0.7-0.8 Hz (il punto a 0.79Hz selezionato nella Figura 15 si delinea su un intervallo di frequenza più che in un singolo punto) che non verifica appieno tutti i criteri di affidabilità del progetto SESAME, (Figura 16), come accade non infrequentemente con i picchi a bassa frequenza.

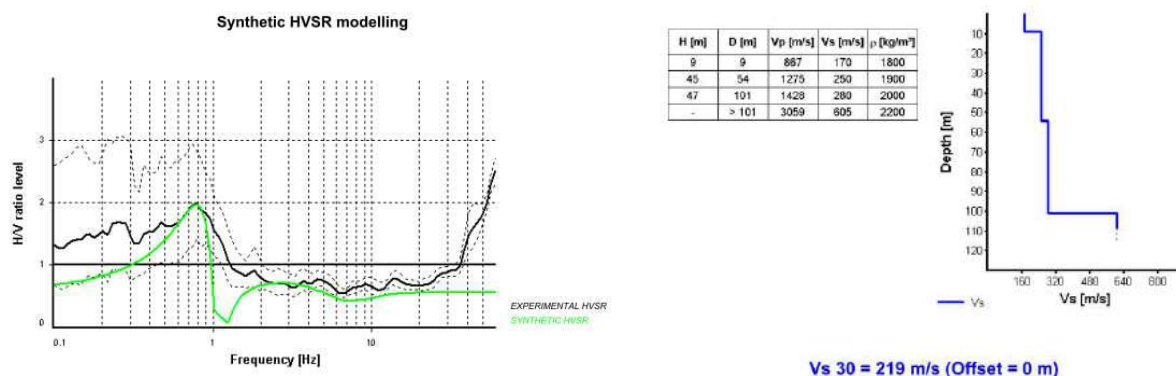


Figura 17-Modellazione della curva sintetica del rapporto HVSR (condizionata dal modello, semplificato, di velocità ricavato attraverso l'elaborazione/modellazione diretta dei risultati delle indagini sismica attiva/passiva (MASW/ESAC). L'interfaccia (contrasto d'impedenza) che darebbe luogo al picco nel grafico HV si posizionerebbe alla profondità di circa 101 m dal p.c.

La modellazione della curva sintetica HVSR (Figura 17) eseguita considerando vincolante il modello di velocità ricavato dall'indagine MASW/ESAC indicherebbe che l'interfaccia responsabile della generazione del picco HV a circa 0.79 Hz (probabilmente coincidente con la base del subsistema di Villa Verucchio (Figura 18) si porrebbe a una profondità di circa 101 m, coerentemente con la profondità di tale orizzonte riportata nella Sezione Geologica n. 100 visionabile sul sito web della

Regione Emilia-Romagna e riportata per estratto nella Figura 18.

Secondo il modello di velocità (Figura 17) la velocità V_s della sottostante unità (subsistema di Bazzano) risulterebbe dell'ordine di circa 600 m/s o superiore.

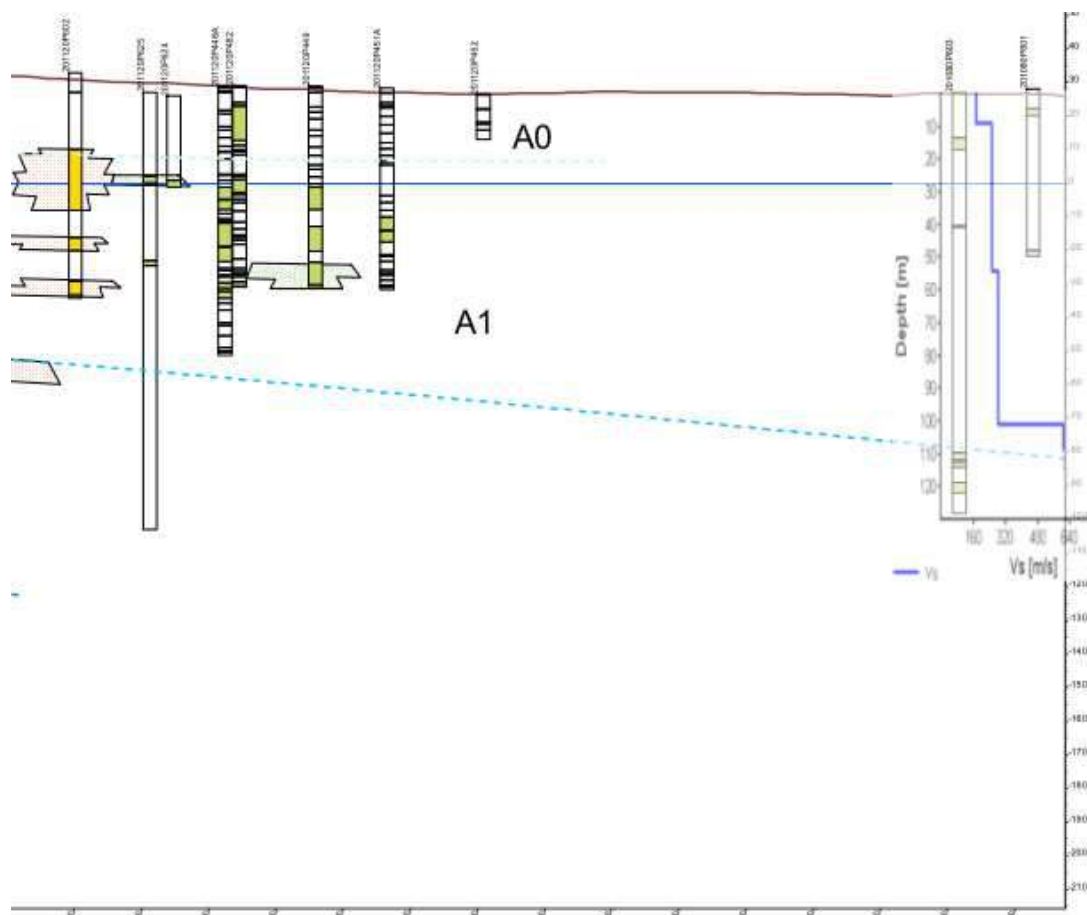


Figura 18-Estratto da Sezione Geologica n. 100 (da sito web cartografico della Regione Emilia-Romagna con modifiche e inserti grafici. La sezione presenta orientazione circa nord-sud con il nord a destra. È stato inserito il modello di velocità (in corrispondenza dell'ubicazione della scuola, che rispetto la traccia di sezione si trova qualche centinaio di m a est) ricavato dalla modellazione del rapporto HV (condizionata dal modello MASW/ESAC). La profondità del contrasto d'impedenza (101 m) è coerente con la profondità dell'interfaccia tra le unità AES7 e AES6 (indicata a poco meno di 110 m) qui rispettivamente identificate con le sigle A1 e A2 (riferite alle unità idrogeologiche regionali che con esse coincidono).

6-Conclusioni

Su incarico della ditta L.I.FE s.r.l. di Ferrara, sono state eseguite (in data 24 agosto 2018) a Bastiglia, in via dei Tintori, 29:

- un'acquisizione di sismica attiva (metodologia MASW) per mezzo di uno stendimento di geofoni lineare;
- un'acquisizione di sismica passiva (metodologia ESAC) per mezzo di uno stendimento di geofoni bidimensionale;
- tre acquisizioni di sismica passiva a stazione singola (metodologia HVSR).

L'elaborazione combinata delle registrazioni attive e di quelle passive in *array* ha permesso di definire un modello di profilo verticale di velocità (V_s) caratterizzato da un primo orizzonte superficiale a bassa velocità ($V_s \approx 160-170$ m/s) al quale segue una successione di terreni prevalentemente pelitici caratterizzati da $V_s \approx 240-250$ m/s fino oltre i 50 m dal p.c.

Il grafico del rapporto H/V, ottenuto dall'elaborazione delle misure passive a stazione singola, suggerisce l'esistenza di un picco alla frequenza di circa 0.7-0.8 Hz che può essere interpretato come di origine stratigrafica e verosimilmente correlato al limite di passaggio tra il subsistema di Villa Verucchio e il sottostante subsistema di Bazzano posizionato in zona a profondità dell'ordine dei 100-110 m (sezione di cui alla figura 18). A tal proposito il modello sintetico ricavato per modellizzazione del picco del grafico HV a 0.79 Hz (Figura 17), condizionato dal modello di velocità ottenuto per mezzo dell'indagine combinata MASW/ESAC, indicherebbe valori di V_s dell'ordine di 280 m/s a partire da circa 50 m di profondità fino al superficie di contrasto d'impedenza a circa 101 m dal p.c. (Figure 17 e 18). Il substrato (così detto bedrock light in questo caso), coincidente con il subsistema di Bazzano, presenterebbe valori di velocità V_s , secondo il modello, dell'ordine di 600 m/s (o probabilmente più alti scendendo a maggiore profondità).

Dal modello di profilo verticale di velocità (MASW/ESAC) si ricava il valore di V_{s30}

(par. 3.2.2. DM 17 gennaio 2018) pari a circa:

Vs30=201 m/s se calcolato a partire dal p.c.;

Vs30=203 m/s se calcolato a partire dalla quota di -1 m dal p.c.;

Vs30=209 m/s se calcolato a partire dalla quota di -2 m dal p.c.

Vignola, 27 agosto 2018

Il tecnico
Dott. Geol. Marco Capitani



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'Marco Capitani', written over a circular blue ink stamp. The stamp contains the text 'ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA', 'DOTT. MARCO CAPITANI', 'Emilia-Romagna', 'GEOLOGO', 'SE...', and 'N. 874 ALBO P.'.

LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchiab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA - UNI EN ISO 9001=
--	---

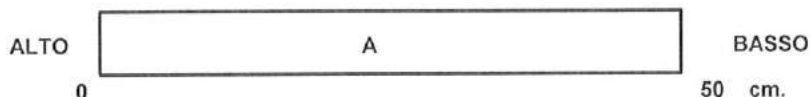
SCHEMA APERTURA CAMPIONE (Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: LIFE Srl
CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
DATA APERTURA : 06/09/2018

Verbale di accettazione n° 31 del 03/09/2018

SONDAGGIO: * CAMPIONE: sh1 PROF. 2.0-2.5 m.

TIPO DI CONTENITORE: fustella sacchetto cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		Prove di laboratorio eseguite (*)									
Livello	Descrizione litologica	P.P.	V.T.	Y	W	G	LA	Ed	PT	G.S.	TrCU
A	argilla grigio scuro poco consistenze con presenza sostanza organica	90	40	*	*	*		*		*	
B											

QUALITA' DEL CAMPIONE : SCADENTE ☐ DISCRETA ☐ BUONA ☒ ECCELLENTE ☐

LEGENDA PROVE:

Pocket penetrometrico	P.P. (kPa)	Peso di volume	Y	Limits of Atterberg	L A
Vane test	V.T. (kPa)	Peso specifico	G S	Edometria	Ed
Contenuto d'acqua	W	Granulometria	G	Prova di taglio	P T
Compressione E.L.L.	C	Permeabilità	K	Triassiale	T R

pagina 1 di 1

Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato di prova : 833
 Data emissione : 18/09/2018



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchiab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
---	--

SCHEDA APERTURA CAMPIONE (Norma A.S.T.M. D 2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: LIFE Srl
CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MO)
DATA APERTURA : 06/09/2018

Verbale n° 31 del 03/09/2018

SONDAGGIO:	*	CAMPIONE:	sh1	PROF.	2.0-2.5	m.
-------------------	---	------------------	-----	--------------	---------	-----------



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n°: 836 Data emissione : 18/09/2018
--	--	--



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare
prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

Committente : LIFE Srl
Cantiere : Edificio scolastico - Bastiglia

Data inizio prova : 14/09/2018

Sondaggio N°:

*

Campione:

sh1

Verbale accettazione n° 31 del 03/09/2018

Prof. mt:

2.0-2.5

CONTENUTO D'ACQUA (ASTM D 2216)

Massa terreno umido + tara (g)	339.28
Massa terreno secco + Tara (g)	262.29
Massa tara (g)	5.63
Contenuto d'acqua - W (%)	30.0

PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (ASTM D 2937)

Volume (cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	233.5
Massa tara (g)	73.82
Peso dell' unità di volume (γ) (g/cm ³)	1.839
(kN/m ³)	18.035

Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n°: 835

Data emissione : 18/09/2018



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI
CON IL METODO DEL PICNOMETRO (ASTM D 854)**

Committente : LIFE Srl
Cantiere : Edificio scolastico - Bastiglia

Data inizio prova : 14/09/2018

Verbale accettazione n° 31 del 03/09/2018

Sondaggio N°: *
Campione: sh1
Prof. mt: 2.0-2.5

Mat =	Massa del picnometro+acqua+ terra	153.230	g
	Temperatura dell'acqua	25.0	°C
Ma =	Massa del Picnometro + acqua	147.200	g
Mt =	Massa della terra secca	10.010	g
ρ_a =	Densità acqua distillata e disaerata	0.99927	g/cm ³

(Peso Specifico) = $\rho_s = \frac{Mt}{(Ma+Mt-Mat)} \cdot \rho_a$	2.513	g/cm ³
	24.647	kN/m ³

Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 836

Data emissione : 18/09/2018



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
norma ASTM D 422 - AGI 1994

Committente :

LIFE Srl

Cantiere :

Edificio scolastico - Bastiglia

Data inizio prova : 14/09/2018

Sondaggio N°:

*

Campione:

sh1

Verbale accettazione n° 31 del 03/09/2018

Prof. mt:

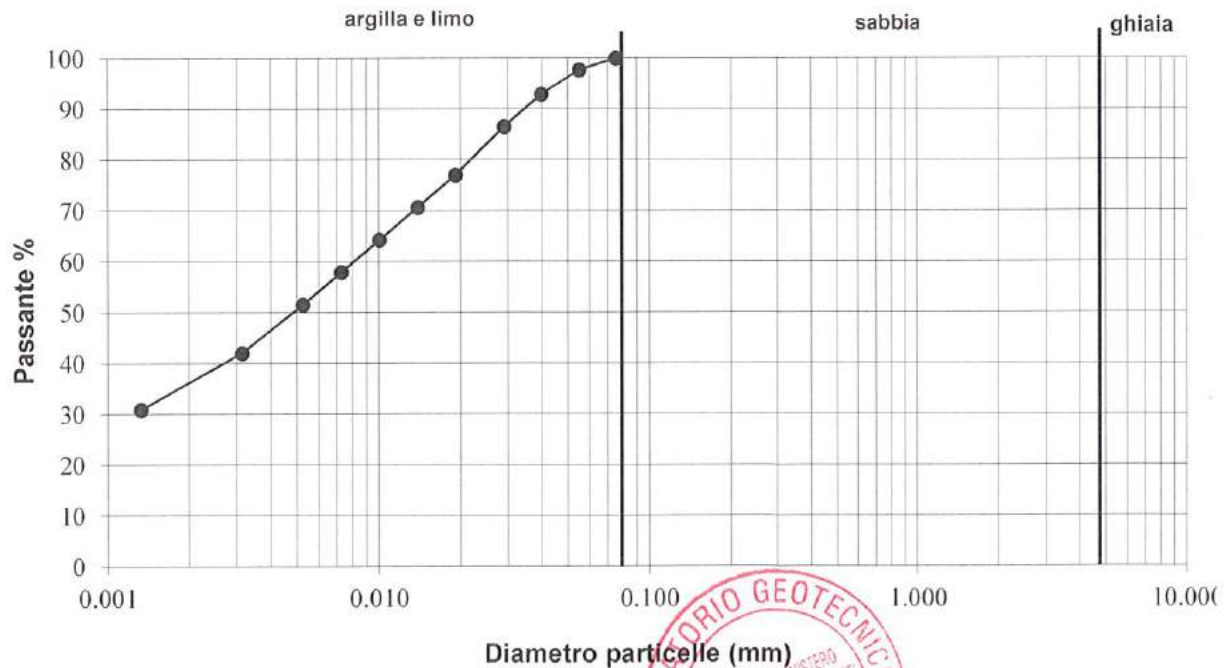
2.0-2.5

Diametro (mm)	Passante (%)
0.075	100.00
0.0550	97.67
0.0398	92.88
0.0290	86.50
0.0191	76.95
0.0139	70.58
0.0100	64.20
0.0073	57.83
0.0053	51.47
0.0031	41.93
0.0013	30.80

Classificazione secondo norma ASTM D 2488 - 84

Ghiaia	(>4.75mm)	:	0%
Sabbia	(4.76-0.075mm)	:	0%
Limo e Argilla	(< 0.075mm)	:	100%

trattenuto allo 0.075 mm : 0%



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Antonio Mucchi	Certificato n°: 832
		Data emissione : 18/09/2018

LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare
prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

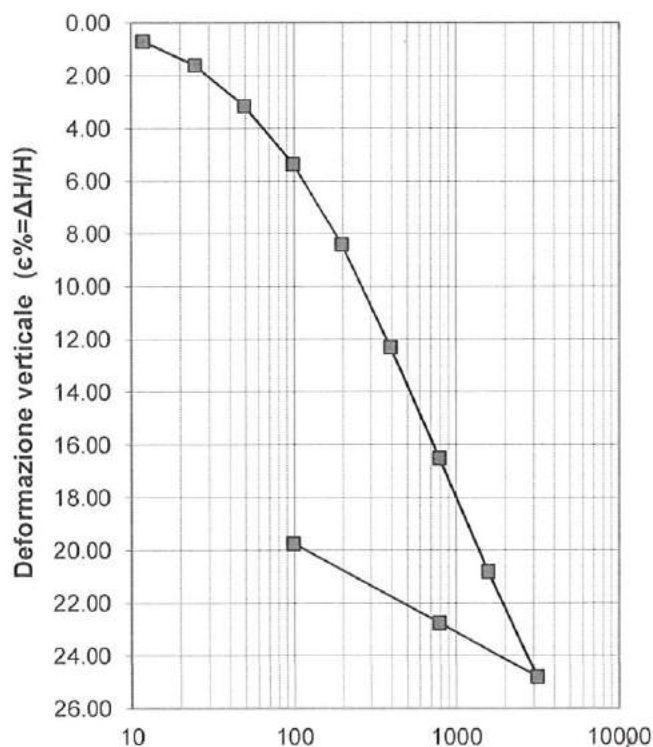
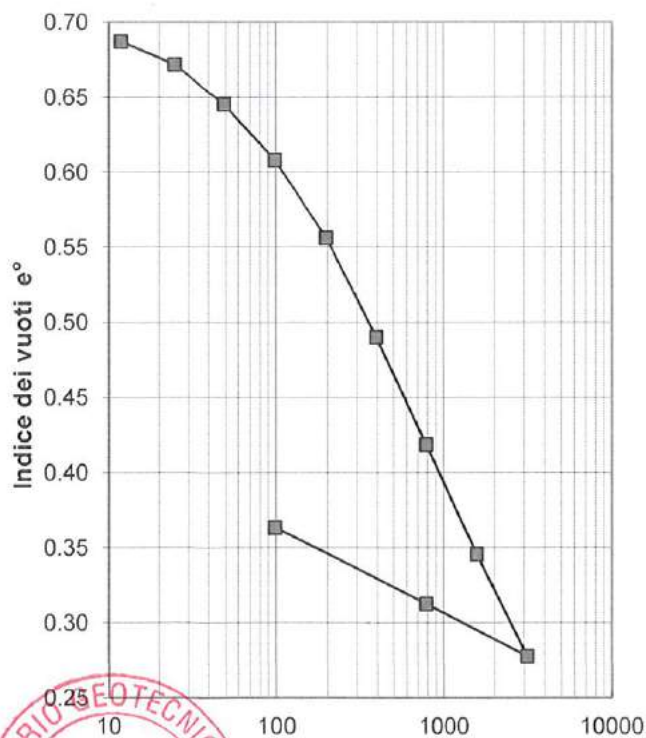
Committente : LIFE Srl
Cantierte : Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
Data inizio prova : 06/09/2018
Verbale accettazione: 31 del 03/09/2018

Sondaggio: *
Campione: sh1
Prof.(m): 2.0-2.5

σ_v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ϵ % def. verticale	e° indice vuoti	M_o (kPa) modulo edometrico
11.768	.14	.70	.687	
24.518	.32	1.60	.672	1417
49.035	.63	3.15	.645	1582
98.070	1.07	5.35	.608	2229
196.140	1.68	8.40	.556	3215
392.280	2.46	12.30	.490	5029
784.560	3.30	16.50	.419	9340
1569.120	4.16	20.80	.346	18246
3138.240	4.96	24.80	.278	
784.560	4.55	22.75	.312	
98.070	3.95	19.75	.363	

Natura del campione : argilla grigio scura
Peso dell'unità di volume : (kN/m^3)
Peso di volume del terreno secco : (kN/m^3)
Contenuto d'acqua naturale : (%)
Peso specifico dei granuli : (kN/m^3)
Indice dei vuoti inizio prova : (e°)

18.85
14.50
30.0
24.64
.699

Tensione verticale - σ_v log (kPa)Tensione verticale - σ_v log (kPa)

Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 838
Data emissione : 18/09/2018

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: LIFE Srl
 CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
 DATA: 06/09/2018
 Verbale accettazione n°: 31 del : 03/09/2018

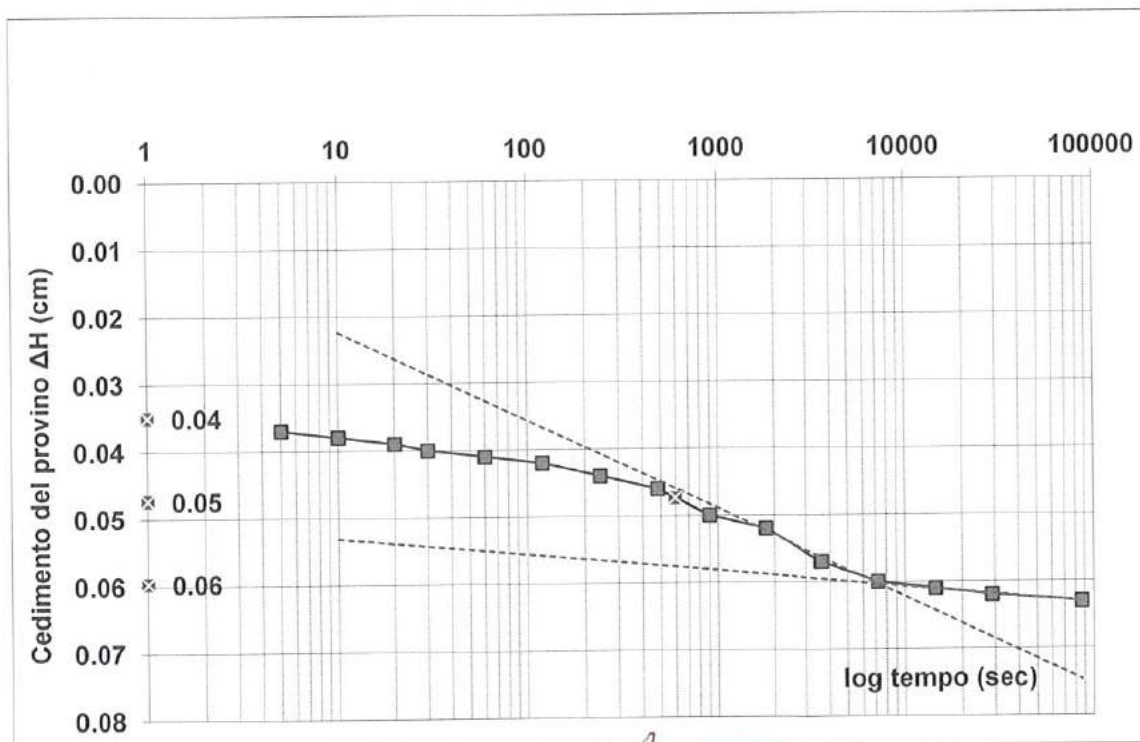
Sondaggio: *
 Campione: sh1
 Prof(m): 2.0-2.5

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura

Tensione verticale efficace (kPa) : 49.035
 Cv (cmq/sec): 3.33E-04
 C alfa 1.26E-05
 t50 (sec) 592
 Permeabilità (cm/sec) 2.89E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.035
5	0.035
10	0.037
20	0.038
30	0.039
60	0.040
120	0.041
240	0.042
480	0.044
900	0.046
1800	0.050
3600	0.052
7200	0.057
14400	0.060
28800	0.061
86400	0.062

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 737
 Data emissione : 18/09/2018



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: LIFE Srl
CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
DATA: 06/09/2018
Verbale accettazione n°: 31 **del:** 03/09/2018

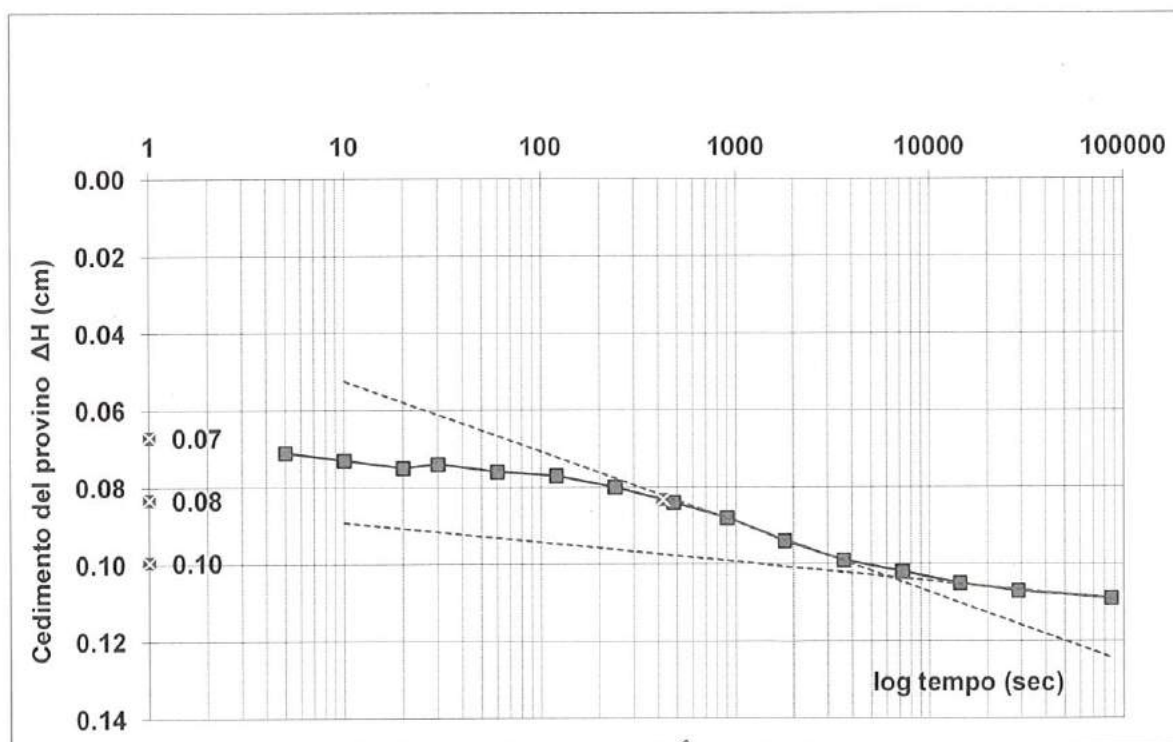
Sondaggio: *
Campione: sh1
Prof(m): 2.0-2.5

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura

Tensione verticale efficace (kPa): 98.07
Cv (cmq/sec): 4.67E-04
C alfa 2.53E-05
t50 (sec) 422
Permeabilità (cm/sec) 2.14662E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.071
5	0.071
10	0.073
20	0.075
30	0.074
60	0.076
120	0.077
240	0.080
480	0.084
900	0.088
1800	0.094
3600	0.099
7200	0.102
14400	0.105
28800	0.107
86400	0.109

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n°: 838
Data emissione: 18/09/2018



PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: LIFE Srl
 CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
 DATA: 06/09/2018
 Verbale accettazione n°: 31 del : 03/09/2018

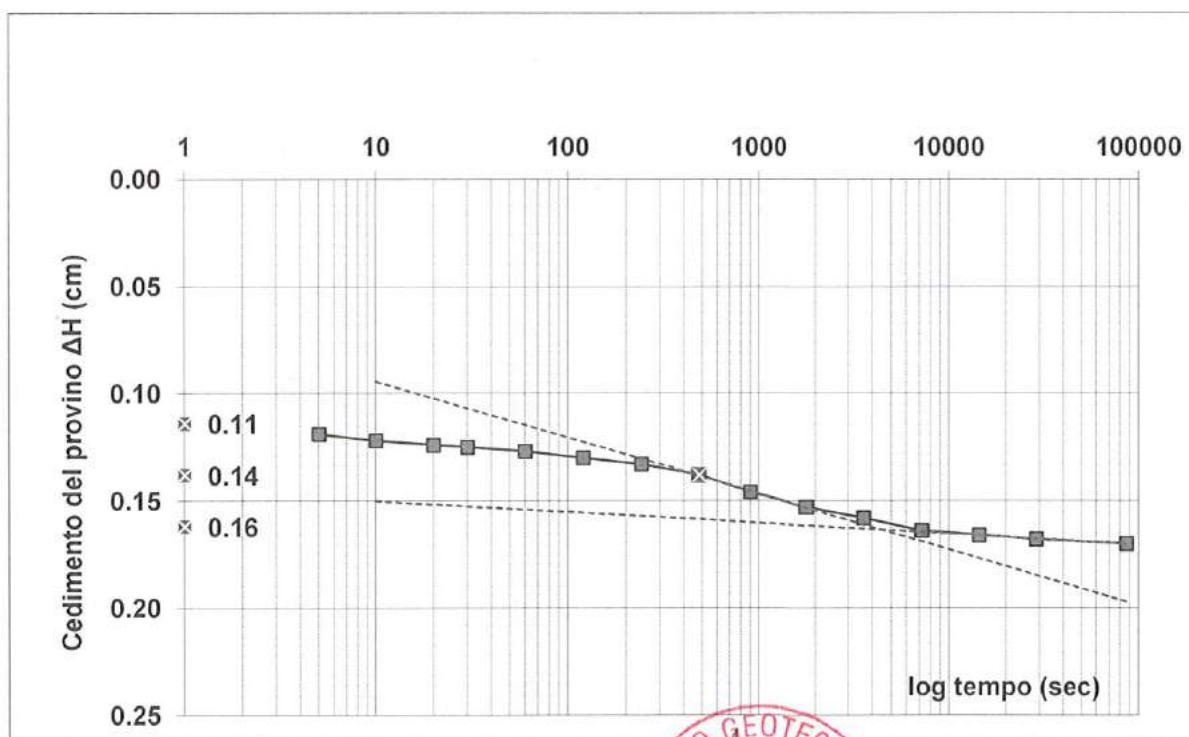
Sondaggio: *
 Campione: sh1
 Prof(m): 2.0-2.5

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura

Tensione verticale efficace (kPa) : 196.14
 Cv (cmq/sec): 4.08E-04
 C alfa 2.53E-05
 t50 (sec) 482
 Permeabilità (cm/sec) 1.24413E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.116
5	0.119
10	0.122
20	0.124
30	0.125
60	0.127
120	0.130
240	0.133
480	0.138
900	0.146
1800	0.153
3600	0.158
7200	0.164
14400	0.166
28800	0.168
86400	0.170

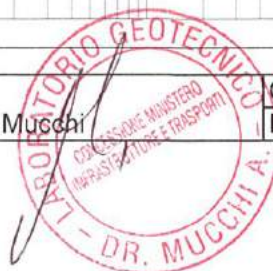
DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 838
 Data emissione : 18/09/2018



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema
di gestione per la
qualità certificato da
KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

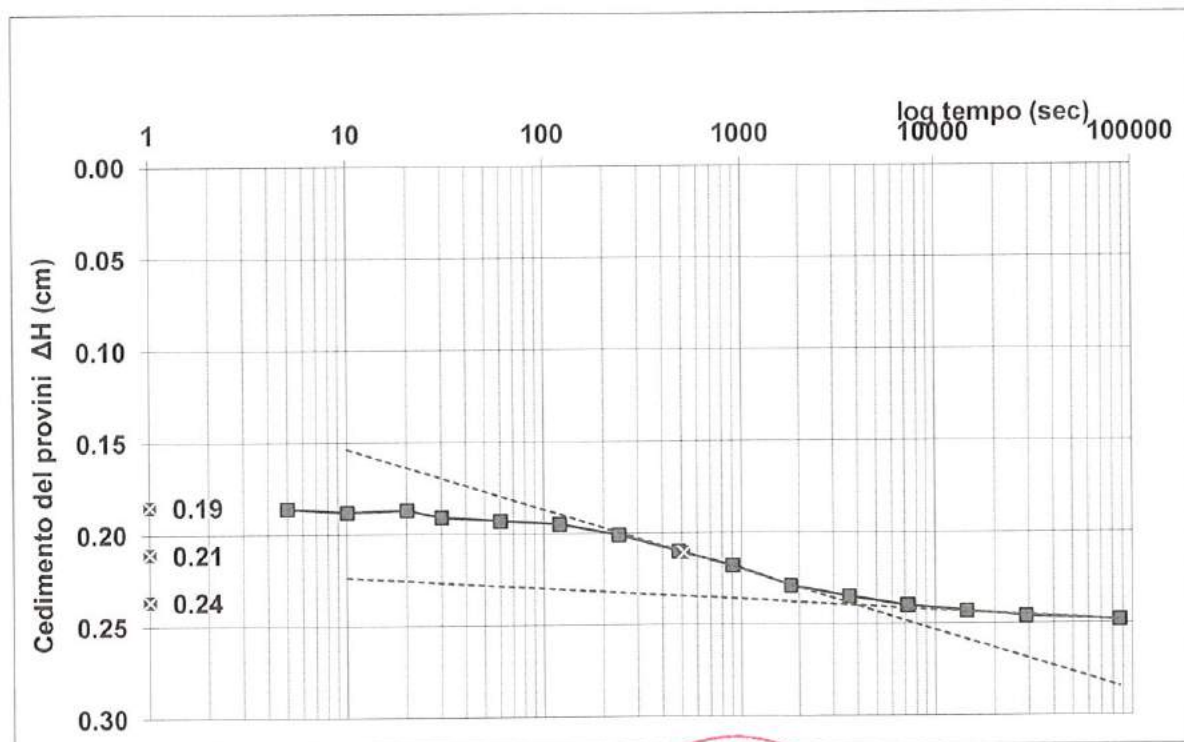
COMMITTENTE: LIFE Srl
CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
DATA: 06/09/2018
Verbale accettazione n°: 31 del :
03/09/2018

Sondaggio: *
Campione: sh1
Prof(m): 2.0-2.5

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28
Cv (cmq/sec): 3.84E-04
C alfa 3.11E-05
t50 (sec) 511
Permeabilità (cm/sec) 7.48571E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.185
5	0.186
10	0.188
20	0.187
30	0.191
60	0.193
120	0.195
240	0.201
480	0.210
900	0.218
1800	0.229
3600	0.235
7200	0.240
14400	0.243
28800	0.246
86400	0.248

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)

Sperimentatore
Dr. Malaguti D.

Il Direttore
Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 838
Data emissione : 18/09/2018



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare
prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:

LIFE Srl

CANTIERE:

Edificio scolastico - Bastiglia (MN)

DATA:

06/09/2018

Verbale accettazione n°:

31

del :

03/09/2018

Sondaggio:

*

Campione:

sh1

Prof(m):

2.0-2.5

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura

Tensione verticale efficace (kPa) :

784.56

Cv (cmq/sec):

4.27E-04

C alfa

4.38E-05

t50 (sec)

459

Permeabilità (cm/sec)

4.534E-09

Tempo

(sec)

 ΔH

(cm)

0 0.255

5 0.258

10 0.259

20 0.262

30 0.265

60 0.268

120 0.274

240 0.280

480 0.288

900 0.298

1800 0.310

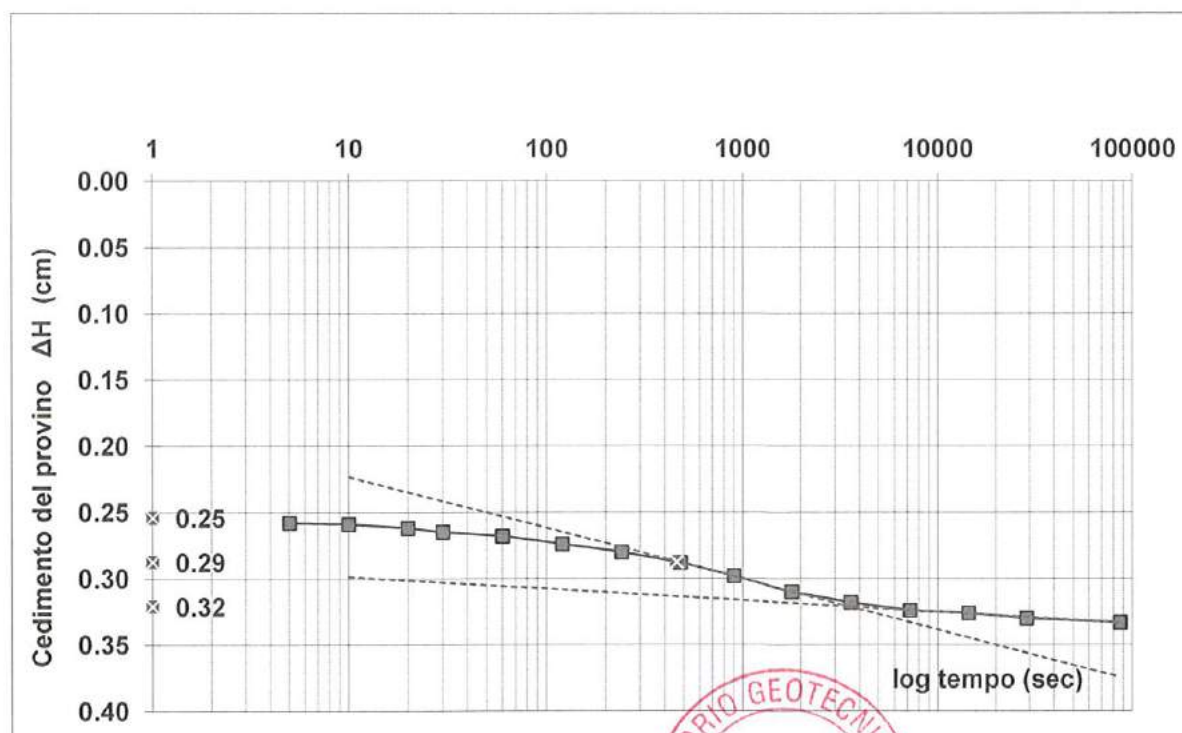
3600 0.318

7200 0.324

14400 0.326

28800 0.330

86400 0.333

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)

Sperimentatore

Dr. Malaguti D.

Il Direttore

Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° :

838

Data emissione : 18/09/2018

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE: LIFE Srl
 CANTIERE: Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
 DATA: 06/09/2018
 Verbale accettazione n°: 31 del : 03/09/2018

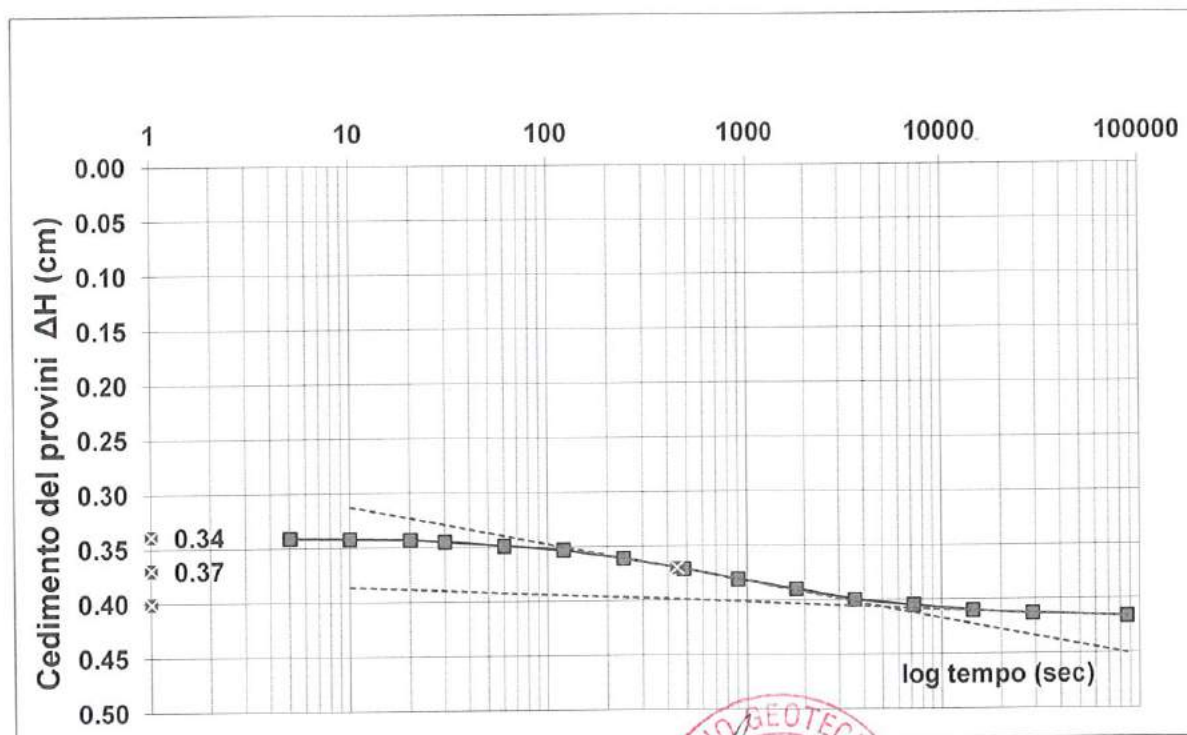
Sondaggio: *
 Campione: sh1
 Prof(m): 2.0-2.5

NATURA DEL CAMPIONE: argilla grigio scura

Tensione verticale efficace (kPa) : 1569.12
 Cv (cmq/sec): 4.41E-04
 C alfa 3.80E-05
 t50 (sec) 443
 Permeabilità (cm/sec) 2.289E-09

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.339
5	0.341
10	0.342
20	0.343
30	0.345
60	0.349
120	0.353
240	0.361
480	0.371
900	0.381
1800	0.390
3600	0.400
7200	0.405
14400	0.410
28800	0.413
86400	0.416

DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPO (Metodo Casagrande)



Sperimentatore
 Dr. Malaguti D.

Il Direttore
 Dr. Geol. Antonio Mucchi

Certificato n° : 838
 Data emissione : 18/09/2018

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U. (raccomandazioni AGI 1994)

Committente : LIFE Srl
 Cantiere : Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
 Data inizio prova : 09/09/2018

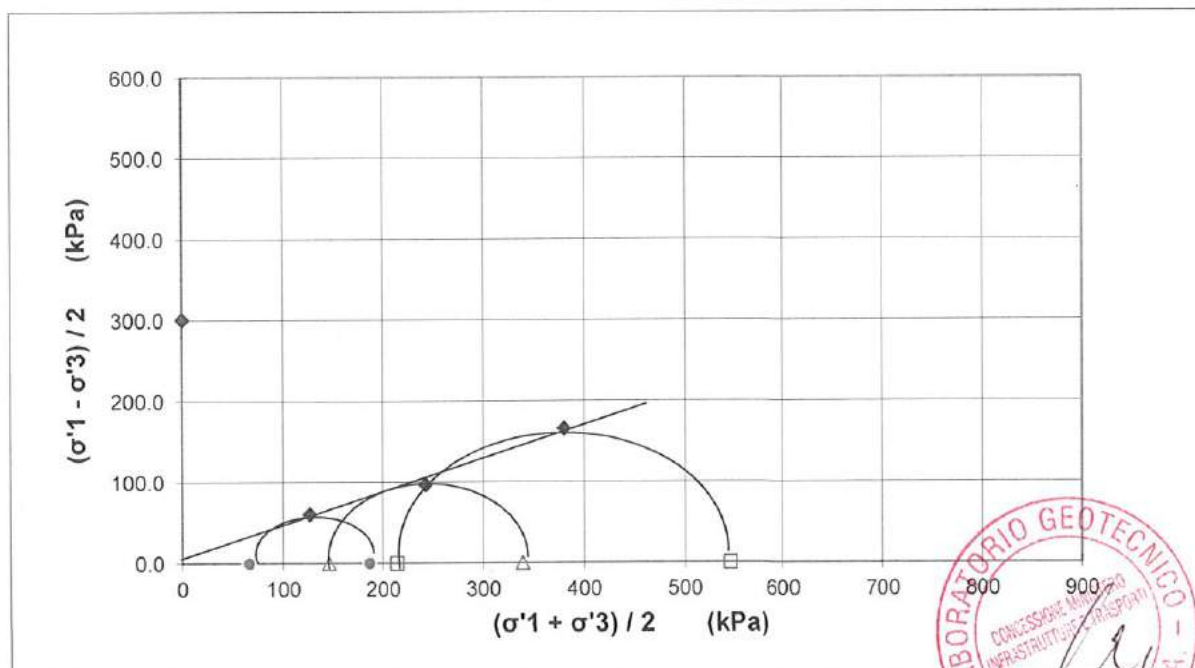
Sondaggio: *
 Campione: sh1
 Prof. m: 2.0-2.5

Natura del campione : argilla grigio scura

COESIONE EFFICACIE (kPa) :
 ANGOLO D'ATTRITO (° sess) :

3.07
 23

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma'_1 - \sigma'_3) / 2$ (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	126.203	60.233	100
2	242.469	96.604	200
3	379.740	165.728	300



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

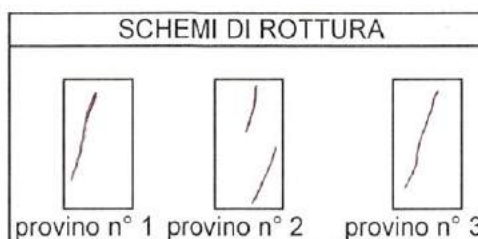
LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i>	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
---	---

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U. (raccomandazioni AGI 1994)

Committente :	LIFE Srl	Sondaggio:	*
Cantiere :	Edificio scolastico - Bastiglia (MN)	Campione:	sh1
Data inizio prova :	09/09/2018	Prof. m:	2.0-2.5
Verbale accettazione n°:	31		
del :	03/09/2018		

DECRIZIONE DEL CAMPIONE : argilla grigio scura

Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino : (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino : (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino : (cm ²)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione : (cm ³)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione : (cm ³)	84.61	83.54	82.41
Peso specifico dei granuli : (kN/m ³)	24.64	24.64	24.64
Peso dell'unità di volume : (kN/m ³)	18.259	18.365	18.282
Peso dell'unità di volume del terreno secco(kN/m ³)	14.046	14.115	14.056
Contenuto d'acqua : (W%)	30.00	30.11	30.06
Pressione in cella : (kPa)	300	400	500
Contropressione (Back Pressure) : (kPa)	200	200	200
Parametro di Skempton (B) :	0.93	0.94	0.91
Velocità di deformazione : (mm/min)	0.009	0.009	0.009



Sperimentatore Dr. Malaguti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Certificato n° : 838
		Data emissione : 18/09/18

pagina 1di 5



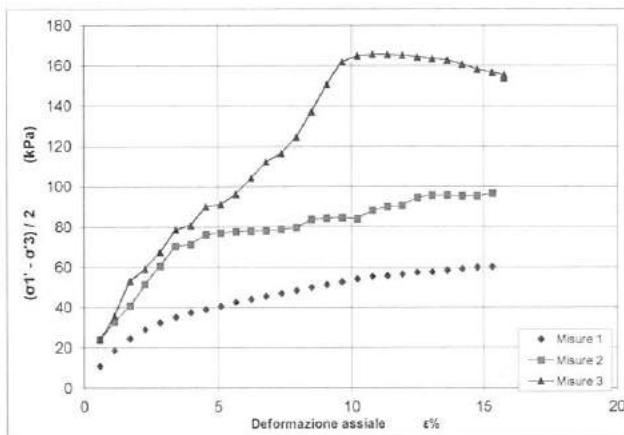
LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio MucchiVia Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=Committente : LIFE Srl
Cantiere : Edificio scolastico - Bastiglia (MN)
Data inizio prova : 09/09/2018Sondaggio: *
Campione: sh1
Prof. m: 2.0-2.5Verbale accettazione n°: 31
del : 03/09/2018**PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U. (raccomandazioni AGI 1994)**

DIAGRAMMA SFORZO TANGENZIALE - DEFORMAZIONI

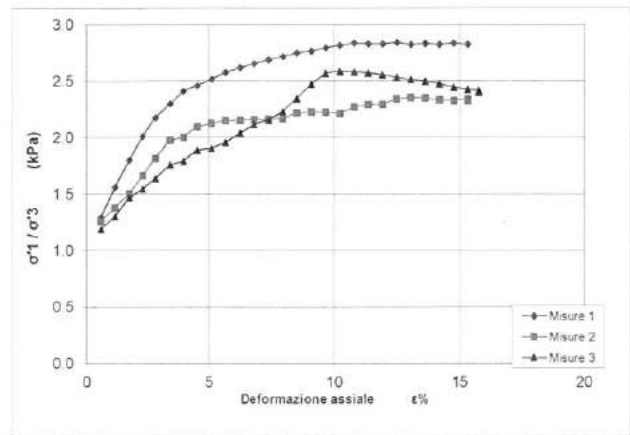
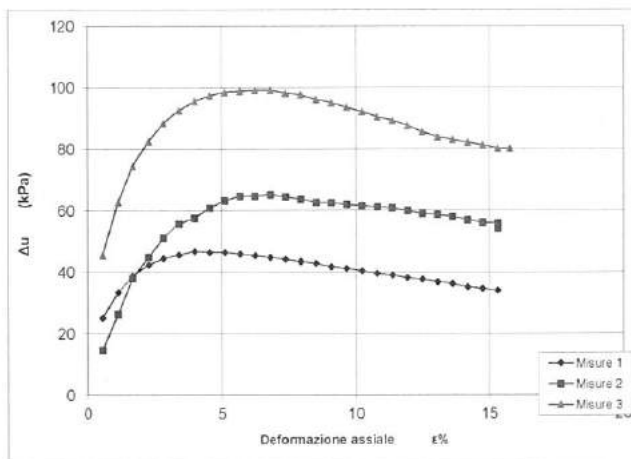
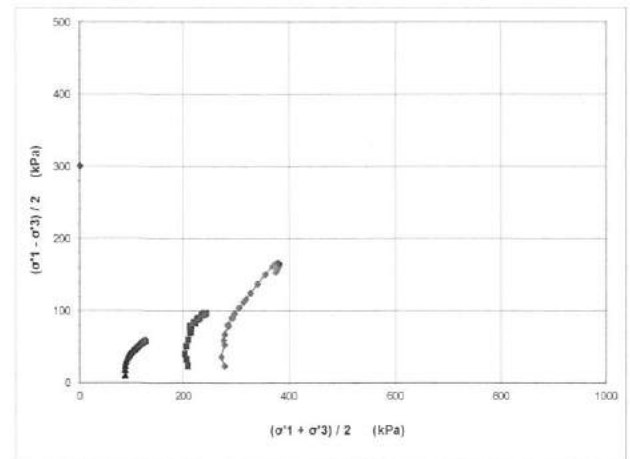
DIAGRAMMA DEL RAPPORTO (σ'_1 / σ'_3) - DEFORMAZIONI ASSIALI

DIAGRAMMA PRESSIONI INTERSTIZIALI - DEFORMAZIONI ASSIALI



PERCORSO DI CARICO IN TENSIONI EFFICACI

Sperimentatore
Dr. Malaguti D.Il Direttore
Dr. Geol. Mucchi Antonio

Certificato n° :

Data emissione :

837

18/09/18

pagina 2 di 5



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
 gestione per la qualità
 certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

Committente : LIFE Srl Sondaggio : *
 Cantiere : Edificio scolastico - Bastiglia (MN) Campione : sh1
 Data inizio prova : 09/09/2018 Prof. (mt.) : 2.0-2.5
 Verbale di accettazione: 31 Del : 03/09/2018

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U. norma AGI 1994

ε	A	$\sigma_1 - \sigma_3$	Δu	σ'_1 / σ'_3	$(\sigma'_1 - \sigma'_3) / 2$	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$	$\sigma_c = \sigma_3$
%	m ²	(kPa)	(kPa)	(kPa)	raggio (kPa)	centro (kPa)	(kPa)
0.6	0.001146	21.80	25.20	1.29	10.90	85.70	100
1.1	0.001153	37.35	33.44	1.56	18.68	85.23	100
1.7	0.001159	49.12	38.74	1.80	24.56	85.82	100
2.3	0.001166	58.38	42.37	2.01	29.19	86.82	100
2.8	0.001172	65.17	44.52	2.17	32.58	88.06	100
3.4	0.001179	70.70	45.60	2.30	35.35	89.75	100
4.0	0.001185	75.01	46.78	2.41	37.50	90.72	100
4.5	0.001192	78.10	46.49	2.46	39.05	92.56	100
5.1	0.001198	81.15	46.49	2.52	40.58	94.09	100
5.7	0.001205	85.33	45.90	2.58	42.66	96.77	100
6.2	0.001211	88.31	45.41	2.62	44.16	98.75	100
6.8	0.001218	91.27	44.82	2.65	45.63	100.82	100
7.4	0.001224	94.19	44.23	2.69	47.10	102.87	100
7.9	0.001230	97.08	43.45	2.72	48.54	105.10	100
8.5	0.001237	99.95	42.86	2.75	49.97	107.12	100
9.1	0.001243	102.78	41.78	2.77	51.39	109.61	100
9.6	0.001250	105.57	41.19	2.80	52.79	111.60	100
10.2	0.001256	108.35	40.40	2.82	54.17	113.77	100
10.8	0.001263	111.09	39.52	2.84	55.55	116.02	100
11.3	0.001269	111.63	39.03	2.83	55.81	116.78	100
11.9	0.001276	113.24	38.15	2.83	56.62	118.47	100
12.5	0.001282	114.83	37.66	2.84	57.41	119.76	100
13.0	0.001289	115.33	36.78	2.82	57.67	120.89	100
13.6	0.001295	116.90	36.19	2.83	58.45	122.26	100
14.2	0.001302	118.46	35.11	2.83	59.23	124.12	100
14.7	0.001308	120.00	34.62	2.84	60.00	125.38	100
15.3	0.001315	120.47	34.03	2.83	60.23	126.20	100
15.3	0.001315	120.47	34.03	2.83	60.23	126.20	100
15.3	0.001315	120.47	34.03	2.83	60.23	126.20	100
15.3	0.001315	120.47	34.03	2.83	60.23	126.20	100

Provino n° 1

Sperimentatore Il Direttore
 Dr. Malaguti D. Dr. Geol. Mucchi Antonio

Certificato n° : 831
 Data emissione : 18/09/18

E = deformazione assiale
 A = area del provino
 G1 - G3 = tensione verticale totale
 Du = Pressione interstriziale

G1' = tensione verticale efficace
 G3' = tensione orizzontale efficace
 gc = g3 pressione di consolidazione

pagina 3 di 5

Committente :	LIFE Srl	Sondaggio :	*
Cantiere :	Edificio scolastico - Bastiglia (MN)	Campione :	sh1
Data inizio prova :	09/09/2018	Prof. (mt.) :	2.0-2.5

Verbale di accettazione: 31 Del: 03/09/2018

ε	A	$\sigma_1 - \sigma_3$	Δu	σ'_1 / σ'_3	$(\sigma'_1 - \sigma'_3) / 2$	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$	$\sigma_c = \sigma_3$
%	m ²	(kPa)	(kPa)	(kPa)	raggio (kPa)	centro (kPa)	(kPa)
0.6	0.001146	47.91	14.61	1.26	23.96	209.34	200
1.1	0.001153	66.05	26.38	1.38	33.03	206.64	200
1.7	0.001159	81.53	37.95	1.50	40.77	202.81	200
2.3	0.001166	102.80	44.92	1.66	51.40	206.48	200
2.8	0.001172	121.40	51.09	1.82	60.70	209.61	200
3.4	0.001179	141.00	55.70	1.98	70.50	214.80	200
4.0	0.001185	142.65	57.67	2.00	71.32	213.66	200
4.5	0.001192	152.50	60.90	2.10	76.25	215.35	200
5.1	0.001198	154.06	63.26	2.13	77.03	213.77	200
5.7	0.001205	155.60	64.73	2.15	77.80	213.07	200
6.2	0.001211	155.94	64.73	2.15	77.97	213.25	200
6.8	0.001218	156.29	65.22	2.16	78.15	212.93	200
7.4	0.001224	157.80	64.53	2.16	78.90	214.37	200
7.9	0.001230	159.29	63.75	2.17	79.64	215.90	200
8.5	0.001237	167.54	62.76	2.22	83.77	221.01	200
9.1	0.001243	168.97	62.57	2.23	84.48	221.92	200
9.6	0.001250	169.23	61.98	2.23	84.62	222.64	200
10.2	0.001256	168.36	61.59	2.22	84.18	222.59	200
10.8	0.001263	176.40	61.20	2.27	88.20	227.00	200
11.3	0.001269	180.00	60.80	2.29	90.00	229.20	200
11.9	0.001276	181.32	60.02	2.30	90.66	230.64	200
12.5	0.001282	189.17	59.04	2.34	94.59	235.55	200
13.0	0.001289	191.54	58.65	2.36	95.77	237.13	200
13.6	0.001295	191.69	58.06	2.35	95.85	237.79	200
14.2	0.001302	190.74	56.98	2.33	95.37	238.39	200
14.7	0.001308	190.89	56.10	2.33	95.44	239.35	200
15.3	0.001315	193.21	55.90	2.34	96.60	240.70	200
15.3	0.001315	193.21	55.12	2.33	96.60	241.49	200
15.3	0.001315	193.21	54.92	2.33	96.60	241.68	200
15.3	0.001315	193.21	54.13	2.32	96.60	242.47	200

Provino n°2

Sperimentatore Dr. Malaquti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio
-----------------------------------	--

Certificato n° :	834
Data emissione :	18/04/18



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol.Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it
 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e
 certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
 gestione per la qualità
 certificato da KIWA
 =UNI EN ISO 9001=

Committente : LIFE Srl Sondaggio : *
 Cantiere : Edificio scolastico - Bastiglia (MN) Campione : sh1
 Data inizio prova : 09/09/2018 Prof. (mt.) : 2.0-2.5

Verbale di accettazione: 31 Del : 03/09/2018

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U. - norma AGI 1994

ε %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma'_1 - \sigma'_3) / 2$ raggio (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ centro (kPa)	$\sigma_c = \sigma_3$ (kPa)
0.57	0.00115	48.01	45.50	1.19	24.01	278.50	300
1.13	0.00115	71.63	62.76	1.30	35.82	273.05	300
1.70	0.00116	106.22	74.44	1.47	53.11	278.67	300
2.27	0.00117	118.57	82.48	1.55	59.28	276.81	300
2.83	0.00117	134.78	88.46	1.64	67.39	278.93	300
3.40	0.00118	157.27	92.48	1.76	78.63	286.15	300
3.97	0.00119	161.73	95.62	1.79	80.86	285.25	300
4.54	0.00119	180.13	97.38	1.89	90.07	292.68	300
5.10	0.00120	182.59	98.56	1.91	91.30	292.74	300
5.67	0.00120	192.55	98.85	1.96	96.28	297.42	300
6.24	0.00121	208.69	99.15	2.04	104.35	305.20	300
6.80	0.00122	224.64	99.15	2.12	112.32	313.17	300
7.37	0.00122	233.23	98.27	2.16	116.62	318.35	300
7.94	0.00123	249.14	97.68	2.23	124.57	326.89	300
8.50	0.00124	274.40	96.21	2.35	137.20	340.99	300
9.07	0.00124	301.76	95.13	2.47	150.88	355.75	300
9.64	0.00125	323.74	93.66	2.57	161.87	368.21	300
10.20	0.00126	329.81	92.19	2.59	164.90	372.72	300
10.77	0.00126	331.46	90.52	2.58	165.73	375.21	300
11.34	0.00127	331.31	89.34	2.57	165.66	376.32	300
11.91	0.00128	330.56	87.67	2.56	165.28	377.60	300
12.47	0.00128	328.89	85.62	2.53	164.45	378.83	300
13.04	0.00129	327.24	83.95	2.51	163.62	379.67	300
13.61	0.00130	325.61	83.07	2.50	162.80	379.74	300
14.17	0.00130	321.58	82.18	2.48	160.79	378.61	300
14.74	0.00131	316.39	81.30	2.45	158.20	376.90	300
15.31	0.00131	313.35	80.22	2.43	156.67	376.45	300
15.75	0.00132	311.26	80.22	2.42	155.63	375.41	300
15.75	0.00132	309.18	80.22	2.41	154.59	374.37	300
15.75	0.00132	307.69	80.22	2.40	153.85	373.63	300

Provino n°3

Sperimentatore Il Direttore
 Dr. Malaguti D. Dr. Geol. Mucchi Antonio

Certificato n° : 839
 Data emissione : 18/09/18

