



## COMUNE DI VICENZA

Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni  
Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio  
Piazza Biade, 26 - 36100 - VICENZA

### ***PALAZZO CHIERICATI ALA '800***

*RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ALA OTTOCENTESCA DI  
PALAZZO CHIERICATI SEDE DELLA PINACOTECA CIVICA*

# RELAZIONI GEOLOGICA E GEOTECNICA

secondo  
*NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – D.M. 14.01.2008*

Torri di Quartesolo (VI), gen. 2017

Rev. 1 – 16/05/2017





## COMUNE DI VICENZA

Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni  
Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio  
Piazza Biade, 26 - 36100 - VICENZA

### ***PALAZZO CHIERICATI ALA '800***

*RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ALA OTTOCENTESCA DI  
PALAZZO CHIERICATI SEDE DELLA PINACOTECA CIVICA*

# RELAZIONE GEOLOGICA

secondo

*NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – D.M. 14.01.2008*

Torri di Quartesolo (VI), gen. 2017

Rev. 1 – 16/05/2017



## INDICE

	pag.
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	
1	PREMESSA 4
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI 4
2	INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE 4
3	INQUADRAMENTO GENERALE GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO IDROLOGICO 5
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE 5
5	STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO 9
5.1	SOLETTA SUPERFICIALE E TERRENO ANTROPIZZATO 9
5.2	LITOTIPO A 10
5.3	LITOTIPO B 10
5.4	LITOTIPO C 11
5.5	LITOTIPO D 12
5.6	PROVE PENETROMETRICHE S.P.T. 12
6	LIVELLO IDRICO NEL SONDAGGIO 12
7	AZIONE SISMICA – CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE 12
7.1	GENERALITÀ 12
7.2	INDAGINI GEOFISICHE 13
7.3	STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) 13
8	CONCLUSIONI 14

## ALLEGATI

### ALLA PRESENTE

TAV. 1 COROGRAFIA

TAV. 2 PLANIMETRIA

Rapporti di indagini geognostiche pregresse del 07/2014 – CPT1, S1, S2

### FUORI TESTO

Rapporti di prove geotecniche in sito e di laboratorio - Geotechna srl (cod. arch. 001/17);

Indagine geofisica MASW e HVSR;

Studio di Risposta Sismica Locale (RSL).

## RELAZIONE GEOTECNICA

1	PREMESSA 16
2	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO 17
3	CONCLUSIONI 18

## 1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Vicenza, Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni - Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio, ho redatto la presente Relazione Geologica in riferimento al "Progetto di restauro e rifunzionalizzazione dell'ala ottocentesca di Palazzo Chiericati sede della pinacoteca civica" a Vicenza.

Il Progetto prevede la ristrutturazione di alcune porzioni dell'edificio e l'inserimento nella porzione Sud di un piano aggiunto ad uso biblioteca/archivio.

Sono state eseguite prove geognostiche per la determinazione dell'andamento litostratigrafico e per la quantificazione di alcuni parametri fisico-meccanici e idrologici, utili alla caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo del sito.

### 1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la redazione della presente relazione, che ha lo scopo di caratterizzare il sito dai punti di vista geologico, geomorfologico, idrologico e dei vincoli di interesse della pianificazione Urbanistica, sono stati seguiti i seguenti riferimenti normativi principali:

- Norme N.T.C. D.M. 14.01.2008 § 6.2.1 del Cap. 6/Circolare 02/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP in merito alla caratterizzazione e modellazione geologica.
- D.Lgs. 152/2006 - Carta delle pericolosità idraulica All. al Decreto Segretariale n. 52 del 07/12/2016 in merito alla Pericolosità idraulica.
- OPCM n. 3274/2003, OPCM n. 3519/2006 in merito alla pericolosità sismica.

## 2 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE

Il programma delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio è stato definito in accordo con la Committenza e comprende:

### in sito

- n. 1 prova penetrometrica statica profonda 20 m;
- n. 1 sondaggio meccanico a rotazione, a carotaggio continuo e a secco con carotiere Ø 101 mm e tubi rivestimento Ø 127 mm spinto fino alla profondità di 20 m da p.c.; durante il sondaggio sono stati prelevati in totale n. 6 campioni significativi di terreno, dei quali n. 2 di tipo indisturbato con campionatore Osterberg;
- n. 11 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio.

### in laboratorio

- n. 6 aperture e descrizione dei campioni di terreno;
- n. 6 contenuti d'acqua naturale Wn %;
- n. 4 limiti di consistenza WI % - Ip % - Ic;
- n. 2 analisi granulometriche;



- n. 2 determinazione della massa volumica;
- n. 2 prove di compressione semplice ELL;
- n. 2 prova di consolidazione edometrica.

Per l'esecuzione della prova penetrometrica statica CPT è stato necessario eseguire preventivamente un preforo di quasi due metri (eseguito da AMCPs), causa la presenza di materiale grossolano antropico.

Le indagini sono state eseguite dal **Laboratorio geotecnico specializzato GEOTECHNA s.r.l.** di Torri di Quartesolo (VI); i rapporti delle prove si trovano nell'allegato fascicolo fuori testo.

### **3 INQUADRAMENTO GENERALE GEOMORFOLOGICO GEOLOGICO IDROLOGICO**

L'area in oggetto si trova sui terreni alluvionali nella zona centrale di Vicenza, tra il F. Bacchiglione a Est e il F. Retrone a Sud.

Superficialmente e per alcuni metri sono presenti terreni antropizzati e resti di antichi manufatti, testimonianza di molti secoli di storia; la presenza di questi manufatti è discontinua e, di conseguenza, genera variabilità sia in senso verticale che orizzontale, con intercalazioni e riempimenti di terreno.

La litologia "naturale" di tipo alluvionale presente (vedasi carta geologica di fig. 1) è costituita da continue alternanze di terreni argillosi, limosi e sabbiosi, questi ultimi talora ghiaiosi; a volte sono presenti livelli vegetali torbosi.

Morfologicamente l'area è pianeggiante, con quote altimetriche che partono da circa 32 m slm di Piazza Matteotti fino a oltre 41 m slm procedendo verso Ovest lungo C.so Palladio, evidenziando un alto morfologico verso il centro storico della città. La corte interna di Palazzo Chiericati si trova mediamente alla quota di circa 32.5 m slm.

Dal punto di vista idrogeologico la falda idrica superficiale presente, ospitata prevalentemente dai livelli sabbiosi, dipende principalmente dai fiumi Bacchiglione e Astichello.

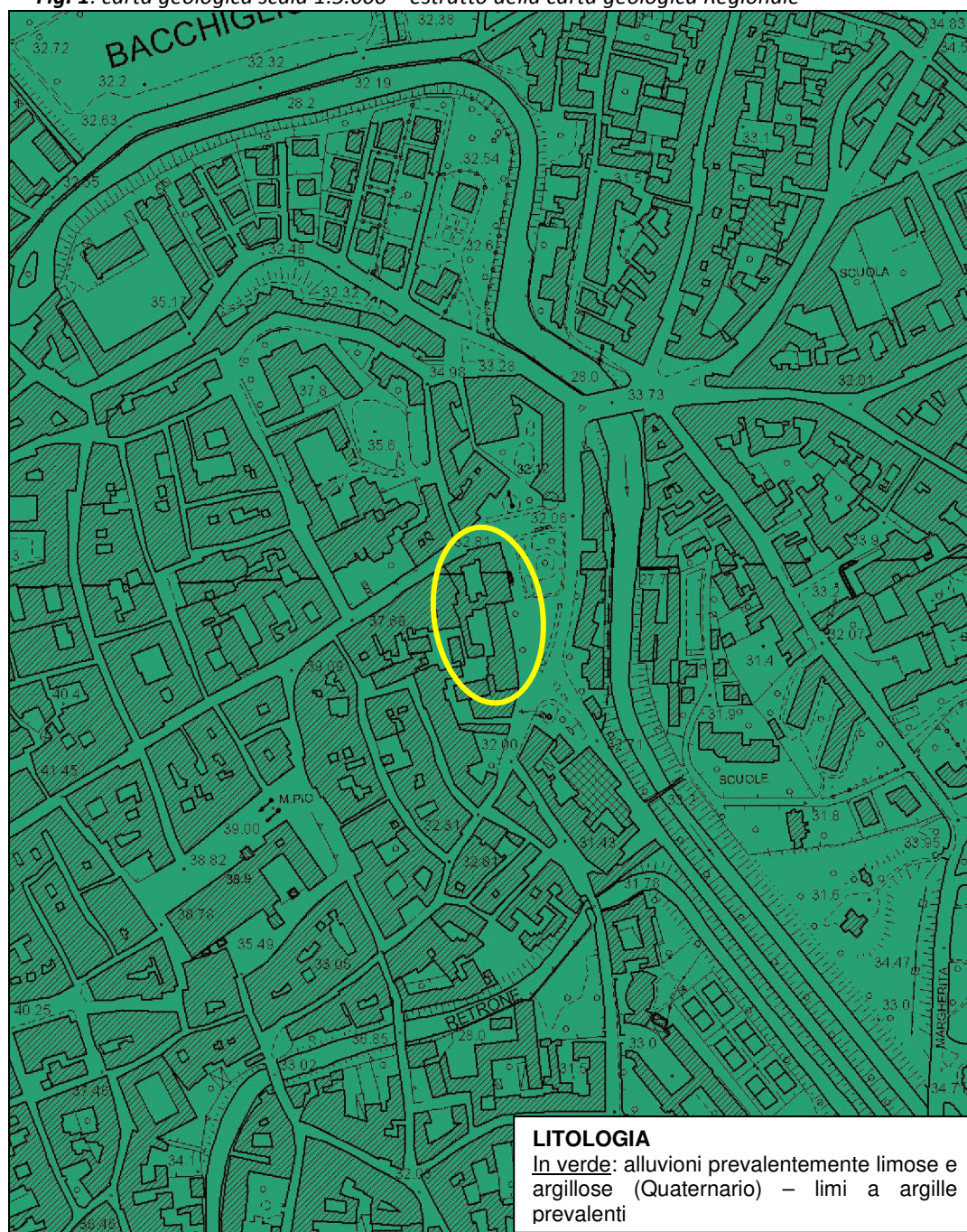
### **4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

Secondo quanto citato dal PAT Comunale nell'area del Palazzo Chiericati non compaiono particolari fattori penalizzanti; è da evidenziare quello di tipo idraulico rappresentato dal PAI (Piano di Assetto Idraulico - Autorità di Bacino del Brenta-Bacchiglione), nel quale sono state delimitate le aree soggette a possibili allagamenti (in questo caso per esondazione del F. Bacchiglione).

Vengono citati nel PAT Comunale anche i vincoli monumentale D.Lgs. 42/2004 e Centro Storico, descritti all'Art. 6 delle NTA del succitato PAT al quale si rimanda per eventuali delucidazioni.

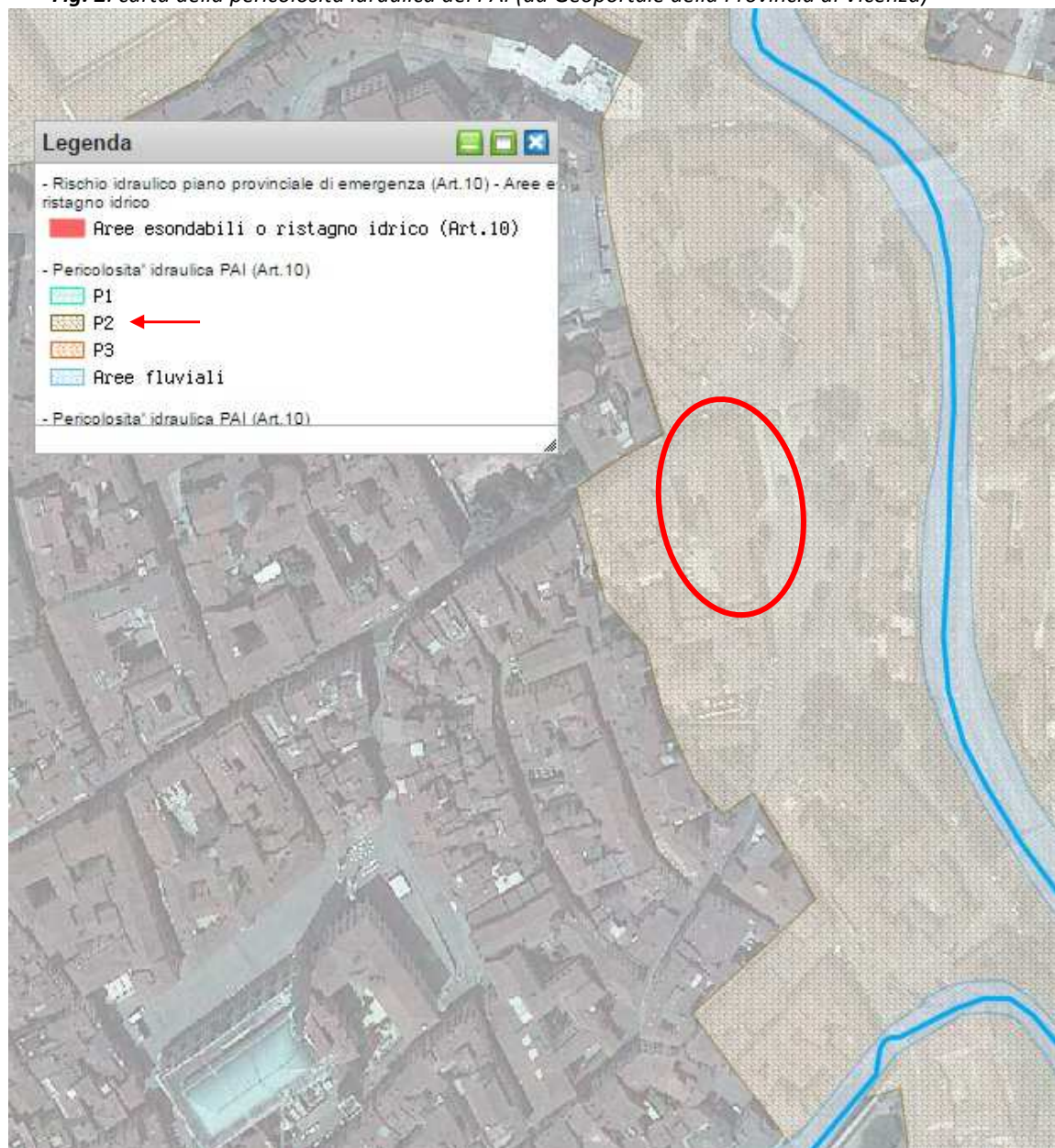
Come si vede dall'estratto cartografico delle figure 2 e 3 la zona del Palazzo Chiericati (cerchiata in rosso) rientra nella categoria P2 "pericolosità idraulica media". La fig. 3 rappresenta un estratto della Tav. 40 della Carta della pericolosità Idraulica aggiornata all'All. al Decreto Segretariale n. 52 del 07/12/2016.

**Fig. 1:** carta geologica scala 1:5.000 – estratto della carta geologica Regionale

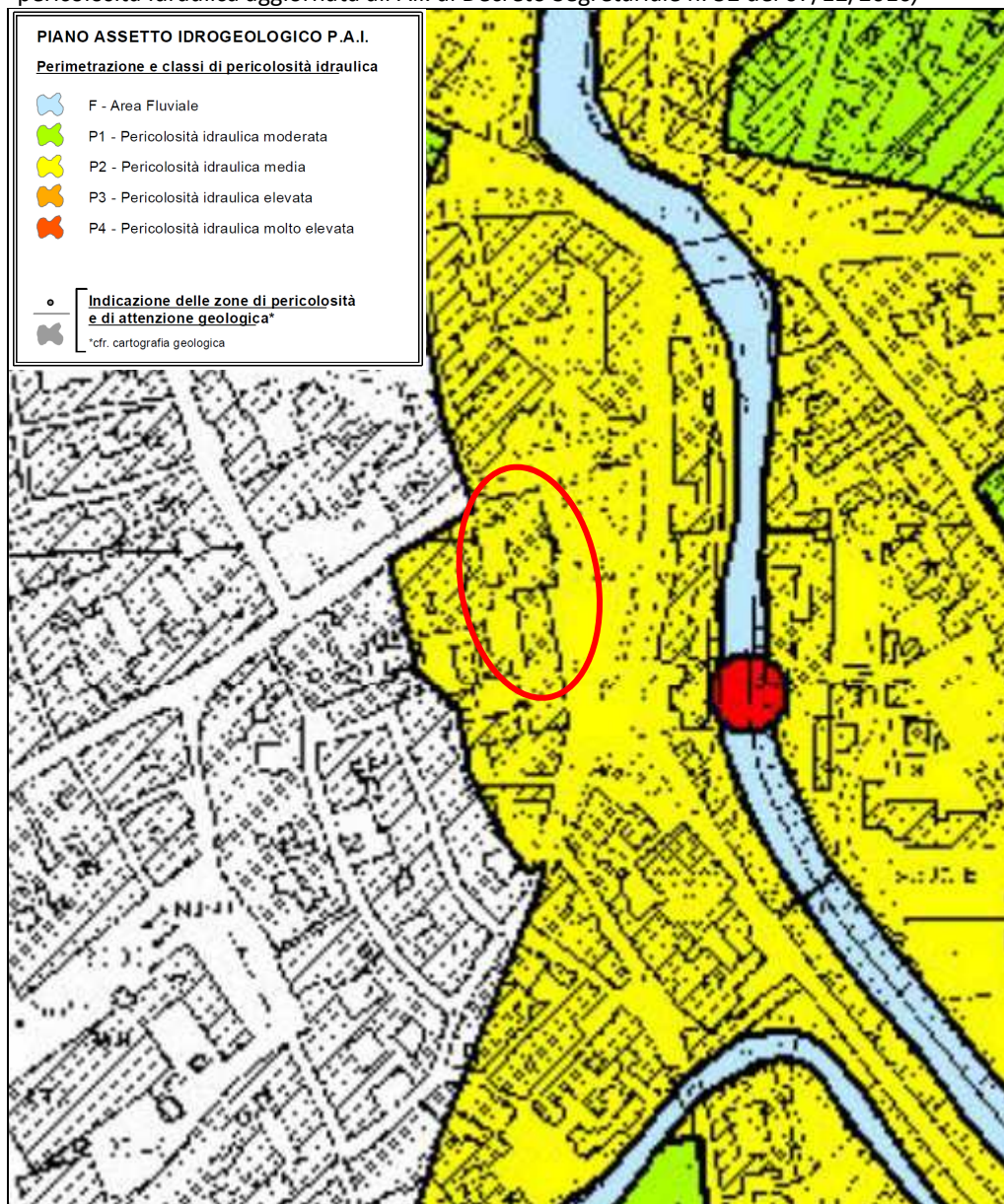




**Fig. 2:** carta della pericolosità idraulica del PAI (da Geoportale della Provincia di Vicenza)



**Fig. 3:** carta della pericolosità idraulica del PAI (estratto della Tav. 40 della Carta della pericolosità Idraulica aggiornata all'All. al Decreto Segretariale n. 52 del 07/12/2016)





## 5 STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

Sulla base dei dati acquisiti con le indagini geognostiche eseguite nella presente campagna e anche in quella precedente del 2014, (in particolare la prova penetrometrica CPT 1 e i sondaggi S1 e S2, ubicati nella planimetria di Tav. 2 e allegate alla presente) si sono distinti, oltre ai terreni superficiali antropizzati, diverse litologie suddivise in quattro litotipi (A-B-C-D) di seguito descritti.

Le quote in m slm (riportate in planimetria di Tav. 2) delle indagini eseguite nel 2014 sono state misurate mediante livellazione topografica, mentre quelle delle indagini attuali gen. 2017 sono state ricavate dalla CTR con file dwg e AutoCad, con approssimazione intorno a 15 cm.

### 5.1 SOLETTA SUPERFICIALE E TERRENO ANTROPIZZATO

Preventivamente all'esecuzione del sondaggio S1 in C.so Palladio, è stato eseguito a cura di AMPCS uno scavo profondo 1.5 m per accertare l'eventuale presenza di sotto-servizi.

Al di sotto del manto in asfalto e fino a 5.5 m di profondità (27.9 m slm) sono stati rilevati materiali e terreni antropizzati, costituiti da laterizi e calcare in matrice terrosa sabbiosa-limosa (quest'ultima quasi assente tra 2 e 3 m). Durante l'esecuzione della prova penetrometrica in corrispondenza di materiali antropici a circa 4 m di profondità, la ditta Geotechna riporta la rottura di una punta.

Oltre la profondità di 5.5 m non si è rilevata antropizzazione nei terreni carotati; non si esclude, però, questa possibilità, dato il modesto volume di terreno ispezionato.

Da 4.2 a 5.5 m di profondità la matrice limosa-argillosa-sabbiosa diventa prevalente e viene classificata in laboratorio come argilla-limosa di bassa plasticità allo stato consistente (indice di consistenza pari a 0.56).

**tab. 1**

sond. n.	camp. n.	quota m p.c.	Wn %	WI %	Ip %	Ic	Classifica Casagrande
S1	<b>CR1</b>	4.5-4.6	32.9	43	18	0.56	<b>CL</b>

*Wn = umidità naturale; WI = limite di liquidità; Ip = indice di plasticità; Ic = indice di consistenza.*

Le prove SPT eseguite in questi materiali sono poco rappresentative, in quanto falsate dalla presenza di laterizi e talora con piccoli vuoti.

La descrizione dei materiali e dei terreni antropizzati viene descritta necessariamente a livello puntuale: infatti, nei sondaggi S1 e S2 della campagna indagine 2014 eseguiti nella corte interna (allegati alla presente), rilevano presenza di manufatti e terreni antropizzati fino a quasi 11 m di profondità (21.8 m slm).

## 5.2 LITOTIPO A

Questo litotipo compare sotto il materiale antropizzato a partire dalla profondità di 5.5 m e fino a 8.2 m (27.9-25.2 m slm): è costituito prevalentemente da sabbia fina limosa debolmente argillosa, che diventa limo argilloso sabbioso nella porzione bassa (tra 7 e 8 m di profondità).

I terreni sabbiosi si trovano allo stato sciolto-mediamente denso, per valori di  $N_{30}$  SPT di 6 e di resistenza alla punta penetrometrica qc mediamente di 4-5 MPa.

La porzione bassa limosa-argillosa si trova allo stato consistente.

Di questo litotipo A sono stati prelevati due campioni significativi, sottoposti a prove e classificazione geotecnica: il campione CR3 rappresentativo della porzione sabbiosa-limosa e il CR2 di quella limosa-argillosa.

tab. 2

sond. n.	camp. n.	quota m p.c.	Wn %	WI %	Ip %	frazioni granulometriche %				Classifica Casagrande
						ghiaia	sabbia	limo	argilla	
S1	CR3	6.0-6.1	31.9	-	-	0	46	45	9	-
	CR2	7.5-7.6	37.3	38	10	-	-	-	-	ML

Wn = umidità naturale; WI = limite di liquidità; Ip = indice di plasticità.

## 5.3 LITOTIPO B

Questo litotipo rilevato tra 8.2 e 17.5 m di profondità è prettamente di tipo coesivo, argilloso-limoso e limoso-argilloso, allo stato generalmente consistente e molto consistente per valori di penetrometro e scissometro tascabili rispettivamente variabili tra 110÷340 e 40÷120 kPa, per valori di  $N_{30}$  SPT da 8 a 16 colpi e resistenza alla punta qc sempre superiori a 1.5 MPa.

Questo litotipo, di colore inizialmente bruno pallido per passare in profondità a grigio chiaro, è costituito da continue alternanze di livelli più argillosi e più limosi, talora con presenza di venature torbose e resti lignei ossidati. La porzione tra 14.0 e 17.5 m di profondità appare prevalentemente più limosa.

Tra 13.0 e 13.5 m di profondità è intercalato un livello costituito da sabbia fina limosa, allo stato mediamente denso, per valori di qc intorno a 12-13 MPa.

tab. 3

sond. n.	camp. n.	quota m p.c.	Wn %	$\gamma_n$ Mg/m <sup>3</sup>	WI %	Ip %	Ic	Classifica Casagrande
S1	CI1	11.7-12.3	27.6	1.75	44	11	1.49	ML
	CI2	14.7-15.3	29.6	1.95	31	5	0.28	ML

Wn = umidità naturale; WI = limite di liquidità; Ip = indice di plasticità; Ic = indice di consistenza.

Dalle classificazioni riportate in tabella 3 si evince una bassa plasticità di questi terreni.

Dalle due prove di compressione semplice ELL eseguite si ricavano valori a rottura T di 62.5 e 95.0 kPa, in linea con le caratteristiche generali rilevate di questi terreni.

Per la quantificazione della compressibilità sono state eseguite due prove di consolidazione edometrica sui due campioni indisturbati prelevati e rappresentativi del litotipo.

Dai principali moduli ricavati, riportati nella sottostante tabella, si vede principalmente che il terreno risulta normalconsolidato (NC) con valore di OCR pari a 1.3 (il grado di sovraconsolidazione OCR è da intendersi medio e indicativo, in quanto determinato graficamente con le possibili e plausibili interpolazioni e approssimazioni del caso - metodo grafico di Casagrande) e a compressibilità media (Colombo-Matteotti) con indici di compressibilità  $C_c$  variabili tra 0.150 e 0.225. Inoltre, il coefficiente di permeabilità  $k$ , determinato con il metodo 'cedimenti/tempo' durante la prova di consolidazione edometrica, indica una permeabilità molto bassa.

**Tab. 4**

Sond. n.	campione n.	quota m p.c.	$\gamma_n$ Mg/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$	gradino di pressione 49.1 – 98.1 kPa		$C_c$	OCR
					$mv$ m <sup>2</sup> /kN	$K$ m/s		
<b>S1</b>	CI1	11.7-12.3	1.75	2.75	$2.3 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-9}$	0.150	1.3
	CI2	14.7-15.3	1.95	2.75	$2.0 \times 10^{-4}$	$2.1 \times 10^{-9}$	0.225	1.3

$\gamma_n$  = massa volumica naturale ;  $\gamma_s$  = peso specifico dei grani;  $mv$  = modulo di compressività volumetrica;  $k$  = coefficiente di permeabilità;  $C_c$  = indice di compressibilità; OCR = grado di sovraconsolidazione

Questo litotipo compare anche nel sondaggio S2 del 2014 a partire dalla profondità di 10.7 m (21.8 m slm).

## 5.4 LITOTIPO C

Questo litotipo compare dalla profondità di 17.5 m fino a 19.5 m (15.9÷13.9 m slm); è costituito da sabbia fina limosa di colore grigio chiaro, allo stato da mediamente denso a denso, con valori di resistenza alla punta  $q_c$  variabili da 10 a 17 MPa e con valore di  $N_{30}$  SPT di 16 colpi (una determinazione).

**tab. 5**

sond. n.	camp. n.	quota m p.c.	Wn %	frazioni granulometriche %			
				ghiaia	sabbia	limo	argilla
S1	<b>CR4</b>	18.0-18.1	19.5	0	71	24	5

Questo litotipo sabbioso limoso compare con caratteristiche meccaniche analoghe anche nella prova penetrometrica CPT1 del 2014, con spessore e profondità confrontabili.

## 5.5 LITOTIPO D

Litotipo prevalentemente coesivo argilloso-limoso che compare nell'ultima porzione del sondaggio S1 a partire da 19.5 m (13.9 m slm), viene abbondantemente indagato nella CPT1 del 2014, approfondita fino a 30 m da piano campagna. Questo terreno appare decisamente molto

consistente, con valore di  $N_{30}$  SPT di 26 e valori di resistenza alla punta  $q_c$  mediamente compresi tra 2 e 3 MPa.

## 5.6 PROVE PENETROMETRICHE S.P.T.

Si riassumono in forma tabellare tutti i valori delle prove SPT eseguite in foro di sondaggio.

**tab. 6**

SPT quota m p.c.	SPT $N_{30}$	litotipo n.	litologia
1.50-1.95	<b>5</b>	Antropico	Materiale antropizzato
2.70-3.15	<b>1</b>		Cavità in materiale antropizzato
4.20-4.65	<b>23</b>		Materiale antropizzato
5.70-6.15	<b>6</b>	A	Sabbia limosa
7.60-8.05	<b>6</b>		
8.70-9.15	<b>16</b>	B	Argilla limosa
10.20-10.65	<b>8</b>		Sabbia limosa
13.20-13.65	<b>8</b>		
16.20-16.65	<b>11</b>		Limo argilloso
17.70-18.15	<b>13</b>	C	Sabbia limosa
19.20-19.65	<b>26</b>	D	Argilla limosa

## 6 LIVELLO IDRICO NEL SONDAGGIO

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico (11/01/17) è stato misurato il livello idrico in varie fasi di manovra, esso è risultato variabile tra -3.70 e -4.30 m da piano asfalto.

## 7 AZIONE SISMICA - CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

### 7.1 GENERALITÀ

Secondo l'Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" il Comune di Vicenza viene a ricadere in zona 3.

L'ordinanza prevede che per la zona 3 si adottino valori di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni entro il range di 0,05-0,15  $ag/g$  e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,15  $ag/g$ .

In base all'Ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006 All. 1B – Pericolosità sismica di riferimento per il territorio Nazionale, per la zona in oggetto i valori di accelerazione orizzontale sono compresi tra 0.125 e 0.150  $ag/g$ .



## 7.2 INDAGINE GEOFISICA

Per la presente determinazione si è realizzata un'apposita indagine geofisica composta da due stendimenti tipo MASW, eseguiti nella corte interna di Palazzo Chiericati e sul lato di Viale Palladio e da indagine passiva HVSR.

I dettagli di indagine e relativi risultati sono contenuti nel rapporto allegato fuori testo.

L'indagine sismica eseguita ha determinato valori di  $V_{s30}$  di 232 e 289 m/s, rispettivamente per la MASW 1 e 2.

Lo stato geomeccanico dei terreni succitato si trova in accordo con la determinazione ottenuta con la prova geofisica MASW:

si attribuisce, quindi, ai terreni presenti la categoria di suolo di fondazione C ( $S = 1.45$  secondo le NTC) ottenuto con approccio semplificato.

## 7.3 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La valutazione della risposta sismica locale mediante analisi 1D permette di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte sia topografiche).

Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC2008 (Cap. 3.2.2) e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo (Cap. 3.2.2 NTC2008), elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa; trattandosi peraltro di un edificio pubblico, diventa d'obbligo lo studio della risposta sismica locale in luogo degli approcci semplificati.

Lo studio di RLS comprensivo di metodologia e valutazioni è allegato fuori testo: la conclusione dello Studio fa notare come lo spettro di risposta elastico restituisca amplificazioni di picco sempre inferiori a quelle ottenute con gli approcci semplificati per un terreno di tipo C, secondo lo SLV (fig. 5).

Nel medesimo Studio è contenuta anche la **verifica alla liquefazione**, In base ai dati ottenuti dalle prove geognostiche condotte, dalle indagini MASW e dal valore della  $a_g$  in superficie ottenuto dallo studio della RSL, per i livelli con sabbia incontrati fino alla profondità di 20 m da p.c., così come previsto dalle linee guida AGI (secondo il metodo Idriss e Boulanger, 2004).

I risultati ottenuti indicano che per i livelli considerati non esiste un reale rischio di liquefazione avendo velocità  $V_{s1} > V_{s1}^*$  (dove  $V_{s1}^* = 210$  m/s è il valore di soglia al di sotto del quale si possono verificare fenomeni di liquefazione).

## 8 CONCLUSIONI

Per il progetto di restauro e rifunzionalizzazione dell'ala ottocentesca di Palazzo Chiericati, in base alle indagini geognostiche e geofisiche appositamente eseguite, si possono fare le seguenti considerazioni di sintesi.

- Dal punto di vista litologico e geotecnico non si rilevano, nei punti indagine eseguiti, litologie particolarmente scadenti dal punto di vista geomeccanico.
- Secondo quanto citato dal PAI (Piano di Assetto Idraulico - Autorità di Bacino del Brenta-Bacchiglione), la zona del Palazzo Chiericati rientra nella categoria P2 "pericolosità idraulica media".
- Sono presenti terreni antropizzati e resti di antiche strutture che vengono riconosciute fino alla profondità di 5.5 m nel sondaggio S1 del 2017 e fino a circa 10.7 m nei sondaggi S1 e S2 del 2014. Questa tipologia di materiali può essere molto eterogenea e variabile sia in senso verticale che orizzontale inglobando, talora, delle piccole cavità.
- I terreni coesivi argillosi-limosi rilevati appaiono sostanzialmente di bassa plasticità, prevalentemente consistenti e molto consistenti, a compressibilità media con coefficienti di compressibilità  $C_c$ , rilevati con prove di consolidazione edometrica, variabili tra 0,150 e 0,225.
- I terreni e i materiali antropici sottoposti alla pressione trasmessa dalle fondazioni del Palazzo Chiericati hanno da tempo raggiunto un assestamento. Eventuali incrementi di carico trasmessi alle fondazioni potranno, plausibilmente, indurre dei cedimenti per costipamento nei livelli sabbiosi-limosi (di rapida conclusione) e per consolidazione nei livelli argillosi-limosi (di lenta conclusione). L'entità di questi cedimenti sarà da valutare attentamente, in funzione di eventuali incrementi di carico e della loro entità.

Torri di Quartesolo (VI), 27/01/2017



(Geol. Andrea Baldracchi)

Allegati alla presente: TAV. 1 corografia scala 1:5.000;  
TAV. 2 planimetria quotata 1:300;  
indagini geognostiche pregresse del 07/2014 – CPT1, S1, S2

Allegati fuori testo: Rapporti di prove geotecniche in sito e di laboratorio - Geotechna srl (cod. arch. 001/17);  
Indagine geofisica MASW e HVSr;  
Studio di Risposta Sismica Locale (RSL).



Geol. Andrea Baldracchi  
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
36040 TORRI DI QUARTESOLO (VI)  
Via dei Fanti, 94

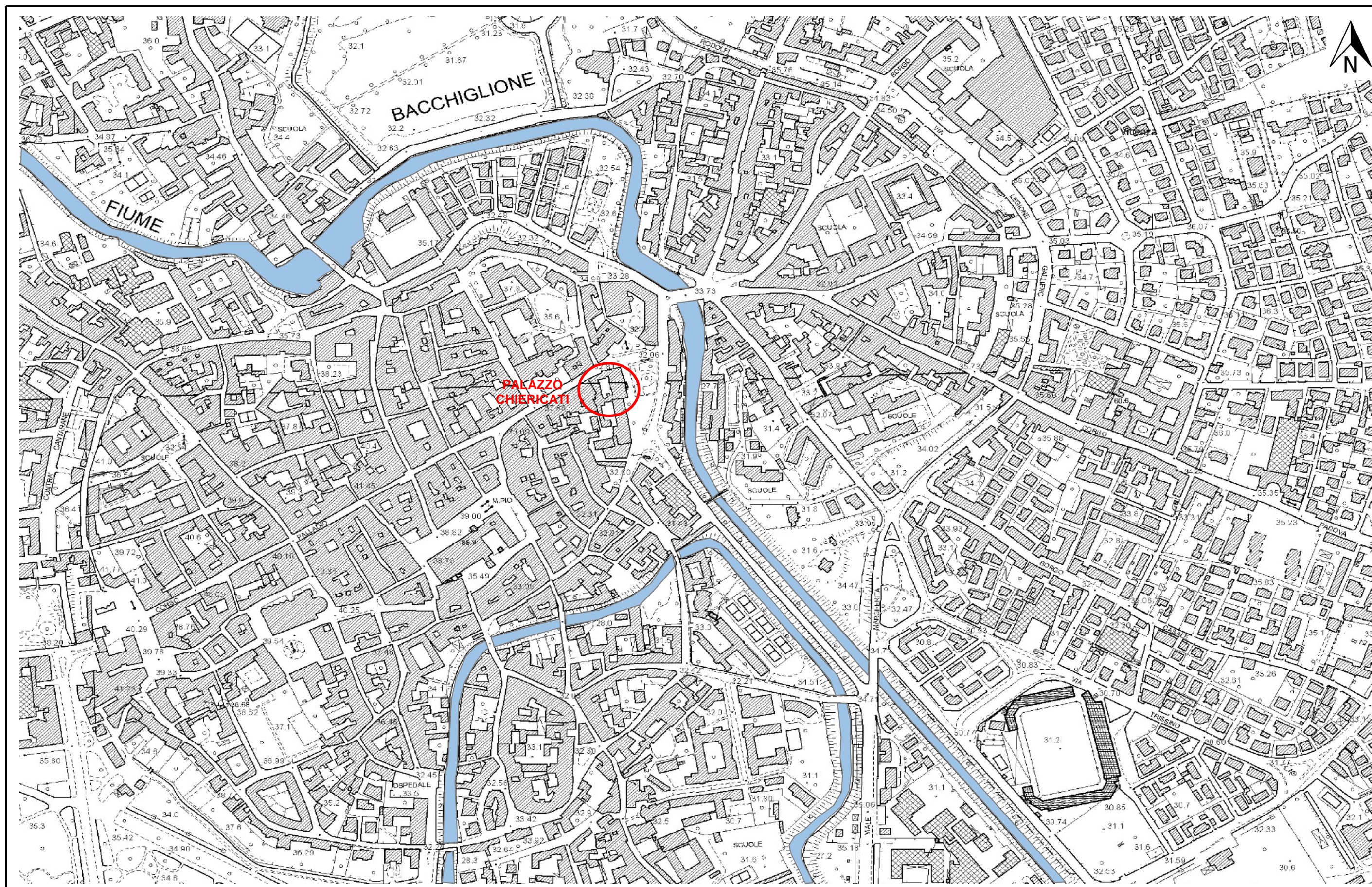
Committente : AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VICENZA  
Cantiere : PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA

TAV. 1

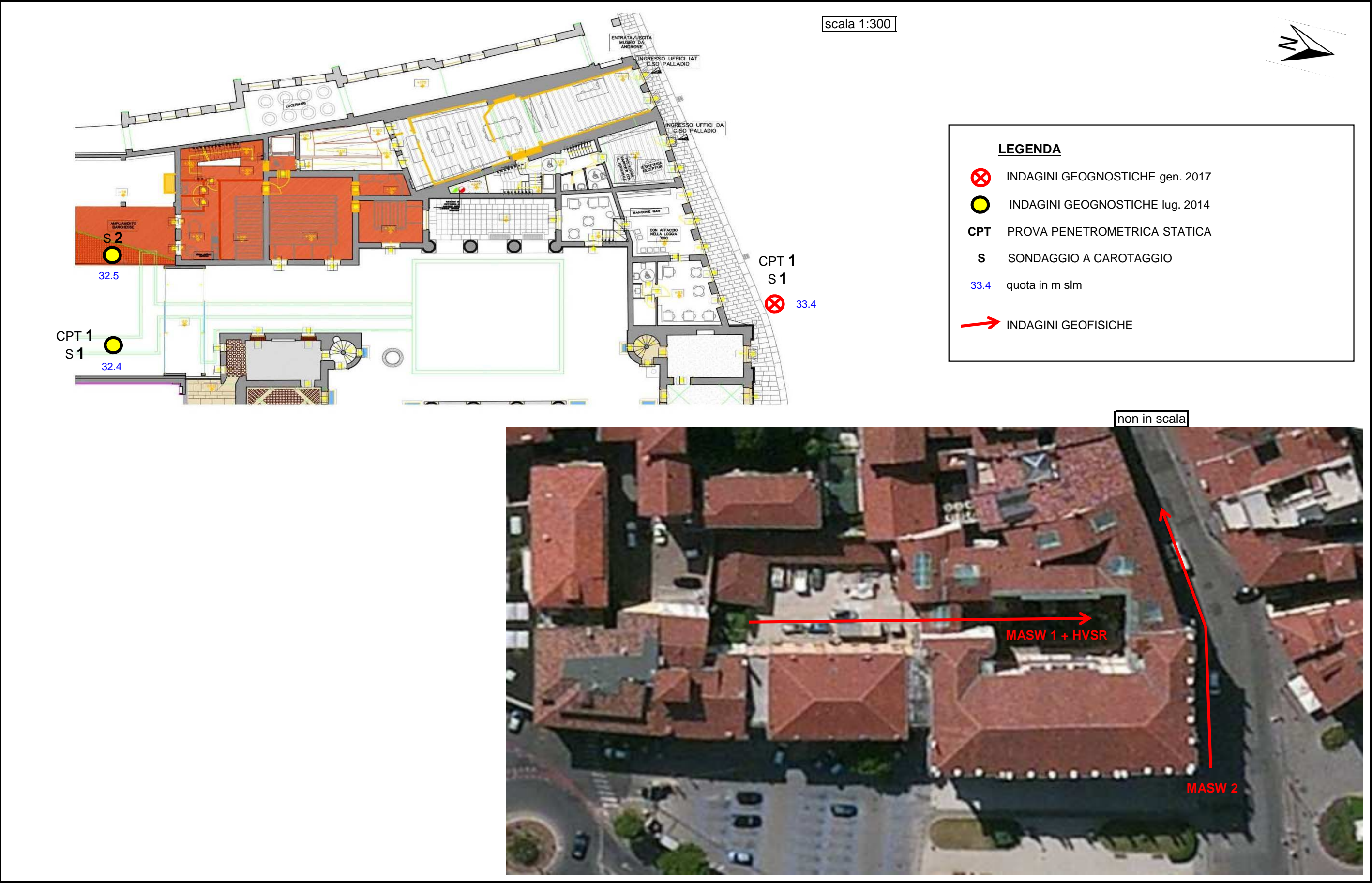
data gen-17

## COROGRAFIA SCALA 1 : 5.000

## COROGRAFIA









Committente : COMUNE DI VICENZA

Cantiere : MUSEO CIVICO PINACOTECA DI PALAZZO CHIERICATI

quota p.c.

preforo m 1.8

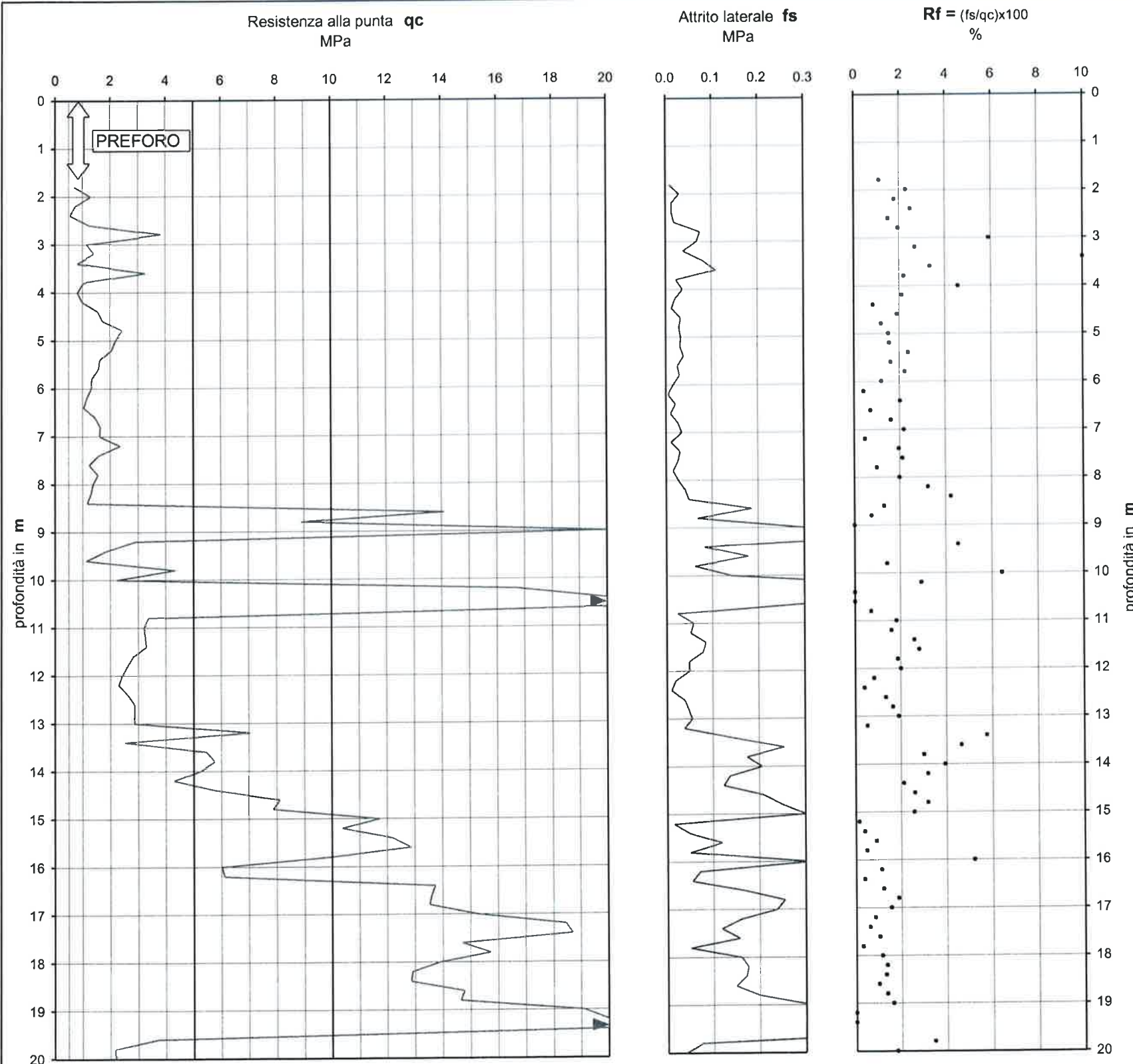
**PROVA n° 1**

**PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T.**  
Punta meccanica - Cone Penetration Test (A.S.T.M. D3441)

**PROVA C.P.T.**  
(ASTM D3441)

**TABELLA DATI DI PROVA**

profondità m	qc MPa	fs MPa	Rf %
0.2	-	-	-
0.4	-	-	-
0.6	-	-	-
0.8	-	-	-
1.0	-	-	-
1.2	-	-	-
1.4	-	-	-
1.6	-	-	-
1.8	0.70	0.01	1.12
2.0	1.30	0.03	2.30
2.2	0.75	0.01	1.78
2.4	0.56	0.01	2.49
2.6	1.25	0.02	1.52
2.8	3.86	0.08	1.95
3.0	1.16	0.07	5.92
3.2	1.44	0.04	2.69
3.4	0.81	0.08	10.00
3.6	3.28	0.11	3.35
3.8	1.03	0.02	2.20
4.0	0.82	0.04	4.57
4.2	0.99	0.02	2.12
4.4	1.57	0.01	0.87
4.6	1.74	0.03	1.91
4.8	2.46	0.03	1.21
5.0	2.19	0.03	1.53
5.2	2.06	0.03	1.56
5.4	1.64	0.04	2.39
5.6	1.59	0.03	1.62
5.8	1.35	0.03	2.23
6.0	1.32	0.02	1.21
6.2	1.16	0.01	0.43
6.4	1.05	0.02	2.02
6.6	1.45	0.01	0.74
6.8	1.64	0.03	1.64
7.0	1.62	0.04	2.18
7.2	2.37	0.01	0.49
7.4	1.58	0.03	1.96
7.6	1.24	0.03	2.12
7.8	1.56	0.02	1.01
8.0	1.38	0.03	1.99
8.2	1.31	0.04	3.23
8.4	1.17	0.05	4.23
8.6	14.10	0.19	1.33
8.8	8.90	0.07	0.77
9.0	>20.0	-	-
9.2	2.91	0.49	16.74
9.4	1.84	0.08	4.53
9.6	1.13	0.18	15.86
9.8	4.35	0.06	1.44
10.0	2.21	0.14	6.46



note:

Superficie punta = 10 cm<sup>2</sup> - conicità punta = 60° - Superficie manicotto = 150 cm<sup>2</sup> - velocità di infissione = 2 +/- 0.5 cm/sec Rf (Ratio friction) = (fs/qc) x 100

Penetrometro a comando idraulico con spinta massima 200 kN - acquisizione dati mediante cella di carico collegata a centralina dedicata con software di elaborazione e visualizzazione in tempo reale

Sperimentatore

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)

**GEOTECHNA srl**

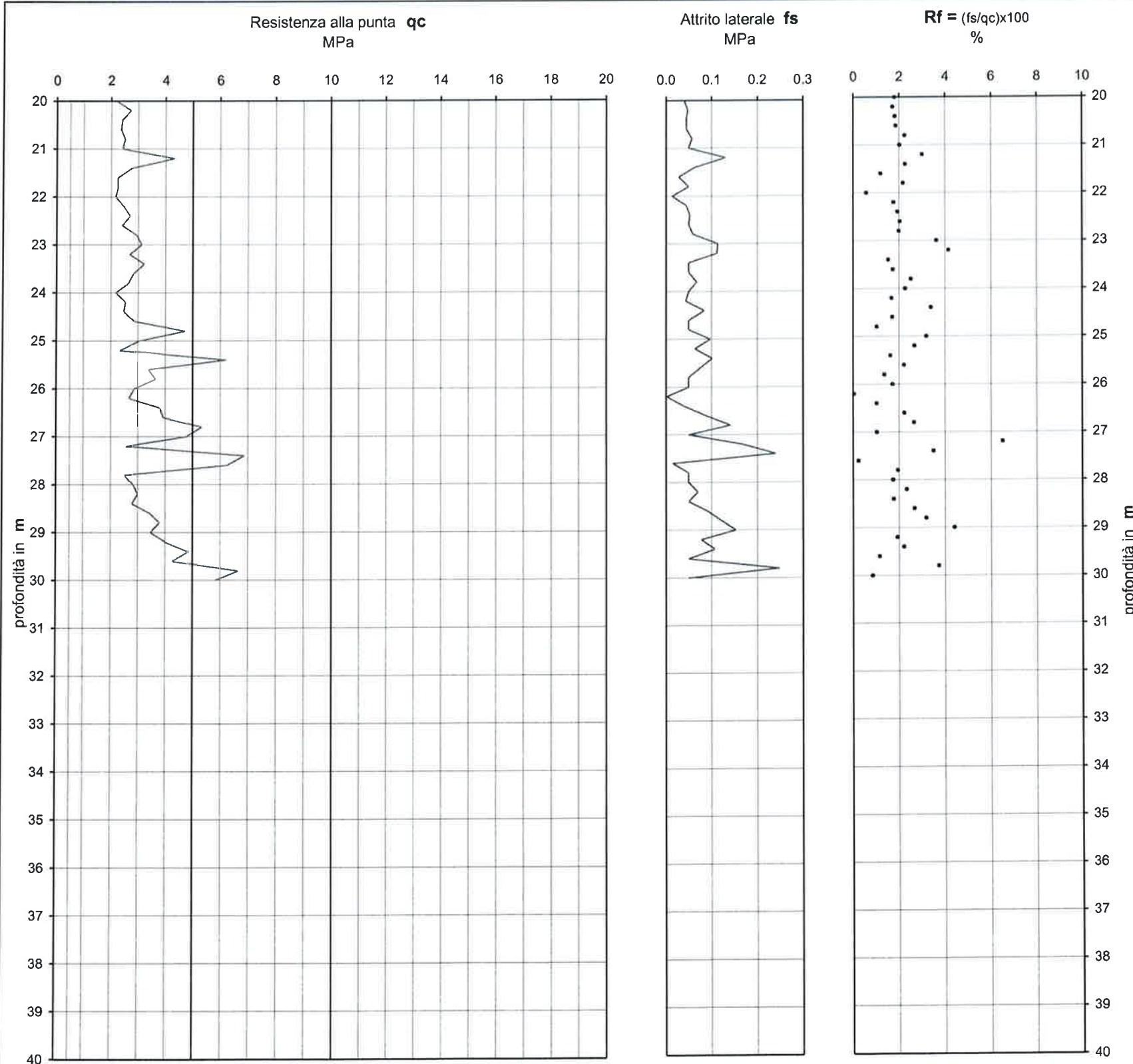
36040 Torri di Quaresole (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 06873940243  
Tel 0444 389495 Fax 0444 383413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T.**  
Punta meccanica - Cone Penetration Test (A.S.T.M. D3441)

**PROVA C.P.T.**  
(ASTM D3441)



**TABELLA DATI DI PROVA**

profondità m	qc MPa	fs MPa	Rf %
20.2	2.74	0.05	1.72
20.4	2.42	0.04	1.82
20.6	2.38	0.04	1.86
20.8	2.53	0.06	2.25
21.0	2.43	0.05	2.02
21.2	4.35	0.13	3.00
21.4	2.79	0.06	2.26
21.6	2.26	0.03	1.20
21.8	2.27	0.05	2.18
22.0	2.18	0.01	0.58
22.2	2.48	0.04	1.77
22.4	2.72	0.05	1.93
22.6	2.43	0.05	2.04
22.8	2.95	0.06	1.99
23.0	3.14	0.11	3.62
23.2	2.69	0.11	4.14
23.4	3.22	0.05	1.54
23.6	2.85	0.05	1.74
23.8	2.66	0.07	2.52
24.0	2.20	0.05	2.26
24.2	2.55	0.04	1.68
24.4	2.49	0.08	3.38
24.6	2.89	0.05	1.71
24.8	4.76	0.05	1.04
25.0	3.06	0.10	3.18
25.2	2.36	0.06	2.68
25.4	6.23	0.10	1.63
25.6	3.39	0.08	2.22
25.8	3.65	0.05	1.36
26.0	2.87	0.05	1.72
26.2	2.68	0.00	0.05
26.4	3.82	0.04	1.03
26.6	3.92	0.09	2.23
26.8	5.34	0.14	2.65
27.0	4.77	0.05	1.04
27.2	2.58	0.17	6.51
27.4	6.88	0.24	3.49
27.6	6.25	0.01	0.24
27.8	2.54	0.05	1.95
28.0	2.84	0.05	1.74
28.2	3.00	0.07	2.33
28.4	2.79	0.05	1.77
28.6	3.45	0.09	2.66
28.8	3.81	0.12	3.18
29.0	3.47	0.15	4.41
29.2	4.02	0.08	1.92
29.4	4.87	0.11	2.21
29.6	4.28	0.05	1.16
29.8	6.68	0.25	3.72
30.0	5.84	0.05	0.85

note:

Superficie punta = 10 cm<sup>2</sup> - conicità punta = 60° - Superficie manicotto = 150 cm<sup>2</sup> - velocità di infissione = 2 +/- 0.5 cm/sec Rf (Ratio friction) = (fs/qc) x 100

Penetrometro a comando idraulico con spinta massima 200 kN - acquisizione dati mediante cella di carico collegata a centralina dedicata con software di elaborazione e visualizzazione in tempo reale

Sperimentatore

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)

**GEOTECHNA srl**  
36040 Torri di Quaresolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)





Archivio n° R043/14	Rapporto n° 4252/S	Inizio esecuzione 15.07.2014	Termine Esecuzione 15.07.2014	Data emissione 21.07.2014	Pagina 1/1
Committente COMUNE DI VICENZA					
Cantiere MUSEO CIVICO PINACOTECA DI PALAZZO CHIERICATI					
Operatori M. Boschello, G. Dalla Rosa		Tipo Carotaggio a rotazione a carotaggio continuo a secco		Diam. carotiere (mm) 101	Diam. rivestimento (mm) 127
				Quota p.c.	

SONDAGGIO MECCANICO n. S1

Scala (mt)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	PT (kPa)	ST (kPa)	Camp.	n° Camp.	Vane Test	Prova LeFranc	Falda	Fess. Piez.	Piez. (P) Incl. (I)
1		terreno antropizzato di tipo sabbioso ghiaioso bruno grigio con molti frammenti di laterizi e malta	0.70										
		livello costituito prevalentemente da cemento	0.80										
2		terreno antropizzato di tipo argilloso limoso bruno grigio scuro con frammenti di laterizi	1.80										
		materiale costituito prevalentemente da malta sabbiosa bruno chiaro con frammenti di laterizi	3.00										
3		terreno antropizzato di tipo argilloso limoso bruno grigio con frammenti di laterizi	3.80										
		livello costituito prevalentemente da frammenti di laterizi in poca matrice argillosa limosa	4.40										
4		terreno antropizzato di tipo argilloso limoso bruno grigio scuro inglobante sparsi frammenti di laterizi, sono talora presenti anche resti vegetali ossidati.			120-150	55							
					120	45							
5		Si nota la presenza di livelli in cui non appaiono evidenti tracce antropiche.			130-140	55							
					80-90	30							
6		idem			100-120	40							
					80-90	40							
7		idem			110-130	40							
					80	40							
8		terreno antropizzato di tipo argilloso limoso sabbioso bruno grigio che passa ad argilloso limoso bruno con frammenti di laterizi	9.00										
			10.00										
9		terreno antropizzato limso sabbioso bruno grigio scuro con frammenti di malta e resti vegetali ossidati	10.60										
10													
11													
12													

Campioni: S-Pareli Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
Prove SPT: PA-Punte Aperta, PC-Punta Chiusa  
Carotaggio: a rotazione a carotaggio continuo a secco

Direttore del laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel 0444 389495 Fax 0444 283413

Sperimentatore

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)



Archivio n° R043/14	Rapporto n° 4253/S	Inizio esecuzione 16.07.2014	Termine Esecuzione 16.07.2014	Data emissione 21.07.2014	Pagina 1/1
Committente COMUNE DI VICENZA					
Cantiere MUSEO CIVICO PINACOTECA DI PALAZZO CHIERICATI					
Operatori M. Boschello, G. Dalla Rosa		Tipo Carotaggio a rotazione a carotaggio continuo a secco		Diam. carotiere (mm) 101	Diam. rivestimento (mm) 127
				Quota p.c.	

SONDAGGIO MECCANICO n. S2

Scala (mt)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	PT (kPa)	ST (kPa)	Camp.	n° Camp.	Vane Test	Prova LeFranc	Falda	Fess. Piez.	Piez. (P) Incl. (I)
1		terreno antropizzato di tipo sabbioso limoso bruno grigio con frammenti di laterizi	0.60										
		terreno antropizzato di tipo limoso sabbioso con molti frammenti di laterizi talora grossolani	1.20										
2		terreno antropizzato di tipo argilloso limoso bruno grigio scuro con frammenti di laterizi	2.00										
		materiale di tipo sabbioso limoso bruno grigio con molti frammenti di laterizi	3.10										
4		struttura muraria costituita da laterizi con malta	5.20										
6		terreno antropizzato limoso sabbioso argilloso grigio bruno con molti frammenti di laterizi e malta, sono talora presenti anche resti lignei	8.00										
7		terreno antropizzato di tipo limoso sabbioso bruno grigio con frammenti di laterizi e malta	9.10										
9		livello costituito da frammenti di laterizi di grandi dimensioni in poca matrice limosa sabbiosa bruno grigio	9.70										
		terreno limoso argilloso sabbioso bruno giallo chiaro con venature grigio senza evidenti segni di antropizzazione	10.60										
11		terreno antropizzato di tipo argilloso limoso grigio chiaro con frammenti di laterizi	10.70		200-250	65							
		terreno argilloso limoso grigio chiaro senza evidenti segni di antropizzazione	12.00		130	40							
12		terreno argilloso limoso grigio chiaro senza evidenti segni di antropizzazione	12.00		140-200	60							

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
Carotaggio: a rotazione a carotaggio continuo a secco

Direttore del laboratorio  
  
(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

GEOTECHNA srl  
36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P.IVA 00673940243  
Tel 0444 389495 Fax 0444 263413

Sperimentatore  
  
(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)





**COMUNE DI VICENZA**

Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni  
Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio  
Piazza Biade, 26 - 36100 - VICENZA

***PALAZZO CHIERICATI ALA '800***

*RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ALA OTTOCENTESCA DI  
PALAZZO CHIERICATI SEDE DELLA PINACOTECA CIVICA*

**RELAZIONE GEOTECNICA**

secondo

*NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – D.M. 14.01.2008*

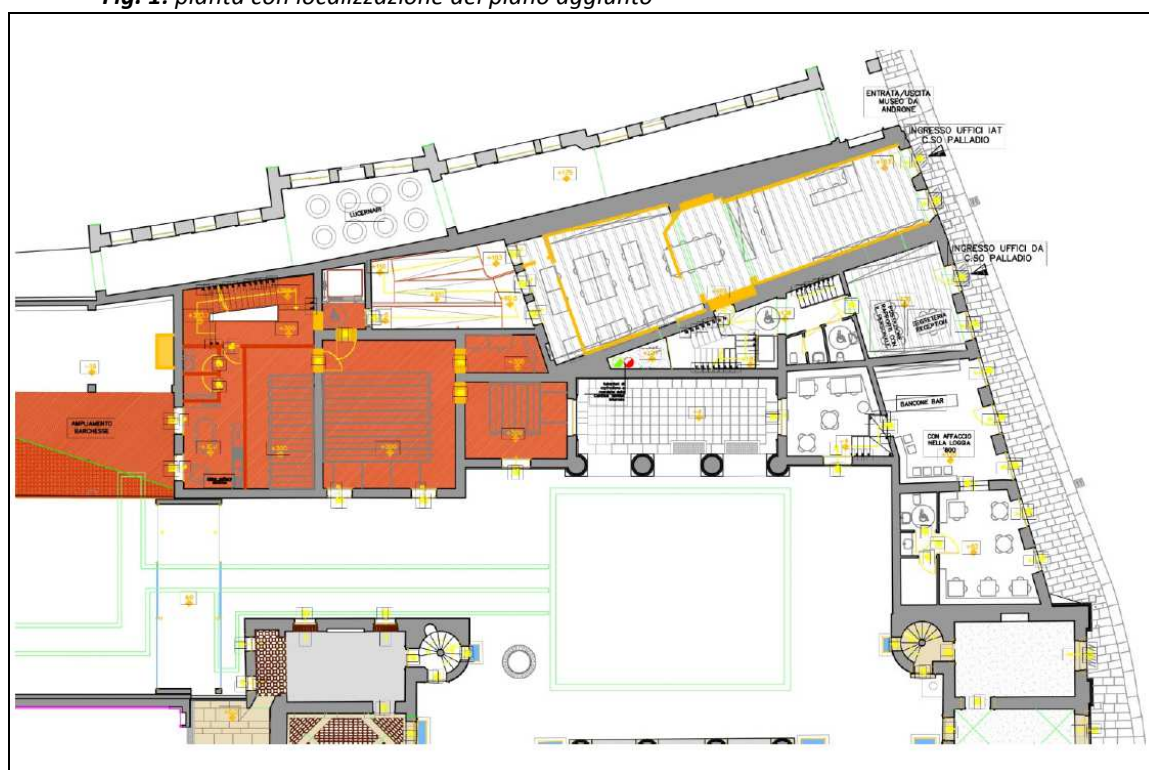
Torri di Quartesolo (VI), 02/02/2017



## 1 PREMESSE

Il “Progetto di restauro e rifunzionalizzazione dell’ala ottocentesca di Palazzo Chiericati sede della pinacoteca civica” a Vicenza, prevede la ristrutturazione di alcune porzioni dell’edificio e l’inserimento nella porzione Sud di un piano aggiunto ad uso biblioteca/archivio, come si vede nello schema di fig. 1 fornito dallo studio di progettazione SM Ingegneria srl.

*Fig. 1: pianta con localizzazione del piano aggiunto*



Lo Studio di progettazione SM Ingegneria srl riferisce che, ad un’ispezione delle fondazioni dell’ala ottocentesca eseguita anche con l’esecuzione di alcuni scavi, non appaiono evidenze di cedimenti delle stesse. Delle fondazioni non si conosce con certezza, inoltre, la tipologia, le dimensioni e la quota di imposta.

Un’altra non trascurabile incertezza è che non si può sapere se i terreni presenti al di sotto dell’appoggio fondazionale siano più o meno antropizzati. Dal confronto delle stratigrafie dei sondaggi S1 e S2 del 2014 con quella attuale del sondaggio S1 (2017), si evince una sostanziale differenza di profondità di questi terreni antropizzati: circa 10.7 m (21.6 m slm) nel sondaggio S2 del 2014 contro 5.5 m (27.9 m slm circa) di S1 del 2017.

Alla quota di circa 21.6 m slm (10.7 m di profondità di S2-2014) in entrambi i punti indagine si rilevano terreni con caratteristiche simili, confrontabili dalle relative prove penetrometriche.

## 2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

Riporto sinteticamente le caratteristiche salienti dei terreni del sottosuolo rilevati nelle attuali indagini geognostiche e in quelle precedenti del 2014, come descritto nel capitolo 5 della Relazione Geologica, al quale si rimanda per ulteriori informazioni.

Tralascio le caratteristiche dei terreni antropizzati (§5.1 della Relazione Geologica), riconosciuti fino a 5.5 m di profondità dal piano viario nel sondaggio S1 del 2017, in quanto poco o per nulla significativi dal punto di vista fondazionale, ipotizzando che le fondazioni poggino plausibilmente al di sotto di tale profondità; il piano viario del sondaggio S1 risulta indicativamente 1 m più alto della corte interna di palazzo Chiericati (vedasi Tav. 2 allegata alla Relazione Geologica).

**Tab. 1:** descrizione litotipi

LITOTIPO	quota inizio/fine m s.l.m.	spessore m	Litologia	stato geotecnico rilevato
<b>A</b>	27.9/25.2	2.7	sabbia fina limosa debolmente argillosa con intercalati livelli limosi-argillosi	sciolto/mediamente denso la porzione sabbiosa-limosa consistente le porzioni limose-argillose
<b>B</b>	25.2/15.9	9.3	prevalentemente coesiva argillosa-limosa e limosa-argillosa con intercalazioni sabbiose	consistente e molto consistente
<b>C</b>	15.9/13.9	2.0	sabbia fina limosa	mediamente denso-denso
<b>D</b>	13.9/<2.4	>11.5	prevalentemente coesiva argillosa-limosa	molto consistente

**Tab. 2:** principali parametri geotecnici acquisiti

LITOTIPO	qc (valori medi) MPa	SPT N <sub>30</sub> (min / max)	ELL T KPa	EDOMETRO Cc - OCR
<b>A</b>	4 - 5	6 / 6	-	-
<b>B</b>	>1.5	8 / 16	62.5 – 95.0	0.150 – 1.3 0.225 – 1.3
<b>C</b>	10 - 17	16	-	-
<b>D</b>	2 - 3	26	-	-

### 3 CONCLUSIONI

Analogamente a quanto riportato nel §8 della Relazione Geologica, faccio le seguenti considerazioni con la riserva, eventualmente, di approfondire l'argomento relativo a plausibili eventuali cedimenti indotti dalle nuove strutture in progetto, una volta definite dimensionalmente e strutturalmente nella loro interazione fondazionale con i terreni rilevati.

- Dal punto di vista litologico e geotecnico non si rilevano, nei punti indagine eseguiti, litologie particolarmente scadenti dal punto di vista geomeccanico.
- Sono presenti terreni antropizzati e resti di antiche strutture che vengono riconosciute fino alla profondità di 5.5 m nel sondaggio S1 del 2017 e fino a circa 10.7 m nei sondaggi S1 e S2 del 2014. Questa tipologia di materiali può essere molto eterogenea e variabile sia in senso verticale che orizzontale inglobando, talora, delle piccole cavità.
- I terreni coesivi argillosi-limosi rilevati appaiono sostanzialmente di bassa plasticità, prevalentemente consistenti e molto consistenti, a compressibilità media con coefficienti di compressibilità  $C_c$ , rilevati con prove di consolidazione edometrica, variabili tra 0,150 e 0,225.
- I terreni e i materiali antropici sottoposti alla pressione trasmessa dalle fondazioni del Palazzo Chiericati hanno da tempo raggiunto un assestamento. Eventuali incrementi di carico trasmessi alle fondazioni potranno, plausibilmente, indurre dei cedimenti per costipamento nei livelli sabbiosi-limosi (di rapida conclusione) e per consolidazione nei livelli argillosi-limosi (di lenta conclusione). L'entità di questi cedimenti sarà da valutare attentamente, in funzione di eventuali incrementi di carico e della loro entità.
- La plausibile presenza di materiali antropizzati al di sotto del Palazzo Chiericati, la cui estensione ed eterogeneità composizionale sono difficilmente rilevabili, consiglia cautela nella valutazione della ristrutturazione. Non è, quindi, semplice definire un modello geotecnico-strutturale completo, complicato anche dall'esistenza di edifici adiacenti che, parzialmente, fanno parte della struttura del Palazzo stesso.

In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza la caratterizzazione geotecnica ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa del settore.

Come noto le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008 – *cap. 6 progettazione geotecnica*) prevedono che il Progettista dia un'impostazione essenzialmente *prestazionale* in riferimento all'interazione "opera / terreno di fondazione", eseguendo le verifiche della sicurezza e delle prestazioni della costruzione secondo gli *stati limite ultimi* SLU, le *condizioni di esercizio* SLE, adottando il fattore di sicurezza ritenuto accettabile dallo stesso Progettista e valutando la *vita utile* del progetto.

La presente relazione non costituisce una proposta progettuale bensì una valutazione utile per il Progettista a risolvere il rapporto tra il terreno di fondazione e le opere di fondazione in progetto.

Torri di Quartesolo (VI), 02/02/2017



(Geol. Andrea Baldracchi)

**COMUNE DI VICENZA**

*Settore Lavori Pubblici Pubblici e Manutenzioni  
Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio*

Corso Palladio, 98  
36100 VICENZA

**RAPPORTI DI PROVA  
relativi alle**

**PROVE GEOTECNICHE  
IN SITO E DI LABORATORIO**

*cantiere :*

**VICENZA - RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ALA  
OTTOCENTESCA DI PALAZZO CHIERICATI SEDE DELLA  
PINACOTECA CIVICA**

Responsabile Commessa



*Dr. Geol. Tatiana Bartolomei*



36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore Laboratorio



*Dr. Geol. Renato Bartolomei*

Torri di Quartesolo (VI), 18/01/2017

archivio n. :

**R 002 /17**



Management  
System  
ISO 9001:2008

www.tuv.com  
ID 9108630772



QUESTO DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE DUPLICATO PARZIALMENTE SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI GEOTECHNA S.R.L.



codice archivio n°	R002/17	data emissione :	12/01/17	pagina	1/1
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA</b>				

## PLANIMETRIA

### CON UBICAZIONE PUNTI INDAGINE





codice archivio n°	R002/17	data emissione:	18.01.17	pagina	1/1
--------------------	---------	-----------------	----------	--------	-----

Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>
---------------	--------------------------

Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA 800</b>
------------	-------------------------------------

Posizionamento CPT n°
-----------------------

**1**

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

*CPT (Cone Penetration Test)*





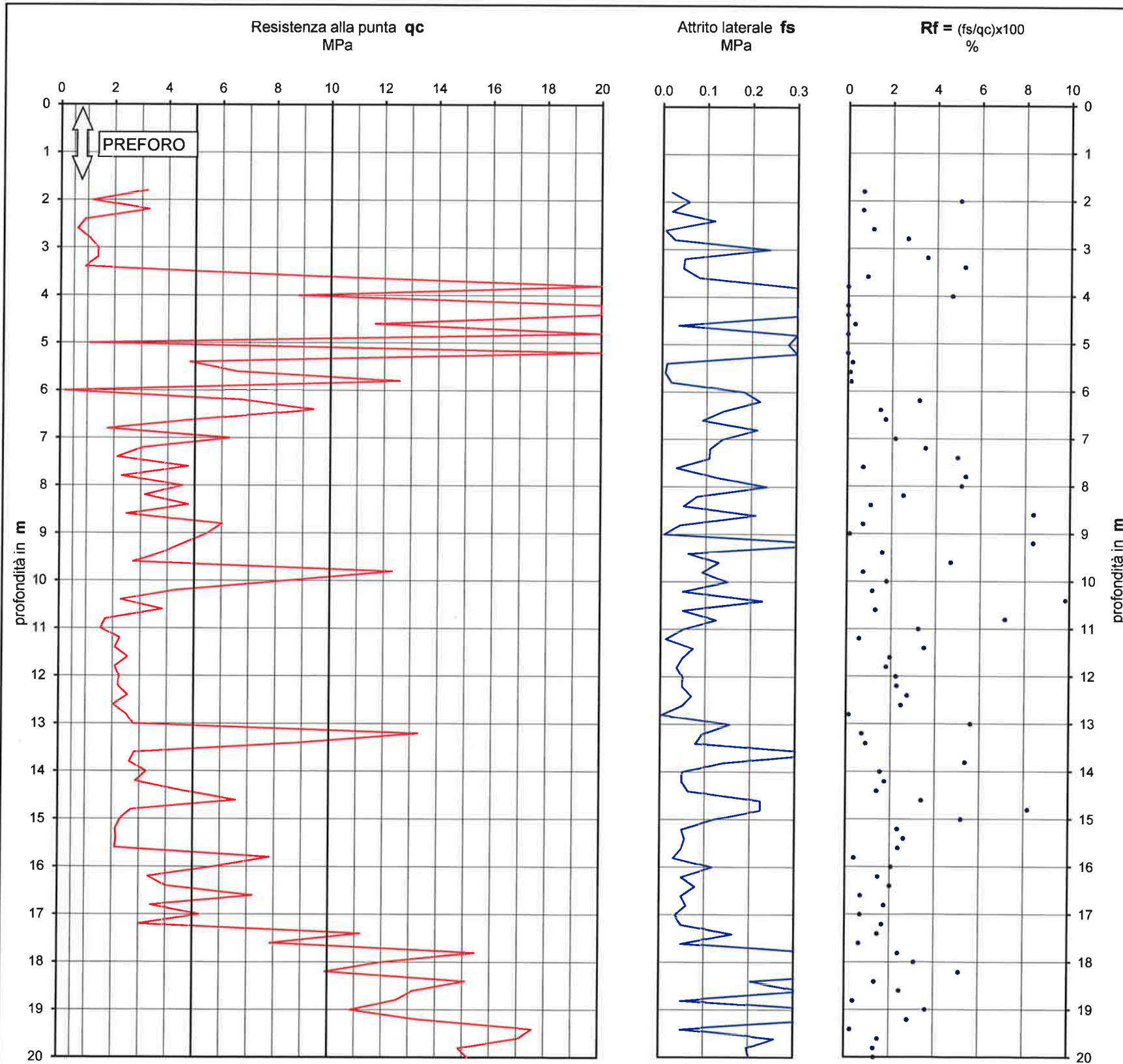


TABELLA DATI DI PROVA			
profondità m	qc MPa	fs MPa	Rf %
0.2	-	-	-
0.4	-	-	-
0.6	-	-	-
0.8	-	-	-
1.0	-	-	-
1.2	-	-	-
1.4	-	-	-
1.6	-	-	-
1.8	3.21	0.02	0.68
2.0	1.17	0.06	5.06
2.2	3.29	0.02	0.67
2.4	0.91	0.12	12.81
2.6	0.63	0.01	1.14
2.8	1.08	0.03	2.68
3.0	1.39	0.24	17.11
3.2	1.40	0.05	3.57
3.4	0.91	0.05	5.25
3.6	9.47	0.08	0.89
3.8	>20.0	-	-
4.0	8.79	0.41	4.68
4.2	>20.0	-	-
4.4	>20.0	-	-
4.6	11.66	0.04	0.33
4.8	>20.0	-	-
5.0	1.06	0.28	26.39
5.2	>20.0	-	-
5.4	4.80	0.01	0.23
5.6	6.54	0.01	0.12
5.8	12.58	0.02	0.16
6.0	0.16	0.18	113.11
6.2	6.76	0.22	3.24
6.4	9.39	0.14	1.48
6.6	5.28	0.09	1.72
6.8	1.76	0.21	12.05
7.0	6.29	0.14	2.15
7.2	3.09	0.11	3.51
7.4	2.15	0.11	4.95
7.6	4.78	0.03	0.72
7.8	2.31	0.12	5.33
8.0	4.55	0.23	5.14
8.2	3.17	0.08	2.54
8.4	4.79	0.05	1.06
8.6	2.50	0.21	8.37
8.8	6.02	0.04	0.73
9.0	5.47	0.01	0.11
9.2	4.67	0.39	8.36
9.4	3.86	0.06	1.59
9.6	2.76	0.13	4.67
9.8	12.32	0.09	0.75
10.0	8.36	0.15	1.79

note: fino alla profondità di circa 5.5 m sono stati rilevati nel sondaggio, eseguito a un metro di distanza, materiali antropici costituiti da frammenti di laerizio e calcare

Superficie punta = 10 cm<sup>2</sup> - conicità punta = 60° - Superficie manicotto = 150 cm<sup>2</sup> - velocità di infissione = 2 +/- 0.5 cm/sec Rf (Ratio friction) = (fs/qc) x 100

Penetrometro a comando idraulico con spinta massima 200 kN - acquisizione dati mediante cella di carico collegata a centralina dedicata con software di elaborazione e visualizzazione in tempo reale

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

**GEOTECHNA** srl  
36040 Torri di Quaresolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940461  
Tel. 0444 389455 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

codice archivio n°	R002/17	data emissione:	18.01.17	pagina	1/1
--------------------	---------	-----------------	----------	--------	-----

Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>
---------------	--------------------------

Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA 800</b>
------------	-------------------------------------

Posizionamento Sondaggio n°	<b>S1</b>
-----------------------------	-----------

<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b> <b>SONDAGGIO MECCANICO</b>
---



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)



Management  
System  
ISO 9001:2008



Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



codice archivio n°	R002/17	data emissione:	18.01.17	pagina	1/2
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA 800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Box n°	<b>1 - 2</b>	quota m da - a	p.c.-10.0

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO MECCANICO



**GEOTECHNA srl**

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



codice archivio n°	R002/17	data emissione:	18.01.17	pagina	2/2
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA 800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Box n°	<b>3 - 4</b>	quota m da - a	10.0-20.0

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

### SONDAGGIO MECCANICO





Archivio n° R002/17	Rapporto n° 5607/S	Inizio esecuzione 11.01.207	Termine Esecuzione 11.01.2017	Data emissione 18.01.2017	Pagina 2/2
Comititante COMUNE DI VICENZA - SETTORE LL PP E MANUTENZIONI					
Cantiere VICENZA C.so Palladio adiacenza Palazzo Chiericati - ALA 800					
Operatori Dr. Geol. M. Lucido, G. Dalla Rosa		Tipo Carotaggio a rotazione a carotaggio continuo a secco		Diam. carotiere (mm) 101	Diam. rivestimento (mm) 127
				Quota p.c.	

SONDAGGIO MECCANICO n. S1

LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Quota	S.P.T.	PT (kPa)	ST (kPa)	Camp.	Piez.	Falda	n° camp.	Vane Test	LeFranc
1	prescavo per accertamento presenza di sottoservizi	1.50	2-2-3 1.50 PC								
2	materiale antropico costituito da frammenti di cotto e di roccia calcarea in poca matrice terrosa sabbiosa limosa bruna. Talora presenza di piccole cavità.		1-1-0 2.70 PC								
3											
4		4.20	12-3-20 4.20 PC			4.50 4.60		4.30	CR1 4.50		
5	limo argilloso e sabbia limosa bruno oliva chiaro con frammenti di roccia calcarea										
6		5.50	1-3-3 5.70 PA			6.50 6.10			CR3 6.00		
7	sabbia limosa bruno oliva con intercalati livelli di limo argilloso, allo stato plastico, soprattutto tra 7 e 8 m		2-3-3 7.60 PA			7.50 7.60			CR2 7.50		
8		8.20		100-100 150-190 110-120	45 70 60						
9	argilla limosa, allo stato consistente, bruno pallida con livelli più limosi, talora molto consistente. Rare intercalazioni di livelli sabbiosi limosi		5-7-9 8.70 PA								
10		10.70	3-3-5 10.20 PA	240-260 170-190	110 70						
11	argilla limosa grigio molto chiaro, consistente	11.00		150-160	70						
12	argilla limosa grigio chiara con livelletti torbosi e nuclei lignei ossidati, consistente, talora molto consistente			140-180	40	11.70 O			CI1 11.70		
13	sabbia fina limosa grigio scura	13.00	3-4-4	240-260	70	12.30					
14	argilla limosa grigia, consistente	13.50	13.20 PA								
15	limo argilloso grigio e grigio chiaro allo stato generalmente molto consistente, talora con striature torbose e nuclei lignei ossidati.	14.00		190-190	80						
16	idem di colore grigio chiaro.		3-5-6 16.20 PA			14.70 O			CI2 14.70		
17	idem, poco consistente	17.50	3-6-7 17.70 PA	340-350	130	15.30					
18	sabbia fina limosa allo stato generalmente mediamente denso, talora con livelli limosi			180-200 260-330 50-70	65 120 35	18.00 18.10			CR4 18.00		
19	argilla limosa grigio rosata, consistente	19.20	5-14-12 19.20 PA	160-170	60						
		20.00									

archivio n°	R002/17				pagina 1/1
inizio esecuzione	11.01.17	termine esecuzione	11.01.17	emissione	18.01.17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA 800				

## PROVA PENETROMETRICA S.P.T.

Standard Penetration Test (ASTM D1586 - RACC. AGI 1977)

Prove eseguite nel sondaggio n°	S1	altezza livello falda in m da p.c.	-
metodo di perforazione: rotazione a carotaggio continuo a secco			

S.P.T. n°	rapporto di prova n°	quota m da p.c. da a		n° colpi			N 2°+3° 30 cm	descrizione litologica	lunghezza campione cm
				1° 15 cm	2° 15 cm	3° 15 cm			
S1 /1	5608 /S	1.50	1.95	2	2	3	5	materiale antropico	PUNTA
S1 /2	5609 /S	2.70	3.15	1	1	0	1	cavità in materiale antropico	PUNTA
S1 /3	5610 /S	4.20	4.65	12	3	20	23	materiale antropico	PUNTA
S1 /4	5611 /S	5.70	6.15	1	3	3	6	terreno sabbioso limoso	45
S1 /5	5612 /S	7.60	8.05	2	3	3	6	terreno sabbioso limoso	40
S1 /6	5613 /S	8.70	9.15	5	7	9	16	terreno argilloso limoso	45
S1 /7	5614 /S	10.20	10.65	3	3	5	8	terreno argilloso limoso	45
S1 /8	5615 /S	13.20	13.65	3	4	4	8	terreno sabbioso limoso	37
S1 /9	5616 /S	16.20	16.65	3	5	6	11	terreno limoso argilloso	40
S1 /10	5617 /S	17.70	18.15	3	6	7	13	terreno sabbioso limoso	VUOTO
S1 /11	5618 /S	19.20	19.65	5	14	12	26	terreno argilloso limoso	40

- Dispositivo di guida e di sganciamento automatico con caduta della massa libera e costante
- massa di percussione = 63.5 kg - volata = 0.76 m - energia specifica = 473 Joule/colpo - Ø campionatore = 51 mm

note : Quando la natura del terreno in prova risulta grossolana viene usata la punta conica  $\Phi$  51 mm conicità 60°, in sostituzione della scarpa (da Racc. AGI 1977).

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 - P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 - Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

sondaggio n.

campione n.

quota m

rapporto n°



# TABELLA RIASSUNTIVA PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

COMUNE DI VICENZA

PALAZZO CHIERICATI - ALA  
OTTOCENTESCA

11/01/17 ARCHIVIO R002/17

Committente :

Cantiere/Opera :

Consegna campioni :

S1

CI1	CI2	CR1	CR2	CR3	CR4	
11.7-12.3	14.7-15.3	4.5-4.6	7.5-7.6	6.0-6.1	18.0-18.1	
5406/L	5407/L	5408/L	5409/L	5410/L	5411/L	
27.6	29.6	32.9	37.3	31.9	19.5	
1.75	1.95	-	-	-	-	
44	31	43	38	-	-	
11	5	18	10	-	-	
-	-	-	-	0	0	
-	-	-	-	46	71	
-	-	-	-	45	24	
-	-	-	-	9	5	
-	-	-	-	<4.75	<0.5	
classifica AGI				sabbia fina con limo debolmente argilloso	sabbia fina limosa	
classifica ASTM D2487						
classifica Casagrande	ML	CL	ML	-	-	
MASSA VOLUMICA GRANULI SOLIDI (Mg/m³)	2.75	-	-	-	-	
SOSTANZA ORGANICA (%) :	-	-	-	-	-	
COMPRESSIONE SEMPLICE ELL :	62.5	-	-	-	-	
PROVA TRIASSIALE UU :	-	-	-	-	-	
PROVA TRIASSIALE CIU :	-	-	-	-	-	
CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA	X	-	-	-	-	
TAGLIO DIRETTO :	-	-	-	-	-	

GEOTECHNA srl  
 Via degli Avieri, 26 P.IVA 044263413  
 Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

NOTE: \* questa classificazione è da ritenersi indicativa in quanto non è possibile determinare la frazione passante al setaccio 0.063mm poiché è stato utilizzato, come da norma ASTM, il setaccio 0.075mm

archivio n	R002/17	rapporto n.	5406/L	pag	1/1
campione ricevuto :	11/01/17	apertura eseguita il	12/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n	<b>CI1</b>	quota m	<b>11.7-12.3</b>

## DESCRIZIONE CAMPIONE INDISTURBATO

(UNI EN ISO 14688-1)

ALTO

cm	stratigrafia	prove eseguite	descrizione
10		Wn - p 27.6 - 1.75 WI - Ip 44-11 ps 2.75 ED PT/ST 200-240/60	<i>terreno limoso-argilloso grigio chiaro (C90) con striature torbose e nuclei lignei ossidati</i>
20			
30			
40			
50			
60		ELL	<i>idem</i>  <i>valutazione colorimetrica secondo Code Munsell per agronomi</i>

BASSO

### SIMBOLI

PT/ST= penetrometro e scissometro tascabili in kPa; Wn%= contenuto in acqua; p Mg/m<sup>3</sup>= massa volumica; WI , Ip%= limite liquido e indice di plasticità; GR= granulometria; p<sub>s</sub> Mg/m<sup>3</sup>= massa volumica dei granuli; SO= sostanza organica; Cc%= tenore in carbonati; K= permeabilità; ED= edometro; TD= taglio diretto; TDR= taglio diretto residuo; ELL= compressione con espansione laterale libera; UU, CIU, CID= compressioni triassiali non consolidata non drenata, consolidata non drenata, consolidata drenata;

### campionatore

tipo	fustella tipo Osterberg
diametro interno	85 mm
condizioni	buone
data prelievo (se conosciuta)	11/01/17

### qualità campione (Raccomandazioni AGI 1977)

indisturbato (Q5)	X
disturbo limitato (Q4)	
disturbato (Q1,Q2,Q3)	
sigillato con paraffina	si <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/>

### note sulla campionatura

lunghezza campionatore	60	cm
lunghezza infissione	-	cm
lunghezza campionamento	-	cm
lunghezza campione	-	cm

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

I001-A2.1-GEO rev.0 12.07.16

**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413



il Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



**foto campione**



archivio n°	R002/17	rapporto n.	5406/L		pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	inizio prove	12/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CI1	quota m	11.7-12.3

## PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA

CAMPIONE INDISTURBATO

### Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

contenuto in acqua	Wn %	27.6
--------------------	------	------

### Massa volumica (UNI CEN ISO/TS 17892-2 misurazioni lineari)

massa volumica	$\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	1.75
----------------	--------------------------	------

composizione granulometrica frazioni passanti	mm	2.00	0.40	0.075	0.002
	%	-	-	-	-

composizione granulometrica classi AGI		ghiaia	sabbia	limo	argilla
	%	-	-	-	-

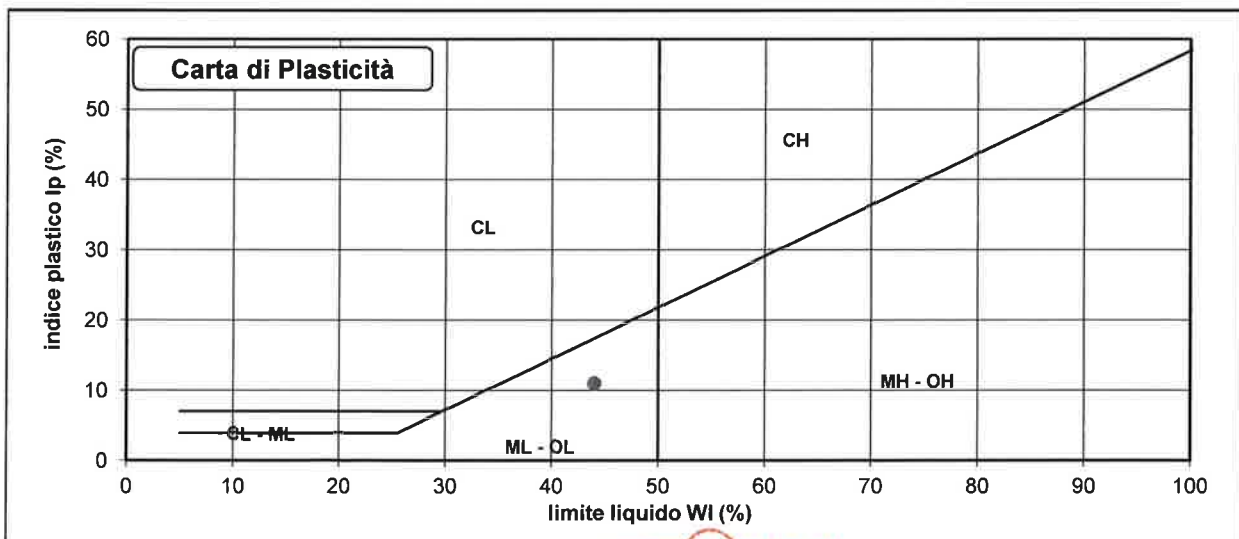
### Limiti di consistenza o di Atterberg (ASTM D4318)

limite di liquidità	WI %	44
limite di plasticità	Wp %	33
indice di plasticità	Ip %	11
indice di consistenza	Ic	1.49
coeff. di attività colloidale (Ip / % <2 $\mu$ m)	A	-

### ONE-POINT - Method B

$WI\% = W(N/25)^{0.121}$		
n° colpi N	24	24
W%	44.3	44.5
WI%	44.1	44.3

limiti di Atterberg eseguiti sul campione tal quale



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl  
36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

archivio n°	R002/17	rapporto n.	5406/L	pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	esecuzione prova	13/01/17	emissione : 18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA			
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA			
Sondaggio n°	S1	Campione n	CI1	quota m 11.7-12.3

## MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3 metodo del picnometro)

descrizione campione : terreno argilloso limoso

### dati di prova

temperatura T acqua distillata disareata	°C	18	18
--	----	----	----

		1 <sup>a</sup> determinazione	2 <sup>a</sup> determinazione	
<b>m<sub>4</sub></b>	massa dell'aggregato essiccato contenuto nel picnometro	25.00	25.00	g
<b>m<sub>1</sub></b>	massa, alla temperatura T, del picnometro riempito di sola acqua distillata	150.91	151.80	g
<b>m<sub>3</sub></b>	massa, alla temperatura T, del picnometro riempito di aggregato e di acqua distillata	166.83	167.73	g
<b>ρ<sub>w</sub></b>	massa volumica dell'acqua distillata e disareata alla temperatura T	0.99862	0.99862	Mg/m <sup>3</sup>
<b>ρ<sub>s</sub></b>	massa volumica dei granuli solidi (Mg/m <sup>3</sup> )	2.75	2.75	Mg/m <sup>3</sup>

Massa volumica dei granuli solidi ρ<sub>s</sub> (Mg/m<sup>3</sup>)

2.75

formula di calcolo :

$$\rho_s = m_4 \times \rho_w / (m_4 - m_3 + m_1)$$

note :

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

archivio n°	R002/17	rapporto n.	5406/L	pagina	1/2
campione ricevuto	11/01/17	inizio prova	13/01/17	emissione	18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA				
Sondaggio n°	S1	Campione	CI1	quota m	11.7-12.3

**PROVA DI COMPRESSIONE  
CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA**  
(UNI CEN ISO 17892-7)

descrizione campione: *terreno limoso argilloso*

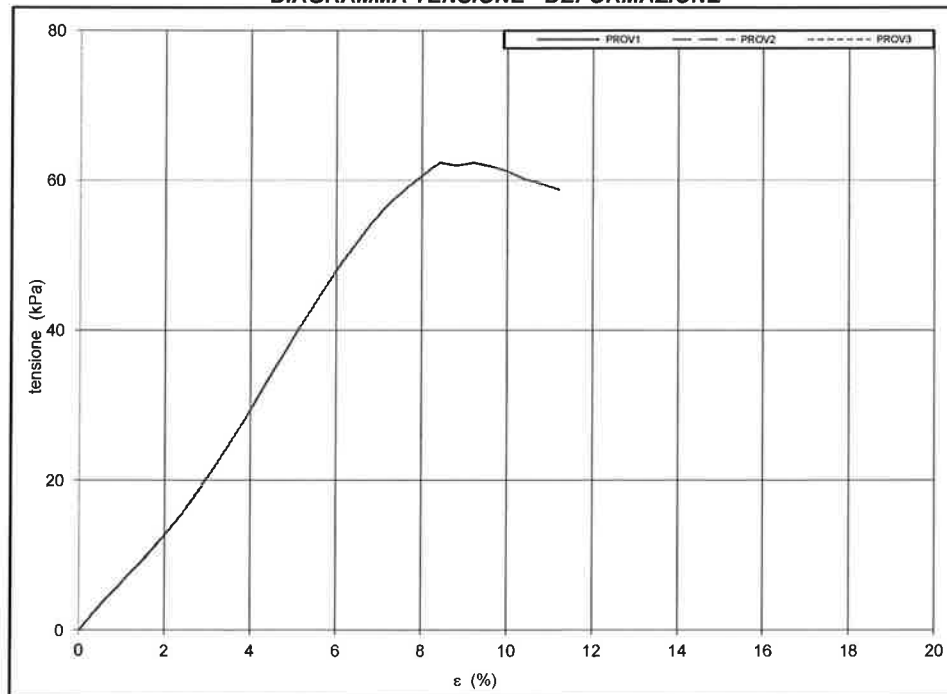
disomogeneità litologiche  
evidenti nei provini:

Provino			1	2	3
CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI					
Area	A <sub>o</sub>	(cm <sup>2</sup> )	56.7	-	-
Altezza	h <sub>o</sub>	(cm)	12.5	-	-
Volume	V <sub>o</sub>	(cm <sup>3</sup> )	709.3	-	-
Poket Penetrometer	Pt	(kPa)	200-240	-	-
Torvane	St	(kPa)	60	-	-
Contenuto d'acqua	Wn	(%)	27.6	-	-
Massa volumica umida	ρ	(Mg/m <sup>3</sup> )	1.75	-	-
Massa volumica secca	ρd	(Mg/m <sup>3</sup> )	1.37	-	-

**FASE DI TAGLIO**

PAGE 21/40					
Velocità di taglio	v	(mm/min)	1.250		
TENSIONE A ROTTURA	T	(kPa)	62.5	-	-
DEFORMAZIONE A ROTTURA	ε	(%)	8.40	-	-

**DIAGRAMMA TENSIONE - DEFORMAZIONE**



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)





archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5406/L	pagina	1/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA '800				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CI1	quota m	11.7 - 12.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Racc. A.G.I. 1994 - ASTM D 2435

### Caratteristiche fisiche del provino

			iniziale	finale
altezza	h	(mm)	20.00	17.79
contenuto d'acqua	W	(%)	26.1	21.5
massa volumica umida	$\rho$	(Mg/m <sup>3</sup> )	2.01	2.18
massa volumica secca	$\rho_d$	(Mg/m <sup>3</sup> )	1.60	1.80
indice dei vuoti	e	(-)	0.722	0.532
saturatione	Sr	(%)	99	111

area A (cm <sup>2</sup> ) = 20.0	massa volumica dei granuli $\gamma_s$ (Mg/m <sup>3</sup> ) = 2.75
----------------------------------	---

### Dati di prova riassuntivi

$\sigma$	$\Delta h$	$\varepsilon$	e	M	mv	av	Cv	K	C $\alpha$
(kPa)	(mm)	(%)	(-)	(kPa)	(m <sup>2</sup> /kN)	(m <sup>2</sup> /kN)	(m <sup>2</sup> /s)	(m/s)	(%)

#### fase di carico

0.0	0.000	0.00	0.722	-	-	-	-	-	-
12.3	0.239	1.20	0.702	1028	9.73E-04	1.68E-03	-	-	-
24.5	0.356	1.78	0.692	2083	4.80E-04	8.27E-04	-	-	-
49.1	0.533	2.66	0.676	2792	3.58E-04	6.17E-04	3.15E-07	1.13E-09	0.167
98.1	0.759	3.79	0.657	4331	2.31E-04	3.98E-04	4.32E-07	9.97E-10	0.233
245.3	1.133	5.67	0.625	7862	1.27E-04	2.19E-04	-	-	-
490.5	1.545	7.72	0.589	11918	8.39E-05	1.45E-04	-	-	-
981.0	2.040	10.20	0.547	19794	5.05E-05	8.70E-05	-	-	-
1962.0	2.586	12.93	0.500	35957	2.78E-05	4.79E-05	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### fase di scarico

490.5	2.479	12.39	0.509	-	-	-	-	-	-
245.3	2.421	12.10	0.514	-	-	-	-	-	-
49.1	2.211	11.05	0.532	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### legenda

edometro n. E10M

$\sigma$	pressione applicata	mv	coeff. di compressibilità
$\Delta h$	cedimento provino	av	indice di compressibilità
$\varepsilon$	deformazione provino	Cv	coeff. di cons. primaria
e	indice dei vuoti	K	coeff. di permeabilità
M	modulo edometrico	C $\alpha$	coeff. di cons. secondaria

note: I PARAMETRI Cv, K, Ca SONO STATI STIMATI SECONDO IL METODO DI CASAGRANDE

Sperimentatore

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 - P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 - Fax 0444 263413

Direttore del laboratorio

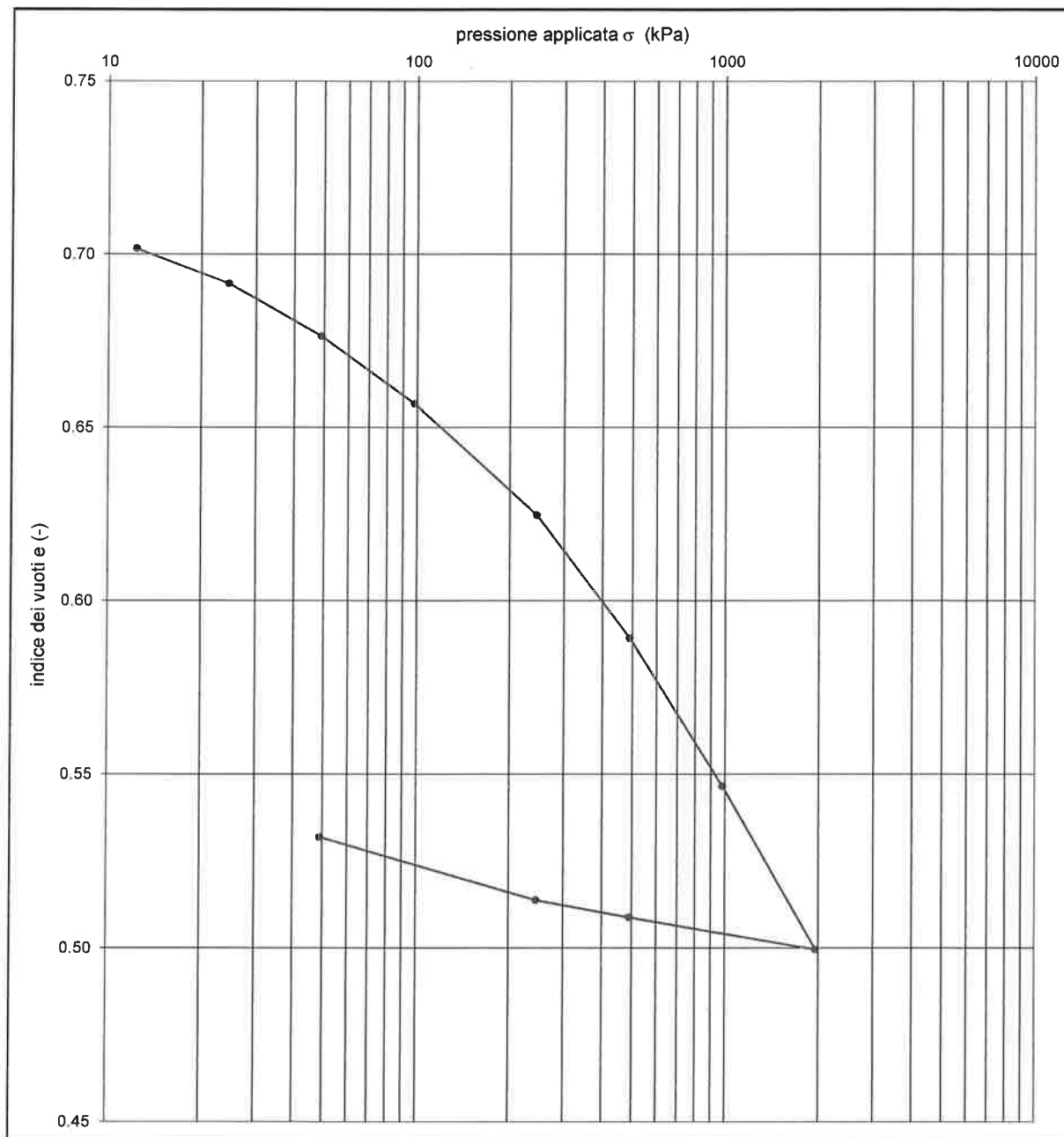
(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5406/L	pagina	2/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI1</b>	quota m	11.7 - 12.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA INDICE DEI VUOTI - PRESSIONE



archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5406/L	pagina	3/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI1</b>	quota m	11.7 - 12.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA CEDIMENTI-TEMPO

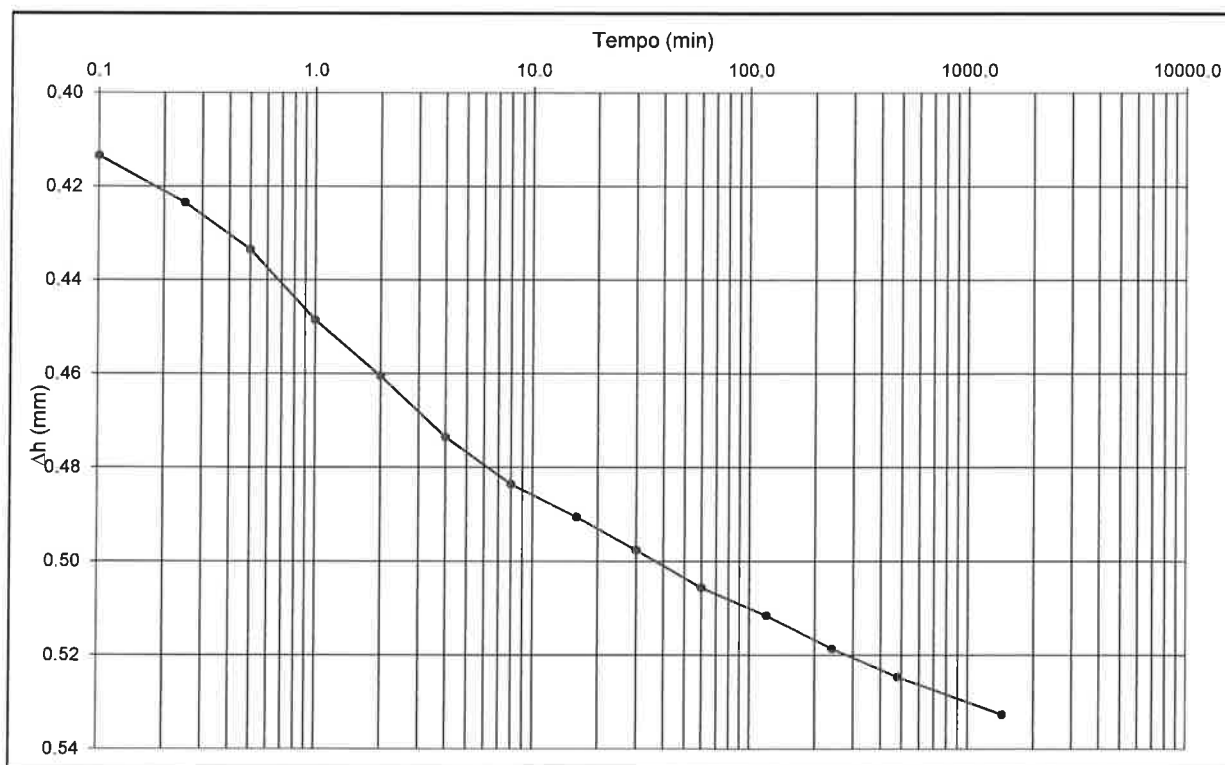
Dati di prova (cedimenti - tempo)

t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)
0.10	19.59	2	19.54	30	19.50	480	19.48		
0.25	19.58	4	19.53	60	19.49	1440	19.47		
0.50	19.57	8	19.52	120	19.49				
1	19.55	16	19.51	240	19.48				

**GRADINO DI PRESSIONE** da **24.5** a **49.1** kPa

Parametri edometrici relativi al gradino di pressione applicata

$\Delta h(\text{mm}) =$	<b>0.18</b>	$M(\text{kPa}) =$	<b>2792</b>	$C_v(\text{m}^2/\text{s}) =$	<b>3.1E-07</b>
$\varepsilon(\%) =$	<b>2.66</b>	$m_v(\text{m}^2/\text{KN}) =$	<b>3.6E-04</b>	$K(\text{m/s}) =$	<b>1.1E-09</b>
$e(-) =$	<b>0.676</b>	$t_{50}(\text{s}) =$	<b>60</b>	$C_\alpha(\%) =$	<b>0.167</b>



archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5406/L	pagina	4/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI1</b>	quota m	11.7 - 12.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA CEDIMENTI-TEMPO

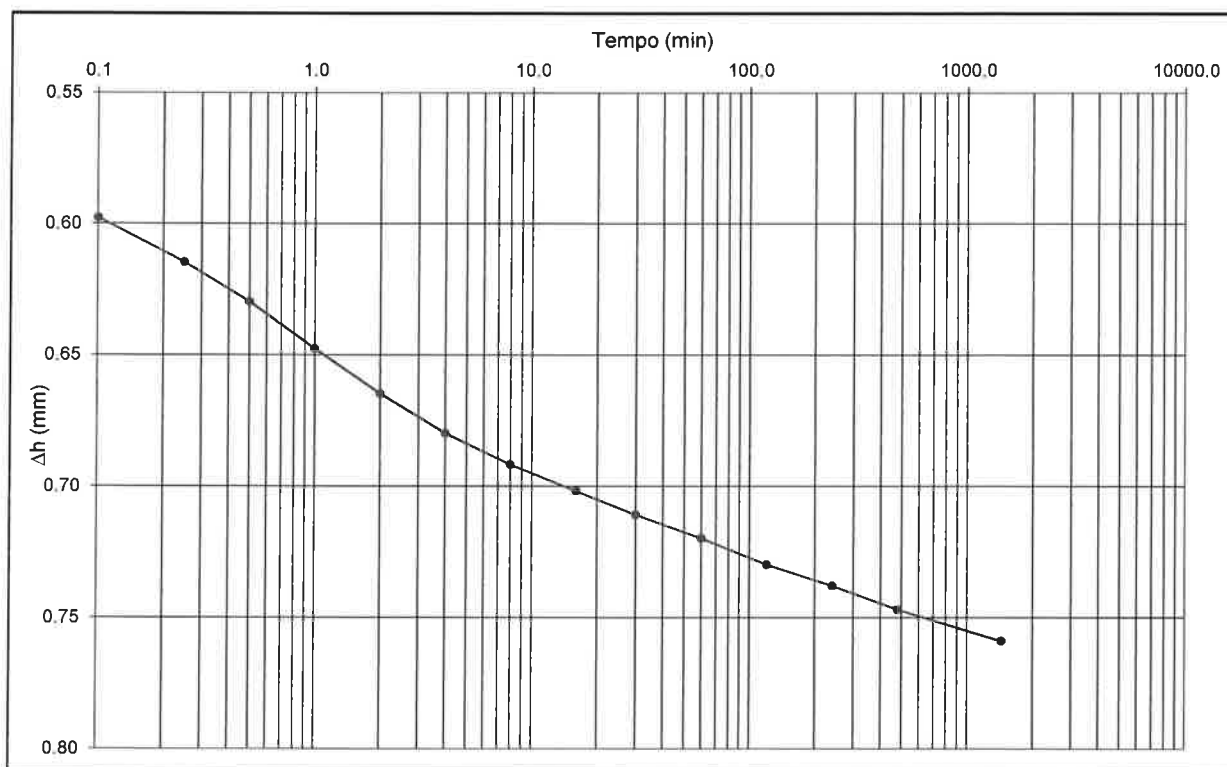
Dati di prova (cedimenti - tempo)

t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)
0.10	19.40	2	19.34	30	19.29	480	19.25		
0.25	19.39	4	19.32	60	19.28	1440	19.24		
0.50	19.37	8	19.31	120	19.27				
1	19.35	16	19.30	240	19.26				

**GRADINO DI PRESSIONE** da **49.1** a **98.1** kPa

Parametri edometrici relativi al gradino di pressione applicata

$\Delta h(\text{mm}) =$	<b>0.23</b>	$M(\text{kPa}) =$	<b>4331</b>	$C_v(\text{m}^2/\text{s}) =$	<b>4.3E-07</b>
$\varepsilon(\%) =$	<b>3.79</b>	$mv(\text{m}^2/\text{KN}) =$	<b>2.3E-04</b>	$K(\text{m/s}) =$	<b>1.0E-09</b>
$e(-) =$	<b>0.657</b>	$t_{50}(\text{s}) =$	<b>43</b>	$C_\alpha(\%) =$	<b>0.233</b>



GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 - P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 - Fax 0444 263413

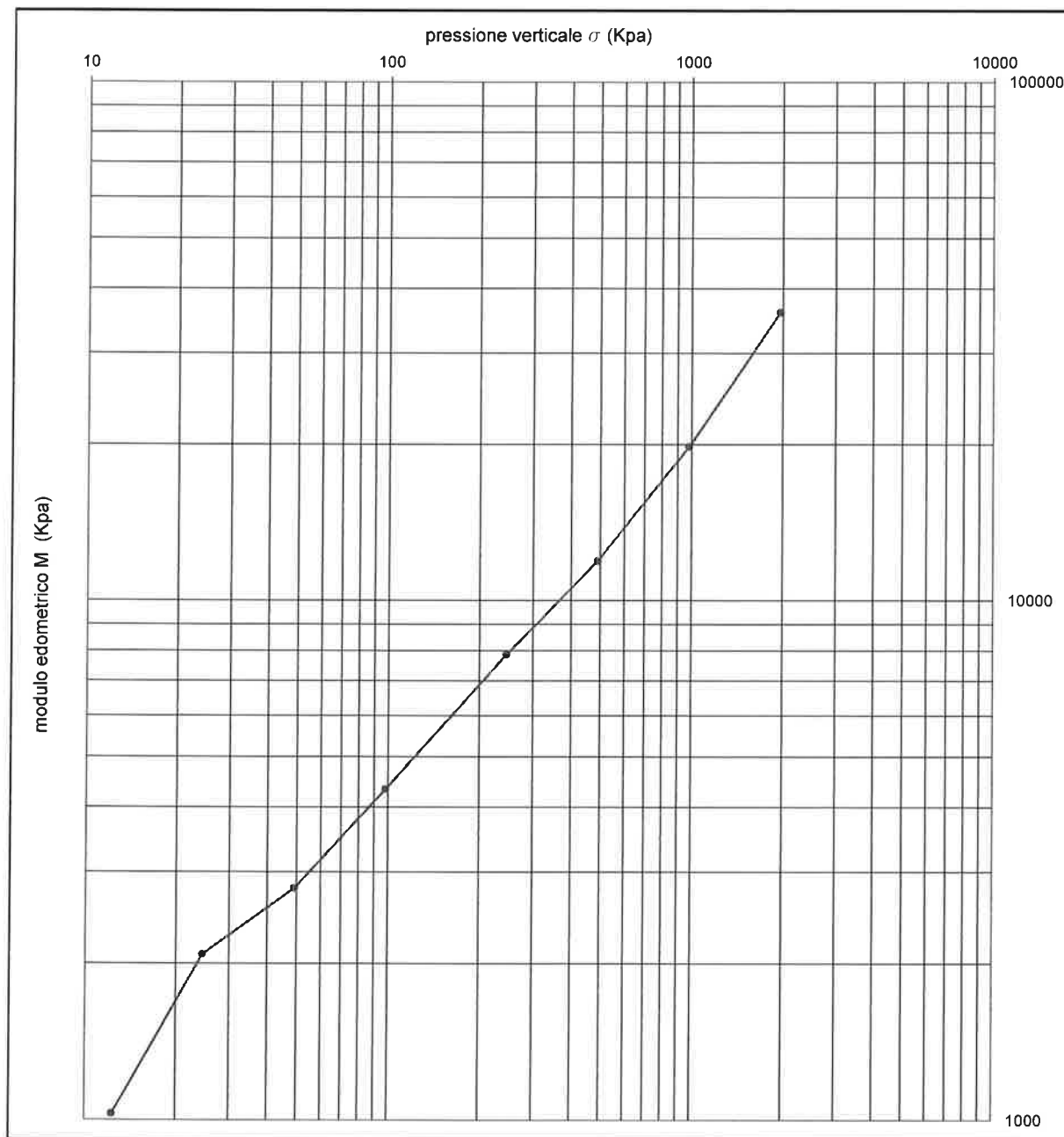
*Handwritten signature*



archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5406/L	pagina	5/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI1</b>	quota m	11.7 - 12.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA PRESSIONE - MODULO EDOMETRICO (Janbu)



archivio n	R002/17	rapporto n.	5407/L	pag	1/1
campione ricevuto :	11/01/17	apertura eseguita il	12/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n	<b>CI2</b>	quota m	<b>14.7-15.3</b>

## DESCRIZIONE CAMPIONE INDISTURBATO

(UNI EN ISO 14688-1)

ALTO

cm	stratigrafia	prove eseguite	descrizione
10			terreno limoso argilloso con presenza di venature torbose e nuclei lignei ossidati, di colore grigio chiaro (C90)
20		PT/ST 210-260/90	
30		Wn 29.6 Wl - Ip 31-5 ps 2.75 ED	idem di colore grigio (D90)
40			idem di colore grigio chiaro (C90)
50		PT/ST 220-230/60 p 1.95 ELL	idem di colore grigio (D90)
60			valutazione colorimetrica secondo Code Munsell per agronomi

BASSO

### SIMBOLI

PT/ST= penetrometro e scissometro tascabili in kPa; Wn%= contenuto in acqua; p Mg/m<sup>3</sup>= massa volumica; Wl , Ip%= limite liquido e indice di plasticità; GR= granulometria; p<sub>s</sub> Mg/m<sup>3</sup>= massa volumica dei granuli; SO= sostanza organica; Cc%= tenore in carbonati; K= permeabilità; ED= edometro; TD= taglio diretto; TDR= taglio diretto residuo; ELL= compressione con espansione laterale libera ; UU, CIU, CID= compressioni triassiali non consolidata non drenata, consolidata non drenata, consolidata drenata;

### campionatore

tipo	fustella tipo Osterberg
diametro interno	85 mm
condizioni	buone
data prelievo (se conosciuta)	11/01/17

### qualità campione (Raccomandazioni AGI 1977)

indisturbato (Q5)	X
disturbo limitato (Q4)	
disturbato (Q1,Q2,Q3)	
sigillato con paraffina	si <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/>

### note sulla campionatura

lunghezza campionatore	60	cm
lunghezza infissione	-	cm
lunghezza campionamento	-	cm
lunghezza campione	-	cm

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

I001-A2.1-GEO rev.0 12.07.16

**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413



il Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

**foto campione**



archivio n°	R002/17	rapporto n.	5407/L	pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	inizio prove	12/01/17	emissione : 18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA			
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA			
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CI2	quota m 14.7-15.3

## PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA

CAMPIONE INDISTURBATO

### Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

contenuto in acqua	Wn %	29.6
--------------------	------	------

### Massa volumica (UNI CEN ISO/TS 17892-2 misurazioni lineari)

massa volumica	$\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	1.95
----------------	--------------------------	------

composizione granulometrica frazioni passanti	mm	2.00	0.40	0.075	0.002
	%	-	-	-	-

composizione granulometrica classi AGI		ghiaia	sabbia	limo	argilla
	%	-	-	-	-

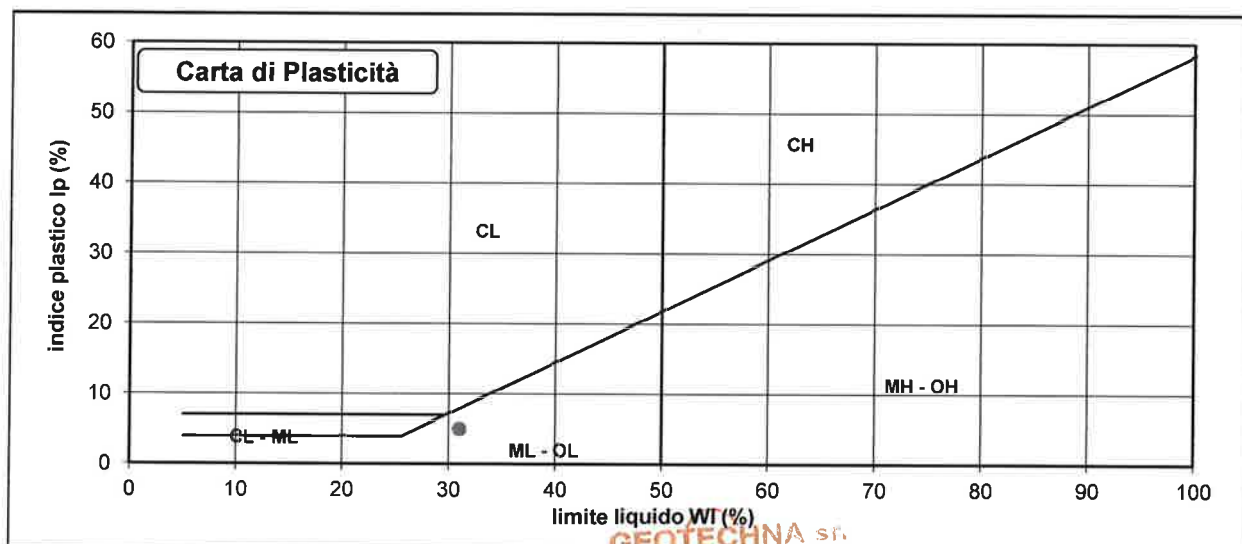
### Limiti di consistenza o di Atterberg (ASTM D4318)

limite di liquidità	WL %	31
limite di plasticità	Wp %	26
indice di plasticità	Ip %	5
indice di consistenza	Ic	0.28
coeff. di attività colloidale (Ip / % <2 $\mu$ m)	A	-

### ONE-POINT - Method B

$WI\% = W(N/25)^{0.121}$		
n° colpi N	25	26
W%	31.5	31.3
WI%	31.5	31.5

limiti di Atterberg eseguiti sul campione tal quale



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)





archivio n°	R002/17	rapporto n.	5407/L	pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	esecuzione prova	13/01/17	emissione : 18/01/17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>			
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA</b>			
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n	<b>CI2</b>	quota m 14.7-15.3

## MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI

(UNI CEN ISO/TS 17892-3 metodo del picnometro)

descrizione campione : terreno limoso argilloso

### dati di prova

temperatura T acqua distillata disareata	°C	18	18
--	----	----	----

		1 <sup>a</sup> determinazione	2 <sup>a</sup> determinazione	
<b>m<sub>4</sub></b>	massa dell'aggregato essiccato contenuto nel picnometro	25.00	25.00	g
<b>m<sub>1</sub></b>	massa, alla temperatura T, del picnometro riempito di sola acqua distillata	151.80	150.91	g
<b>m<sub>3</sub></b>	massa, alla temperatura T, del picnometro riempito di aggregato e di acqua distillata	167.72	166.84	g
<b>ρ<sub>w</sub></b>	massa volumica dell'acqua distillata e disareata alla temperatura T	0.99862	0.99862	Mg/m <sup>3</sup>
<b>ρ<sub>s</sub></b>	massa volumica dei granuli solidi (Mg/m <sup>3</sup> )	2.75	2.75	Mg/m <sup>3</sup>

Massa volumica dei granuli solidi ρ<sub>s</sub> (Mg/m<sup>3</sup>)

**2.75**

formula di calcolo :

$$\rho_s = m_4 \times \rho_w / (m_4 - m_3 + m_1)$$

note :

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

archivio n°	R002/17	rapporto n.	5407/L	pagina	1/2
campione ricevuto	11/01/17	inizio prova	13/01/17	emissione	18/01/17
Committente	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA				
Sondaggio n°	S1	Campione	CI2	quota m	14.7-15.3

**PROVA DI COMPRESSIONE  
CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA**  
(UNI CEN ISO 17892-7)

descrizione campione: *terreno limoso argilloso*

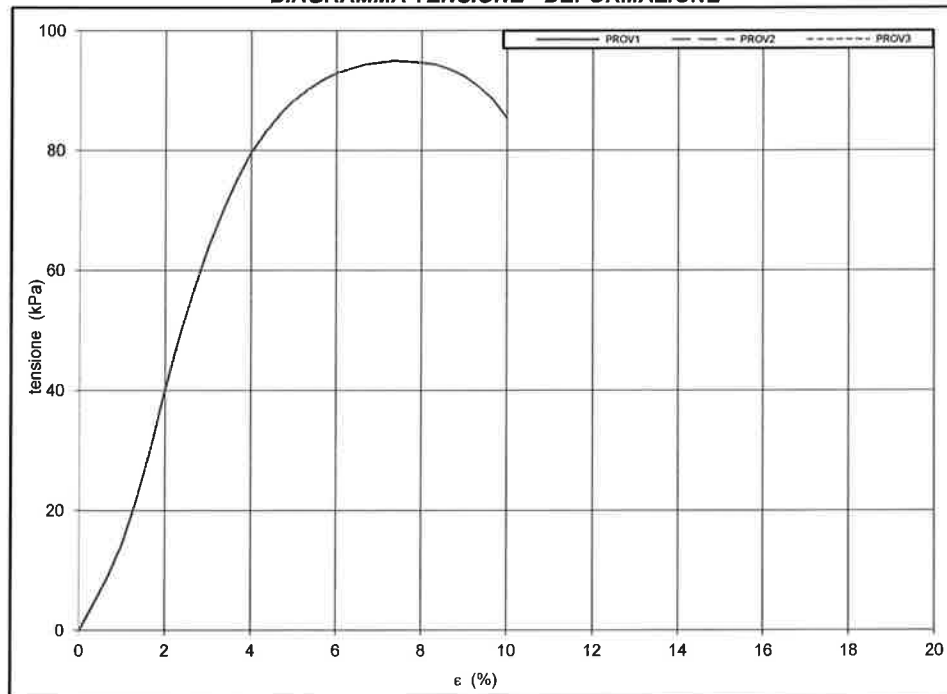
disomogeneità litologiche  
evidenti nei provini:

Provino			1	2	3
CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI					
Area	A <sub>o</sub>	(cm <sup>2</sup> )	56.7	-	-
Altezza	h <sub>o</sub>	(cm)	15.0	-	-
Volume	V <sub>o</sub>	(cm <sup>3</sup> )	851.2	-	-
Poket Penetrometer	Pt	(kPa)	220-230	-	-
Torvane	St	(kPa)	60	-	-
Contenuto d'acqua	Wn	(%)	29.6	-	-
Massa volumica umida	ρ	(Mg/m <sup>3</sup> )	1.95	-	-
Massa volumica secca	ρd	(Mg/m <sup>3</sup> )	1.51	-	-

**FASE DI TAGLIO**

Velocità di taglio		v	(mm/min)	1.500		
TENSIONE A ROTTURA		T	(kPa)	95.0	-	-
DEFORMAZIONE A ROTTURA		ε	(%)	7.33	-	-

**DIAGRAMMA TENSIONE - DEFORMAZIONE**



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



archivio n°	R002/17	rapporto n.	5407/L		pag.	2/2
campione ricevuto	11/01/17	inizio prova	13/01/17	emissione	18/01/17	
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>					
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA</b>					
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione	<b>CI2</b>	quota m	14.7-15.3	

## PROVA DI COMPRESSIONE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA

(UNI CEN ISO 17892-7)

**TABELLA DATI: DEFORMAZIONE-SFORZO DEVIATORICO**

[illegible]

archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5407/L	pagina	1/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI2</b>	quota m	14.7 - 15.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Racc. A.G.I. 1994 - ASTM D 2435

### Caratteristiche fisiche del provino

			iniziale	finale
altezza	<b>h</b>	(mm)	20.00	17.54
contenuto d'acqua	<b>W</b>	(%)	30.5	24.7
massa volumica umida	<b>p</b>	(Mg/m³)	1.93	2.10
massa volumica secca	<b>pd</b>	(Mg/m³)	1.48	1.68
indice dei vuoti	<b>e</b>	(-)	0.863	0.634
saturatione	<b>Sr</b>	(%)	97	107

area <b>A</b> (cm²) = 20.0	massa volumica dei granuli <b>γs</b> (Mg/m³) = 2.75
----------------------------	---

### Dati di prova riassuntivi

$\sigma$	$\Delta h$	$\varepsilon$	<b>e</b>	<b>M</b>	<b>mv</b>	<b>av</b>	<b>Cv</b>	<b>K</b>	<b>Cα</b>
(kPa)	(mm)	(%)	(-)	(kPa)	(m²/kN)	(m²/kN)	(m²/s)	(m/s)	(%)

#### fase di carico

<b>0.0</b>	0.000	0.00	0.863	-	-	-	-	-	-
<b>12.3</b>	0.083	0.42	0.855	2963	3.38E-04	6.29E-04	-	-	-
<b>24.5</b>	0.171	0.86	0.847	2772	3.61E-04	6.72E-04	-	-	-
<b>49.1</b>	0.301	1.51	0.834	3783	2.64E-04	4.92E-04	-	-	-
<b>98.1</b>	0.499	2.50	0.816	4948	2.02E-04	3.76E-04	1.02E-06	2.07E-09	0.271
<b>245.3</b>	0.890	4.45	0.780	7526	1.33E-04	2.47E-04	6.15E-07	8.17E-10	0.310
<b>490.5</b>	1.381	6.90	0.734	10004	1.00E-04	1.86E-04	-	-	-
<b>981.0</b>	2.069	10.34	0.670	14253	7.02E-05	1.31E-04	-	-	-
<b>1962.0</b>	2.853	14.27	0.597	25016	4.00E-05	7.45E-05	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### fase di scarico

<b>490.5</b>	2.740	13.70	0.607	-	-	-	-	-	-
<b>245.3</b>	2.676	13.38	0.613	-	-	-	-	-	-
<b>49.1</b>	2.459	12.29	0.634	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### legenda

edometro n. **E11M**

$\sigma$	pressione applicata	<b>mv</b>	coeff. di compressibilità
$\Delta h$	cedimento provino	<b>av</b>	indice di compressibilità
$\varepsilon$	deformazione provino	<b>Cv</b>	coeff. di cons. primaria
<b>e</b>	indice dei vuoti	<b>K</b>	coeff. di permeabilità
<b>M</b>	modulo edometrico	<b>Cα</b>	coeff. di cons. secondaria

note: **I PARAMETRI Cv, K, Ca SONO STATI STIMATI SECONDO IL METODO DI CASAGRANDE**

Sperimentatore

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)

**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00873940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



Management  
System  
ISO 9001:2008  
ID 115981772

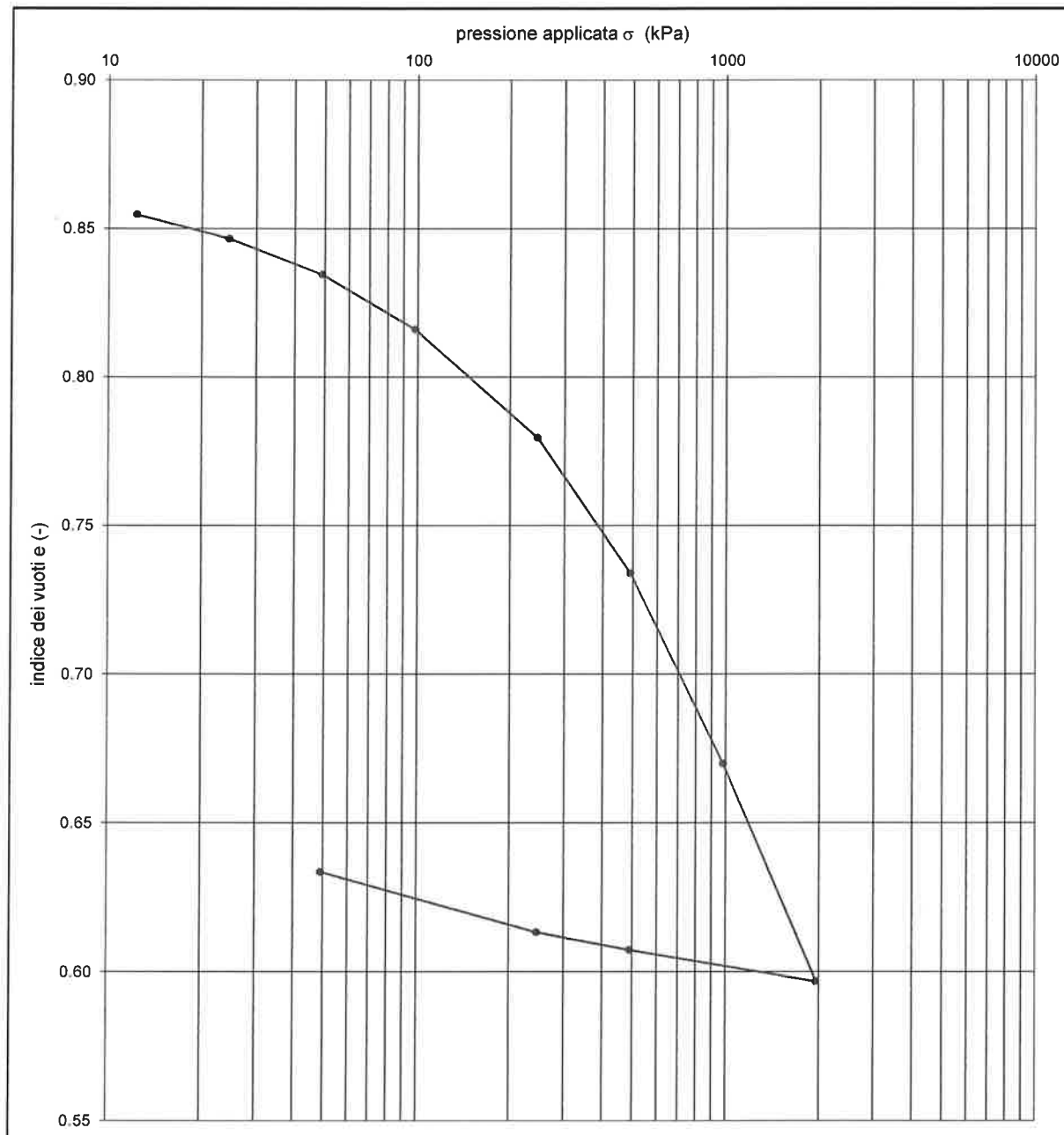




archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5407/L	pagina	2/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI2</b>	quota m	14.7 - 15.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA INDICE DEI VUOTI - PRESSIONE



GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

*[Firma]*



Management System  
ISO 9001:2008  
www.tuv.com  
ID 31583772



archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5407/L	pagina	3/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA '800				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CI2	quota m	14.7 - 15.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA CEDIMENTI-TEMPO

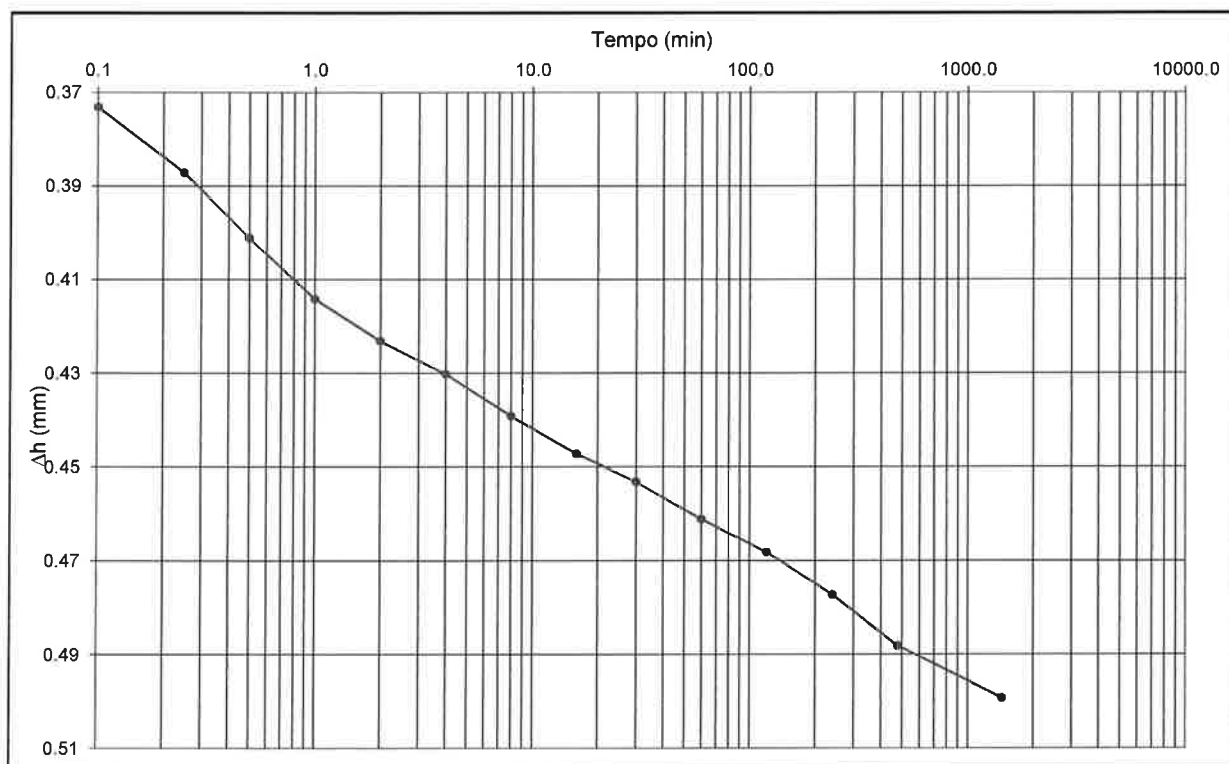
Dati di prova (cedimenti - tempo)

t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)
0.10	19.63	2	19.58	30	19.55	480	19.51		
0.25	19.61	4	19.57	60	19.54	1440	19.50		
0.50	19.60	8	19.56	120	19.53				
1	19.59	16	19.55	240	19.52				

GRADINO DI PRESSIONE da 49.1 a 98.1 kPa

Parametri edometrici relativi al gradino di pressione applicata

$\Delta h(\text{mm}) =$	0.20	$M(\text{kPa}) =$	4948	$C_v(\text{m}^2/\text{s}) =$	1.0E-06
$\varepsilon(\%) =$	2.50	$mv(\text{m}^2/\text{KN}) =$	2.0E-04	$K(\text{m/s}) =$	2.1E-09
$e(-) =$	0.816	$t_{50}(\text{s}) =$	19	$C_\alpha(\%) =$	0.271



GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413



archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5407/L	pagina	4/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI2</b>	quota m	14.7 - 15.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA CEDIMENTI-TEMPO

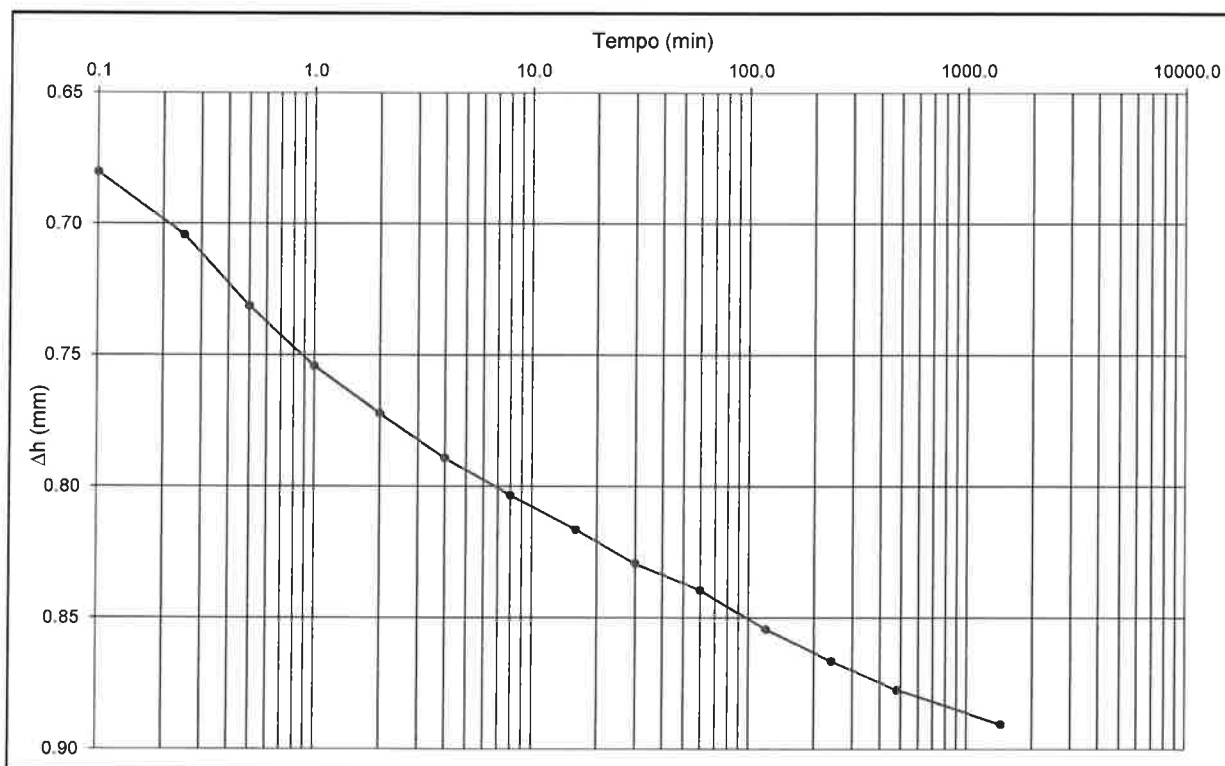
Dati di prova (cedimenti - tempo)

t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)	t (min)	h (mm)
0.10	19.32	2	19.23	30	19.17	480	19.12		
0.25	19.30	4	19.21	60	19.16	1440	19.11		
0.50	19.27	8	19.20	120	19.15				
1	19.25	16	19.18	240	19.13				

**GRADINO DI PRESSIONE** da **98.1** a **245.3** kPa

Parametri edometrici relativi al gradino di pressione applicata

$\Delta h(\text{mm}) =$	<b>0.39</b>	$M(\text{kPa}) =$	<b>7526</b>	$C_v(\text{m}^2/\text{s}) =$	<b>6.1E-07</b>
$\varepsilon(\%) =$	<b>4.45</b>	$mv(\text{m}^2/\text{KN}) =$	<b>1.3E-04</b>	$K(\text{m/s}) =$	<b>8.2E-10</b>
$e(-) =$	<b>0.780</b>	$t_{50}(\text{s}) =$	<b>30</b>	$C_\alpha(\%) =$	<b>0.310</b>



**GEOTECHNA srl**

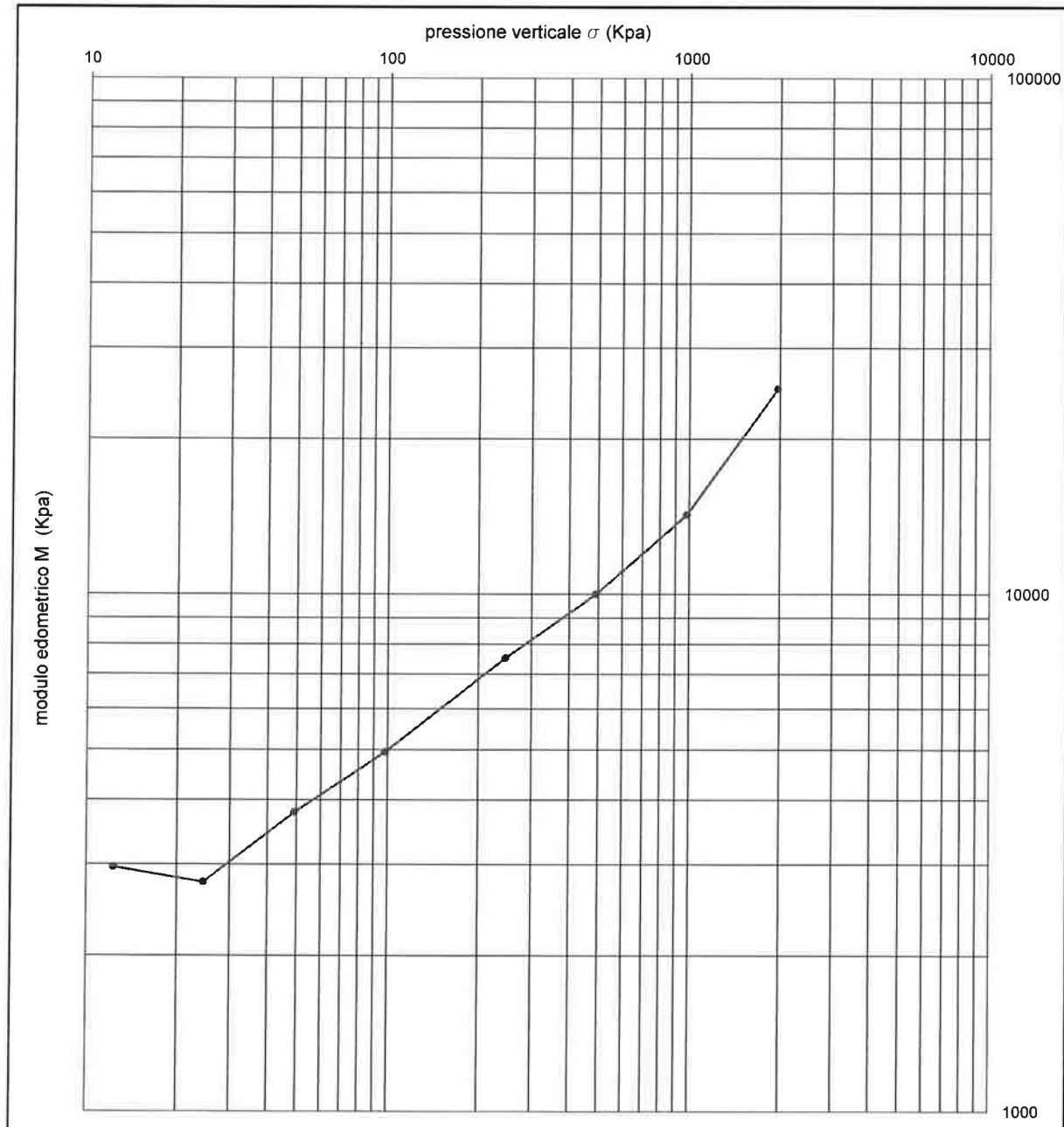
36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

*[Handwritten signature]*

archivio n°	R002/17	rapporto di prova n.	5407/L	pagina	5/5
campione ricevuto	11.01.17	inizio prova	12.01.17	emissione	23.01.17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA '800</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CI2</b>	quota m	14.7 - 15.3

## PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

### DIAGRAMMA PRESSIONE - MODULO EDOMETRICO (Janbu)



**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

*La*



archivio n°	R002/17	rapporto n.	5408/L	pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	inizio prove	12/01/17	emissione : 18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA			
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA			
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CR1	quota m 4.5-4.6

## PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA

CAMPIONE RIMANEGGIATO

**descrizione campione :**  
(UNI EN ISO 14688-1)

terreno argilloso limoso colore oliva (E86) con inglobati frammenti lapidei di forma angolare e arrotondata, di dimensioni variabili da circa 0.5 a 4 cm

(valutazione colorimetrica secondo Code Munsell per agronomi)

**Contenuto d'acqua** (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

contenuto in acqua	Wn %	32.9
--------------------	------	------

contenitore campione

sacchetto plastica

**Massa volumica** (UNI CEN ISO/TS 17892-2 misurazioni lineari)

massa volumica	$\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	
----------------	--------------------------	--

composizione granulometrica frazioni passanti	mm	2.00	0.40	0.075	0.002
	%	-	-	-	-

composizione granulometrica classi AGI		ghiaia	sabbia	limo	argilla
	%	-	-	-	-

**Limiti di consistenza o di Atterberg** (ASTM D4318)

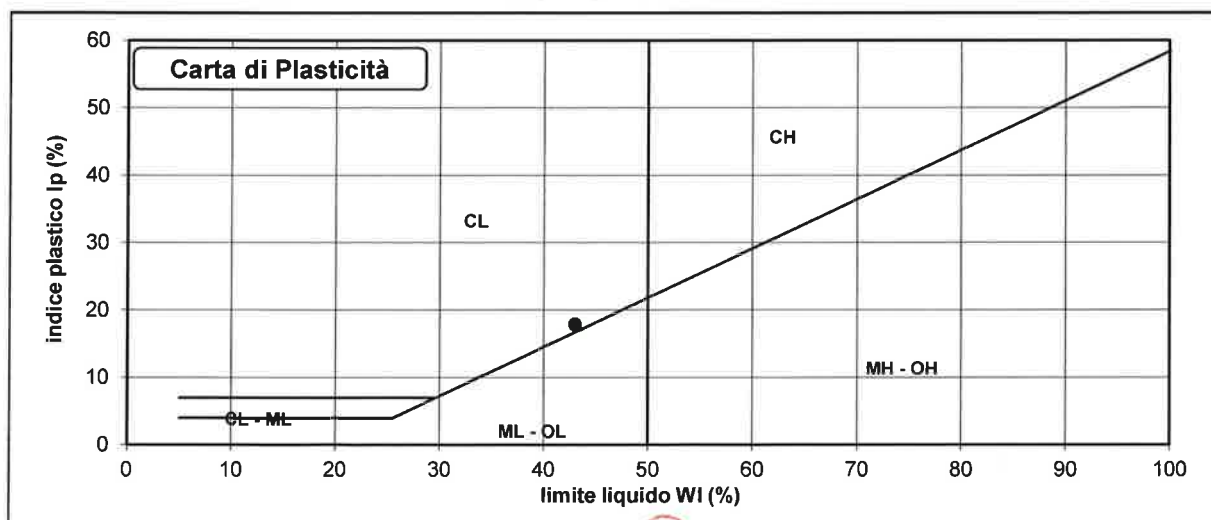
limite di liquidità	WI %	43
limite di plasticità	Wp %	25
indice di plasticità	Ip %	18
indice di consistenza	Ic	0.56
coeff. di attività colloidale (Ip / % <2µm)	A	-

**ONE-POINT - Method B**

$$WI\% = W(N/25)^{0.121}$$

n° colpi N	21	21
W%	43.7	43.1
WI%	42.8	42.2

limiti di Atterberg eseguiti sul campione tal quale



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413



Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

archivio n°	R002/17	rapporto n.	5409/L	pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	inizio prove	12/01/17	emissione : 18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA			
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA			
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CR2	quota m 7.5-7.6

## PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA

CAMPIONE RIMANEGGIATO

**descrizione campione :**  
(UNI EN ISO 14688-1)

terreno limoso argilloso colore oliva (E84) con presenza di alcuni nuclei torbosi nerastri

(valutazione colorimetrica secondo Code Munsell per agronomi)

**Contenuto d'acqua** (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

contenuto in acqua	Wn %	37.7
--------------------	------	------

contenitore campione

sacchetto plastica

**Massa volumica** (UNI CEN ISO/TS 17892-2 misurazioni lineari)

massa volumica	$\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	
----------------	--------------------------	--

composizione granulometrica frazioni passanti	mm	2.00	0.40	0.075	0.002
	%	-	-	-	-

composizione granulometrica classi AGI		ghiaia	sabbia	limo	argilla
	%	-	-	-	-

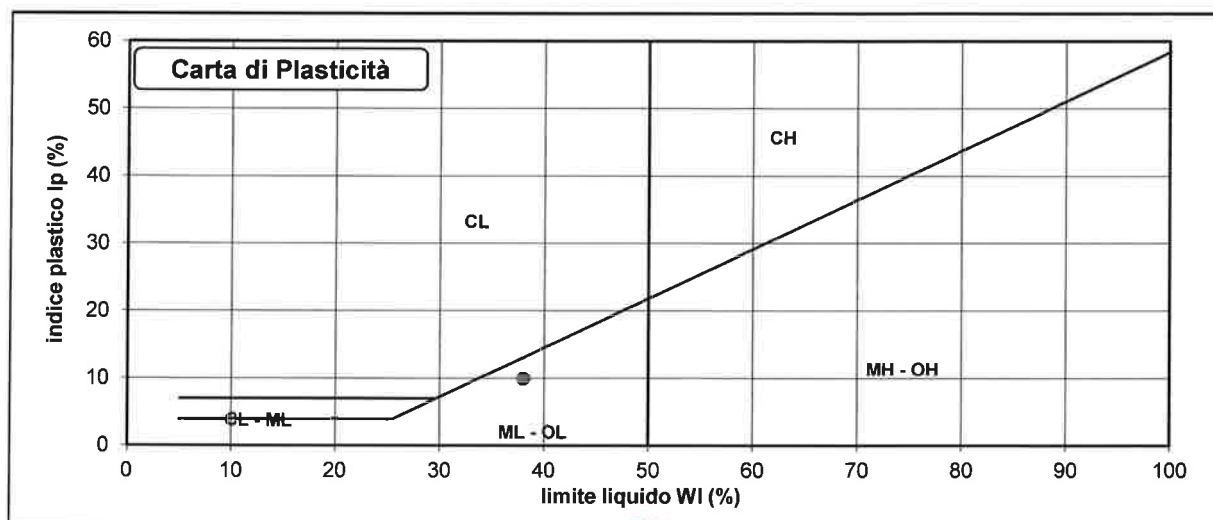
**Limiti di consistenza o di Atterberg** (ASTM D4318)

limite di liquidità	WI %	38
limite di plasticità	Wp %	28
indice di plasticità	Ip %	10
indice di consistenza	Ic	0.03
coeff. di attività colloidale (Ip / % <2µm)	A	-

**ONE-POINT - Method B**

$WI\% = W(N/25)^{0.121}$		
n° colpi N	23	23
W%	38.1	38.0
WI%	37.8	37.7

limiti di Atterberg eseguiti sul campione tal quale



Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413



Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

archivio n°	R002/17	rapporto n.	5410/L		pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	inizio prove	12/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CR3	quota m	6.0-6.1

## PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA

CAMPIONE RIMANEGGIATO

### descrizione campione :

(UNI EN ISO 14688-1)

sabbia fina con limo debolmente argillosa oliva (E86)

(valutazione colorimetrica secondo Code Munsell per agronomi)

### Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

contenuto in acqua	Wn %	31.9
--------------------	------	------

contenitore campione

### Massa volumica (UNI CEN ISO/TS 17892-2 misurazioni lineari)

massa volumica	$\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	-
----------------	--------------------------	---

sacchetto plastica

composizione granulometrica frazioni passanti	mm	2.00	0.40	0.063	0.002
	%	100	98	54	9

composizione granulometrica classi AGI		ghiaia	sabbia	limo	argilla
	%	0	46	45	9

limiti di Atterberg non eseguiti perché il campione risulta non plastico al tatto

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

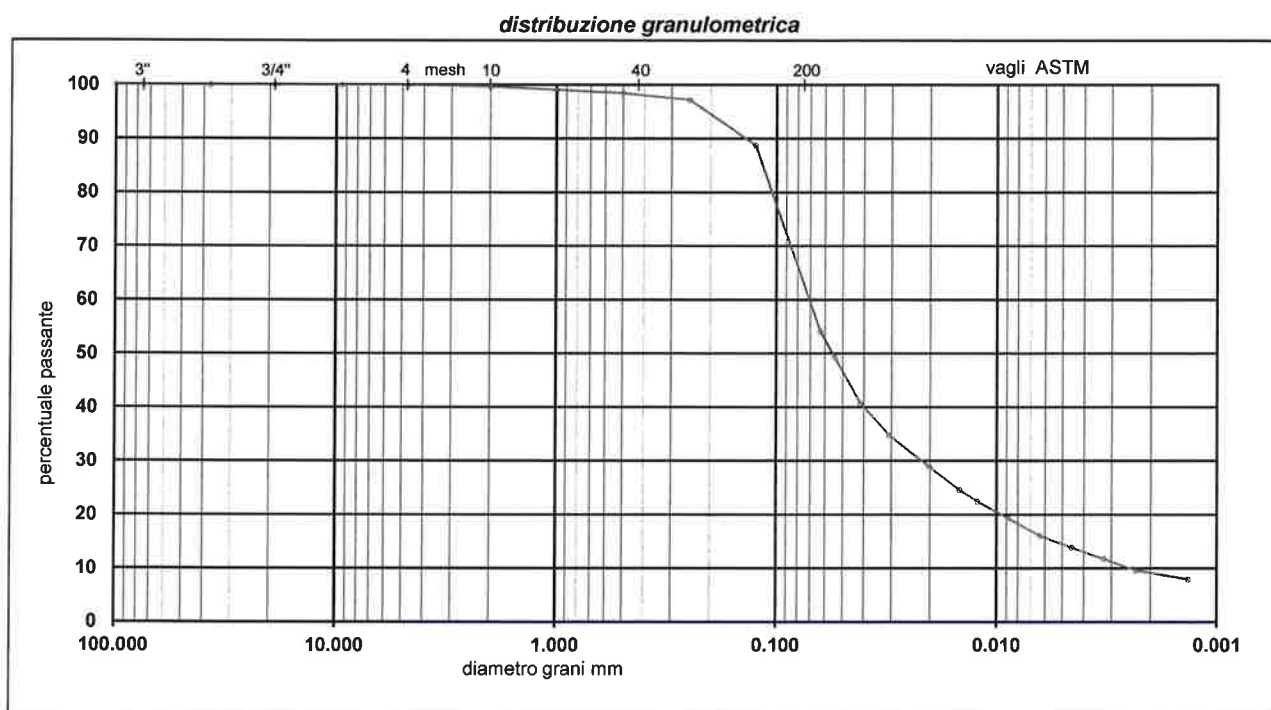


archivio n°	R002/17	rapporto n.	5410/L		pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	esecuzione prova	13/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CR3	quota m	6.0-6.1

## DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4) per setacciatura e sedimentazione

classificazione granulometrica (AGI): *sabbia con limo debolmente argillosa*



note:

### dati di prova

SETACCIATURA			SEDIMENTAZIONE		massa secca totale utilizzato per setacciatura + sedimentazione (g)	289.30
Ø setacci	terreno		Ø equival. grani	terreno in sospensione	massa secca della frazione utilizzata per la sedimentazione (g)	50.00
mm	trattenuto g	passante %	mm	%	temperatura media della soluzione durante la sedimentazione (°C)	19
100	-	100.0	0.0542	49.3	densimetro utilizzato: ASTM 152H	
75	-	100.0	0.0414	40.7		
37.5	-	100.0	0.0307	34.8	antiflocculante: soluzione di esametafosfato di sodio preparata al momento della prova	
19.0	-	100.0	0.0203	28.9		
9.5	-	100.0	0.0148	24.6	Limiti di Atterberg : non eseguiti	
4.75	-	100.0	0.0122	22.5		
2.00	0.92	99.7	0.0088	19.3		
1.00	1.72	99.1	0.0064	16.1		
0.50	1.82	98.5	0.0046	13.9		
0.250	3.50	97.2	0.0033	11.8		
0.125	24.49	88.8	0.0023	9.6		
0.063	100.35	54.1	0.0014	8.0		

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

archivio n°	R002/17	rapporto n.	5411/L		pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	inizio prove	12/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	<b>COMUNE DI VICENZA</b>				
Cantiere :	<b>PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA</b>				
Sondaggio n°	<b>S1</b>	Campione n°	<b>CR4</b>	quota m	18.0-18.1

## PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA

CAMPIONE RIMANEGGIATO

### descrizione campione :

(UNI EN ISO 14688-1)

sabbia fina limosa grigio chiaro (C90)

(valutazione colorimetrica secondo Code Munsell per agronomi)

### Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

contenuto in acqua	Wn %	<b>19.5</b>
--------------------	------	-------------

contenitore campione

### Massa volumica (UNI CEN ISO/TS 17892-2 misurazioni lineari)

massa volumica	$\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	-
----------------	--------------------------	---

sacchetto plastica

composizione granulometrica frazioni passanti	mm	2.00	0.40	0.063	0.002
	%	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>29</b>	<b>5</b>

composizione granulometrica classi AGI		ghiaia	sabbia	limo	argilla
	%	<b>0</b>	<b>71</b>	<b>24</b>	<b>5</b>

**limiti di Atterberg non eseguiti perché il campione risulta non plastico al tatto**

Sperimentatore

(Dr. Geol. Tatiana Bartolomei)

**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)

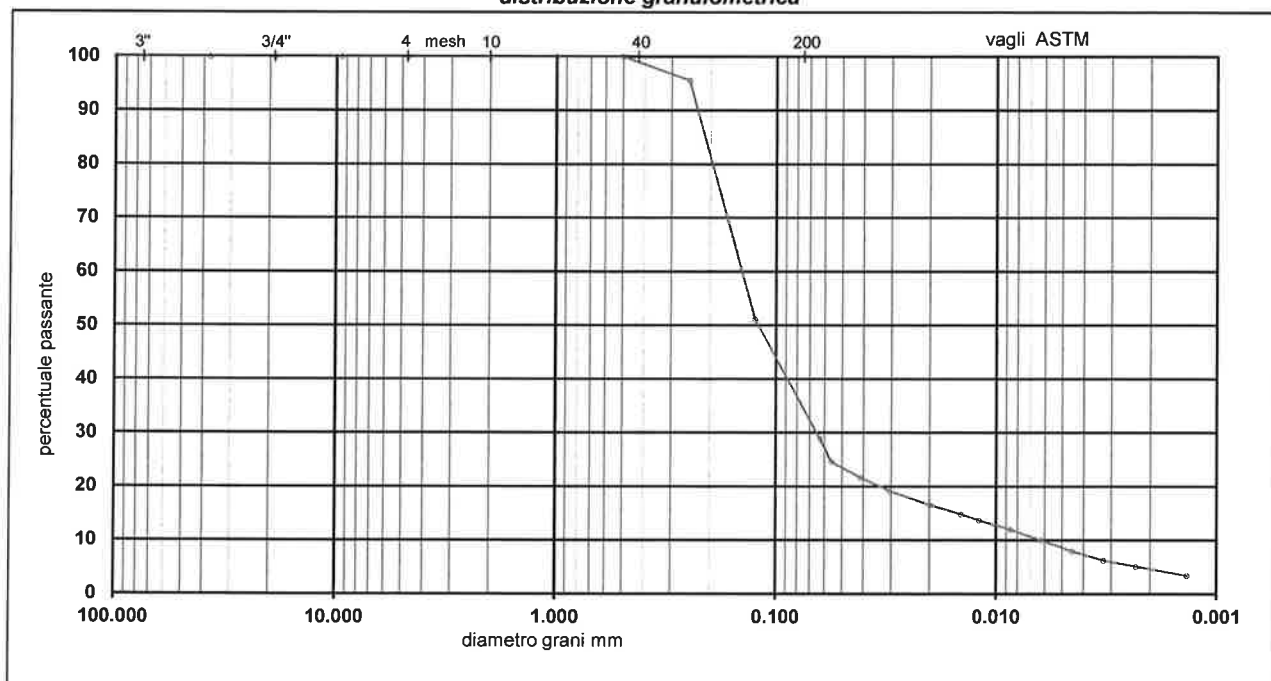
archivio n°	R002/17	rapporto n.	5411/L		pag 1/1
campione ricevuto :	11/01/17	esecuzione prova	13/01/17	emissione :	18/01/17
Committente :	COMUNE DI VICENZA				
Cantiere :	PALAZZO CHIERICATI - ALA OTTOCENTESCA				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	CR4	quota m	18.0-18.1

## DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

(UNI CEN ISO/TS 17892-4) per setacciatura e sedimentazione

classificazione granulometrica (AGI): *sabbia limosa*

### distribuzione granulometrica



note:

### dati di prova

SETACCIATURA			SEDIMENTAZIONE		massa secca totale utilizzato per setacciatura + sedimentazione (g)	363.19
Ø setacci	terreno		Ø equival. grani	terreno in sospensione	massa secca della frazione utilizzata per la sedimentazione (g)	50.00
mm	trattenuto g	passante %	mm	%	temperatura media della soluzione durante la sedimentazione (°C)	19
100	-	100.0	0.0559	24.6	densimetro utilizzato: ASTM 152H	
75	-	100.0	0.0414	21.7		
37.5	-	100.0	0.0305	19.1		
19.0	-	100.0	0.0200	16.6		
9.5	-	100.0	0.0145	14.9	antiflocculante: soluzione di esametafosfato di sodio preparata al momento della prova	
4.75	-	100.0	0.0120	13.7		
2.00	-	100.0	0.0086	12.0	Limiti di Atterberg : non eseguiti	
1.00	-	100.0	0.0063	10.0		
0.50	0.00	100.0	0.0045	8.0		
0.250	16.01	95.6	0.0033	6.3		
0.125	161.44	51.1	0.0023	5.1		
0.063	80.90	28.9	0.0014	3.4		

Sperimentatore

(Dr. Geol. *L. Bartolomei*)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Dr. Geol. *R. Bartolomei*)





**COMUNE DI VICENZA**

Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni  
Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio  
Piazza Biade, 26 - 36100 - VICENZA

***PALAZZO CHIERICATI ALA '800***

*RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ALA OTTOCENTESCA DI  
PALAZZO CHIERICATI SEDE DELLA PINACOTECA CIVICA*

**STUDIO DI  
RISPOSTA SISMICA LOCALE  
(RSL)**

Torri di Quartesolo (VI), gen. 2017



**Rapporto Tecnico:**  
**Studio di risposta sismica locale (RSL) nell'ambito del  
progetto per il restauro e la rifunzionalizzazione dell'ala  
ottocentesca di Palazzo Chiericati sede della  
pinacoteca civica - Vicenza**

Dott. Geol. Enrico Farinatti



Dott. Geol. Rossella Merola



Rovigo, Gennaio 2017



**Committente: COMUNE DI VICENZA**

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. MODELLAZIONE SISMICA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>10</b>

## ALLEGATI

ALL. 1 – INPUT SISMICI

ALL. 2 – ACCELEROGRAMMI DI OUTPUT

ALL. 3 – SPETTRI DI RISPOSTA DI OUTPUT

ALL. 4 – VALORI CORRISPONDENTI SPETTRO NORMALIZZATO

ALL. 5 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE



## 1. PREMESSA

Su incarico del COMUNE DI VICENZA, gli scriventi hanno eseguito uno studio di RSL in vista di alcuni lavori di ristrutturazione del Palazzo Chiericati (ala ottocentesca) in Comune di Vicenza. La valutazione della risposta sismica locale mediante analisi 1D permette di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte sia topografiche). Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle **NTC2008 (Cap. 3.2.2)** e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo (**Cap. 3.2.2 NTC2008**), elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa; trattandosi peraltro di un edificio pubblico, diventa d'obbligo lo studio della risposta sismica locale in luogo degli approcci semplificati. Pertanto si è proceduto ad un approfondimento di indagine che è consistito essenzialmente nell'esecuzione di una prova penetrometrica statica CPT e in un sondaggi geognostico, spinti entrambi fino a 20 m di profondità dal p.c.. Sono stati inoltre prelevati diversi campioni di terreno a diverse profondità, sui quali sono state eseguite analisi di laboratorio per la loro classificazione. Per la determinazione delle caratteristiche sismiche dei terreni, sono stati eseguiti due stendimenti sismici condotti secondo la metodologia MASW attiva e passiva e un'indagine HVSR, per i quali si rimanda all'apposito Rapporto Tecnico redatto dalla ditta IND.A.G.O. snc.

I contenuti della relazione sulla modellazione sismica sono:

- 1) Determinazione dell'accelerazione massima di riferimento;
- 2) Definizione scelta progettuale ( $V_n$ ,  $C_u$ , Stati Limite);
- 3) Stima dei parametri di disaggregazione (es. M-R);
- 4) Modalità di estrazione degli input sismici e loro rappresentazione.  
Indicazione del codice utilizzato e del fattore di scala medio finale;
- 5) Indicazione della sismostratigrafia utilizzata nell'analisi ( $V_s$ , spessori, densità e tipologia materiali);
- 6) Indicazione del tipo di software e certificazione del grado di qualità in output dell'analisi.

## 2. MODELLAZIONE SISMICA

### ***2.1 Determinazione dell'accelerazione massima di riferimento***

L'accelerazione massima di riferimento è quella dettata dalle NTC 2008 e già utilizzata negli approcci semplificati di cui si è accennato in premessa.

Date le coordinate del sito (WGS84: Lat. 45,548902, Long. 11,549138) si è proceduto, tramite l'apposito foglio di calcolo "Spettri NTC 2008" del ministero LL.PP. a individuare le PGA da utilizzare nel sito in esame che, vista la tipologia di opera (si veda paragrafo successivo) sono pari a 0.173 g (SLV) e a 0.050 g (SLO).

### ***2.2 Determinazione Scelta progettuale***

Trattandosi di un edificio pubblico, la classe della costruzione è la III. Ne consegue un coeff. d'uso  $C_u = 1.5$ , con vita nominale  $V_n = 50$  anni e un tempo di ritorno  $T_r$  di 712 anni per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e di 45 anni per lo stato limite di operatività (SLO) con probabilità di eccedenza del 81%. Da quanto appena esposto segue anche che la vita di riferimento dell'opera  $V_r = 75$  anni.

La risposta sismica è stata calcolata a -5,0 m da p.c., poiché le fondazioni dell'edificio sono ubicate a tale profondità.

### ***2.3 Analisi di disaggregazione***

La disaggregazione della pericolosità sismica è una operazione che consente di determinare il contributo di varie sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica del sito in esame. Per questo tale analisi viene condotta in termini di magnitudo ( $M$ ) e distanza ( $R$ ). In particolare, per il progetto oggetto del presente studio, si sono cautelativamente tenuti in considerazione terremoti di magnitudo compresi tra 4.0 e 7.0 e di una distanza compresa in un raggio di 30 km dal sito in esame.

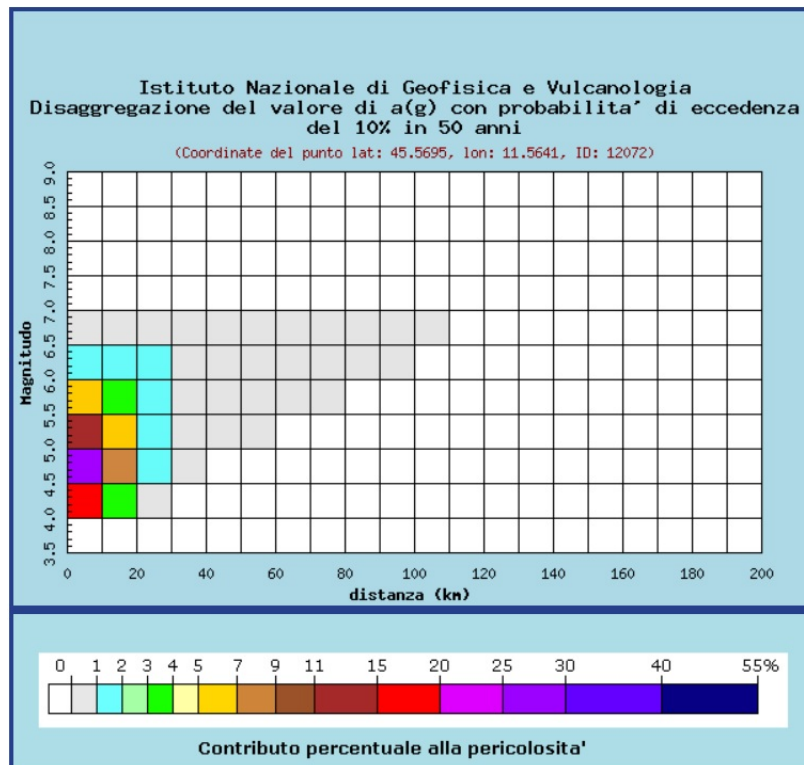


Fig. 1.1: analisi di disaggregazione del sito in esame (SLV)

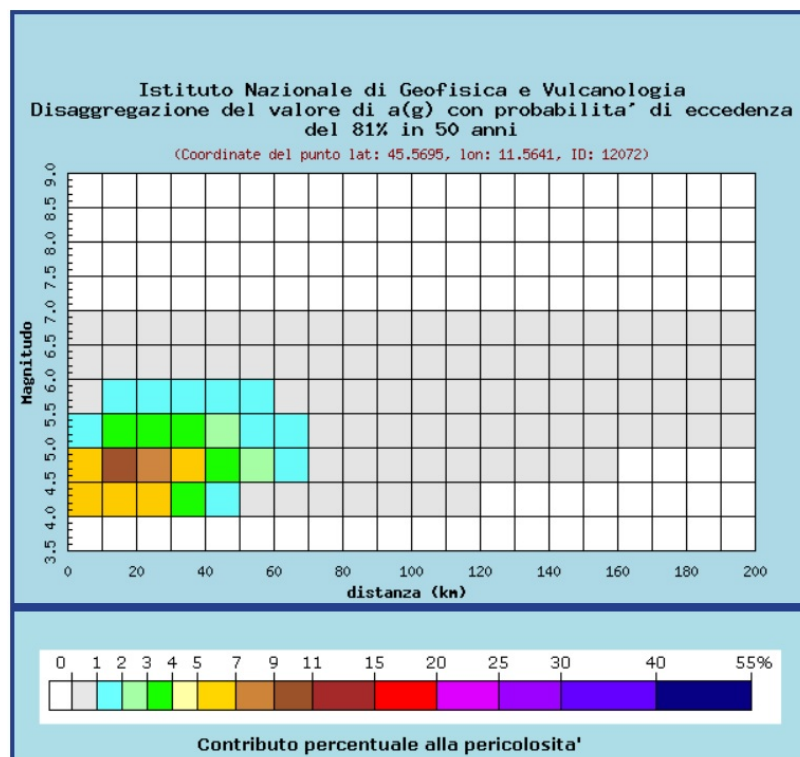


Fig. 1.2: analisi di disaggregazione del sito in esame (SLO)



## 2.4 Estrazione Input Sismici

Per studi di RSL è richiesta l'estrazione di 7 accelerogrammi di input spettro-compatibili. Il codice utilizzato per questa operazione è il Rexel beta 3.5 (Iervolino, Galasso, Cosenza), che permette l'estrazione degli accelerogrammi previa definizione di una serie di parametri:

- Target spectrum utilizzato: NTC2008, suolo tipo A
- I parametri di disaggregazione
- I parametri derivanti dalla scelta progettuale
- Le tolleranze max e min rispetto allo spettro target.

Seguendo questa procedura è stato estratto un set di 7 accelerogrammi (all. 1) con fattore di scala medio pari a 1.61 e una magnitudo media pari a 6.1 per lo SLV, un fattore di scala medio pari a 1.03 e una magnitudo media pari a 5.8 per lo SLO.

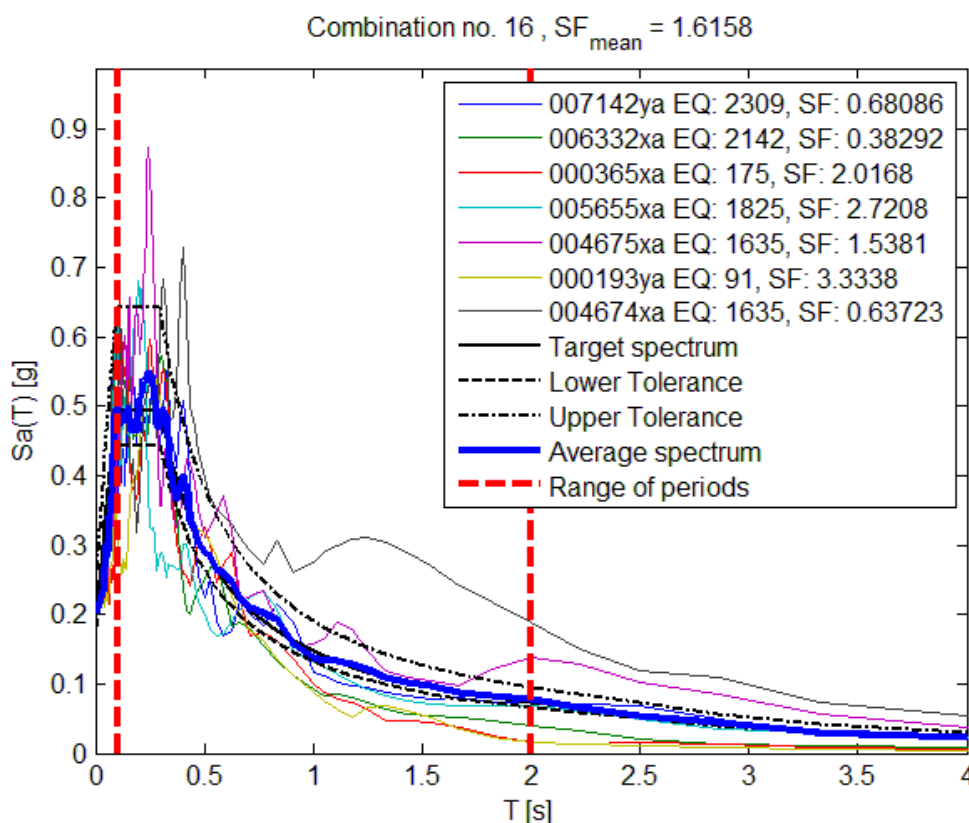


Fig. 2.1: Combinazione degli spettri dei sette accelerogrammi estratti (SLV).

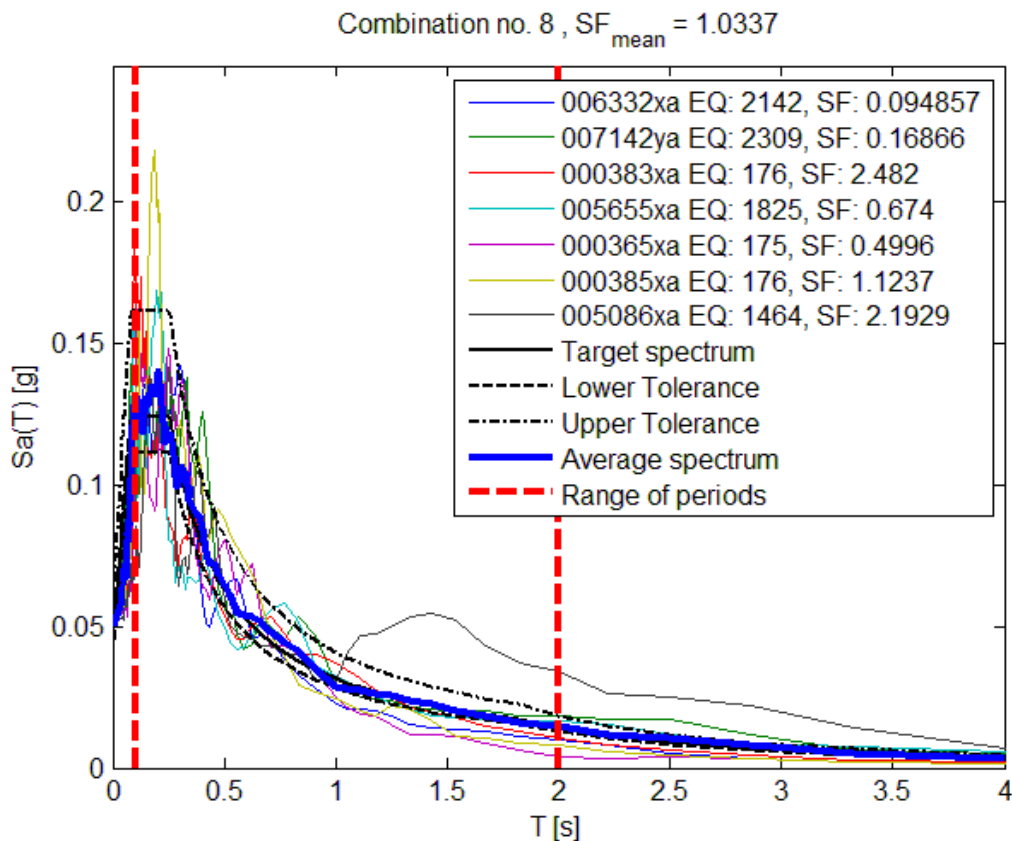


Fig. 2.2: Combinazione degli spettri dei sette accelerogrammi estratti (SLO).

## 2.5 Modello sismostratigrafico

Il problema principale per la creazione del modello sismostratigrafico, risiede nella mancanza di dati stratigrafici fino alla profondità del bedrock sismico. E' quindi stata fatta la seguente ipotesi: si è supposto un bedrock con velocità pari a 800 m/s, e a 100 m di profondità da p.c.. Le velocità  $V_s$  riportate in tab. 1, sono quelle misurate con l'indagine Masw e Re.Mi., fino a 50 m; per profondità maggiori si è ipotizzato un passaggio graduale delle velocità.

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	5.00	R	210.00
2	5.00	3.00	S1	287.00
3	8.00	6.00	AL1	287.00
4	14.00	3.50	LA1	285.00
5	17.50	1.50	S2	285.00
6	19.00	31.00	A1	360.00
7	50.00	50.00	G	500.00
8	100.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Tab. 1

Non essendo in possesso di prove dinamiche eseguite su campioni raccolti in sito (colonne risonanti, taglio ciclico, ecc...) che restituiscano le curve dinamiche  $G/G_0$  e il Damping, si sono adottati modelli disponibili in bibliografia, **avendo comunque cura di sceglierli in base alle classificazioni disponibili effettuate sui campioni prelevati nel sondaggio.**

I tipi di suolo su cui si è basata l'analisi di RSL, sono riportati nella tabella sottostante:

	Name	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	R	18.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft	R
2	S1	18.00	EPRI (93), 20-50 ft	EPRI (93), 20-50 ft	S1
3	AL1	18.00	Zhang 0-20 (PI=15)	Zhang 0-20 (PI=15)	AL1
4	LA1	18.00	Zhang 0-20 (PI=0)	Zhang 0-20 (PI=0)	LA1
5	S2	18.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	S2
6	A1	19.00	Zhang 20-40 (PI=15)	Zhang 20-40 (PI=15=	A1
7	G	19.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft	G

Tab. 2

Per i terreni coesivi, si è fatto riferimento alle curve normalizzate secondo gli autori Zhang, Andrus & Juang (2005), che hanno sviluppato delle equazioni empiriche predittive che si adattano discretamente a quanto riscontrato nelle zone di interesse

del presente studio. Le equazioni relative ai terreni quaternari vengono di seguito riportate:

$$G / G_o = 1 / [1 + (\gamma / \gamma_r)^\alpha]$$

$$D = 10.6(G / G_o)^2 - 31.6(G / G_o) + 21 - D_{\min}$$

La tabella che segue esplicita i valori dei vari parametri:

Età Geologica	Variabile			P.I.			
		0	15	30	50	100	150
Quaternario	$\alpha$	0.830	0.870	0.9	0.940	1.040	1.150
	k	0.316	0.255	0.207	0.156	0.077	0.038
	$\gamma_{r1}$	0.075	0.092	0.108	0.130	0.186	0.241
	Dmin1	0.820	0.940	1.06	1.230	1.630	2.040

Tab. 3

Le figure che seguono riportano le curve  $G/G_o$  e  $D$  (normalizzate secondo una pressione  $P_a=100$  kPa) corrispondenti alle equazioni appena enunciate. Per le profondità di interesse nel presente studio, queste vengono opportunamente ricalcolate.

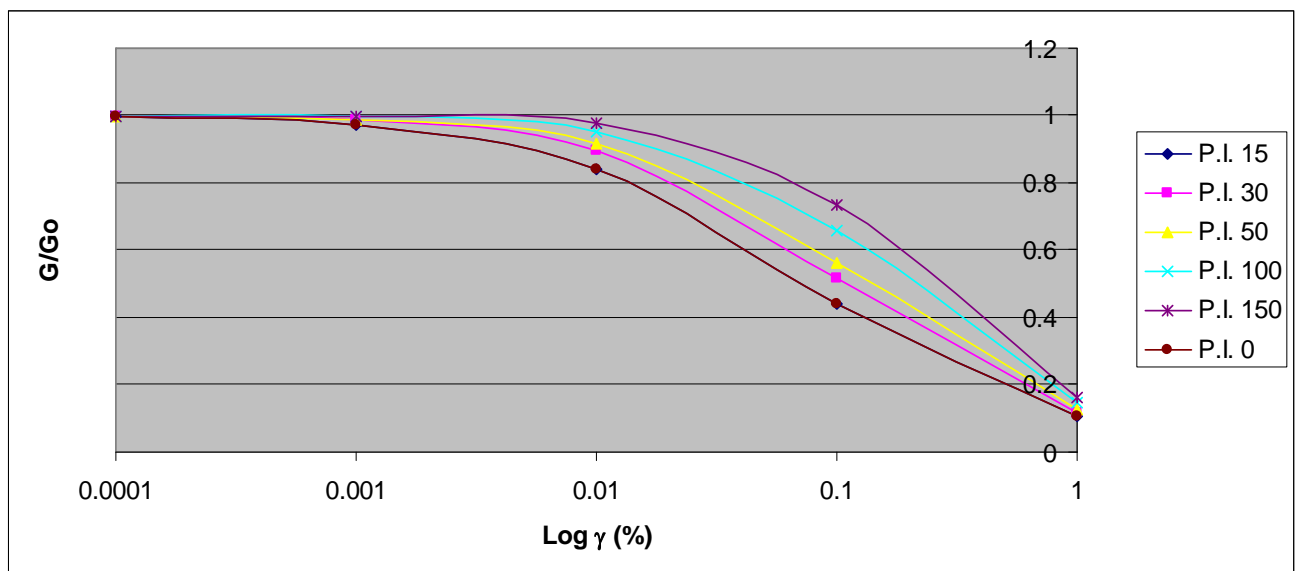


Fig. 3: Curve  $G/G_o$  secondo Zhang, Andrus & Juang



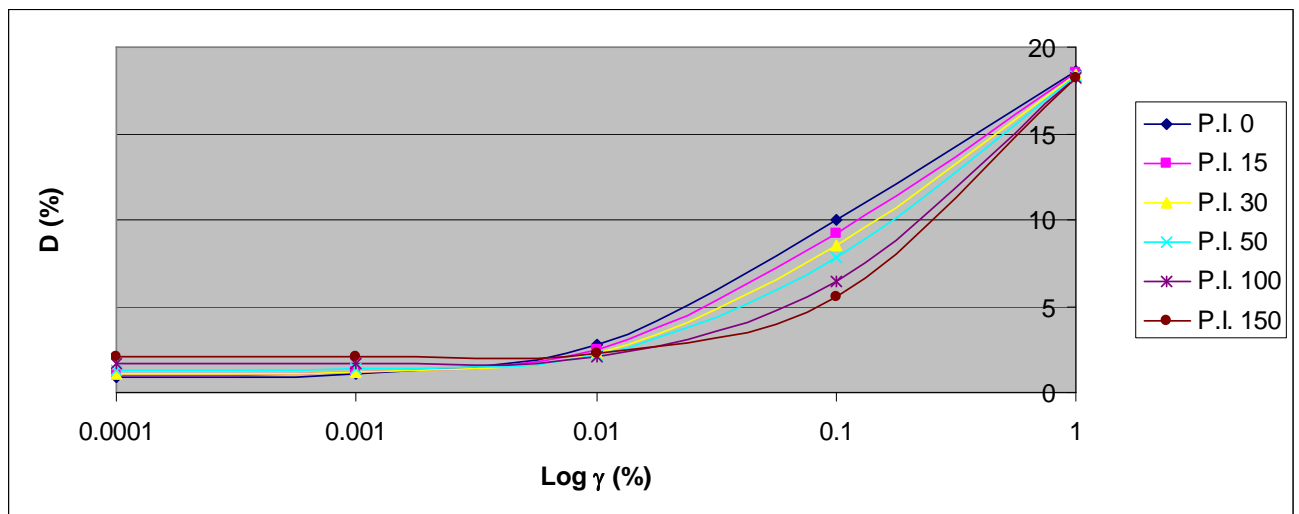


Fig. 4: Curve D secondo Zhang, Andrus &amp; Juang

Per quanto concerne il bedrock, si è ipotizzata una densità di 21 kN/mc.

La falda è stata posta a 4.3 m da p.c..

## 2.6 Analisi

L'analisi RSL è stata condotta con il software STRATA (Kottke & Rathje, 2011), che presuppone una situazione stratigrafica piano parallela. Il metodo utilizzato è quello Lineare Equivalente con un rapporto di deformazione efficace pari a 0.56, desunto dalla nota relazione:

$$Ratio = \frac{M - 1}{10}$$

Dove M = magnitudo di riferimento (6.6).

Il Damping Factor è pari al 5%. Secondo la nota formula:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

$\eta = 1$  per un Damping pari al 5%.

Gli accelerogrammi di output, calcolati secondo l'opzione "within" poiché non in condizione di "free field", sono riportati in all. 2, mentre in all. 3 sono riportati gli spettri di risposta calcolati alla profondità di -5,0 m da p.c.. In sintesi il valore di accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico risulta pari a 0.211 g (SLV) e a 0.062 g

(SLO) .

In pratica i fattori di amplificazione, tenuto conto dei valori di PGA di input pari rispettivamente a 0.174 g (SLV) e a 0.050 g (SLO) risultano pari a:

**FA (SLV) = 1.21**

**FA (SLO) = 1.24**

L'errore medio dell'analisi è 1.19 (SLV) e a 0.88 (SLO) inferiore alla soglia imposta del 2%.

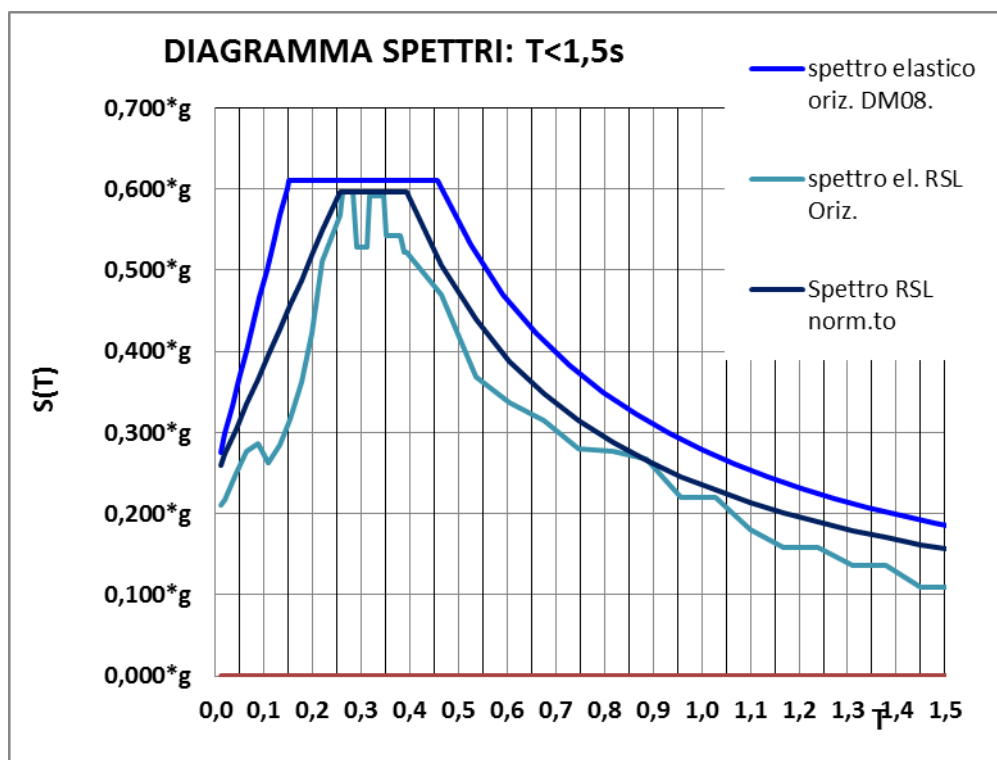


Fig. 5: Spettri da RSL, normalizzato e NTC2008

**E' importante notare come lo spettro di risposta elastico restituisca amplificazioni di picco sempre inferiori a quelle ottenute con gli approcci semplificati per un terreno di tipo C, secondo lo SLV (fig. 5).**

Nella tabella dell'all. 4, sono riportati i valori corrispondenti allo spettro normalizzato.

### 3. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

In base ai dati ottenuti dalle prove geognostiche condotte, dalle indagini MASW e dal valore della  $a_g$  in superficie ottenuto dallo studio della RSL, si è proceduto alla verifica a liquefazione per i livelli con sabbia incontrati fino alla profondità di 20 m da p.c., così come previsto dalle linee guida AGI (secondo il metodo Idriss e Boulanger, 2004). Si sono utilizzate le velocità  $V_s$  misurate e si è supposta la presenza di una percentuale di limo e/o argilla compresa tra il 5% e il 35%, nonché una magnitudo di riferimento  $M = 6.6$ .

Viene calcolato il coefficiente di sicurezza (previa una “normalizzazione” dei dati ottenuti per riportarli alla magnitudo di riferimento):

$$F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$$

dove:

$CRR_{7.5}$  = rapporto di resistenza ciclica (per  $M=7.5$ )

$CSR_{7.5}$  = rapporto di tensione ciclica (per  $M=7.5$ ). Valore ottenuto dall'analisi di RSL condotta. Nella figura che segue si riporta il profilo di CSR risultante dall'analisi.

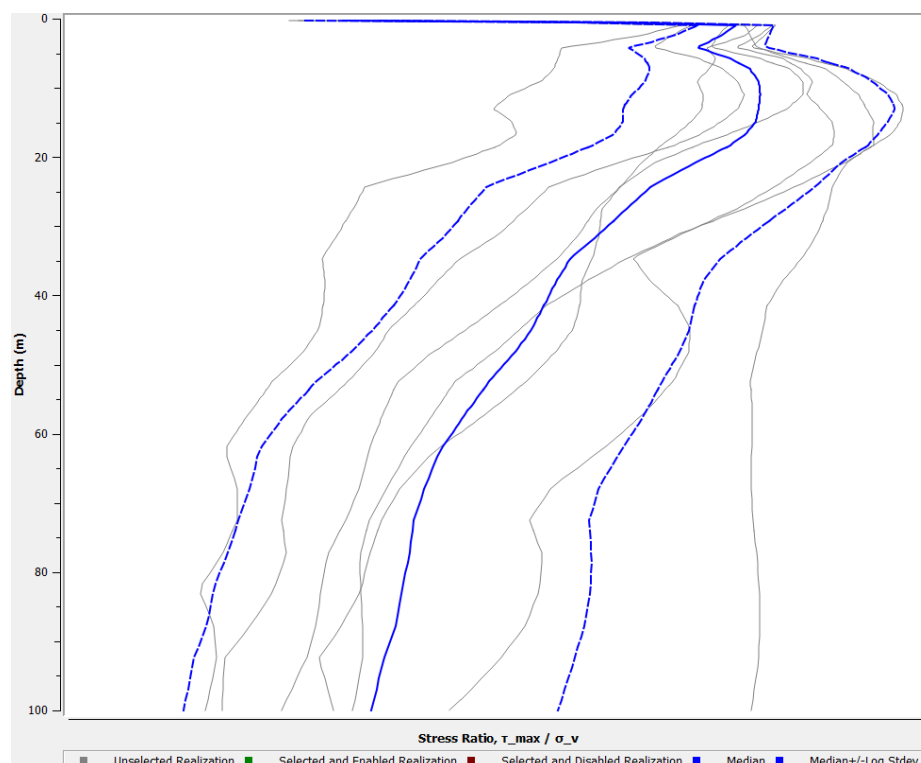


Fig. 6: Rapporto tensionale ciclico ottenuto da RSL.

Come si può osservare in all. 5, i risultati ottenuti indicano che per i livelli considerati, non esiste un reale rischio di liquefazione avendo velocità  $V_{s1} > V_{s1}^*$  (dove  $V_{s1}^* = 210$  m/s è il valore di soglia al di sotto del quale si possono verificare fenomeni di liquefazione).

Rovigo, Gennaio 2017

Dott. Geol. Enrico Farinatti

Dott. Geol. Rossella Merola

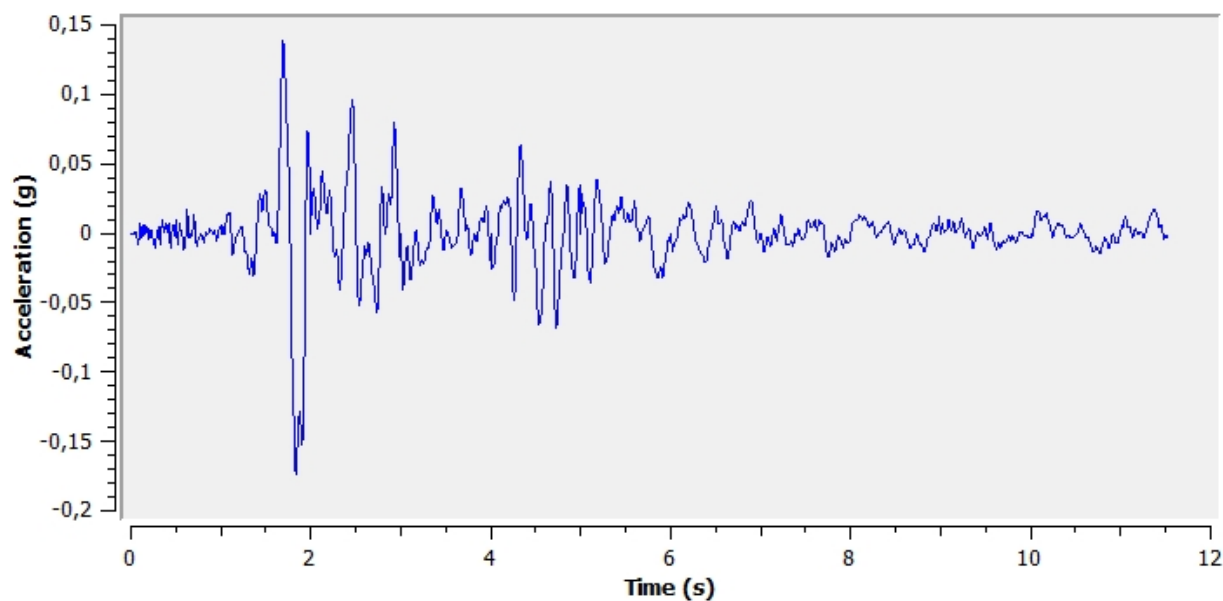




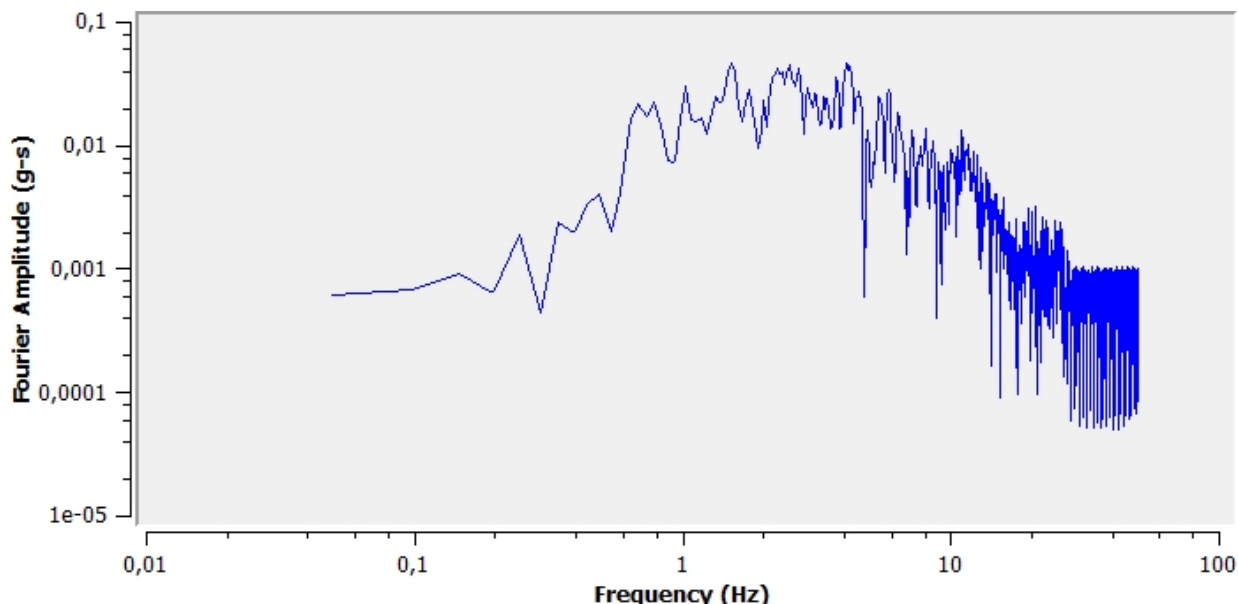
# ALLEGATI

# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV

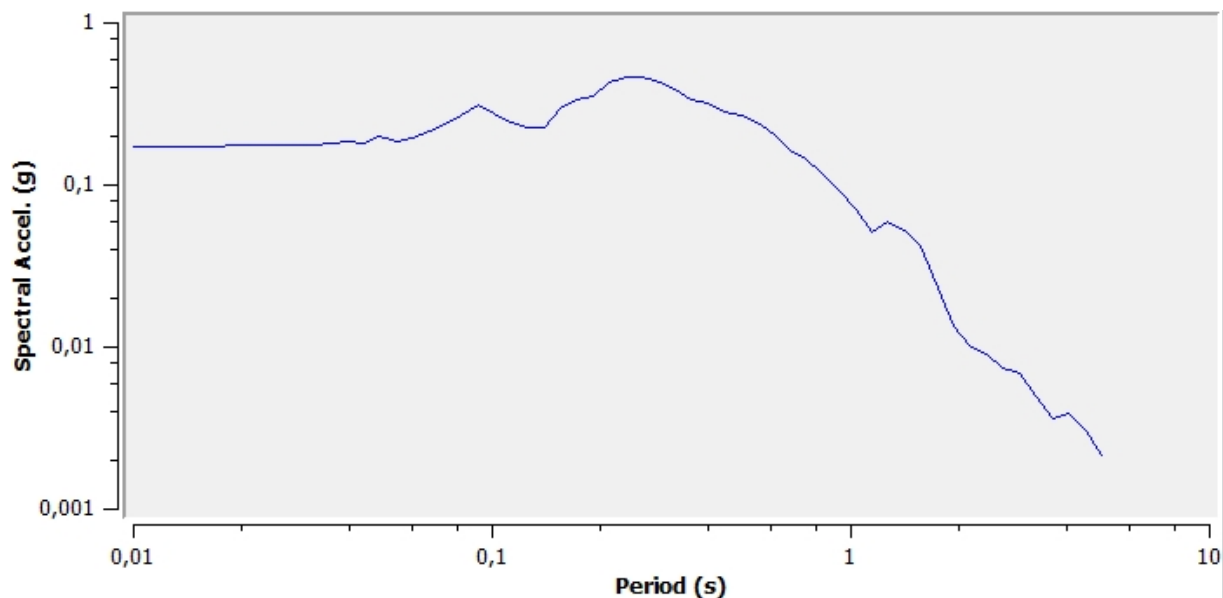
Accelerogramma - 000193ya



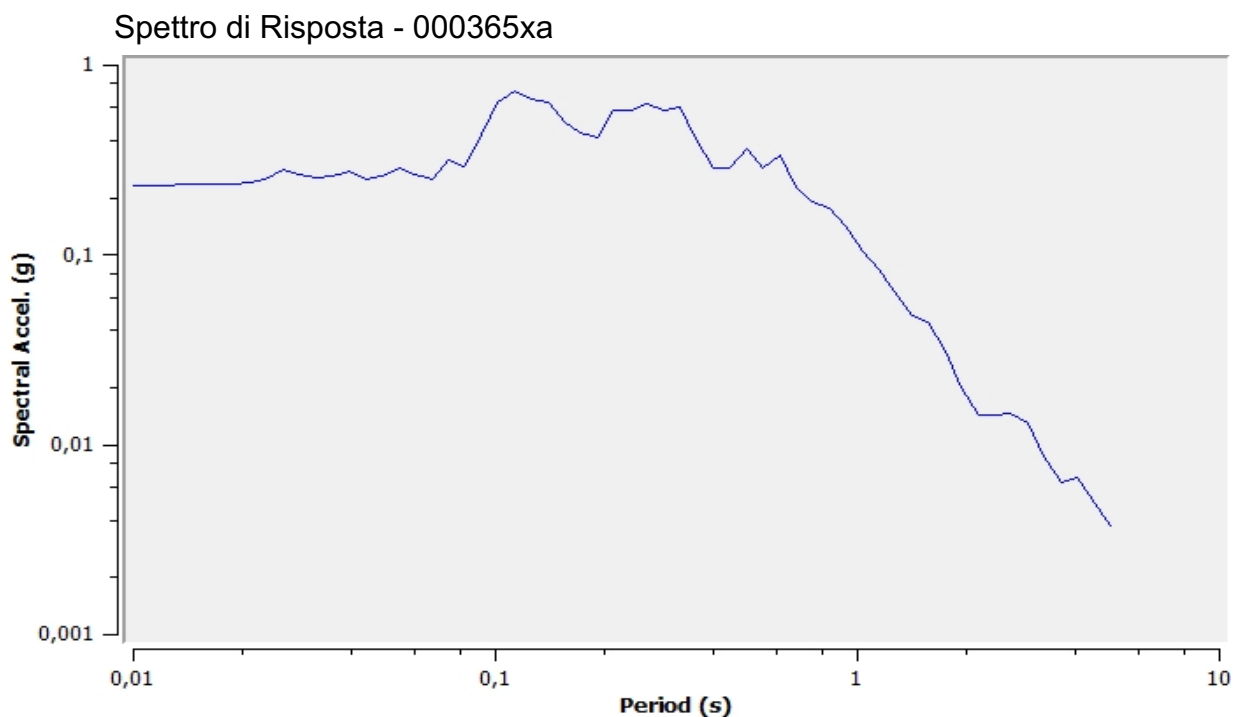
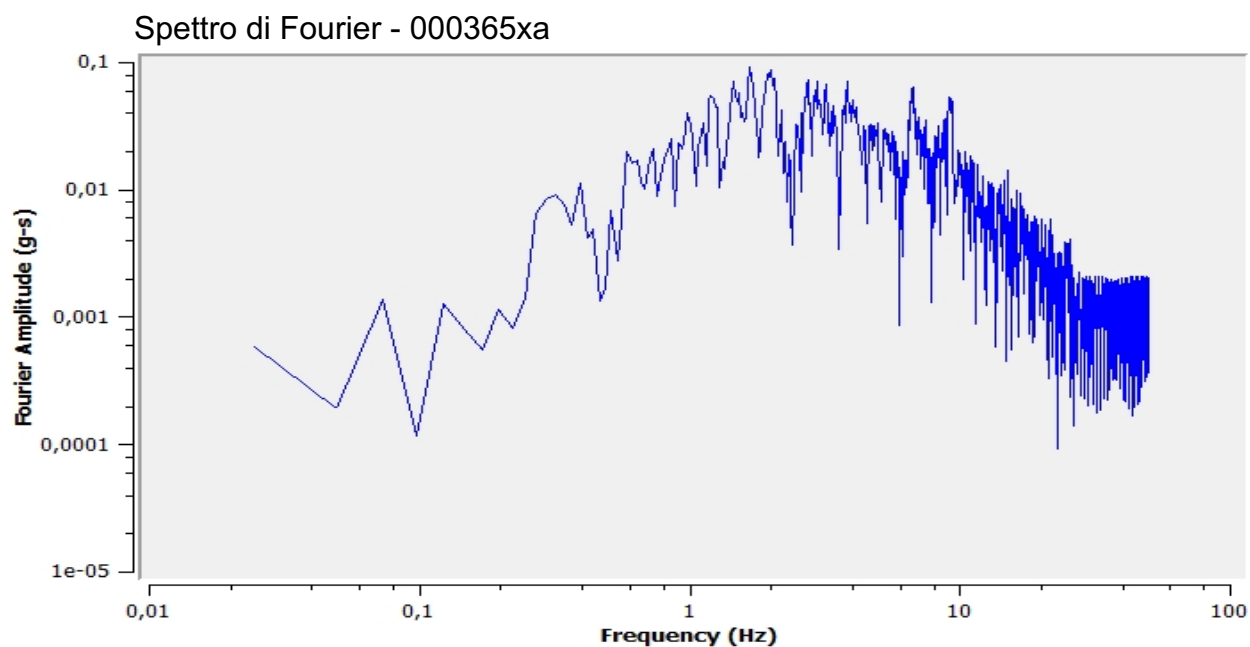
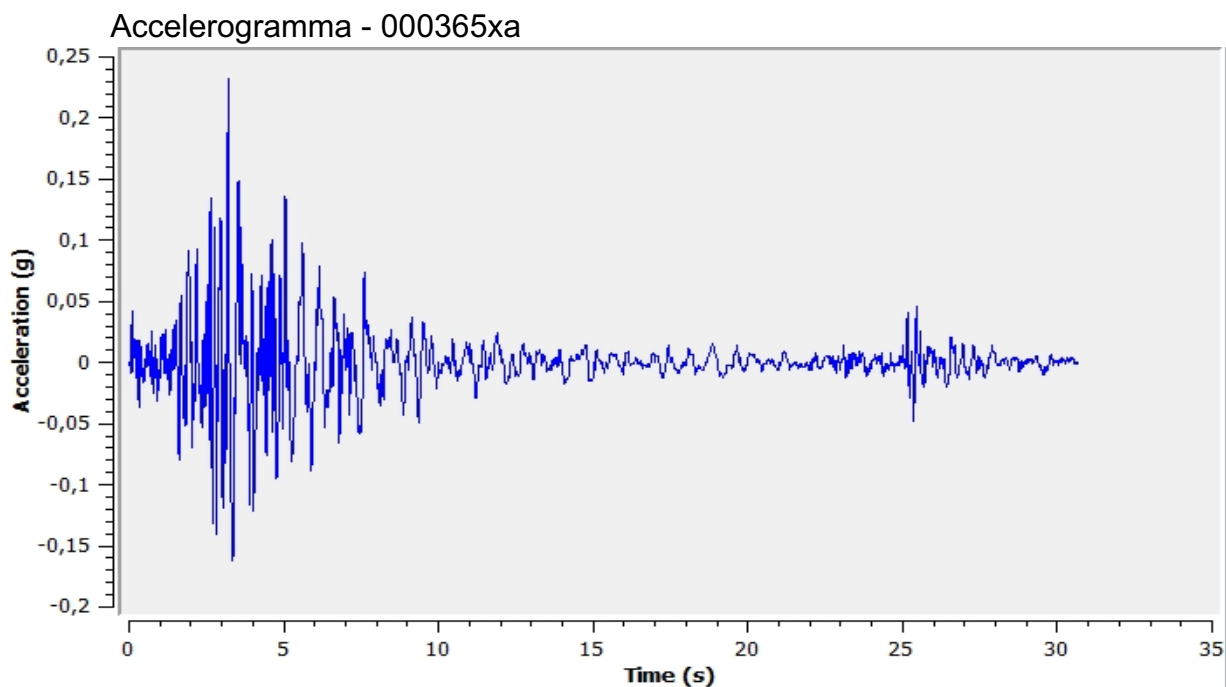
Spettro di Fourier - 000193ya



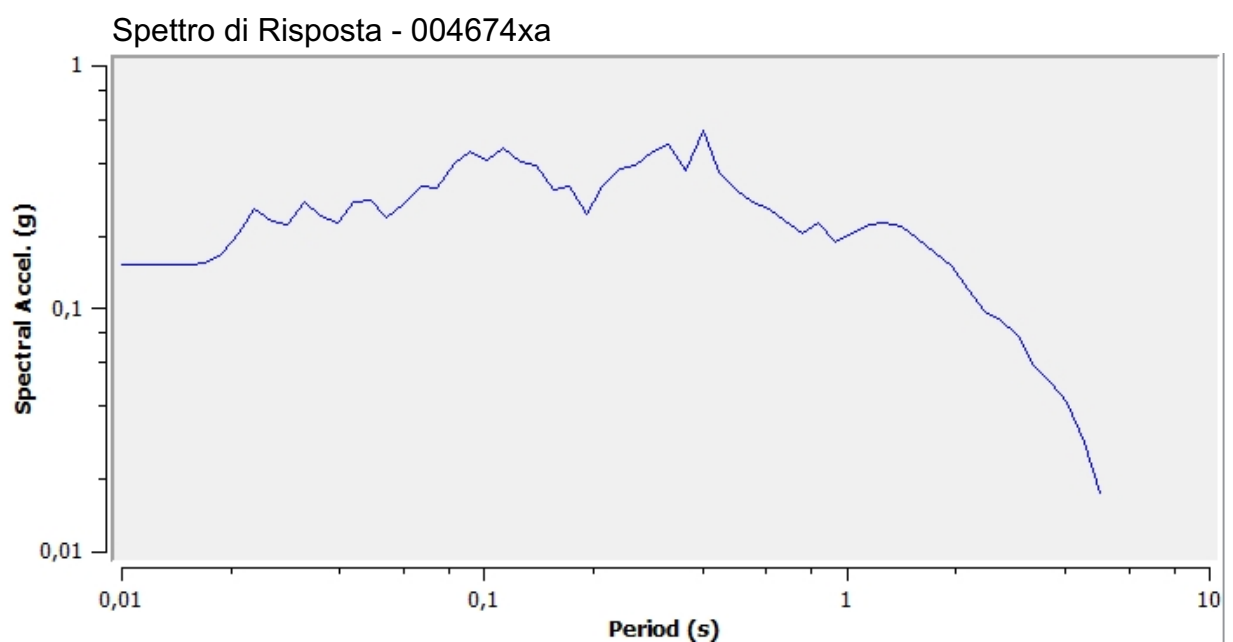
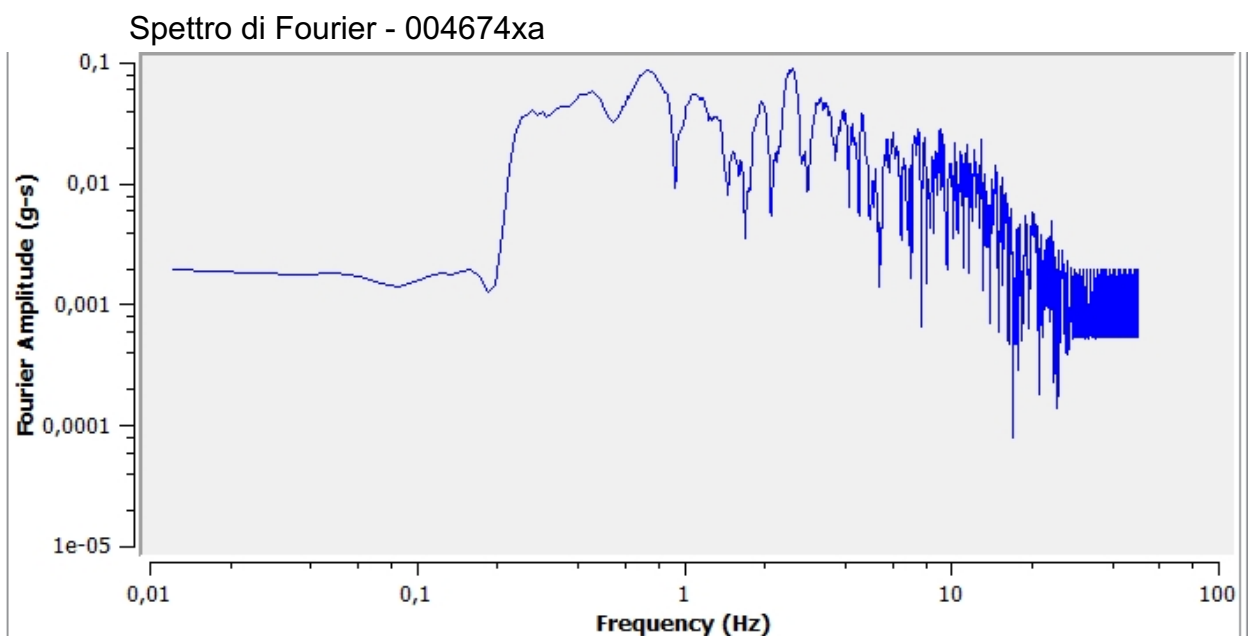
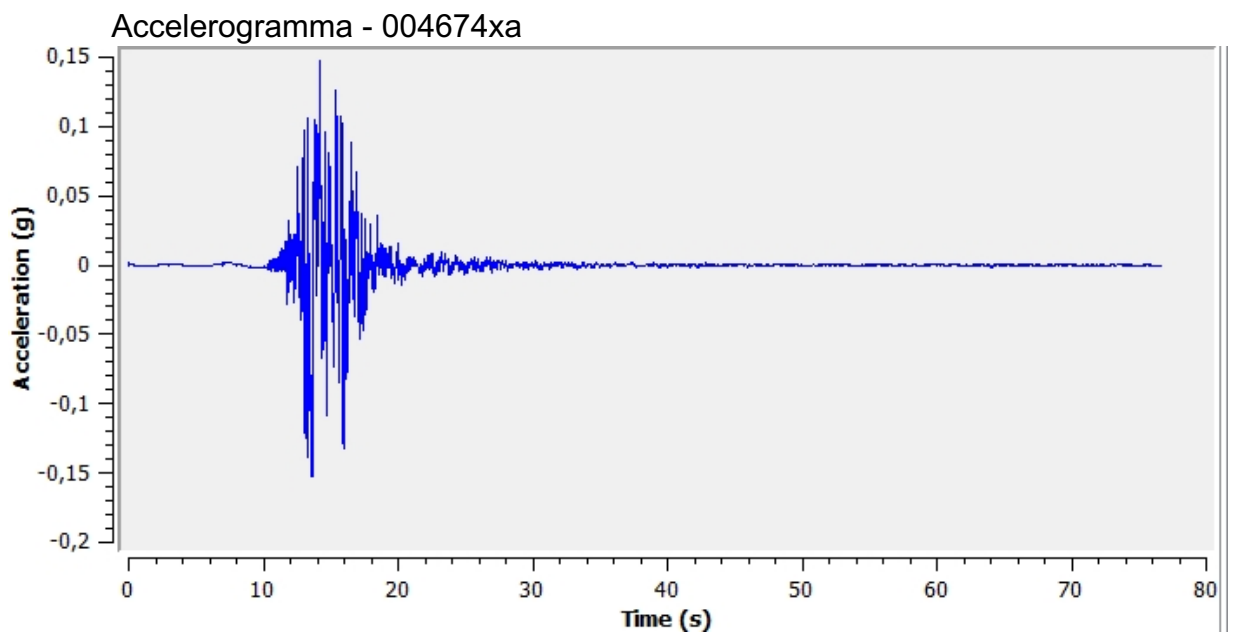
Spettro di Risposta - 000193ya



# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV

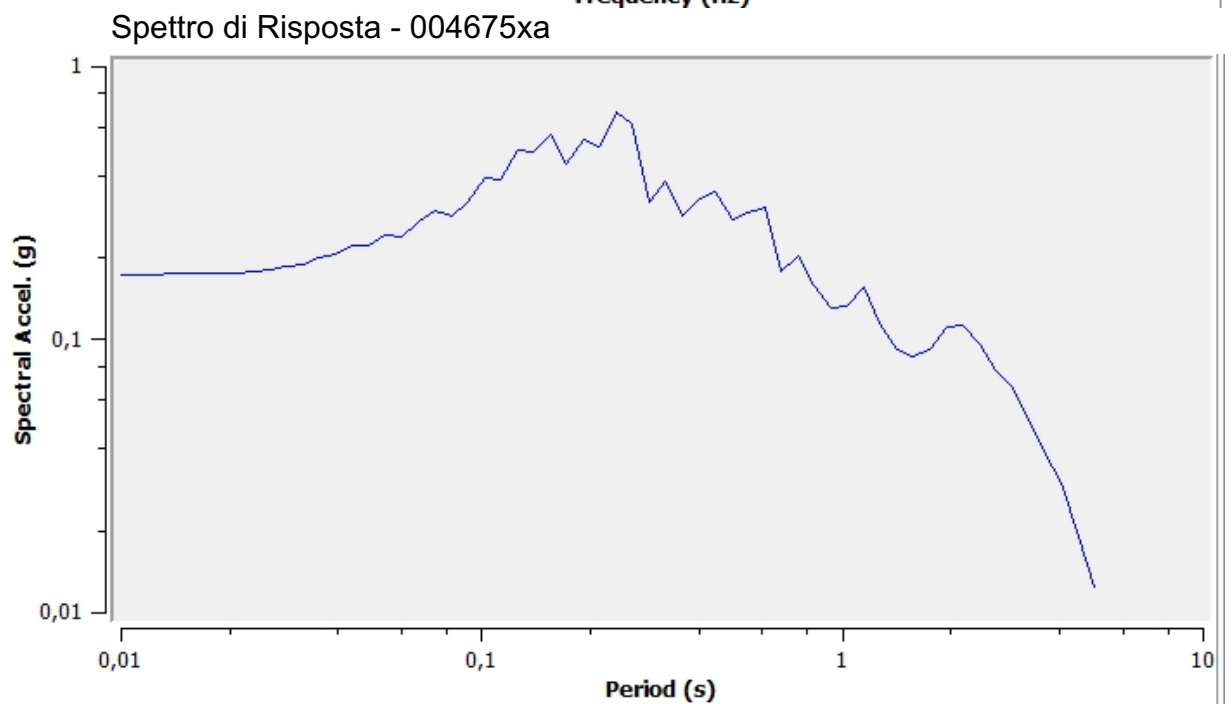
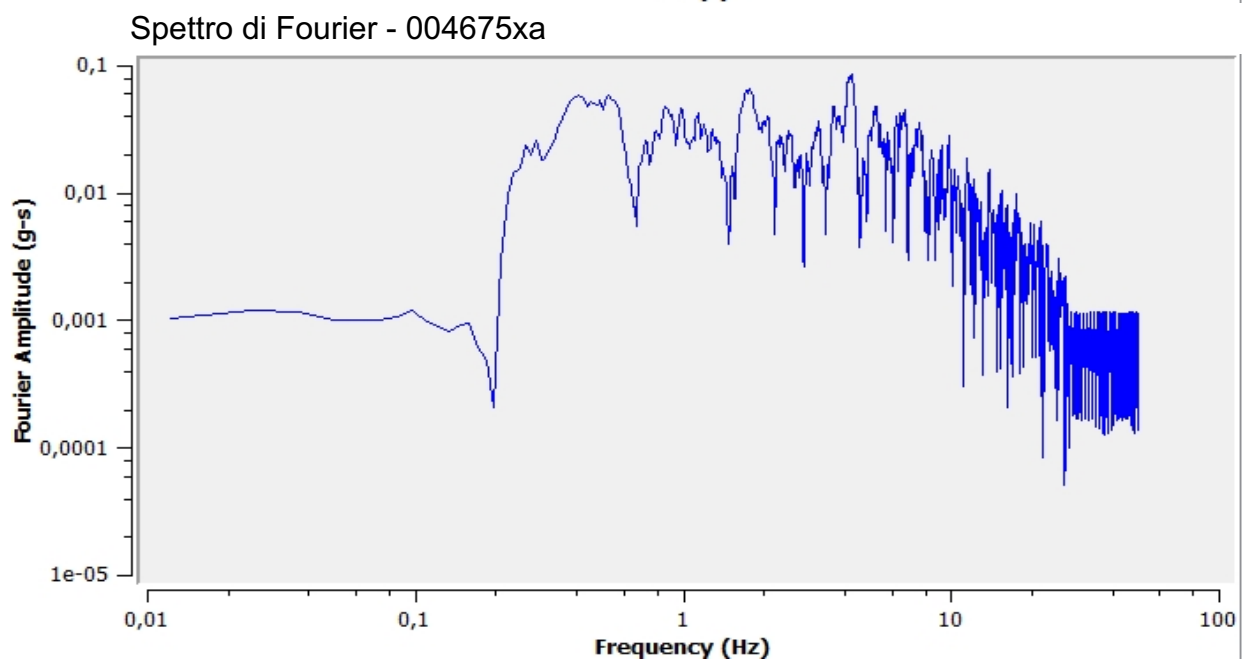
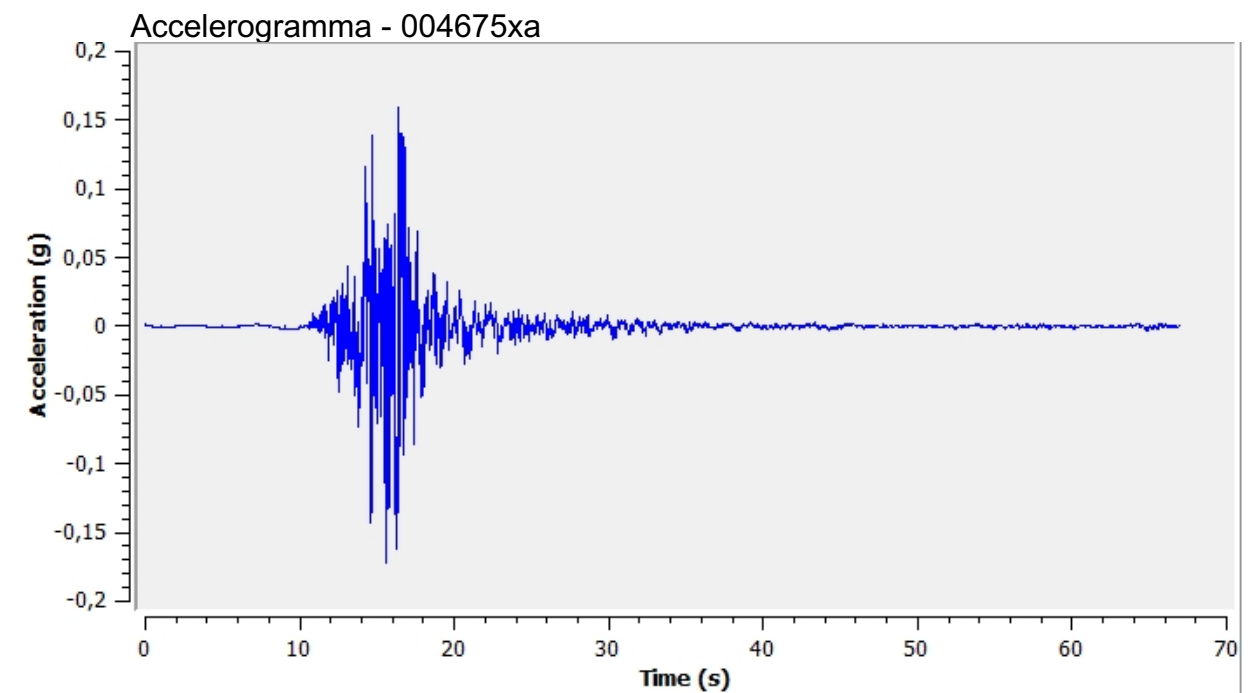


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV



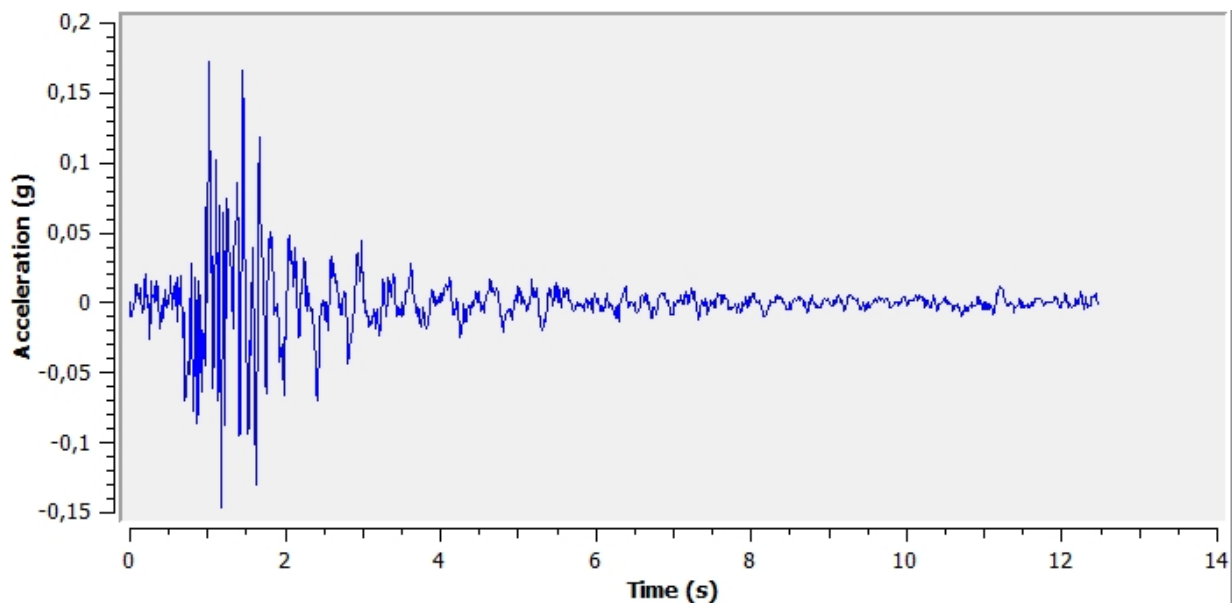


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV

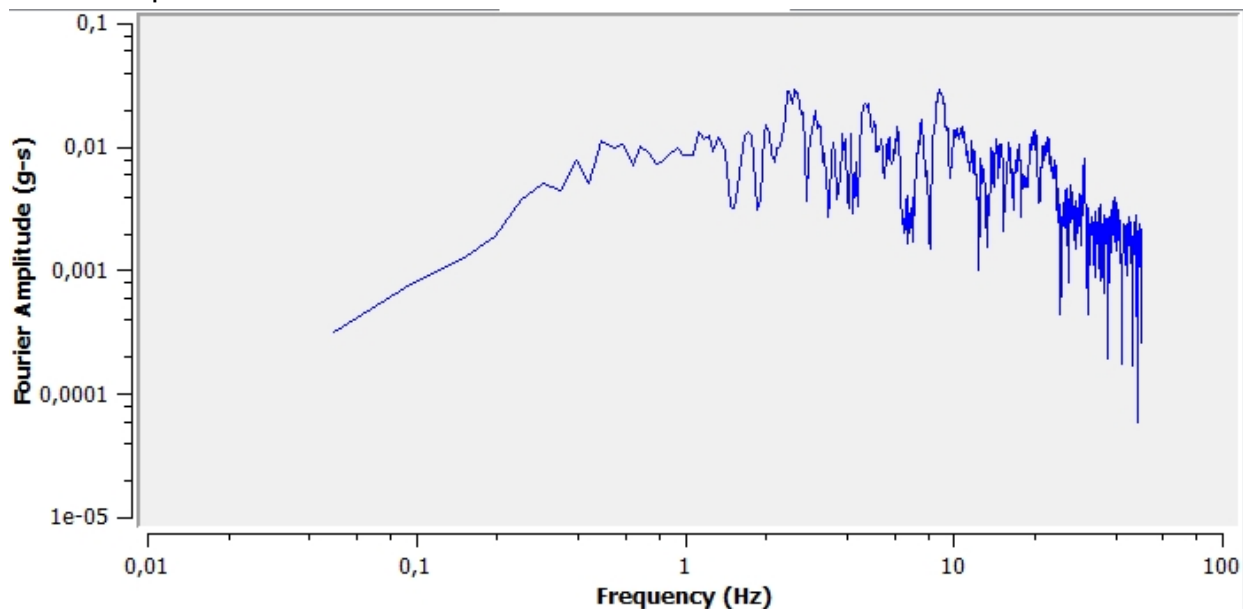


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV

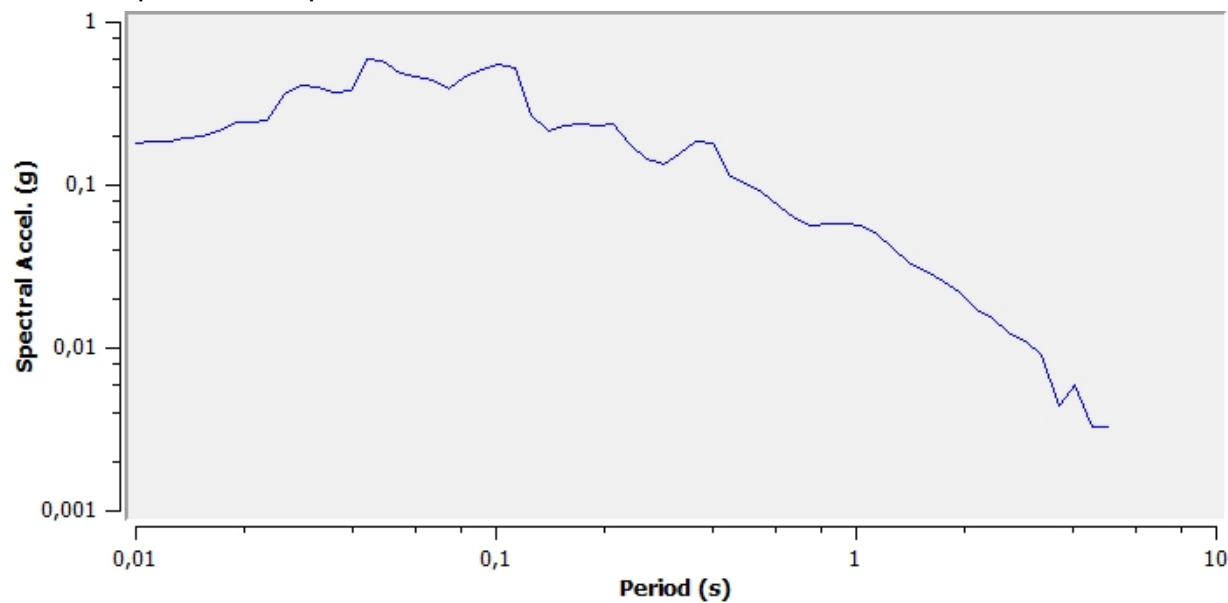
Accelerogramma - 005655xa



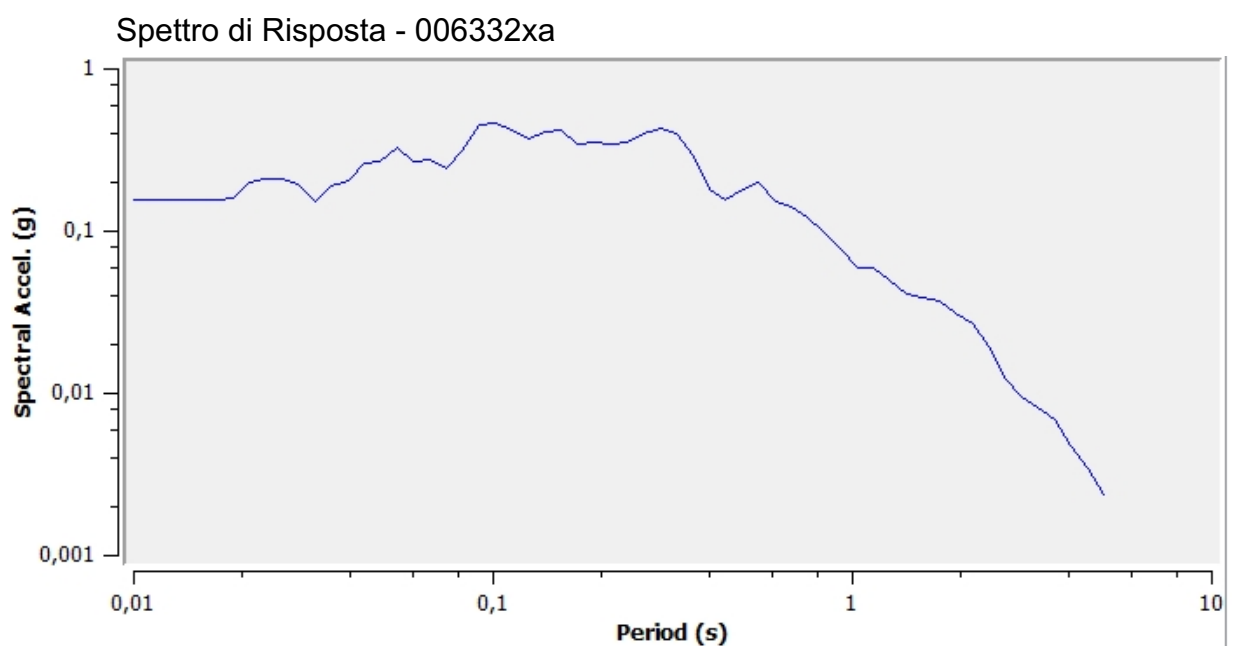
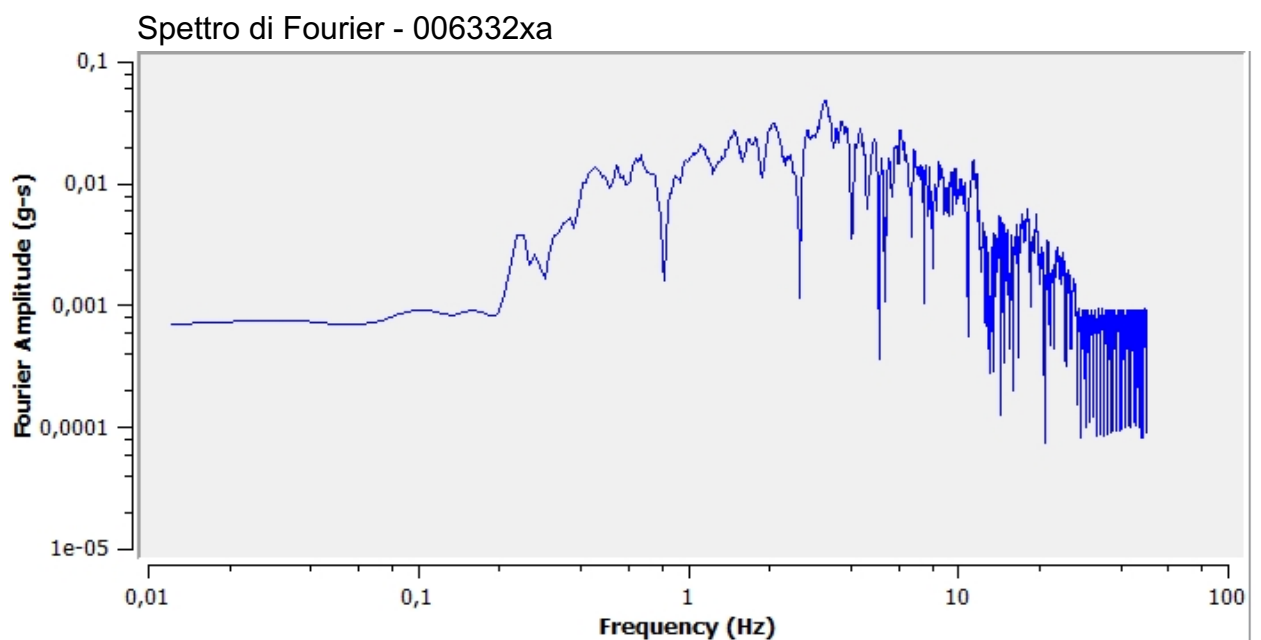
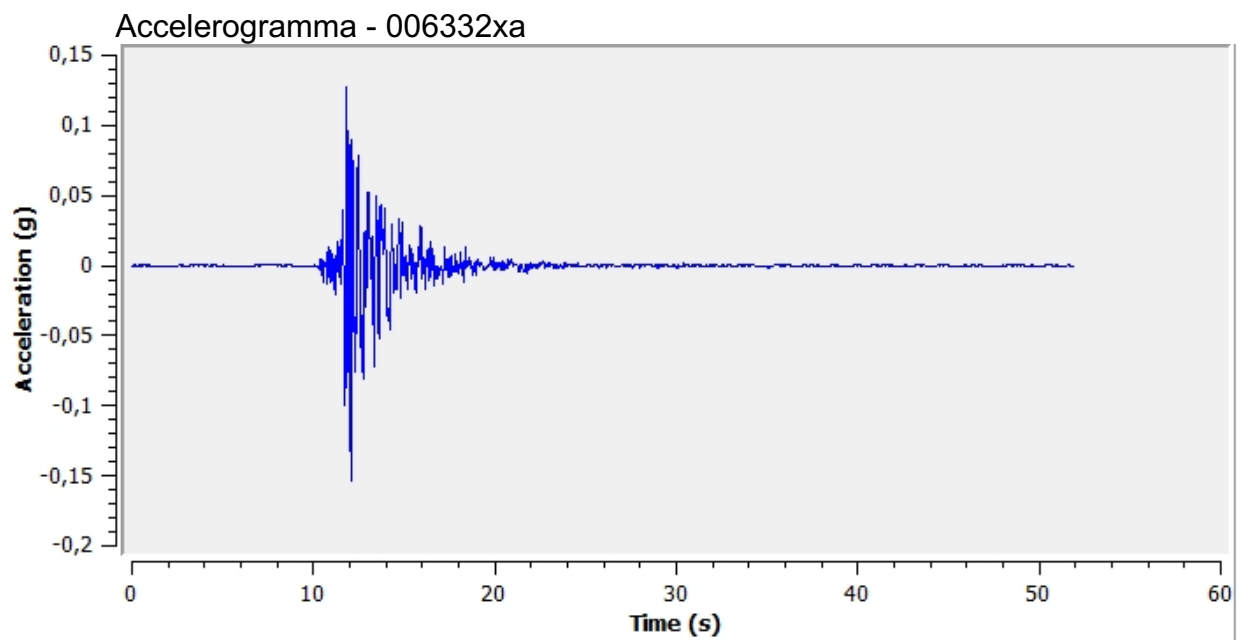
Spettro di Fourier - 005655xa



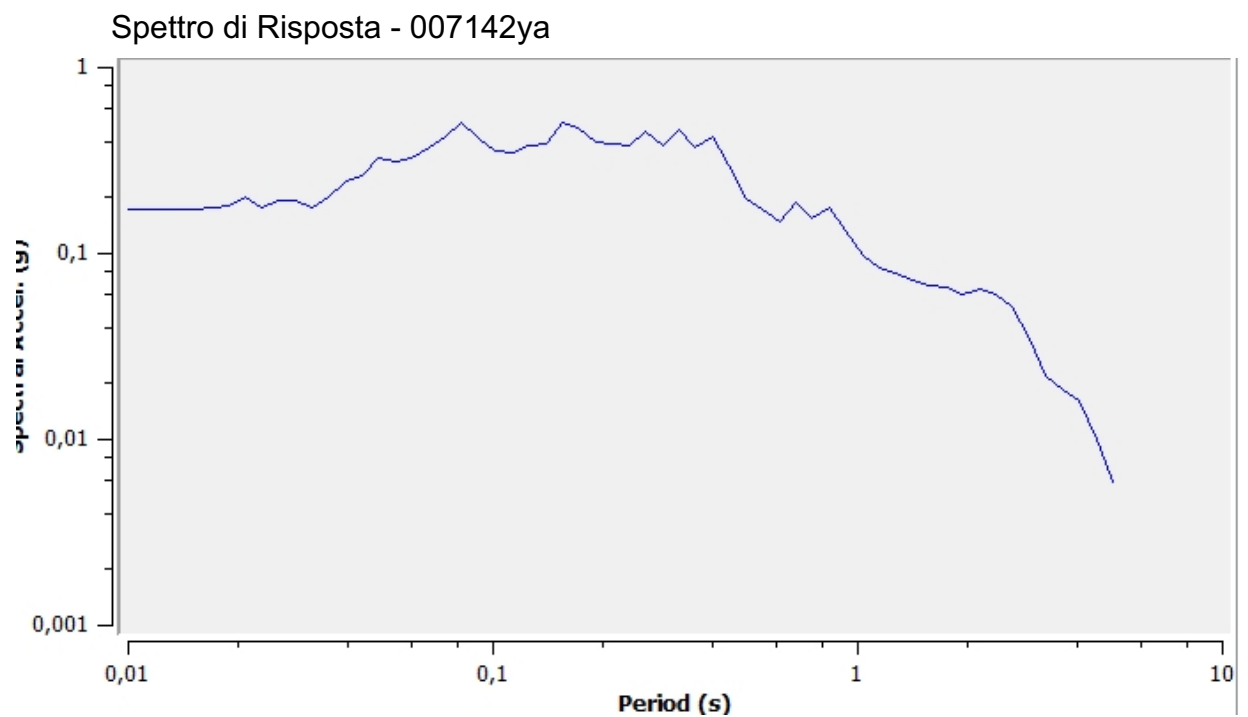
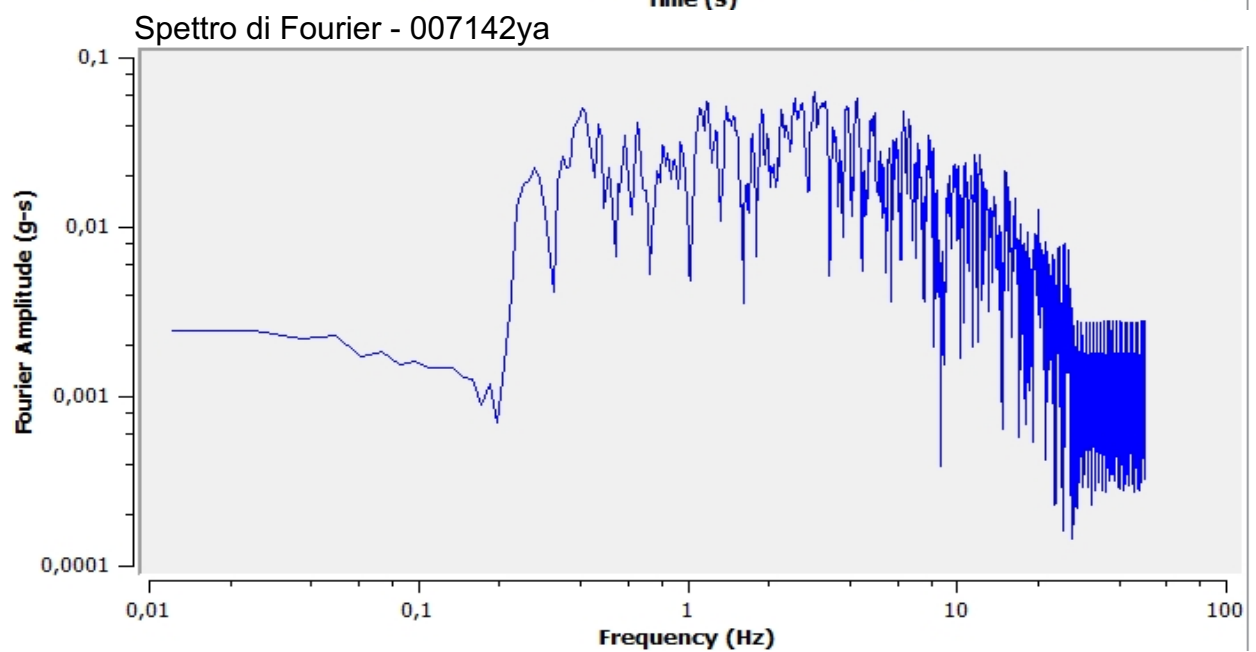
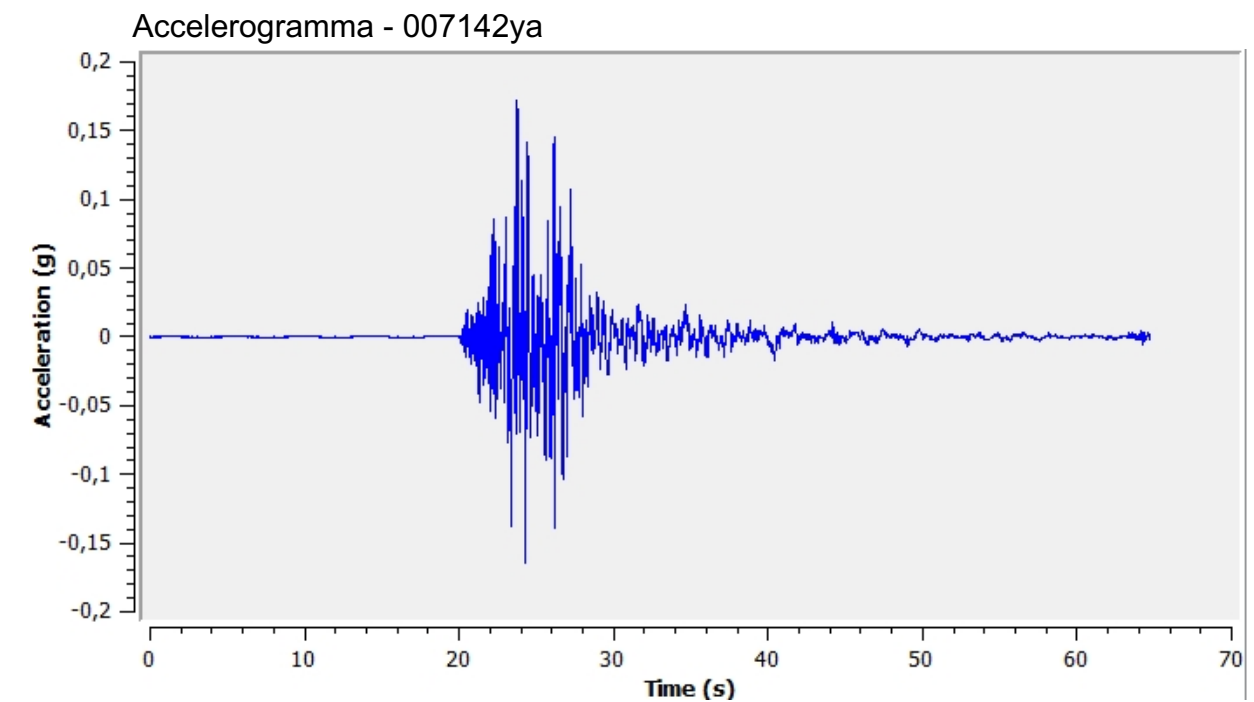
Spettro di Risposta - 005655xa



# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV

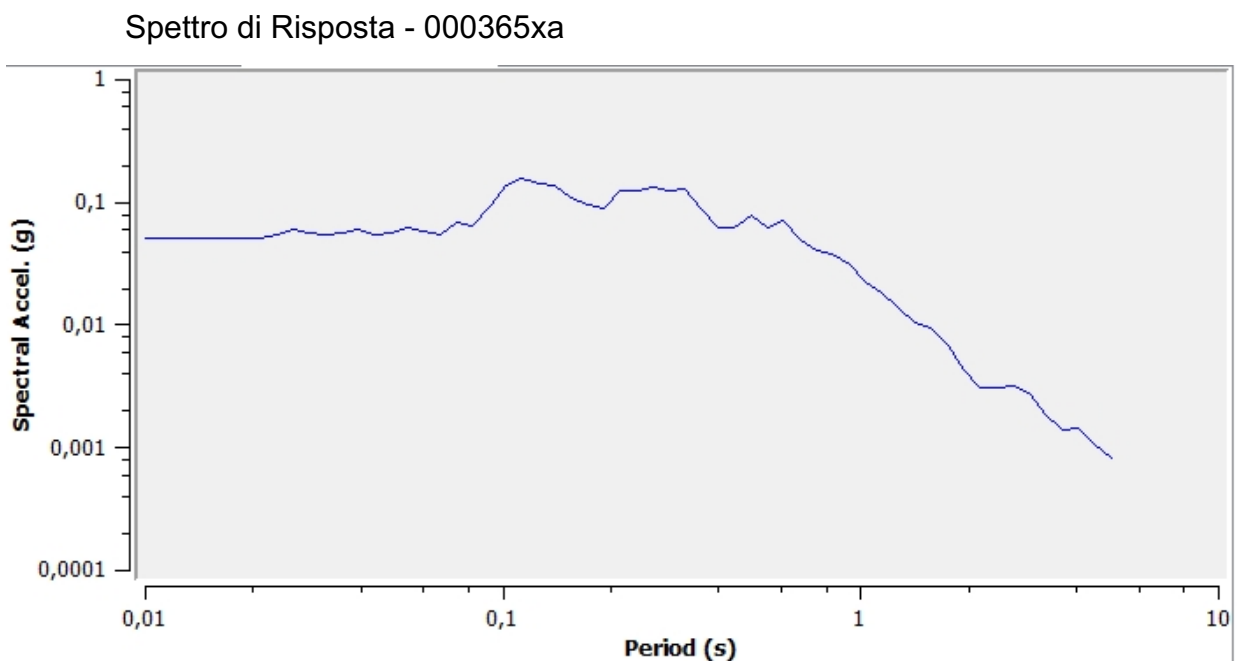
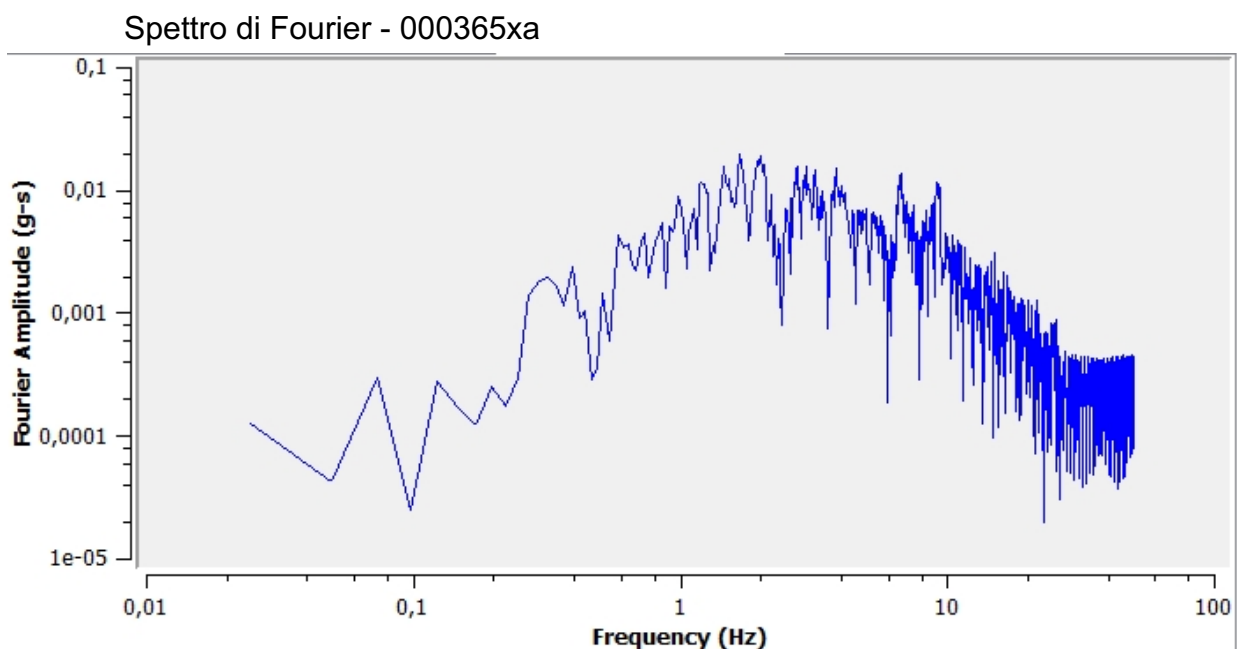
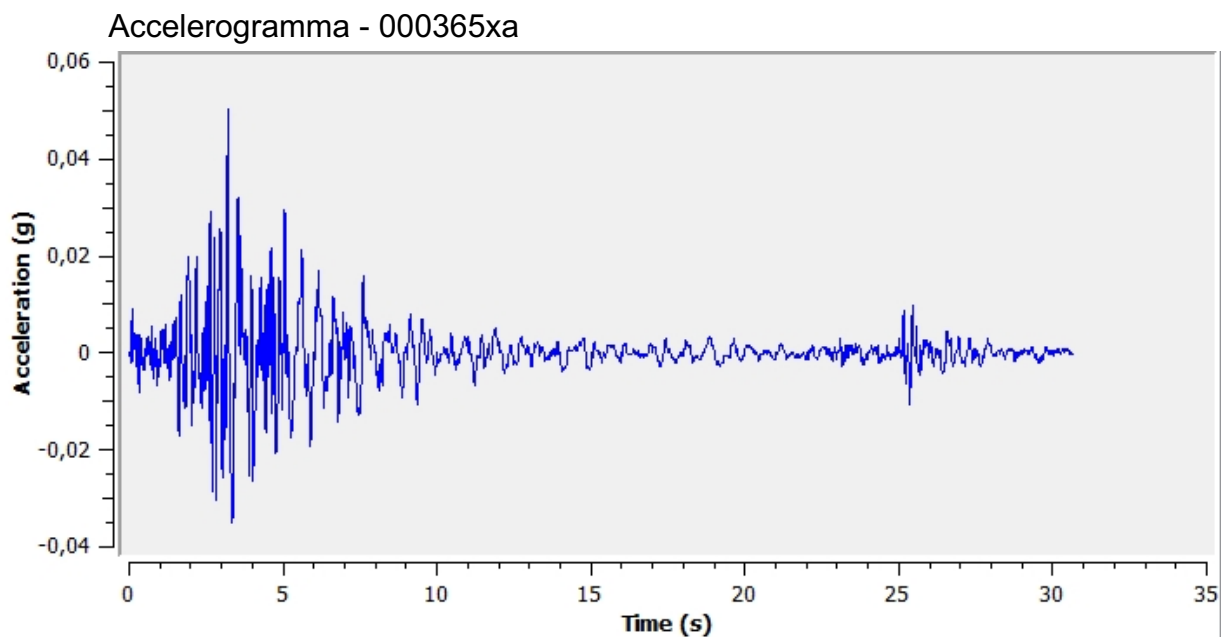


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLV

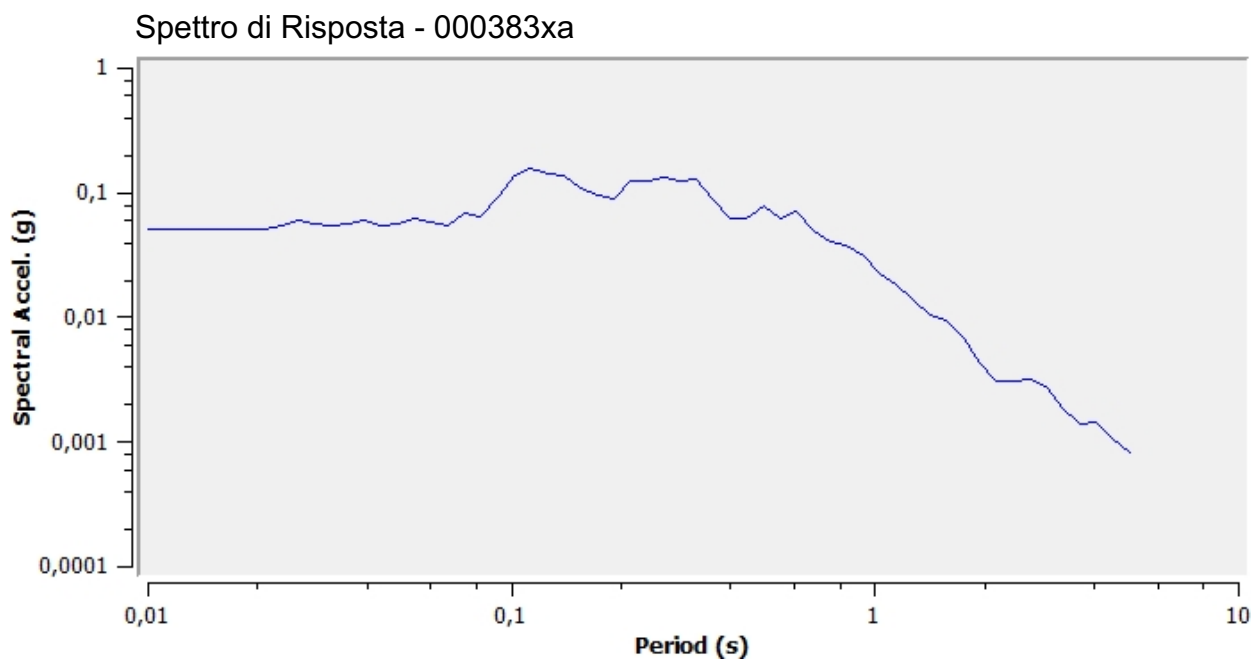
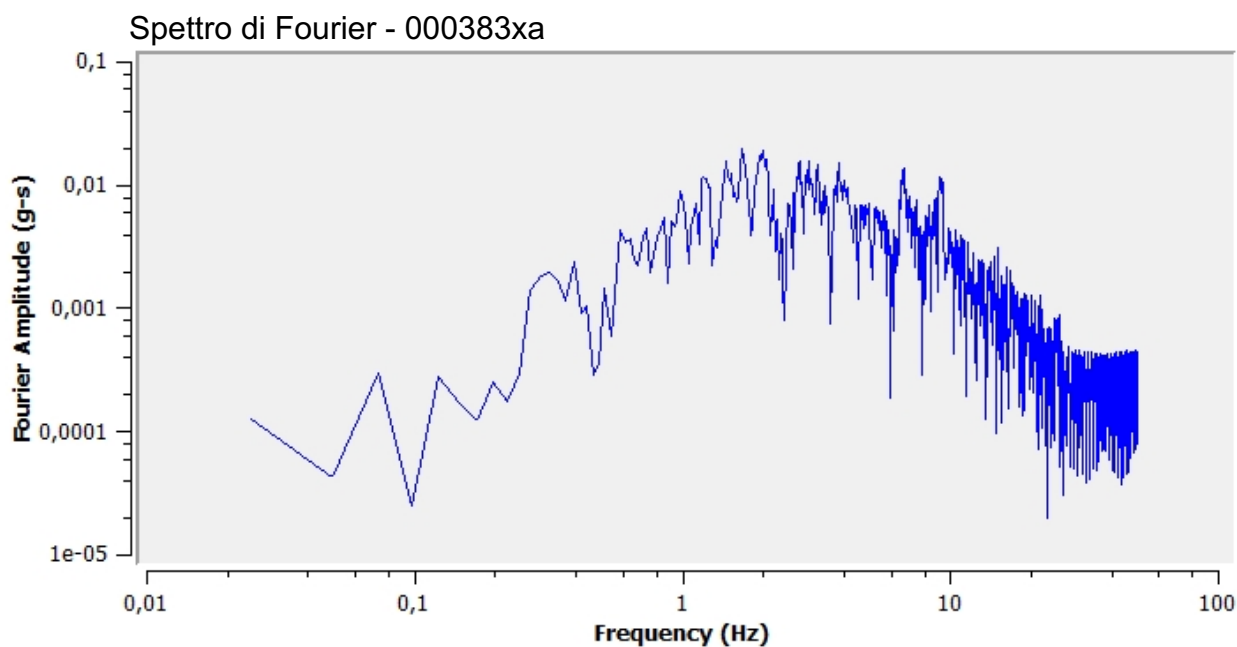
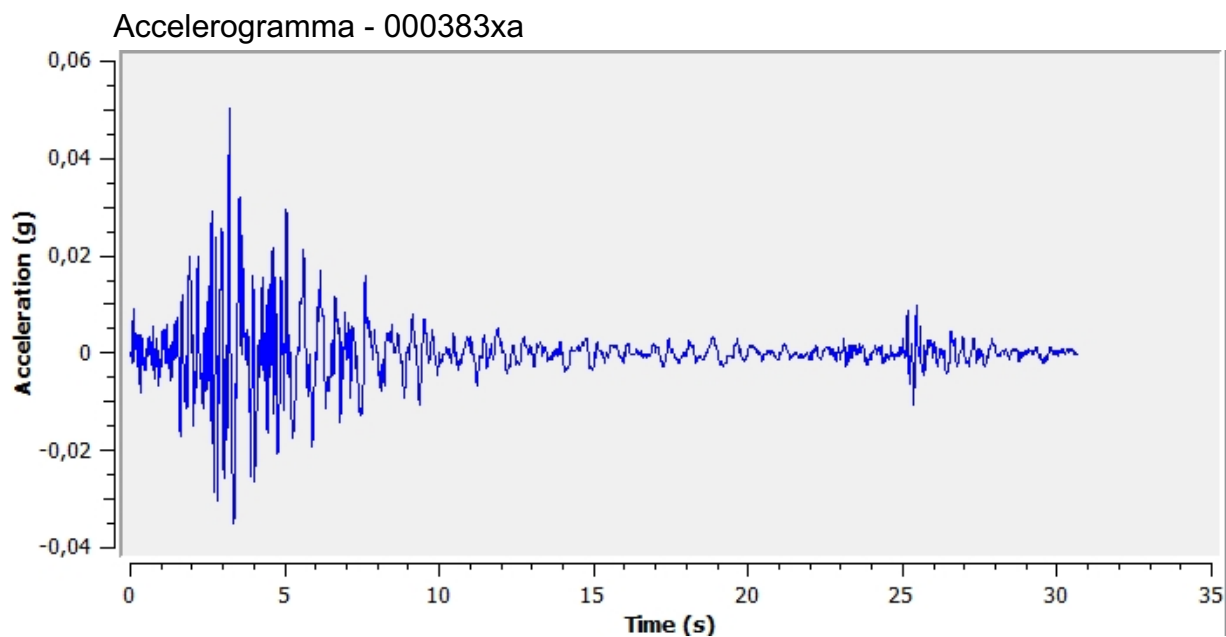




# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLO

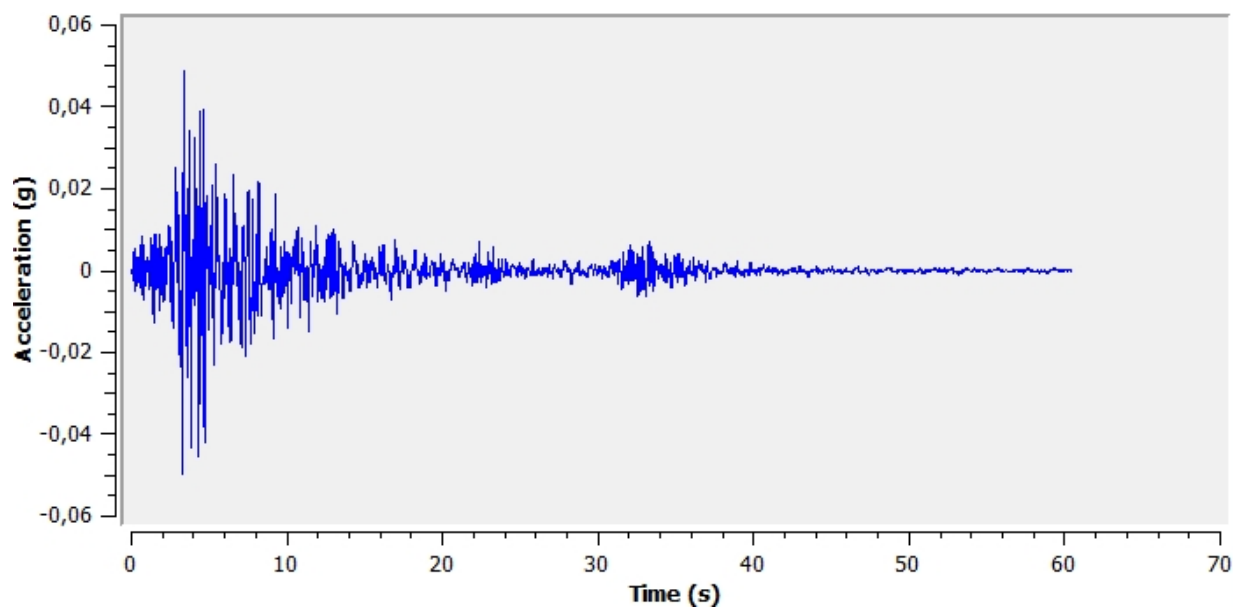


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLO

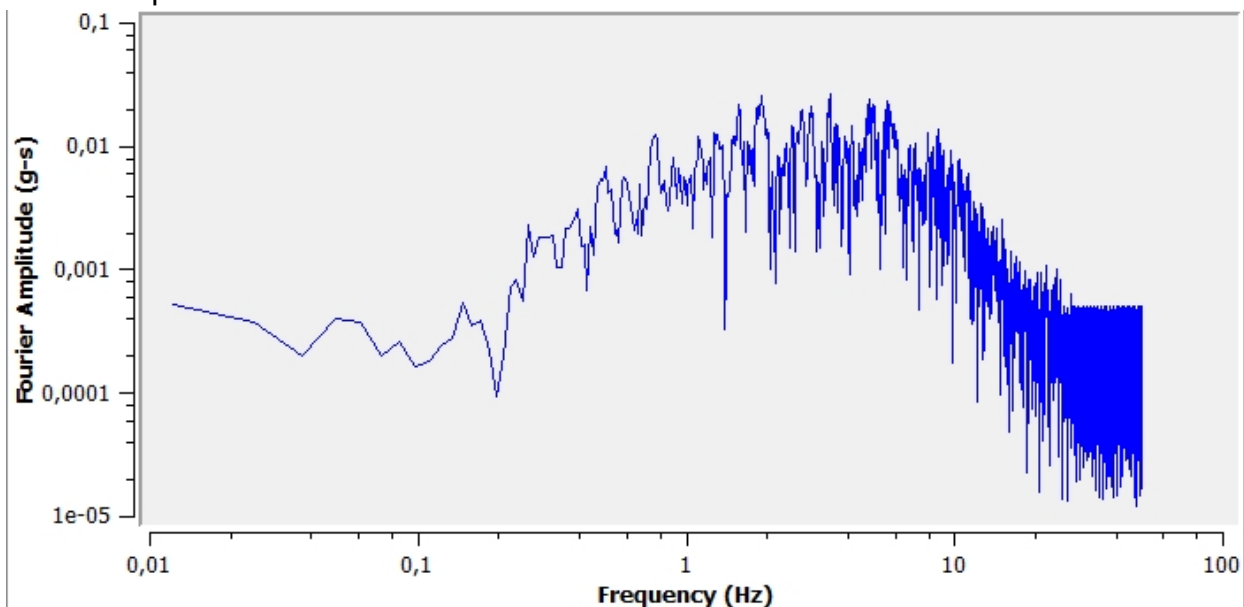


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLO

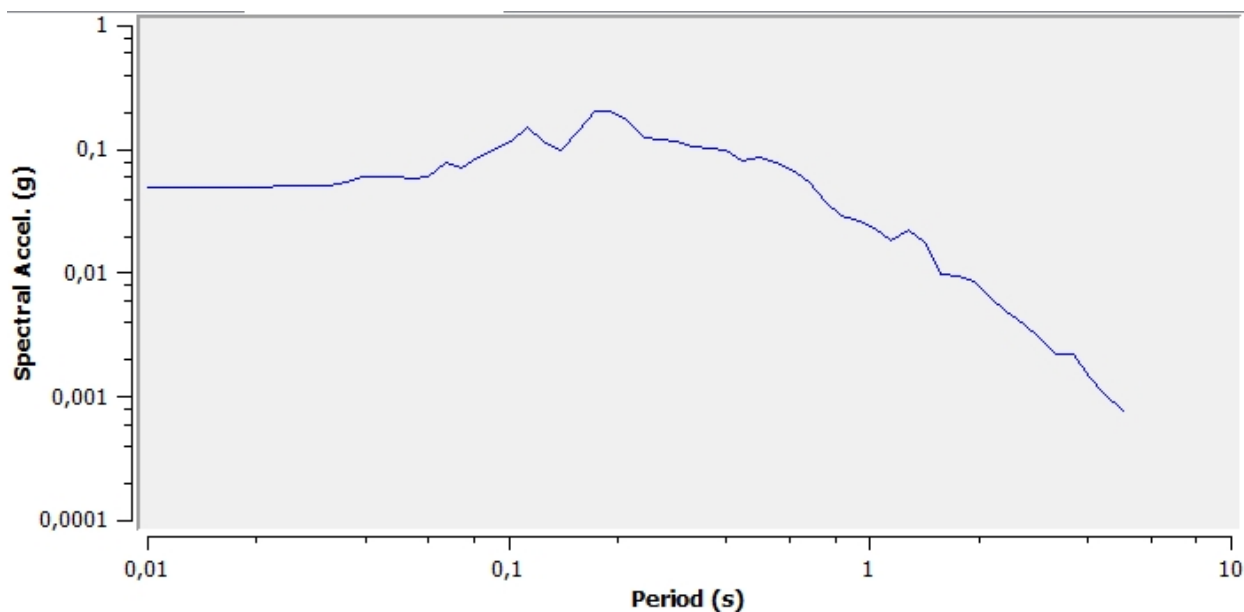
Accelerogramma - 000385xa



Spettro di Fourier - 000385xa

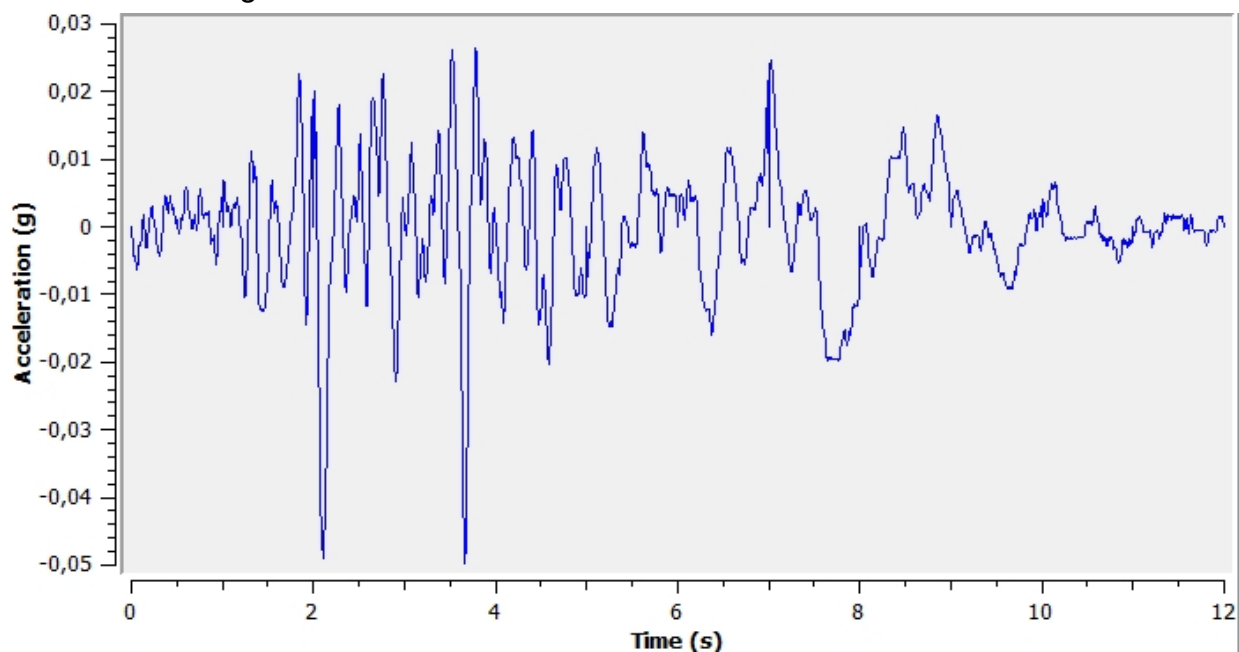


Spettro di Risposta - 000385xa

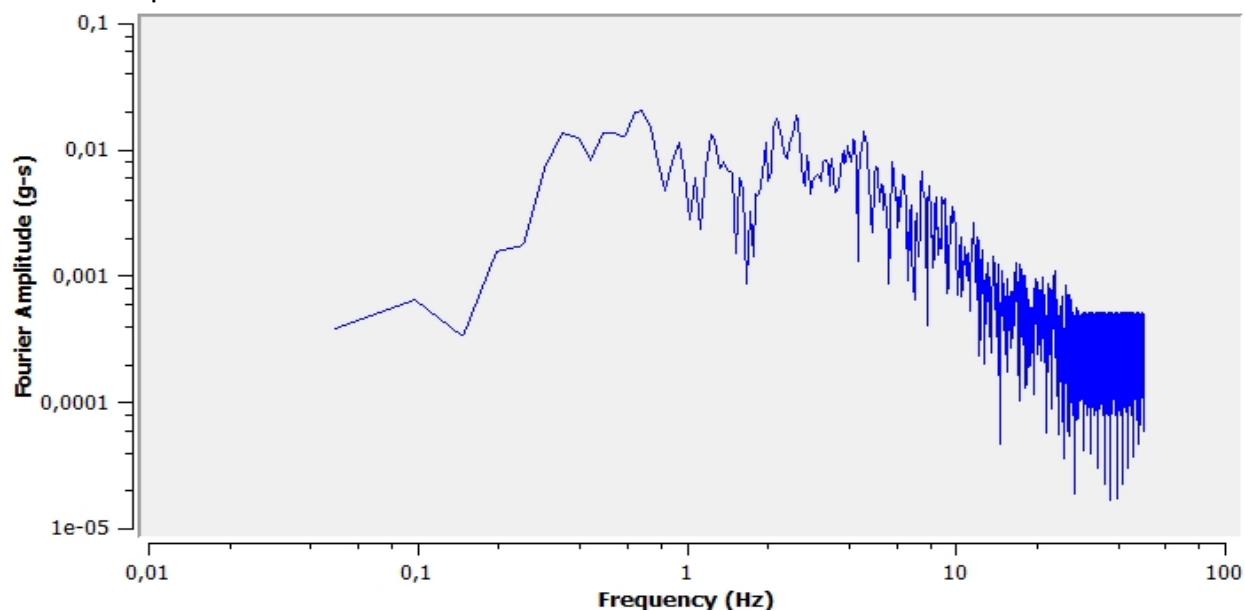


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLO

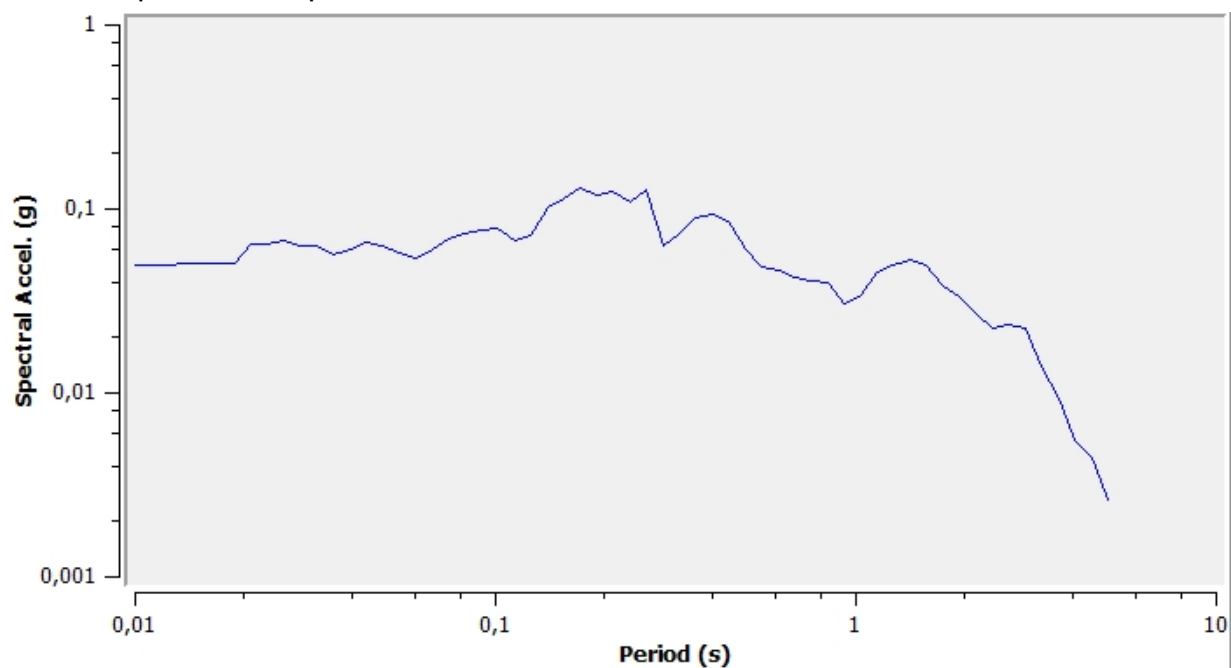
Accelerogramma - 005086xa



Spettro di Fourier - 005056xa



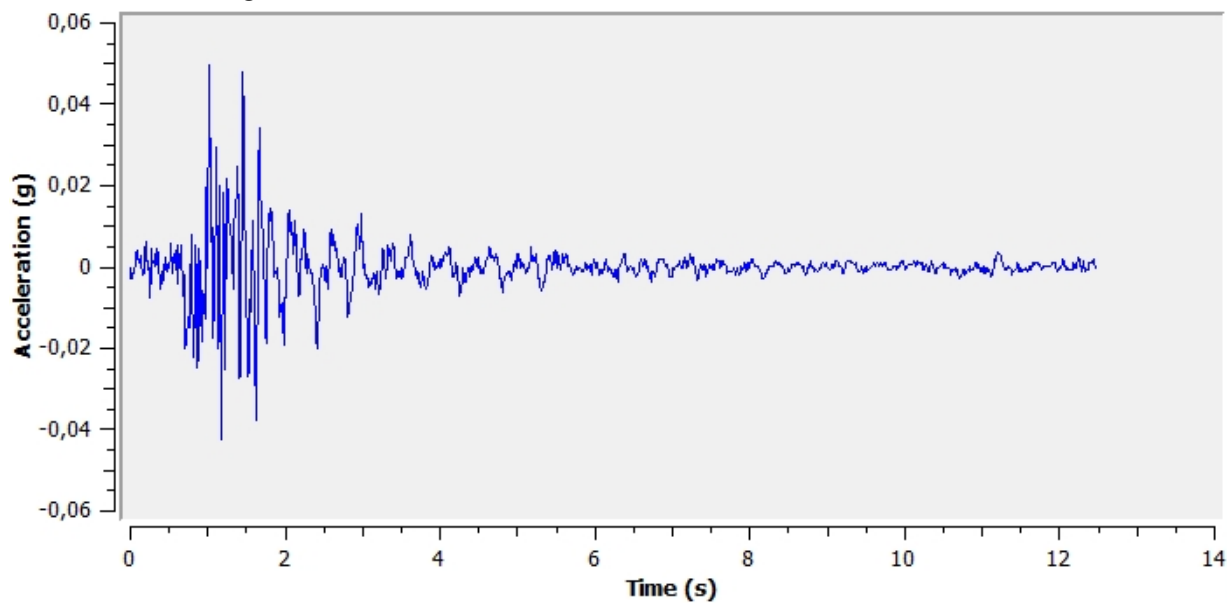
Spettro di Risposta - 005056xa



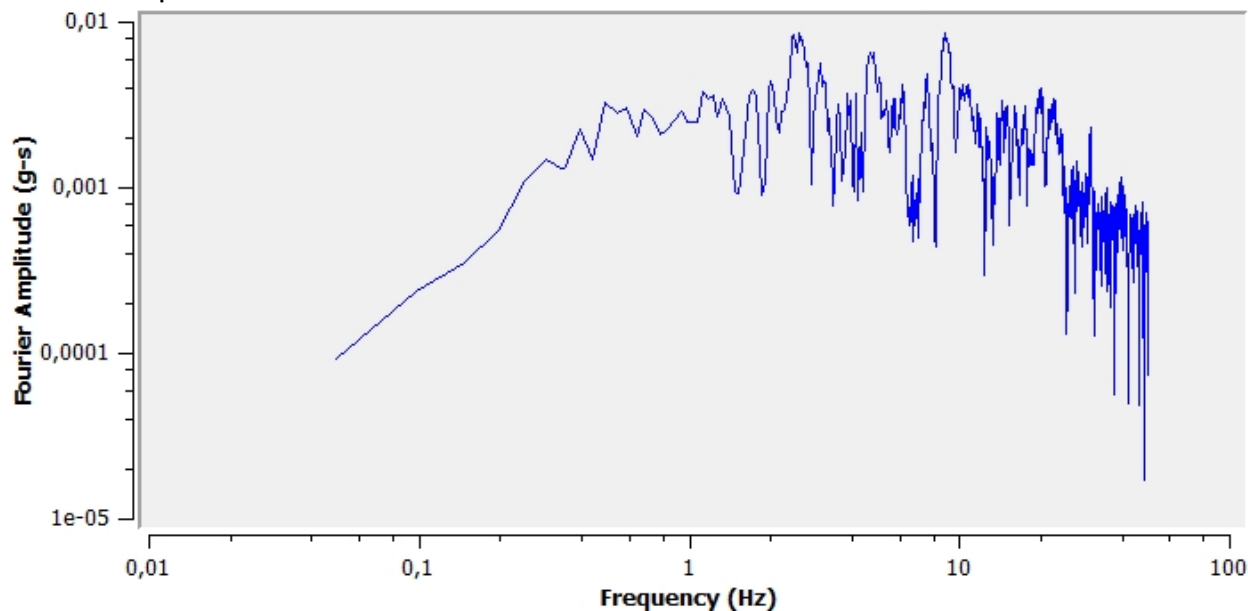


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLO

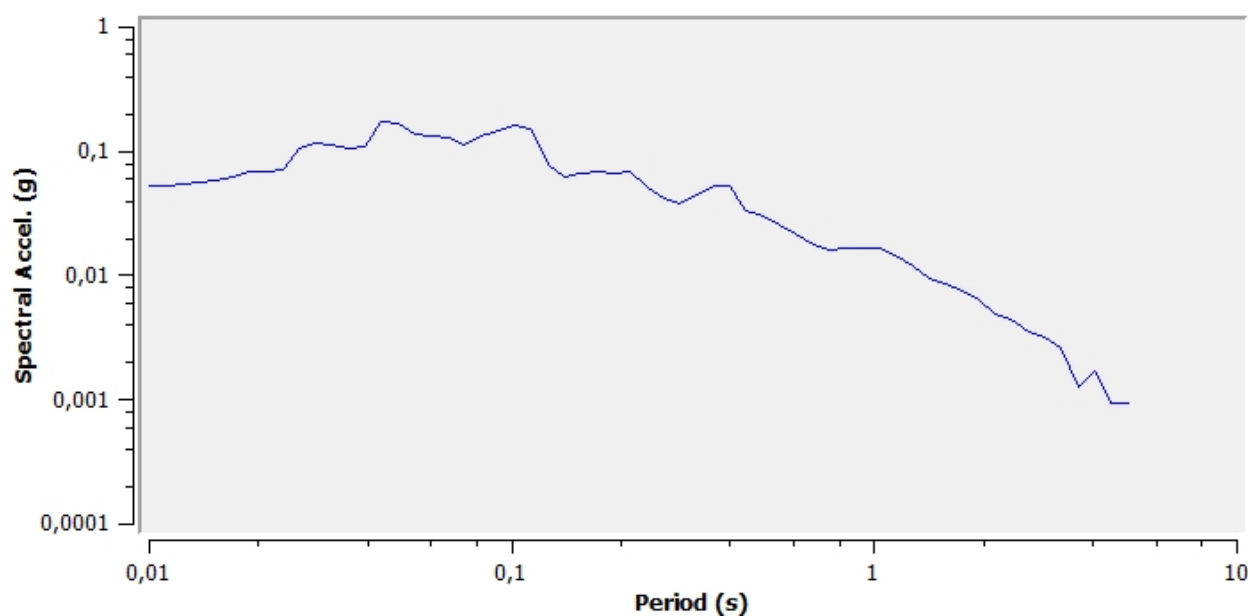
Accelerogramma - 005655xa



Spettro di Fourier - 005655xa

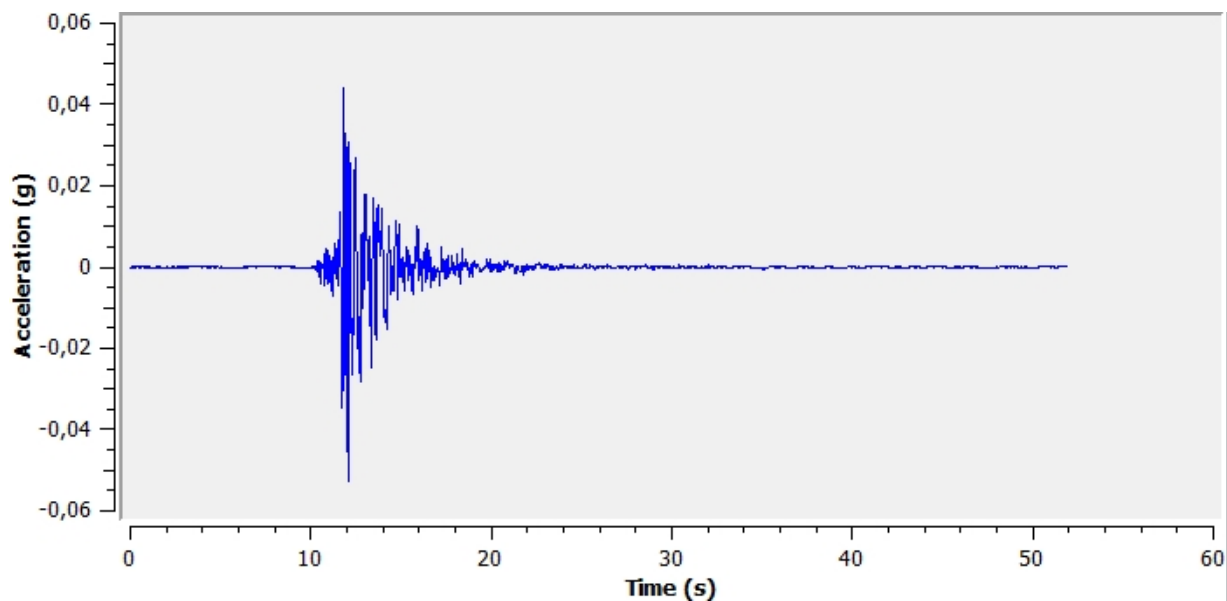


Spettro di Risposta - 005655xa

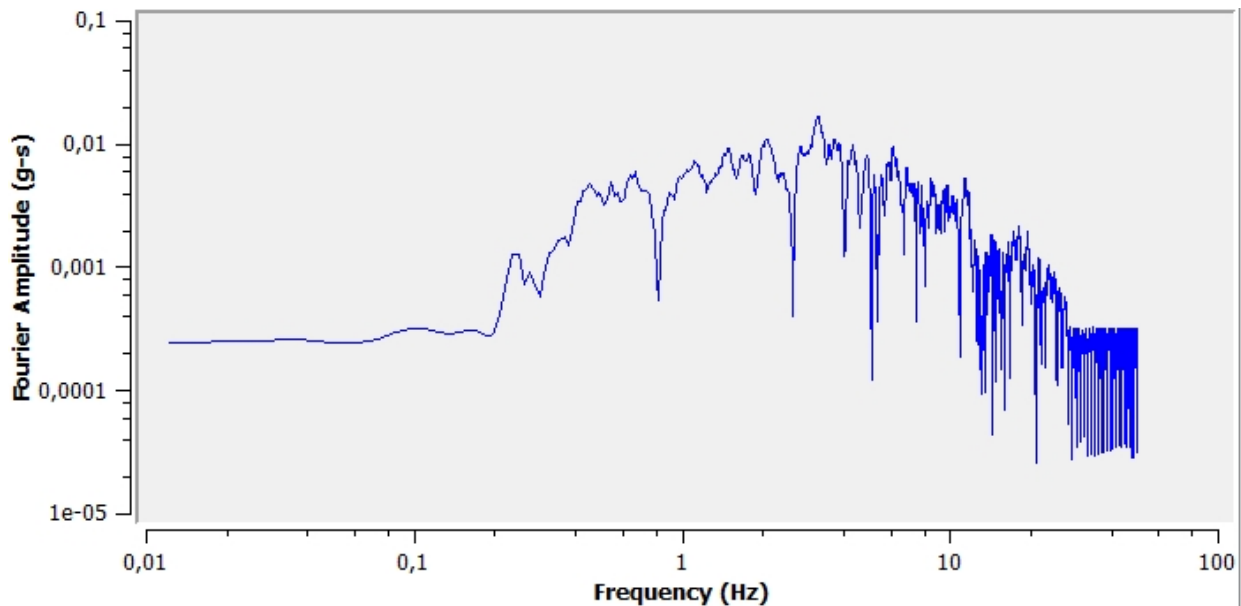


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLO

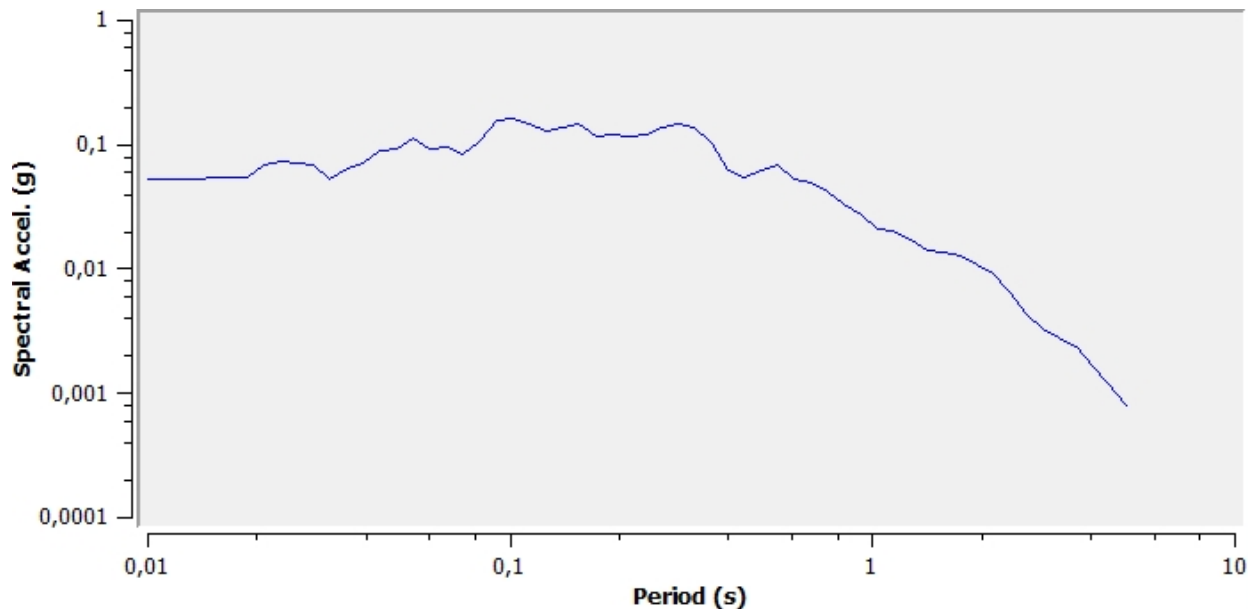
Accelerogramma - 006332xa



Spettro di Fourier - 006332xa

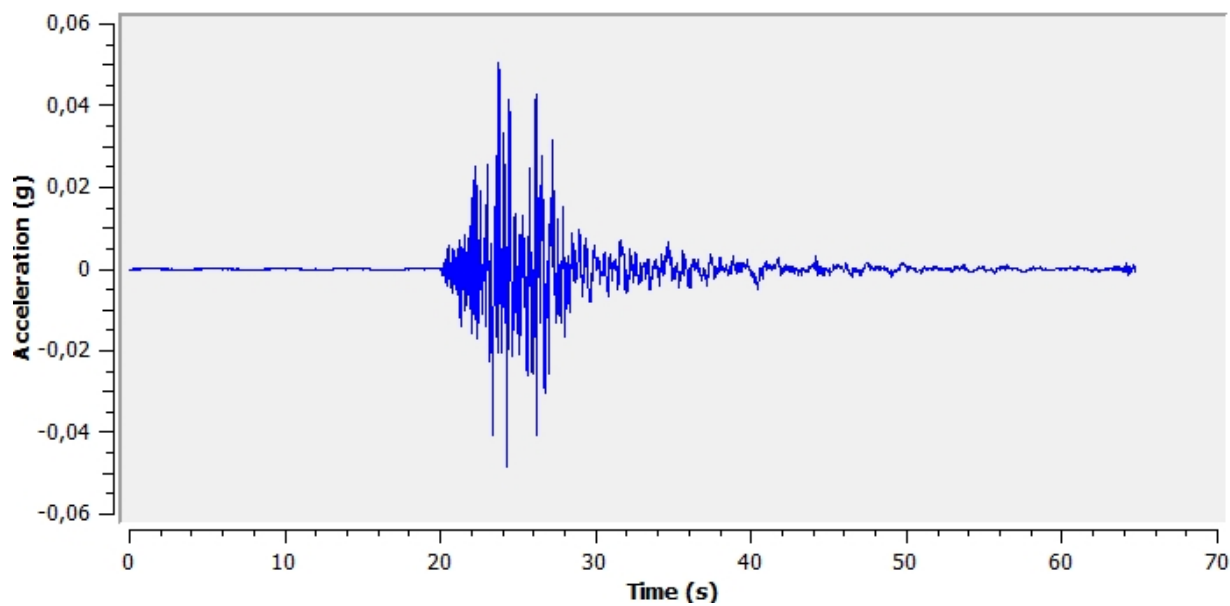


Spettro di Risposta - 006332xa

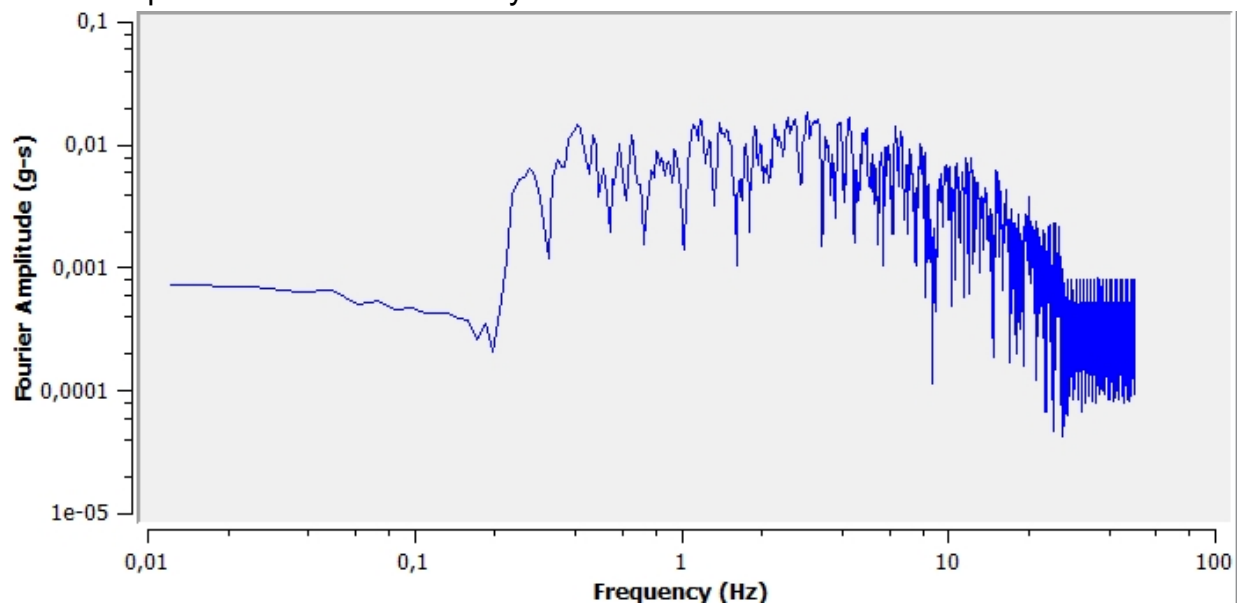


# All. 1 - Accelerogrammi di input - SLVO

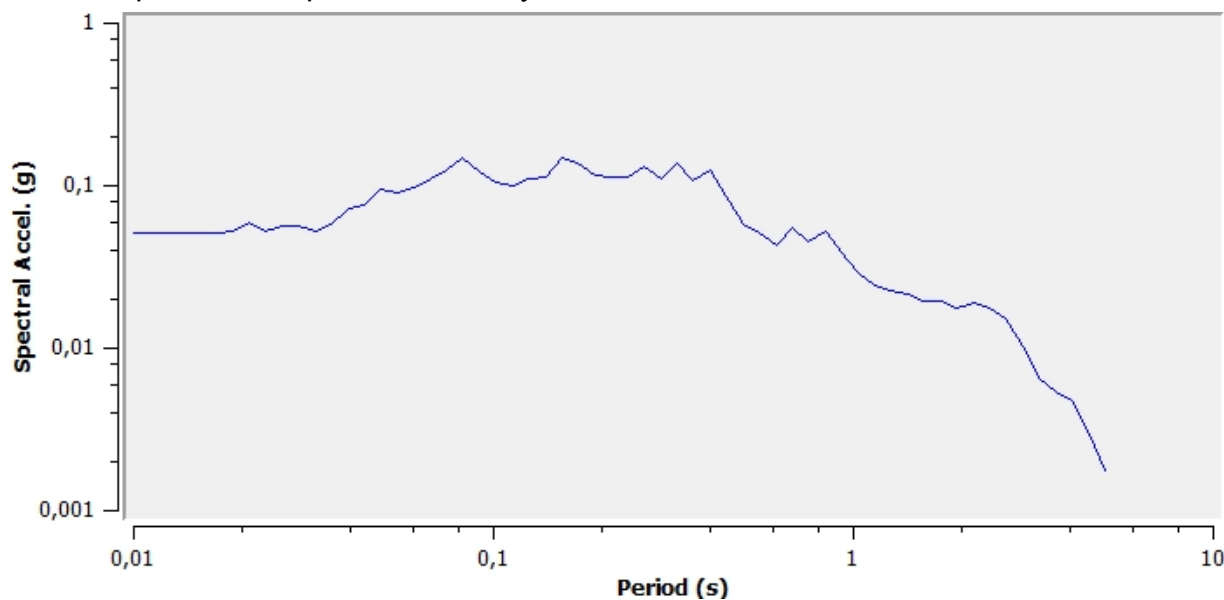
Accelerogramma - 007142ya



Spettro di Fourier - 007142ya

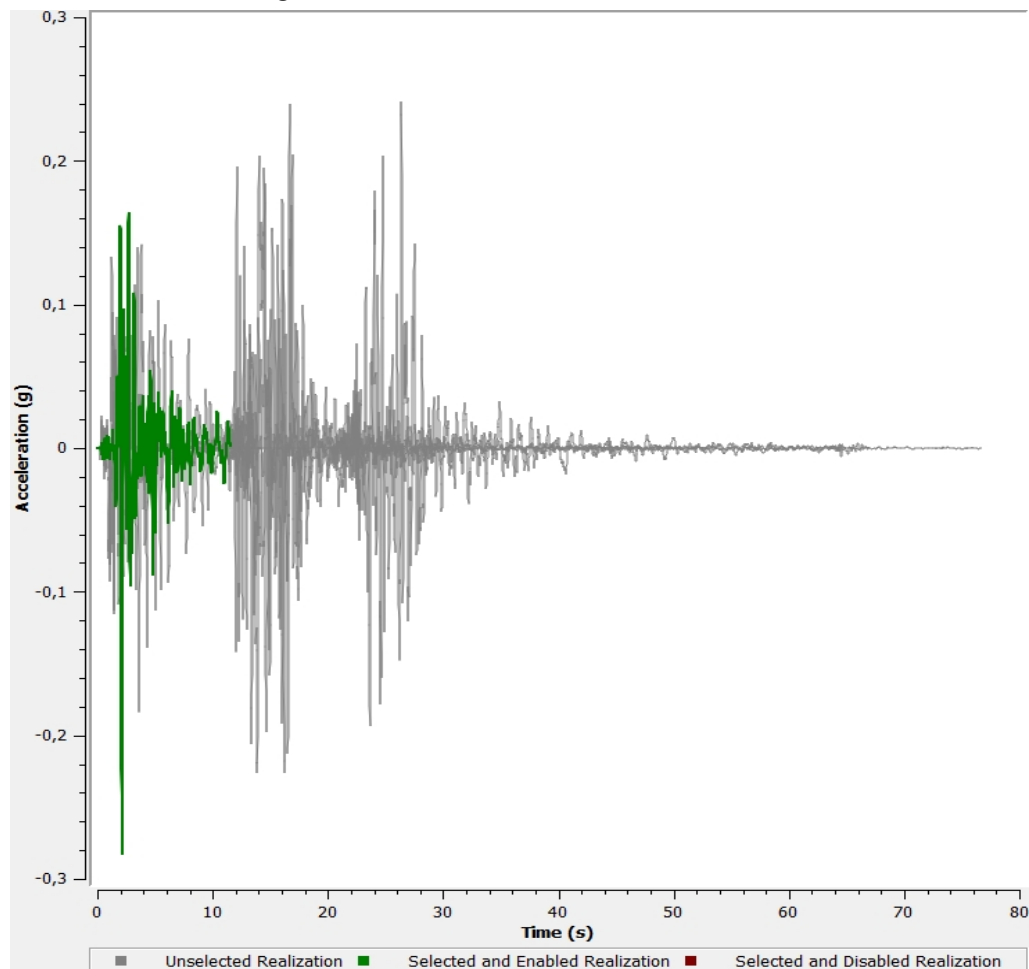


Spettro di Risposta - 007142ya

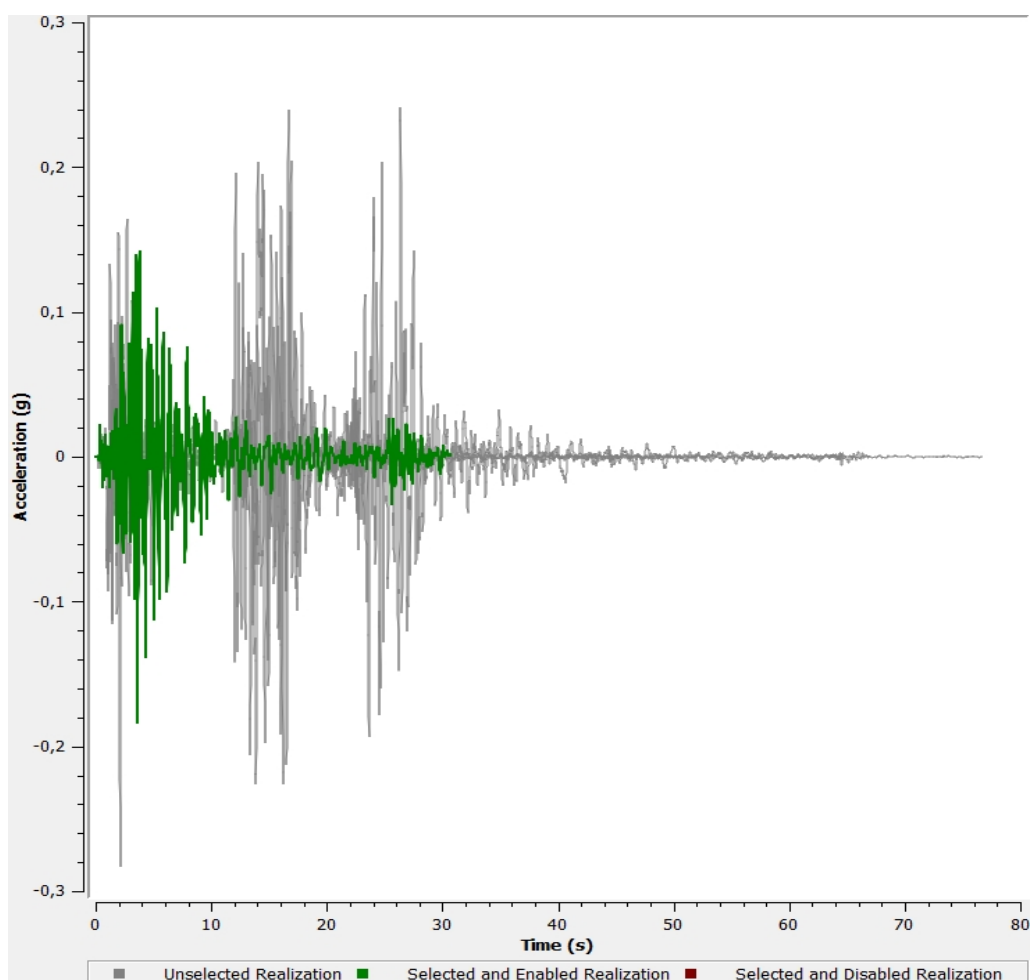


## All. 2 - Accelerogrammi di output - SLV

Accelerogramma - 000193xa



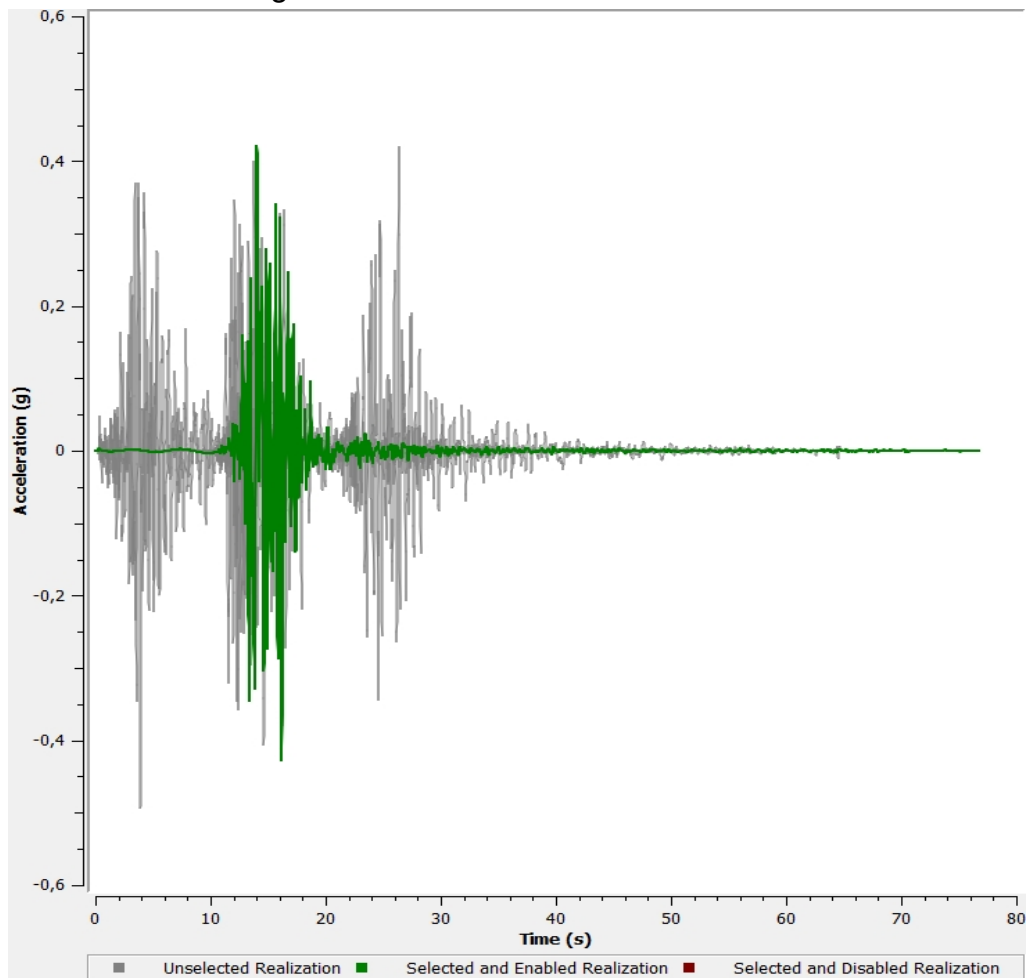
Accelerogramma - 000365xa



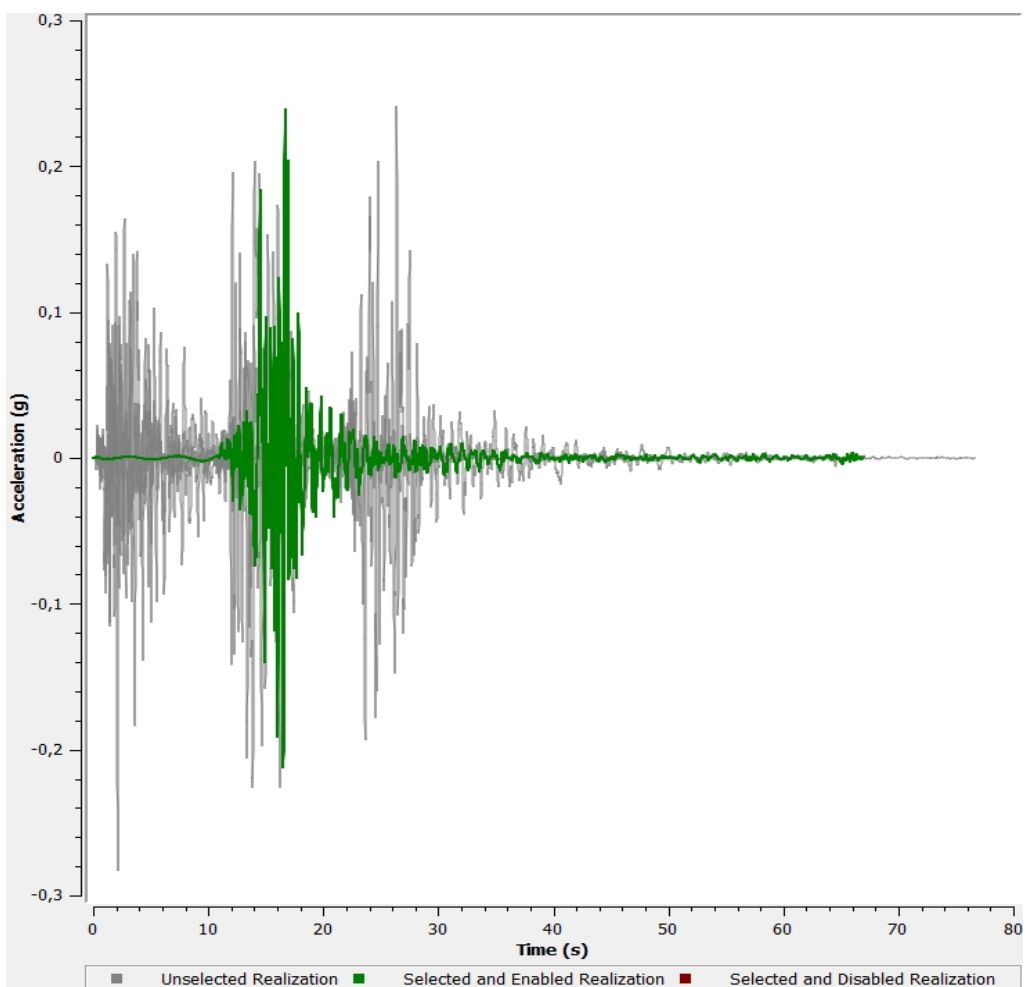


## All. 2 - Accelerogrammi di output - SLV

Accelerogramma - 004674xa

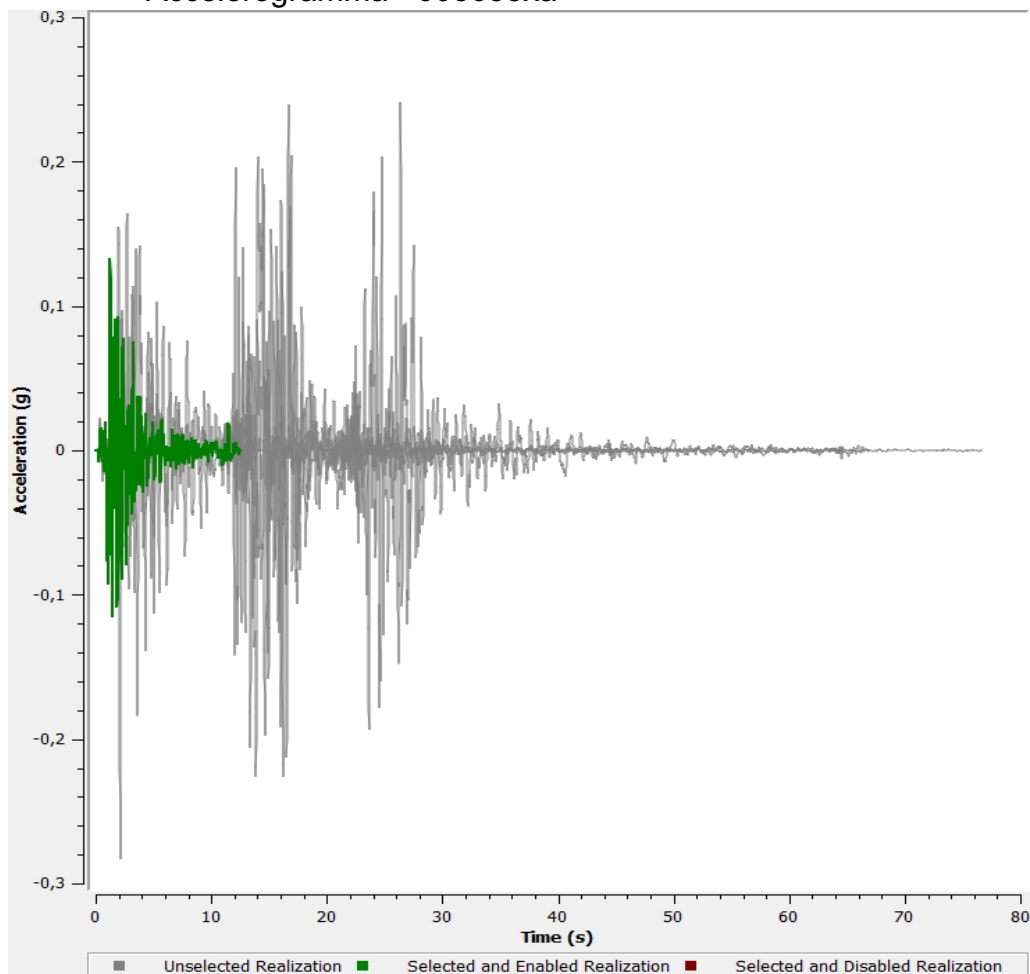


Accelerogramma - 004675xa

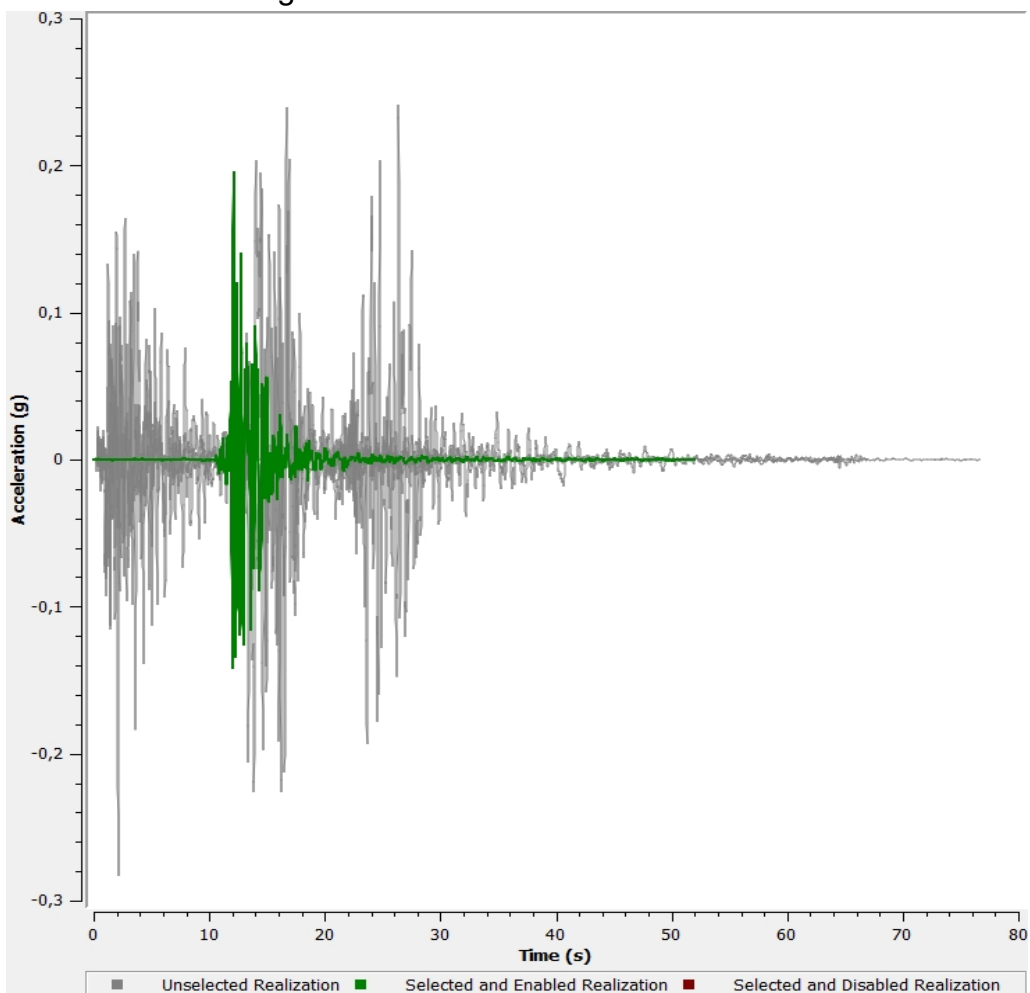


## All. 2 - Accelerogrammi di output - SLV

Accelerogramma - 005655xa

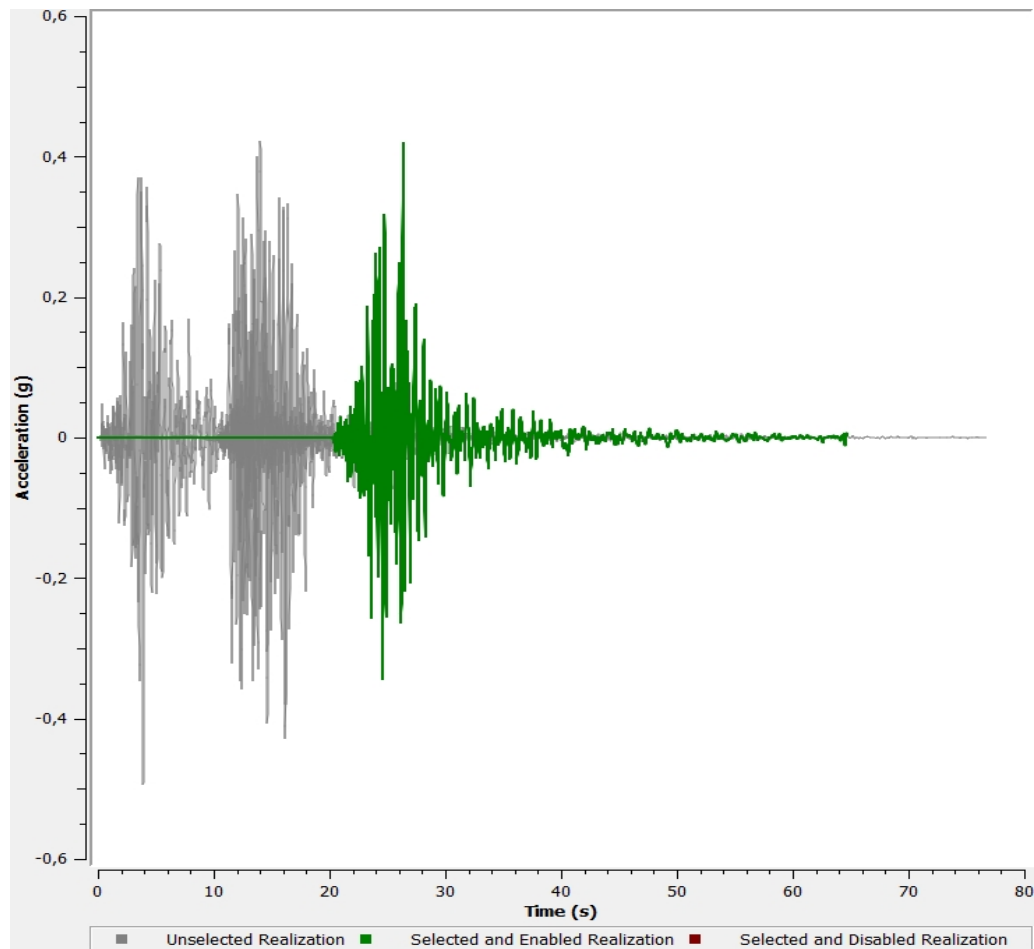


Accelerogramma - 006332xa



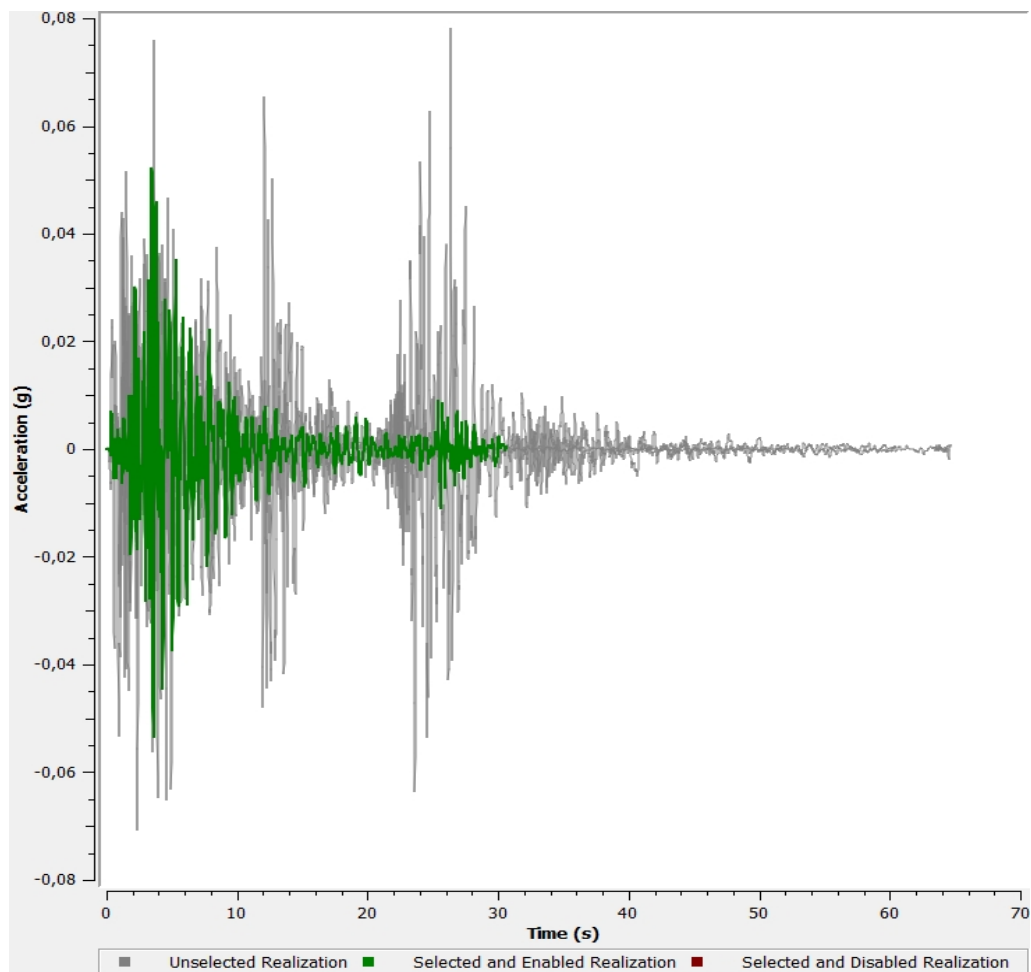
## All. 2 - Accelerogrammi di output - SLV

Accelerogramma - 007142ya

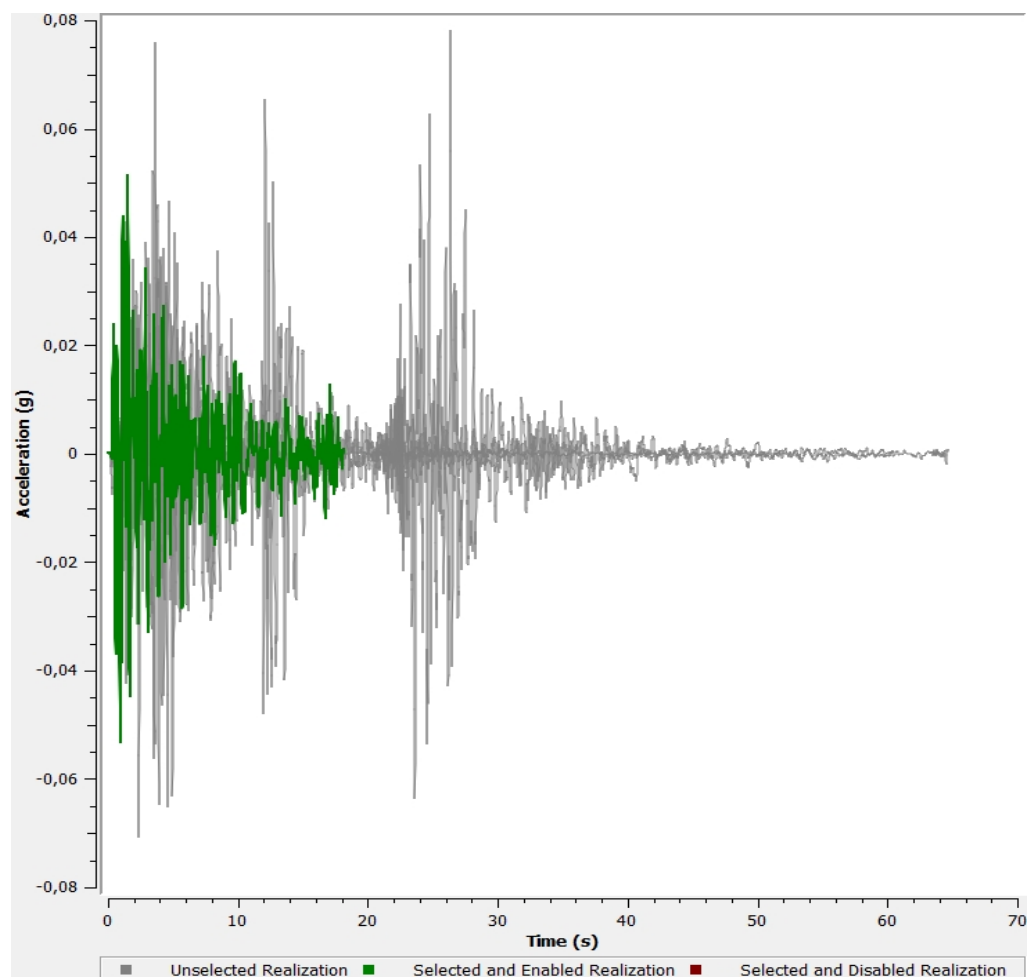


# All. 2 - Accelerogrammi di output - SLO

Accelerogramma - 000365xa



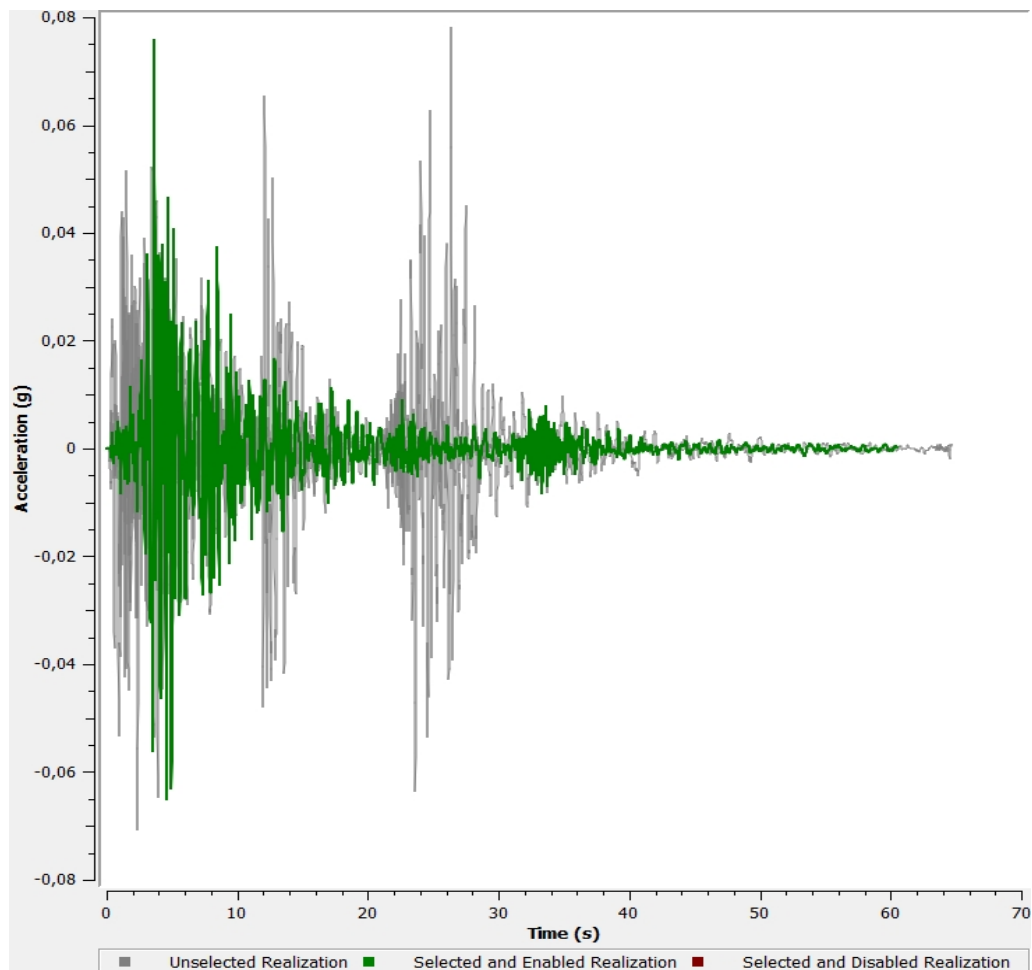
Accelerogramma - 000383xa



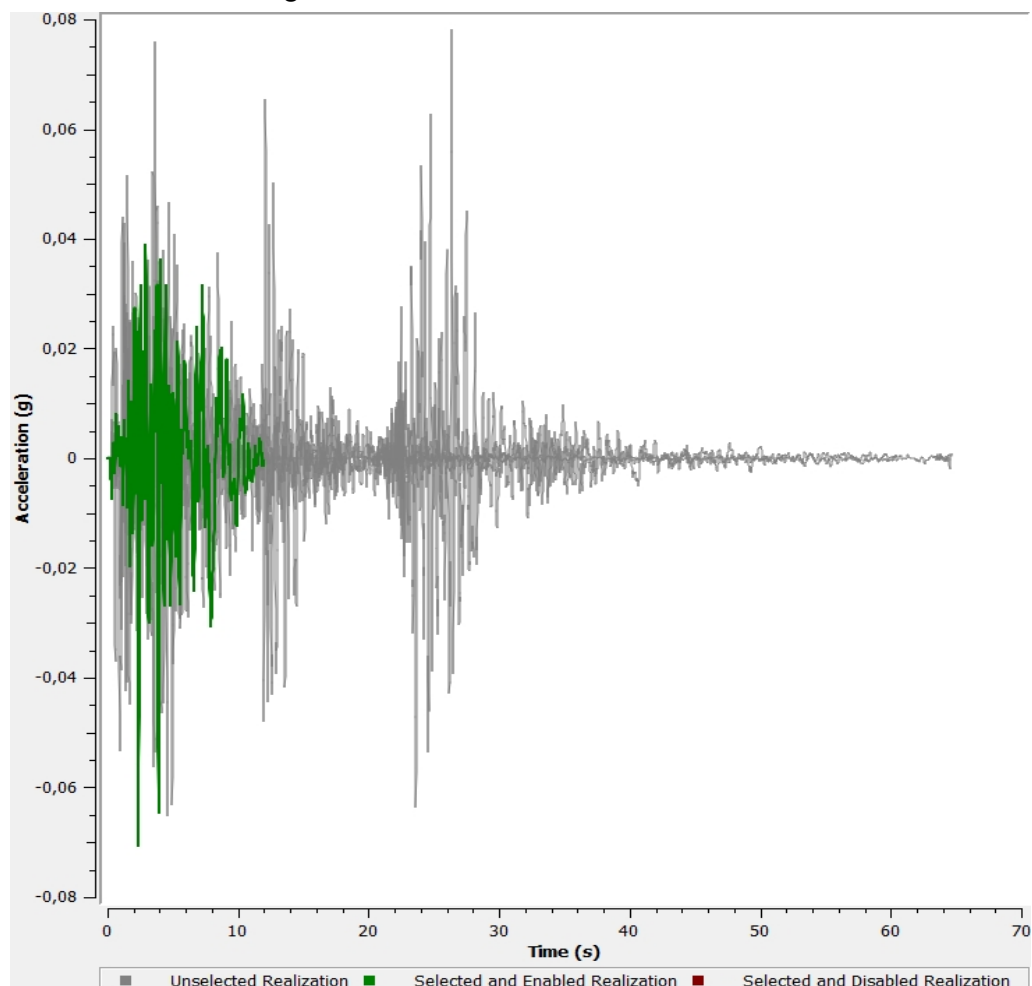


# All. 2 - Accelerogrammi di output - SLO

Accelerogramma - 000385xa

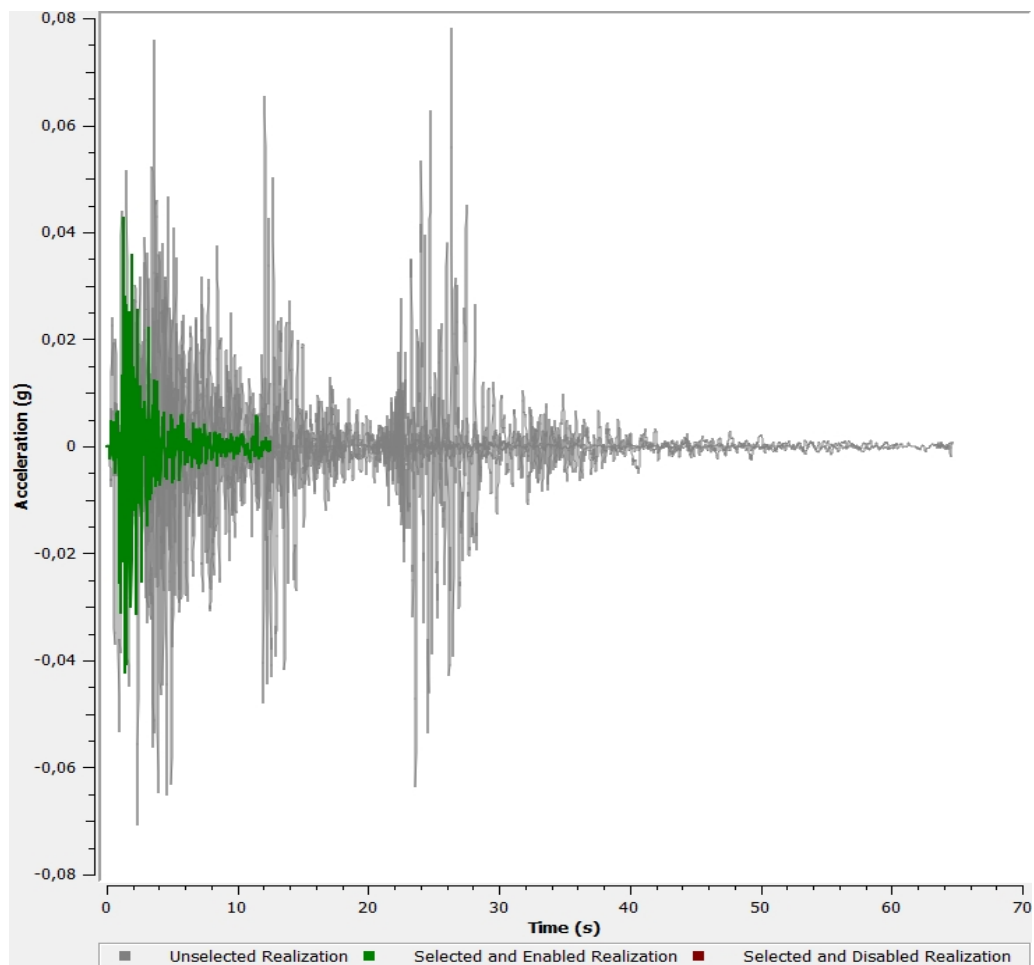


Accelerogramma - 005086xa

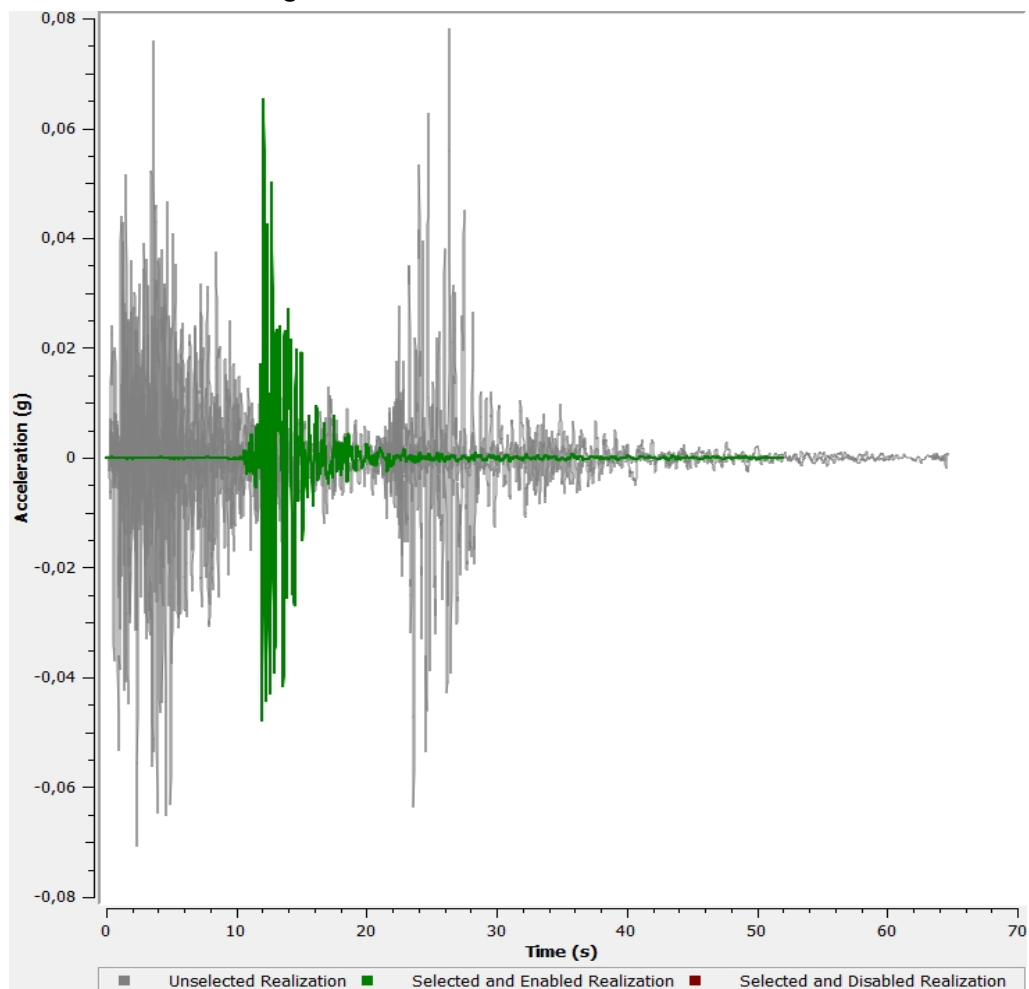


# All. 2 - Accelerogrammi di output - SLO

Accelerogramma - 005655xa

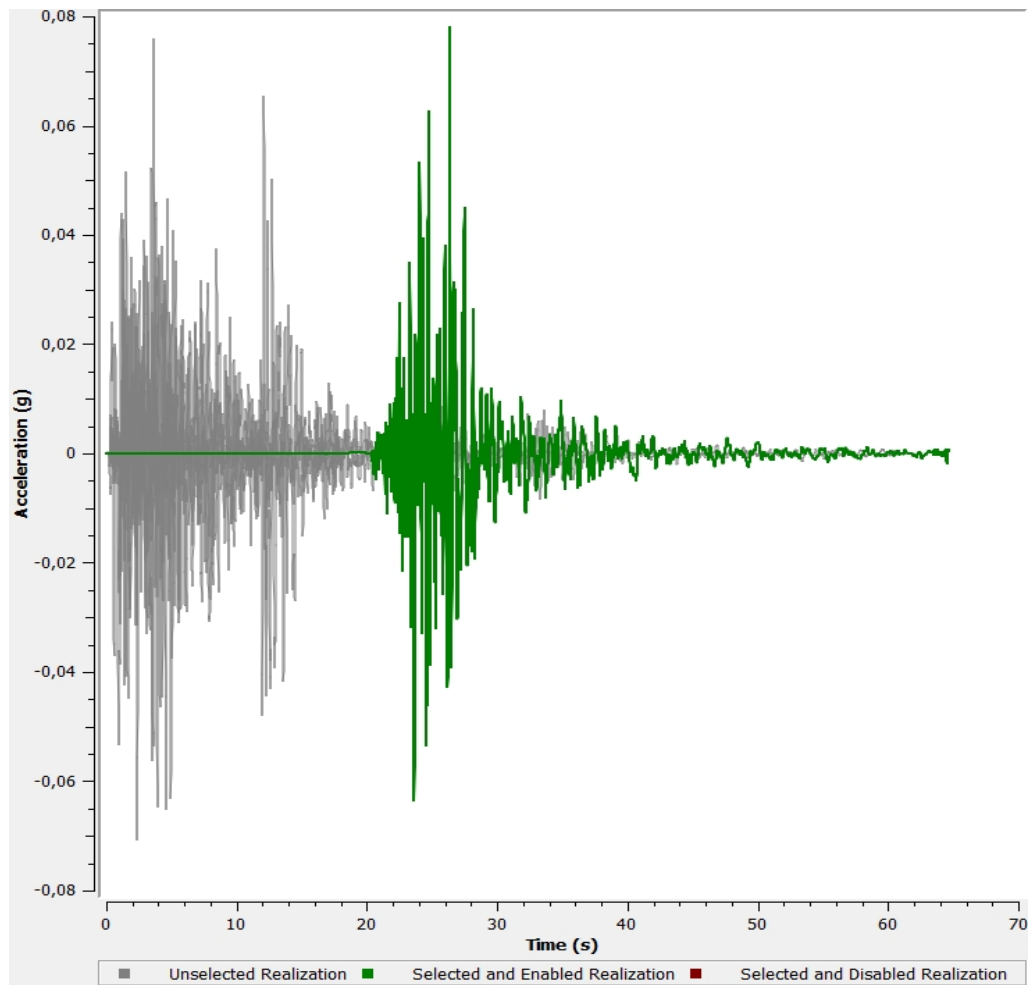


Accelerogramma - 006332xa



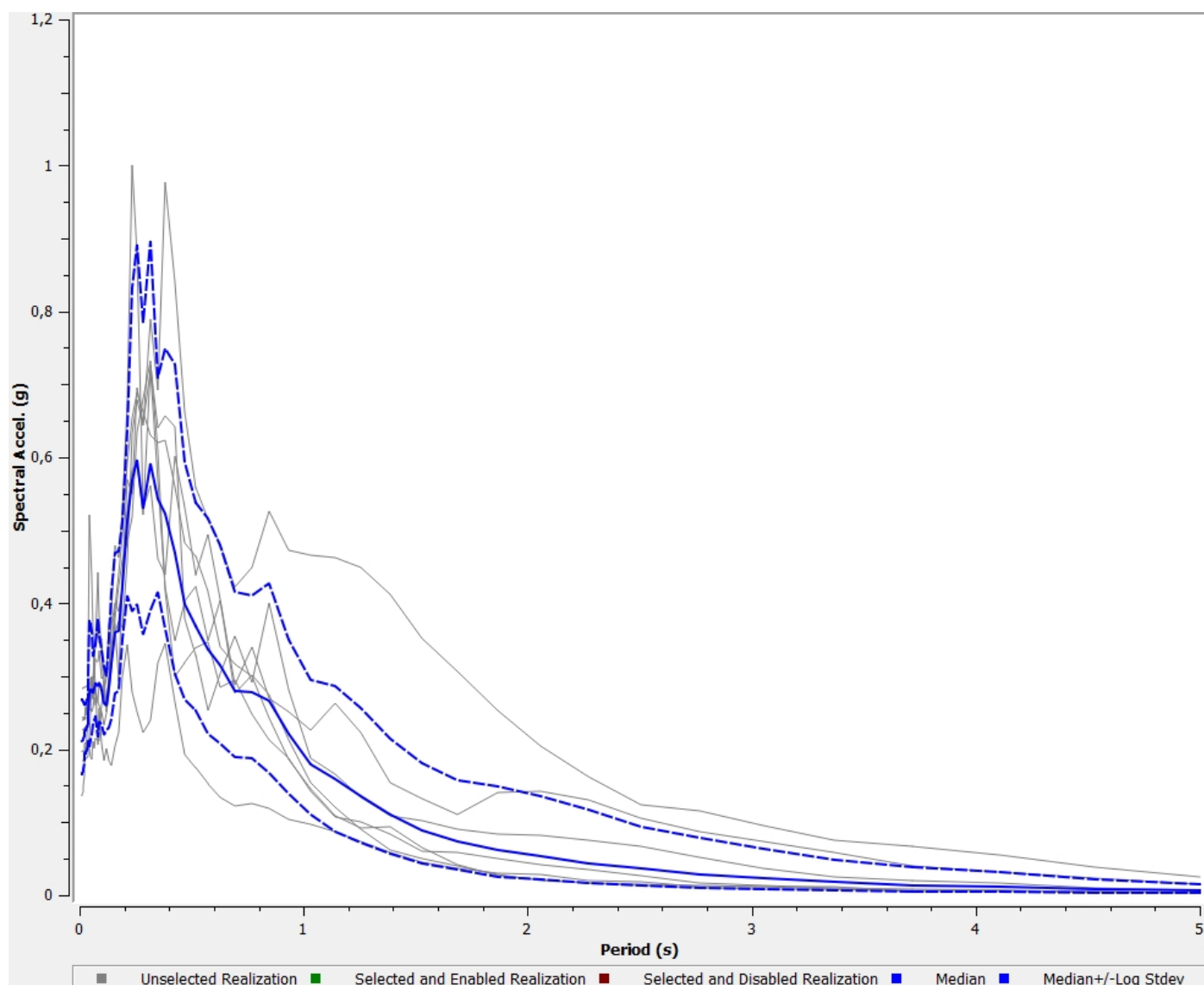
## All. 2 - Accelerogrammi di output - SLO

Accelerogramma - 007142ya



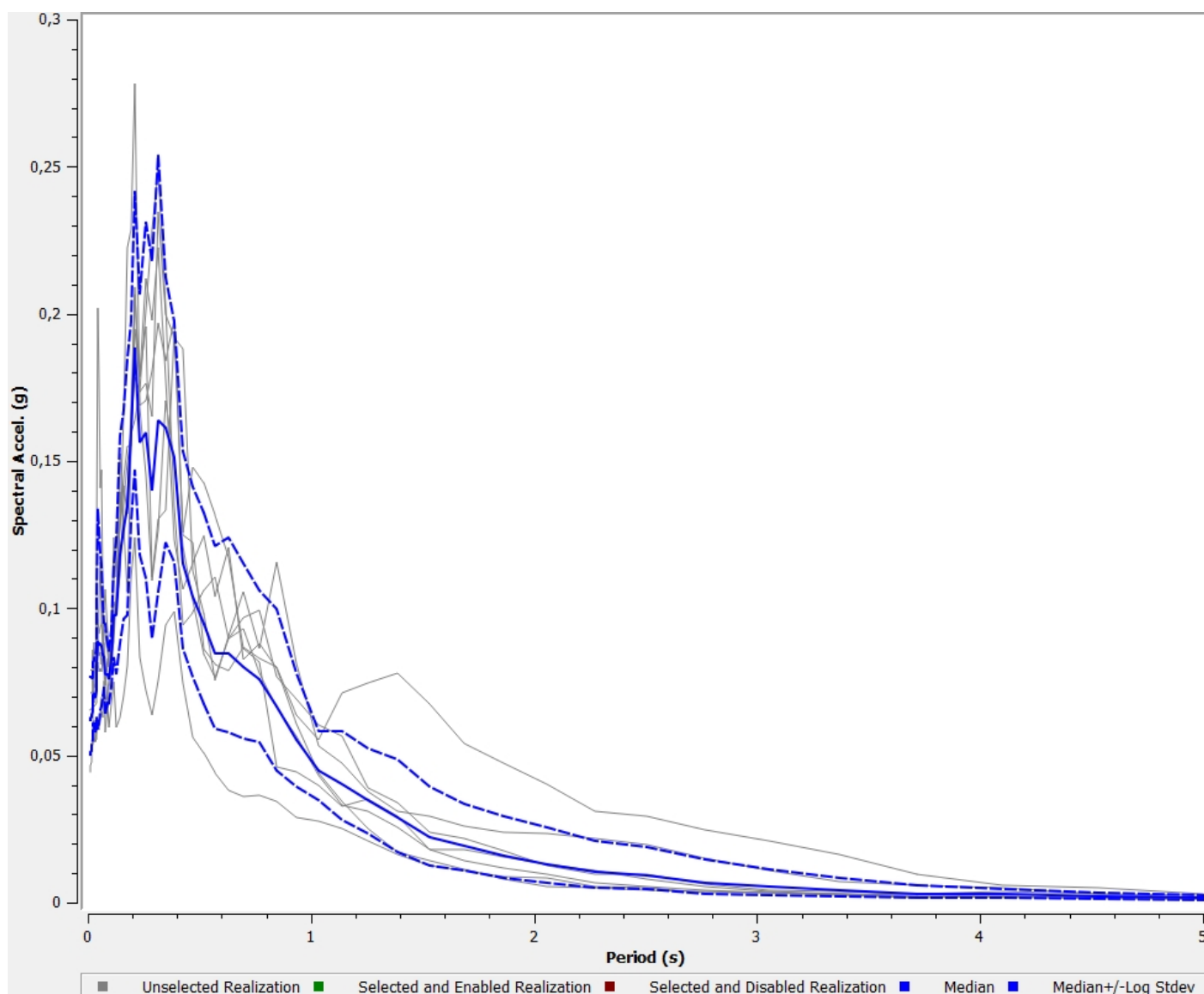
## All. 3 - Spettri di Risposta di output - SLV

Spettri di risposta a - 5.0 m da p.c.



## All. 3 - Spettri di Risposta di output - SLO

Spettri di risposta a -5.0 m da p.c.





# AZIONE SISMICA RSL (DM 2008 §3.2)

AlI. 4

## SPETTRO NORMALIZZATO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

SPETTRO : **RSL SISMA ORIZZONTALE SLV**

### Dati:

accelerazione orizzontale massima al sito	ag /g		<b>0,174*g</b>
amplificazione spettrale massima	Fo		<b>2,426</b>
periodo di inizio del tratto a velocità costante	TC*	s	<b>0,288</b>
categoria di sottosuolo	Cat. Suolo		<b>C</b>
	Cat. Topog.		<b>T1</b>
coef. di amplificazione stratigrafica	Ss		1,447
Coef. di amplificazione topografica	ST		1,000
Coeff. di amplificazione totale	S	=Ss * ST=	1,447
coef. funzione della cat. di sottosuolo	Cc		1,583
periodo ad accelerazione costante	TB	s	0,152
periodo a velocità costante	Tc	s	0,456
periodo a spostamento costante	TD	s	2,296
fattore smorzamento (se smorz. visc. x=5% -> h=1)	η		<b>1,000</b>
fattore di struttura SLU	q		<b>1,880</b>
periodo della struttura	T	s	

### Normalizzazione spettro Risposta Sismica Locale

#### Parametri indipendenti:

accelerazione orizzontale massima al sito	ag /g	<b>0,174*g</b>
amplificazione spettrale massima	Fo	<b>2,426</b>
smorzamento	η	<b>1,000</b>
Amplificazione sismica max locale (da grafico)	Se(T) max	<b>0,597*g</b>

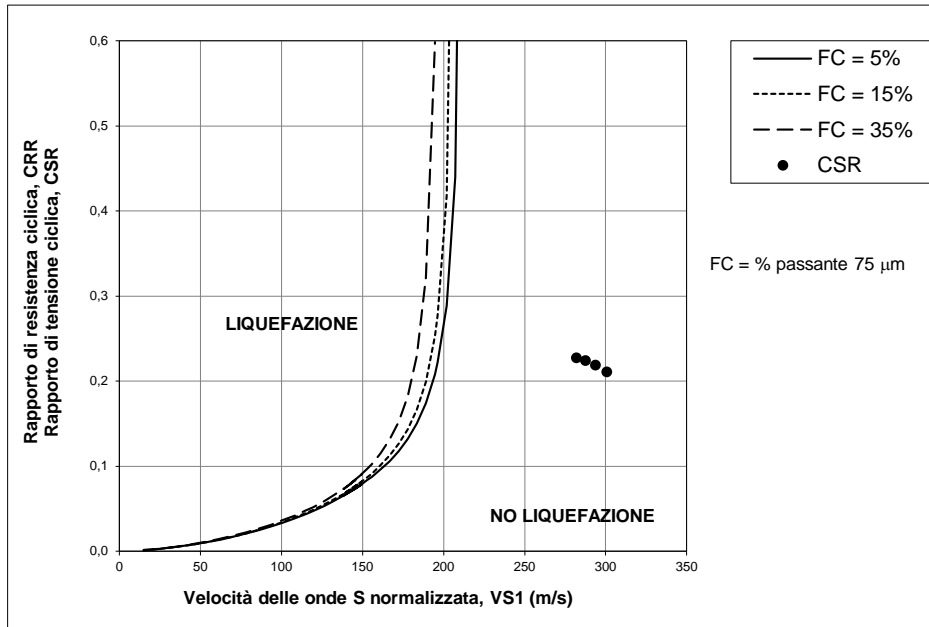
#### Parametri dipendenti:

Coeff. di amplificazione locale (DM08 eq. 3.2.9) $\xi = Se(max)/ag*h*Fo$	S <sub>RSL</sub>	<b>1,414</b>
Periodo caratteristico (leggere da grafico)	T <sub>B</sub> =	s <b>0,255</b>
Periodo caratteristico (leggere da grafico)	T <sub>C</sub> =	s <b>0,394</b>
Periodo caratteristico (DM2008 formula 3.2.9)	T <sub>D</sub> =	<b>2,296</b>

## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

## AII. 5

profondità (m)	Vs	Vs1	CSR	$F_s = CRR_{7.5}/CSR_{7.5}$
5,0	287	301	0,211	0,73
6,0	287	294	0,219	0,66
7,0	287	288	0,224	0,59
8,0	287	282	0,227	0,54
13,0	285	259	0,229	0,34
14,0	285	255	0,228	0,30
17,0	285	246	0,218	0,20
18,0	285	244	0,211	0,16
19,0	285	241	0,204	0,12



La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore  $V_{s1}$ , ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace  $p_a = 100$  kPa attraverso la:

$$V_{s1} = C_v \cdot V_s = V_s \cdot (p_a / \sigma'_v)^{0.25}$$

$$\text{RAPP. TENSIONALE CICLICO } CSR = \tau_{media} / \sigma' = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot r_d$$

$a_{max}$  = accelerazione di picco al piano campagna

$g$  = accelerazione di gravità

$\sigma_v / \sigma'_v$  = tensione totale ed efficace nel sottosuolo

$r_d$  = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità d'interesse che tiene conto della deformabilità del sottosuolo

$$\text{COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE } F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$$

$$CSR \text{ riferito ad terremoto di magnitudo } 7.5 \quad (CSR)_{M=7.5} = (CSR)_M / MSF$$

fattore di scala per la magnitudo  $MSF = 6.9 \cdot \exp(-M/4) - 0.058$

$$\text{RAPP. DI RESISTENZA CICLICA (riferito a } M = 7.5) \quad CRR_{7.5} = 0.022 \cdot (V_{s1} / 100)^2 + 2.8 \cdot (1 / (V_{s1}^* - V_{s1}) - 1 / V_{s1}^*)$$

**COMUNE DI VICENZA**

*Settore Lavori Pubblici Pubblici e Manutenzioni  
Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio*

Corso Palladio, 98  
36100 VICENZA

**RAPPORTI DI PROVA  
relativi a**

**INDAGIONE GEOFISICA**

*cantiere :*

**VICENZA - RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ALA  
OTTOCENTESCA DI PALAZZO CHIERICATI SEDE DELLA  
PINACOTECA CIVICA**

Responsabile Commessa



*Dr. Geol. Tatiana Bartolomei*

**GEOTECHNA srl**

36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P IVA 00673940243  
Tel 0444 389495 Fax 0444 263413

Torri di Quartesolo (VI), gennaio 2017

archivio n. :

**R 002 /17**



Management  
System  
ISO 9001:2008

www.tuv.com  
ID 910630772



QUESTO DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE DUPLICATO PARZIALMENTE SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI GEOTECHNA S.R.L.

## Premessa

È stata eseguita un'indagine sismica mediante il metodo MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) attivo e passivo e un'indagine HVSR, presso il Palazzo Chiericati (ala ottocentesca) a Vicenza, in vista di alcuni lavori di ristrutturazione che dovranno essere eseguiti, ai sensi del DM 14/01/2008. Alla presente ha collaborato attivamente il dott. Geol. Enrico Farinatti di INDAGO snc.



Figura 1 – Planimetria dell'edificio con ubicazione delle indagini. In rosso sono riportate le Masw eseguite nell'anno 2013, in azzurro quelle del 2016

## Metodo Masw

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza). Solitamente si tratta di onde di Rayleigh in caso di acquisizioni terrestri. In particolare, poiché le onde di Rayleigh si propagano lungo la superficie topografica in uno strato di

profondità circa pari alla lunghezza d'onda, in mezzi stratificati verticalmente eterogenei, le diverse lunghezze d'onda, relative alla propagazione di armoniche a diversa frequenza, si propagano con velocità di fase che dipende dalle proprietà dei materiali interessati dalla propagazione. Ciò fa sì che la velocità di fase sia funzione della frequenza dell'onda stessa. Tale dipendenza prende il nome di dispersione geometrica e viene rappresentata tramite la curva di dispersione (velocità di fase vs. frequenza). La propagazione delle onde di superficie è un fenomeno multimodale, una stessa frequenza può propagarsi contemporaneamente a diverse velocità, e ogni velocità viene chiamata modo.

Dalla curva di dispersione sperimentale è possibile caratterizzare il sottosuolo in termini di variazione della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{SV}$ ), e quindi del modulo di rigidità al taglio dinamico ( $G_0$ ), in funzione della profondità.

L'utilizzo delle prove per onde superficiali ha molti campi di applicazione, dalla stima della  $V_{S30}$  richiesta dalle NTC 08, alla valutazione dei parametri utili a studi approfonditi di pericolosità sismica; dalla caratterizzazione di discariche, alla valutazione della profondità e dello stato di alterazione di substrati superficiali in presenza di falde acquifere, nonché la caratterizzazione di versanti e depositi.

Generalmente il metodo assume come modello del terreno un mezzo elastico-lineare a strati omogenei. Nella maggior parte delle applicazioni, la tecnica è quindi utilizzata per stimare un profilo verticale 1D di VS, ma vi sono molte applicazioni in siti con moderate variabilità laterali in cui il metodo consente di stimare distribuzioni di VS pseudo-2D/3D.

Il metodo per onde superficiali maggiormente utilizzato prende comunemente il nome di MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo  $V_s/\text{profondità}$ . Il metodo passivo sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.



## Modalità esecutive

Si è optato per l'analisi delle onde di superficie dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva. Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 48 canali mod. Terraloc Pro (ABEM, Sweden) a 24 bits.

Sono stati realizzati 2 profili, entrambi con array lineare. Per tali stendimenti è stato utilizzato un offset intergeofonico di 2m e 5m come distanza di battuta. La tabella seguente riassume nel dettaglio i dati di ogni linea:

LINEA	LUNGHEZZA	OFFSET INTERGEOFONICO	DISTANZA BATTUTA	DI ARRAY	UBICAZIONE
Linea1	46 m	2 m	5 m	Lineare	Cortile interno
Linea2	46 m	2 m	5 m	Lineare	Corso Palladio

Per le due linee realizzate sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna, per il metodo passivo e una registrazione da 2 secondi, per il metodo attivo. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

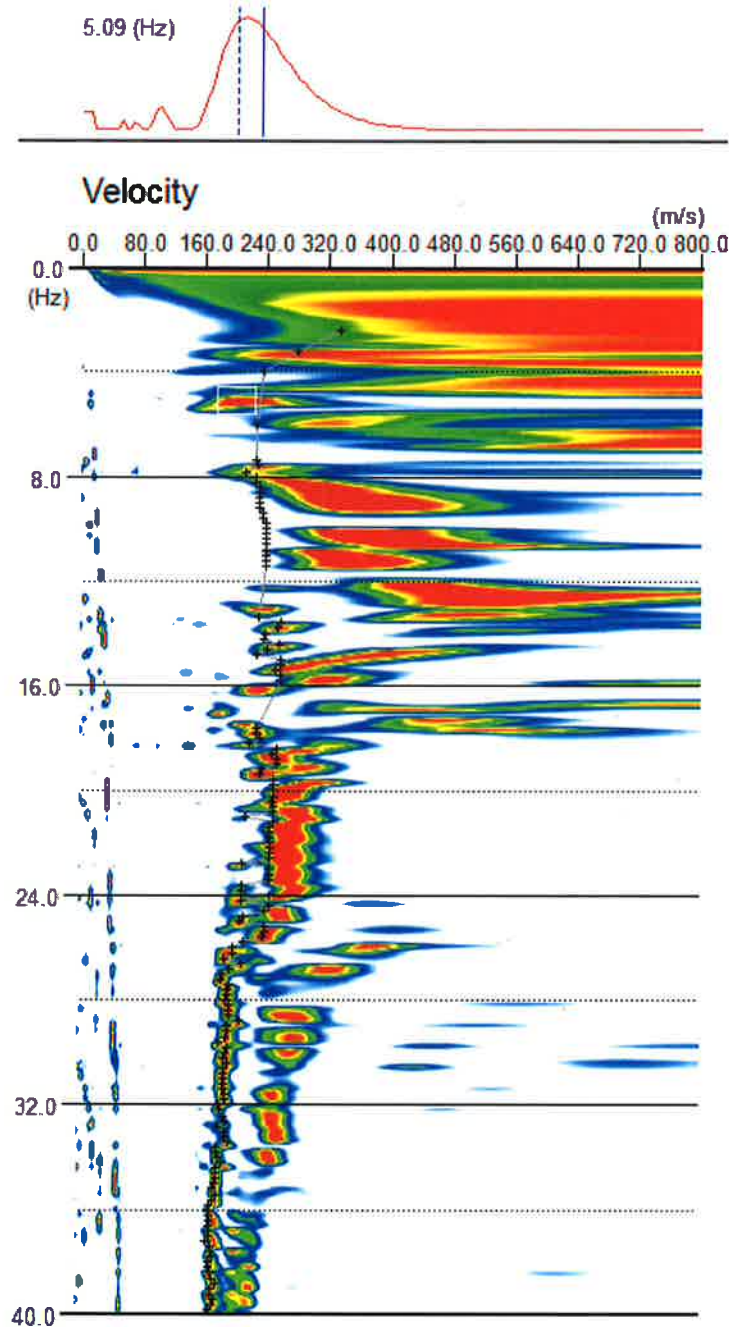
I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità attendibile.

Qualora necessario, in fase di elaborazione, è possibile effettuare il picking della curva Velocità/frequenza per il solo modo fondamentale di vibrazione, oppure per diversi modi di vibrazione (fino al decimo). Nella fattispecie si è ricorsi al picking del primo modo di vibrazione.

## Masw 1

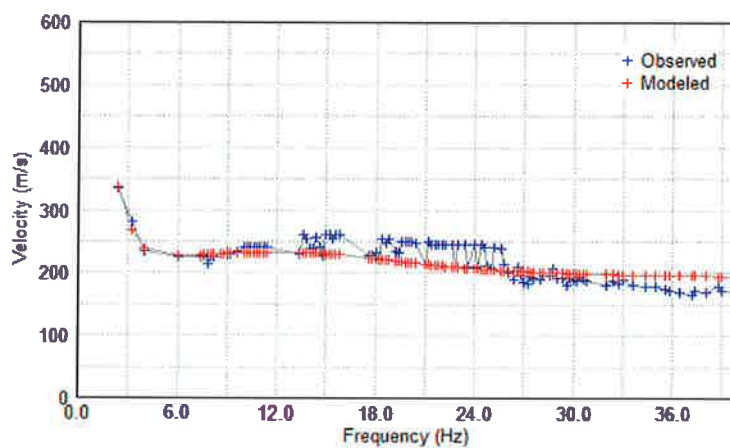
L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 70 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è del 8.9%.



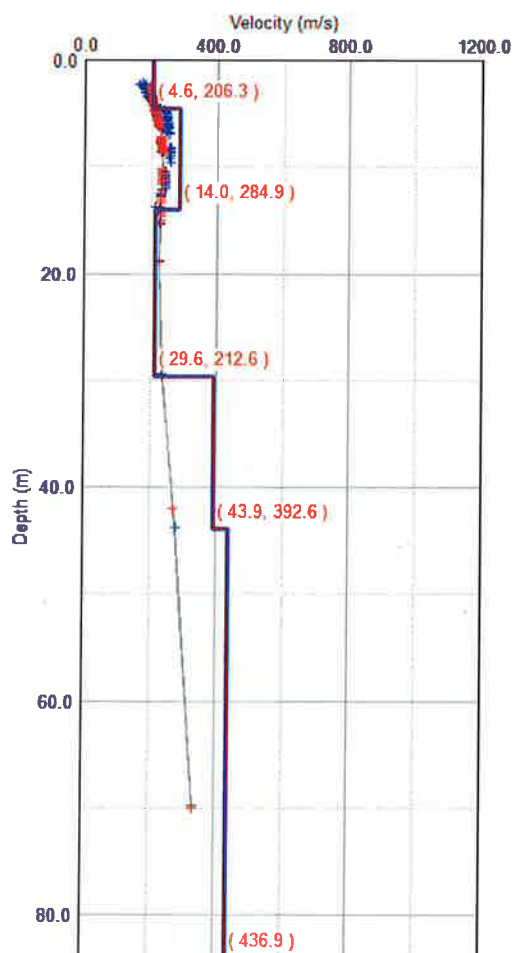
CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA METODI ATTIVO E PASSIVO

### Dispersion Curves



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

### Models



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

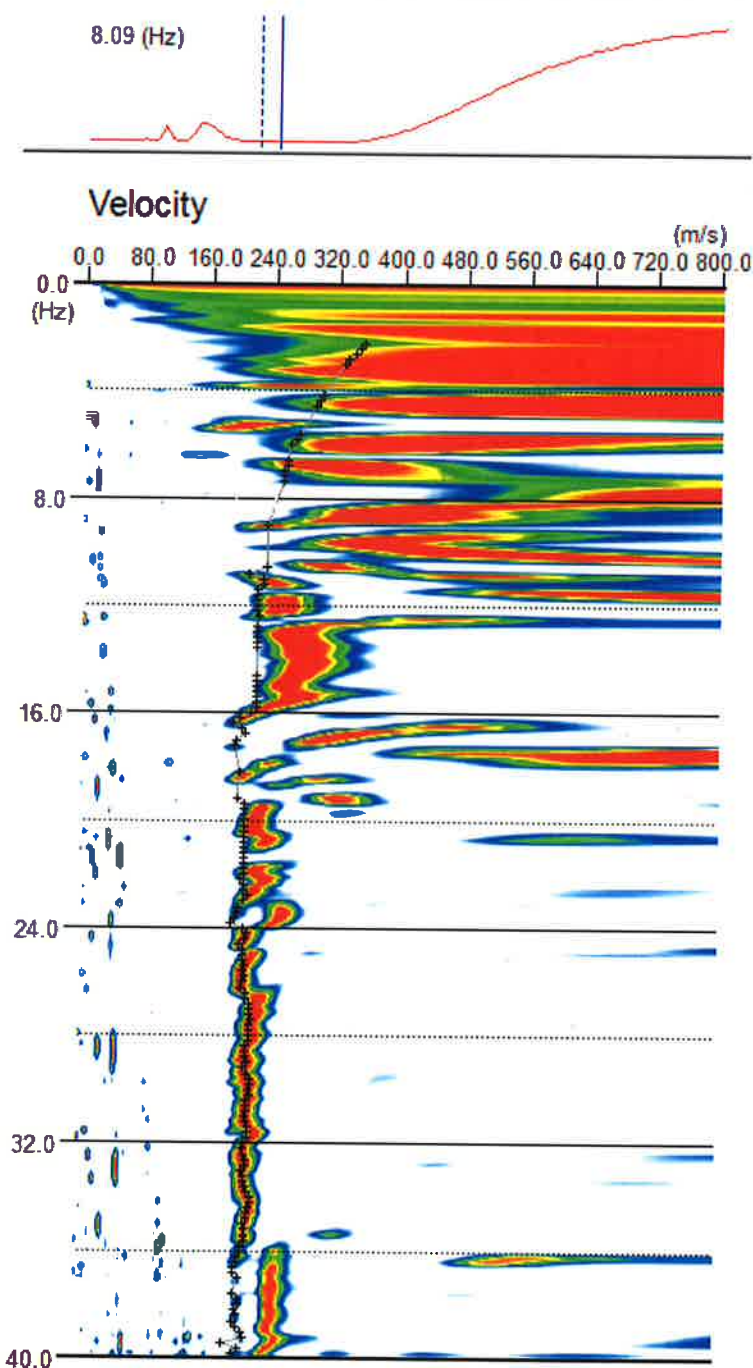
$$V_{s30} = 232 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.45** secondo le NTC), ottenuto con approccio semplificato. Si rimanda alla relazione relativa allo Studio di Risposta Sismica Locale per la definizione della risposta reale, secondo i metodi non semplificati, del sito.

## Masw 2

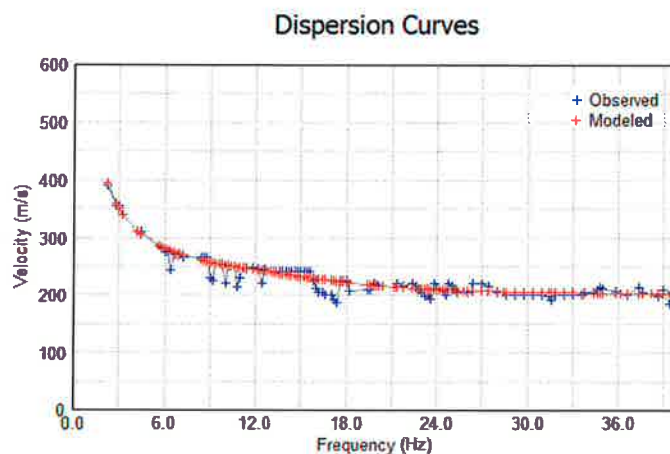
L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a oltre 80 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è del 4.1%.

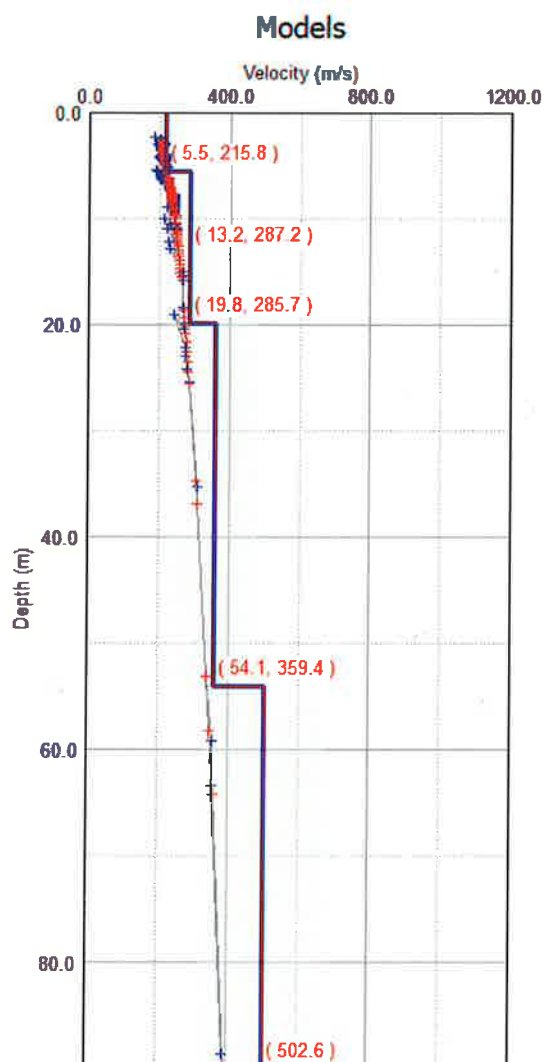


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA METODI ATTIVO E PASSIVO





CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 289 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo **C** (**S = 1.45** secondo le NTC), ottenuto con approccio semplificato. Si rimanda alla relazione relativa allo Studio di Risposta Sismica Locale per la definizione della risposta reale, secondo i metodi non semplificati, del sito.

### **Modalità esecutive (metodo HVSR)**

Come detto in premessa, nel sito in esame è stata condotta anche un'indagine geofisica a tecnica passiva (HVSR); è stata infatti eseguita una registrazione al fine di evidenziare le caratteristiche di risposta sismica in termini di frequenza caratteristica del sito in base ai valori d'impedenza sismica rilevata.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo rivelano principalmente la **frequenza caratteristica di risonanza del sito**. Essa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nel realizzare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, al fine di evitare effetti di "doppia risonanza", estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo esprimere questo concetto come:

**segnale registrazione al sito x = sorgente \* effetti di percorso \* funzione trasferimento strumento**

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un monitor di vibrazioni mod. Vibratloc della ABEM Instrument AB, con una terna di geofoni a bassa frequenza (uno verticale e due orizzontali).

L'accorgimento adottato è stato quello di verificare che lo strumento fosse posizionato in bolla e che la sua componente longitudinale fosse rivolta verso Nord. In allegato sono riportate le immagini colte durante le acquisizioni.

Il tempo di acquisizione è stato di 20 minuti e le finestre temporali prese in considerazione per l'acquisizione sono di 20 s ciascuna.

La relazione che si applica per il calcolo della profondità delle superfici con i maggiori contrasti di impedenza è la seguente:

$$T_s = 2\pi / \omega = 4H / V_s \quad (1)$$

dove:

- $T_s$  = periodo della vibrazione (s)
- $\omega$  = frequenza misurata (rad)
- $H$  = profondità del sismostrato (m)
- $V_s$  = velocità delle onde di taglio (m/s)

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si è potuto ricavare il valore di frequenza caratteristica di ogni sito.

### Condizioni di congruità

La prima condizione, prima di procedere all'estrazione di qualsiasi informazione e interpretazione, riguarda la verifica di "congruità" della curva H/V; in pratica bisogna verificare l'attendibilità della curva ottenuta secondo i seguenti criteri:

- 1)  $f_0$  (freq. di picco)  $> 10 / l_w$  (lunghezza finestra temporale); questa condizione è proposta in maniera tale che, alla frequenza di interesse, in ogni finestra ci siano almeno 10 cicli significativi (tab. 1). Se i dati lo permettono è possibile verificare se la condizione  $f_0$  (freq. di picco)  $> 20 / l_w$ , il che renderebbe il picco eventuale ancora più significativo, ma questo non è d'obbligo.
- 2) C'è bisogno di un grande numero di cicli e di finestre: quando si usa la selezione automatica delle finestre temporali con i parametri di default, il n. totale di cicli significativi:  $nc = l_w \cdot n_w \cdot f_0$  deve essere  $> 200$  (che significa che ad esempio per un picco di 1 Hz, ci siano almeno 20 finestre da 10 secondi ciascuna, o per un picco da 0.5 Hz ci siano 10 finestre da 40 s);
- 3) E' necessario che ci sia un valore di scattering basso tra tutte le finestre: deviazioni standard elevate spesso sono dovute a rumore ambientale non stazionario che può perturbare il segnale e tradursi in un risultato non significativo relativamente alla determinazione del picco di frequenza H/V. Comunque si raccomanda che  $\sigma_A(f)$  sia minore di un fattore 2 (per  $f_0 > 0.5$  Hz), o un fattore 3 (per  $f_0 < 0.5$  Hz), in un range di frequenze di almeno  $[0.5f_0, 2f_0]$ .

**Tabella 1.** Durata delle registrazioni raccomandata.

$f_0$ [Hz]	Minimum value for $l_w$ [s]	Minimum number of significant cycles ( $n_c$ )	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

Nel nostro caso specifico è sempre stata utilizzata una durata di 20' (1200 s) e un valore delle finestre temporali di 20 s.

Analizzando l'andamento dei rapporti spettrali e sapendo che l'ampiezza del picco è direttamente proporzionale al contrasto d'impedenza tra i sismostrati, è possibile attribuire al picco localizzato a 1.4 Hz il principale contrasto sismico presente nel sottosuolo, nonostante, in realtà, tra 0.6 e 1 Hz si trovino i valori dei rapporti spettrali maggiori pur non essendo distinguibile un picco ben delineato; Probabilmente il contrasto corrispondente al bedrock sismico è all'interno di questa zona. Da sottolineare anche la presenza di un altro picco molto accentuato a 20 Hz, corrispondente con il passaggio tra materiale di riporto e terreno naturale. Prendendo la frequenza di 1.4 Hz e considerando una  $V_s$  media di 220 m/s si ricava il relativo periodo  $T_s$  e la profondità  $H$ , dalla (1):

$$H = 40 \text{ m}$$

Tale risultato corrisponde alla fascia di aumento delle velocità che nella Masw1 è appunto compresa tra i 30 e i 45 m.

Di seguito si riporta la curva  $H/V$  ottenuta.

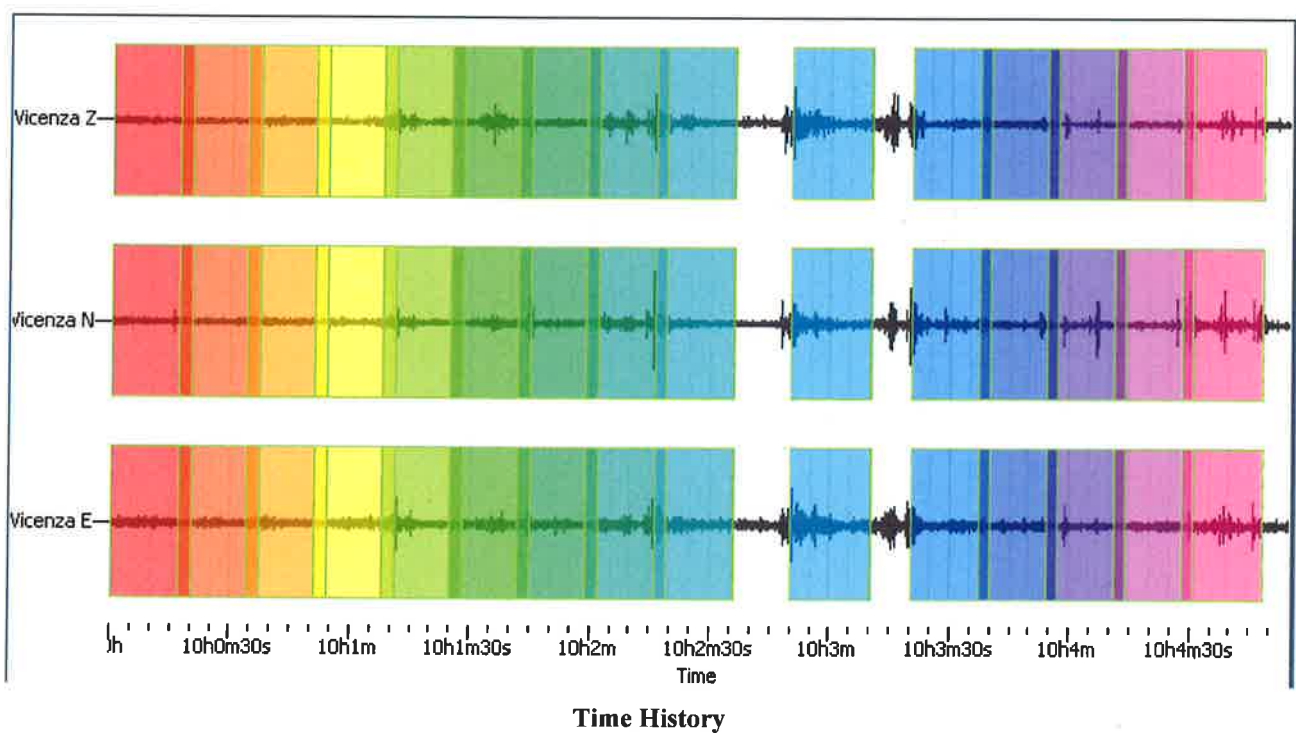
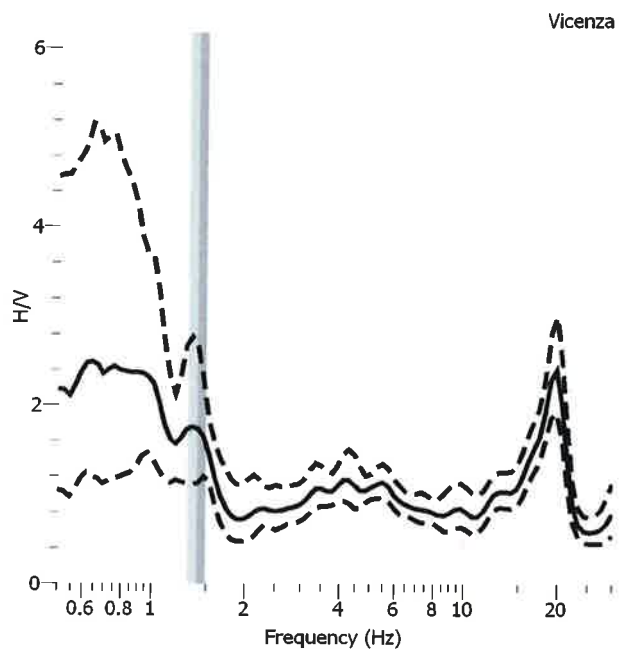
### Misura

$$L_w = 20 \text{ s}$$

$$\text{Record duration} = 20'$$

$$f_0 = 1.4 \text{ Hz}$$





Torri di Quartesolo, gennaio 2017

**GEOTECHNA srl**  
36040 Torri di Quartesolo (VI)  
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243  
Tel. 0444 389495 Fax 0444 263413

Dott. Geol. Enrico Farinatti

*Enrico Farinatti*

**GEOTECHNA srl**

*[Signature]*

# **ALLEGATI**