

Regione autonoma Friuli Venezia Giulia

Provincia di Udine

Comune di Rive d'Arcano

oggetto: **VERIFICA DELLA
VULNERABILITÀ SISMICA
DELL'EDIFICIO "SCUOLA
DELL'INFANZIA DEL
CAPOLUOGO"**

elaborato: **INDAGINE E RELAZIONE GEOLOGICA**

Committente: **Amministrazione comunale di Rive d'Arcano**

R.U.P.: geom. **Nicola BURELLI**

Verifica strutturale: dott. ing. **Corrado PICCIRILLO**

Revisione:	Data:	Descrizione:
0	19/02/2018	emissione
-	-	-

Consulenza geologica: dott. geol. **Fabio BOSSO** dott. geol. **Sandro ROTA**



BOSSO & ROTA
Consulenze geologiche

Strada per i Laghetti, 9
Z.I. Ospio
34015 Muggia (TS)

Tel.: 0409235230 Fax: 040232623
E-mail: info@georicerchets.it
Sito web: www.georicerchets.it

Archivio n.°: 2167/936S

File:
TestiPerizie / ComuneRivedArcanoScuolaInfanziaUD.doc
TavolePerizie / ComuneRivedArcanoScuolaInfanziaUD.dwg

INDICE

1.	GENERALITÀ.....	3
2.	INDAGINI ESEGUITE.....	4
2.1	Dati bibliografici.....	4
2.2	Scavo geognostico e d'ispezione fondazionale	4
2.3	Indagine sismica passiva a stazione singola	5
3.	SITUAZIONE GEOLOGICA	6
3.1	Aspetti geomorfologici.....	6
figura 1	Estratto ortofoto "ORT_066054_SE_2009_11_1m_PCR" (fuori scala).....	6
3.2	Aspetti geologici	7
figura 2	Estratto dalla Carta geologica d'Italia – Tavoleta "0664 – San Daniele del Friuli" (fuori scala).....	7
figura 3	Cumulo terreno di scavo geognostico.....	8
3.3	Aspetti idrologici - idrogeologici.....	8
4.	SISMICITÀ	9
4.1	Definizione della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito	9
tabella A	Categorie di sottosuolo (Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008).....	9
tabella B	Categorie topografiche (Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008)	9
4.2	Determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici del sito	10
tabella C	Determinazione dei parametri sismici del sito.....	10
tabella D	Valori del coefficiente d'uso C_u	10
tabella E	Tabella di calcolo dei coefficienti S_s e C_c	10
tabella F	Calcolo dei coefficienti sismici.....	10
4.3	Vulnerabilità sismica	11
figura 4	Frequenze di risonanza del sottosuolo vs. Altezza edifici	11
figura 5	H/V vs. Frequenze (Hz 1 – 15).....	11
5.	SITUAZIONE GEOTECNICA E FONDAZIONALE	12
5.1	Parametrizzazione geotecnica	12
tabella G	Deposito fluvio glaciale ghiaioso molto addensato	12
5.2	Fondazioni esistenti	12
6.	CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE.....	13
7.	ALLEGATI ALLA RELAZIONE.....	14

Riproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi senza autorizzazione di "BOSSO & ROTA" - Strada per i Laghetti, 9 – Z.I. Ospio 34015 Muggia (TS)

Regione:	Friuli Venezia Giulia
Provincia:	Udine
Comune:	Rive d'Arcano
Oggetto:	Verifica della vulnerabilità sismica dell'edificio "Scuola dell'infanzia del capoluogo"
Elaborato:	Indagine e relazione geologica
Committente:	Amministrazione comunale di Rive d'Arcano
Data prima stesura:	19 febbraio 2018

1.

GENERALITÀ

Su incarico e per conto dell'Amministrazione comunale di Rive d'Arcano (Determinazione n.° 262 dd. 29.12.2017), si è proceduto ad effettuare un'indagine geologica al fine di accertare le caratteristiche dell'area all'interno della quale insiste l'edificio sede della "Scuola dell'infanzia del capoluogo".

La presente relazione (completa di elaborati grafici) indica i dati bibliografici acquisiti e le indagini effettuate, descrive la situazione morfologica dell'area, gli aspetti geologici, la situazione idrologica ed idrogeologica, la sismicità nonché il modello geotecnico (correlato alla definizione di quanto all'oggetto).

--- -----

Associazione professionale di dott.geol. Fabio Bosso e dott.geol. Sandro Rota
Strada per i Laghetti n.° 9 – Z.I. Ospio - 34015 Muggia (TS) – P.I. 00989720321
Tel.: 0409235230 Fax: 040232623 E-mail: info@georicerchets.it

2. INDAGINI ESEGUITE

Per l'espletamento dell'incarico si è proceduto:

- alla raccolta di dati bibliografici,
- ad un sopralluogo completo di
 - rilievo di uno scavo geognostico e d'ispezione fondazionale,
 - esecuzione di una prova penetrometrica dinamica¹,
 - effettuazione di un'indagine sismica passiva a stazione singola.

Dell'indagine in sito vengono riportati, in allegato, il verbale stratigrafico (completo di documentazione fotografica) nonché la "scheda" con i risultati dell'indagine sismica; per quanto concerne l'ubicazione dei siti di investigazione / misura si faccia riferimento all'unita tavola "PLANIMETRIA GENERALE" (in scala 1:200).

2.1 Dati bibliografici

Bibliografia consultata:

1. Carta geologica delle Tre Venezie. Ufficio idrografico del Regio Magistrato alle Acque, Foglio Udine scala 1:100.000 (1925);
2. pubblicazione "Litostratigrafie e caratteristiche idrologiche di pozzi della pianura friulana ..." redatta dall'Università degli Studi di Trieste, a cura di S. Stefanini (1986);
3. "Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli – Venezia Giulia", redatto dalla Regione Autonoma Friuli – Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Ambiente (1990);
4. pubblicazione "I potenziali inquinamenti delle acque freatiche...", redatta dall'Università degli Studi di Trieste, a cura di S. Stefanini e F. Giorgetti (1996);
5. Carta geologica del Friuli Venezia Giulia scala 1:150.000 - Reg. Aut. F.V.G direzione centrale ambiente e lavori pubblici, servizio geologico - Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Scienze geologiche, ambientali e marine – Università degli Studi di Udine, Dipartimento di Georisorse e Territorio, (2006);
6. ortofoto rilevata nel volo LIDAR (2006 – 2010);
7. Carta geologica d'Italia - Tavoletta "0664 – San Daniele del Friuli", scala 1:25.000 – Reg. Aut. F.V.G – APAT (2008);
8. Relazione geologica di supporto al "Piano Regolatore Generale Comunale – Variante generale di adeguamento – Legge Regionale n.° 52/2007 e s.m.i." di Rive d'Arcano, Associazione professionale Bosso & Rota – Consulenze geologiche (2013);
9. Studio di microzonazione sismica del Comune di Rive d'Arcano, dott. geol. Fabio Bosso (2014);
10. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale – Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale Ambiente ed Energia – Servizio Difesa del suolo (2016).

2.2 Scavo geognostico e d'ispezione fondazionale

Sul verbale stratigrafico la descrizione specifica:

- le caratteristiche della fondazione (tipologia costruttiva e geometria);
- il tipo di terreno (litologia) di sedime, descritto in conformità alle raccomandazioni A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana, 1997);
- il colore, definito utilizzando una tabella standardizzata di colori di riferimento per confronto (Soil – Color Chart – Munsell Color);
- la verifica della presenza di umidità / venute d'acqua.

¹ A causa dell'elevato stato di addensamento dei depositi ("prova a rifiuto") non è risultato possibile investigare i terreni di sedime per una profondità significativa.

2.3

Indagine sismica passiva a stazione singola²

Nell'ambito dell'area d'intervento è stata eseguita un'indagine sismica passiva a stazione singola "T" (misura di microtremore ambientale della durata di 20'), con i seguenti obiettivi:

- ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo;
- stimare il profilo della velocità delle onde di taglio " V_{s30} " (per fornire la categoria di suolo, ai sensi di legge – Norme Tecniche per le Costruzioni D.M 14/01/08, ex D.M. 14/09/05);
- caratterizzare le frequenze fondamentali³ di risonanza (nel campo Hz 1 ÷ 15 di interesse ingegneristico standard), al fine di mettere in luce possibili fenomeni di doppia risonanza, tra terreno e strutture, in caso di terremoto.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero è stata ricavata la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi s 20,
- lisciamiento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

La curva H/V può essere invertita creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. L'inversione delle curve H/V è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo. La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno, viene calcolata ai sensi di legge (O.P.C.M. n.° 3274 20/03/2003, Norme Tecniche per le Costruzioni D.M 14/01/2008, ex D.M. 14/09/2005) con la seguente espressione⁴:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde "di taglio" (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei m 30.

² Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (*Tromino*®, Micromed s.p.a.) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-O e verticalmente. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di Hz 128.

³ Glossario essenziale

Discontinuità sismiche. Livelli all'interno del profilo litostratigrafico in corrispondenza dei quali si verificano nette variazioni di velocità delle onde sismiche (e pertanto delle proprietà elastiche dei litotipi).

Frequenza naturale (o fondamentale). E' la frequenza a cui un sistema, eccitato da un impulso, vibra con maggior ampiezza. E' il reciproco del periodo fondamentale.

Impedenza sismica. Prodotto Z tra la densità del terreno e la velocità delle onde sismiche V . Esso solitamente varia tra strati differenti di terreno e influisce sul coefficiente di riflessione. In pratica, il contributo maggiore alle variazioni di impedenza sismica è dato dalle variazioni di V , piuttosto che di densità.

Microtremore. Rumore sismico ambientale, caratterizzato da oscillazioni di piccola ampiezza, provocate da sorgenti naturali o antropiche (onde del mare, vento, piccoli movimenti terrestri, traffico ecc.). I microtremori sono costituiti da tutti i tipi di onde sismiche, ma generalmente, in maggior misura, da onde superficiali di Rayleigh e di Love.

Risonanza. E' la tendenza di un sistema ad oscillare con maggior ampiezza quando eccitato da energia ad una specifica frequenza, detta *frequenza naturale* di vibrazione del sistema, autofrequenza o *frequenza di risonanza*. Nel caso degli edifici la risonanza è controllata dalle geometrie e dai materiali di costruzione mentre le frequenze di risonanza è controllata principalmente dall'altezza. La frequenza naturale di risonanza di un edificio può essere stimata, in prima approssimazione, dividendo 10 Hz per il numero dei piani dell'edificio.

Risonanza doppia. Tutte le strutture hanno una frequenza naturale alla quale la sovrapposizione di energia alla stessa frequenza amplifica il moto. Se il moto sismico indotto dal terremoto eccita la base di un edificio a frequenze prossime a quelle di risonanza naturale dell'edificio stesso, l'amplificazione del moto risultante può diventare distruttiva e portare al collasso della struttura.

⁴ Media armonica.

3. SITUAZIONE GEOLOGICA

3.1 Aspetti geomorfologici

L'area oggetto d'indagine rientra nel territorio del Comune di Rive d'Arcano, è situata nel settore Nord-occidentale del capoluogo e presenta quote attorno a m 167 sul livello medio mare (Rete Altimetrica Italiana); al riguardo si confrontino l'unito estratto di ortofoto nonché (in allegato):

- lo stralcio cartografico della tavoletta della Carta Tecnica Regionale Numerica (in scala 1: 25.000)
 - 066 NO San Daniele del Friuli,
- l'unione degli stralci cartografici degli elementi della Carta Tecnica Regionale Numerica (in scala 1: 5.000)
 - 066053 Rodeano Basso,
 - 066054 Rive d'Arcano.



figura 1 Estratto ortofoto "ORT_066054_SE_2009_11_1m_PCR" (fuori scala)

Sotto l'aspetto geomorfologico, a grande scala, l'area è inserita nel settore del Friuli centrale, caratterizzato dalla presenza, a Nord, delle colline dell'anfiteatro morenico pedemontano del Tagliamento e verso Sud dalle alluvioni fluvio – glaciali (potente coltre alluvionale ghiaioso – sabbiosa, localmente cementata), costituenti la maggior parte dell'alta pianura friulana.

L'area di analisi, affacciante a NordOvest sulla stretta valle del Torrente Patoc, rientra in un settore di antico ambiente proglaciale (antistante alla fronte) a profilo tabulare debolmente acclive; il sistema è "complicato" dalla presenza di terrazzi di vario ordine e rotture di pendenza ascrivibili soprattutto alle fasi di "deglaciazione" (fenomeni di erosione, trasporto e deposizione da parte degli antichi "scaricatori" e rivi d'ablazione e successivamente dei corsi d'acqua in generale). La generale morfologia della zona mostra pertanto una debolissima pendenza verso Sud ($3 \div 5 \text{ ‰}$) e profilo topografico tabulare.

Nell'intera zona l'evoluzione della morfologia-paesaggio risulta anche legata agli interventi dell'uomo che, al fine dell'utilizzo del territorio, ne ha modificato l'originario assetto morfologico - paesaggistico con assi stradali ed insediamenti rurali, abitativi e di servizio.

La morfologia è pertanto definita, per la specifica zona di studio, dalla presenza di un terreno tabulare pianeggiante, limitato al lato NordOvest (ad una distanza minima dal fabbricato di m 16, oltre una recinzione in rete metallica), da un "ciglio di scarpata" (orlo di terrazzo principale – menzionata incisione del Torrente Patoc, tale scarpata presenta in zona un'altezza di m 10 – 12 ed un'acclività di circa 30°).

3.2

Aspetti geologici

Nella zona è presente una coltre di depositi alluvionali e fluvioglaciali (potente coltre ghiaioso – sabbiosa, localmente cementata).

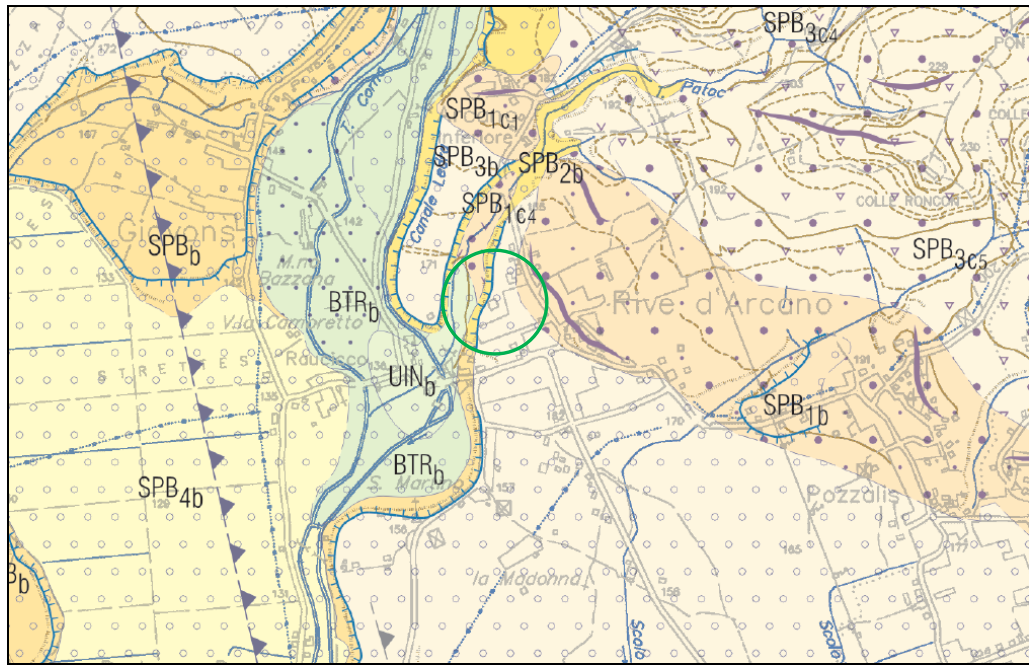
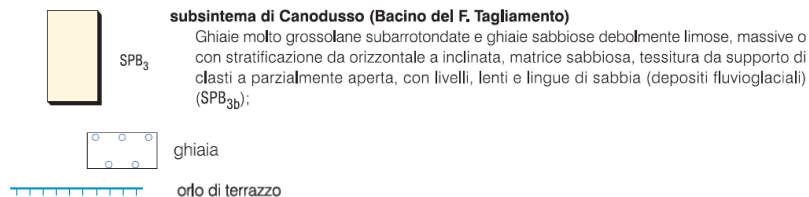


figura 2

Estratto dalla Carta geologica d'Italia – Tavoletta “0664 – San Daniele del Friuli” (fuori scala)



Nello specifico settore di studio, attraverso i dati acquisiti (cfr. allegati verbali stratigrafici “SONDAGGIO GEOGNOSTICO N.° 2⁵” e “SCAVO GEOGNOSTICO E D’ISPEZIONE FONDAZIONALE”), è possibile stabilire la presenza:

- da p.c. a m 0,25 → pavimentazione in cls con relativa sottofondazione;
- da m 0,25 a m 0,40 → “suolo” / terreno vegetale limoso – sabbioso – ghiaioso con apparati radicali,
- da m 0,40 a m 15⁶ → deposito fluvio glaciale costituito da ghiaia con sabbia e limo e presenza di ciottoli e blocchi; i clasti (poligenici, di vari colori), sono arrotondati (vd. documentazione fotografica di seguito unita). Il deposito risulta molto addensato ($N_{SPT} > 50^7$).

⁵ Vd. riferimento bibliografico 8.

⁶ I dati acquisiti permettono di indicare la persistenza di tale deposito ben oltre m 50, con possibile presenza di lenti cementate.

⁷ Prova penetrometrica dinamica (S.P.T. - Standard Penetration Test) – vd. menzionato verbale stratigrafico “SONDAGGIO GEOGNOSTICO N.° 2”.



figura 3 Cumulo terreno di scavo geognostico

3.3

Aspetti idrologici - idrogeologici

Per quanto concerne la specifica area di analisi si rileva la presenza nell'intorno, ad una distanza di circa m 150 verso Occidente (al fondo della sua valle), del già citato Torrente Patoc.

Ai sensi della "Carta della situazione idrologica - idrogeologica" (cfr. riferimento bibliografico 8), l'area di studio non risulta "soggetta ad allagamento" e/o "di ristagno d'acqua".

Dalla consultazione del "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale – Tavola 7" (cfr. riferimento bibliografico 10), la zona non è caratterizzata da pericolosità idraulica.

Per quanto concerne la profondità della superficie di falda essa risulta elevata (>> m 15, vd. riferimento bibliografico 8).

Nel corso del sopralluogo non si sono pertanto rilevate presenze d'acqua, emergenze idriche o zone umide all'interno del settore di studio (sondaggio e scavo geognostico "asciutti" – cfr. allegati verbali stratigrafici).

4. SISMICITÀ

Il comprensorio comunale, ai sensi della Deliberazione della Giunta regionale del Friuli Venezia Giulia n.° 845^h (dd. 6 maggio 2010 – cfr. B.U.R. n.° 20, dd. 19 maggio 2010), adottata in attuazione dell'art. 3 – comma 2 – lettera a) della L.R. 16/2009 (dd. 11 agosto 2009), è classificato sismico (“zona sismica 2” – di alta sismicità).

Ai sensi dello “Studio di microzonazione sismica..” (vd. riferimento bibliografico 9), l'area in analisi risulta inserita in “zona stabile suscettibile di amplificazione” (codice Tipo_z_2004)ⁱ – in vicinanza ad un “orlo di terrazzo fluviale m 10 – 20” (codice Tipo_el_5051).

4.1**Definizione della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito**

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (cfr. tabella di seguito riportata).

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

tabella A **Categorie di sottosuolo (Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008)**

Per l'analisi delle condizioni di stabilità, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica (cfr. tabella).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

tabella B **Categorie topograficheⁱ (Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008)**

Relativamente all'osservanza delle norme tecniche esistenti in materia di costruzioni e protezione antisismica (vd. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008), si definiscono, per il sito in analisi, le seguenti “caratteristiche”:

- categoria di sottosuolo: **Bⁱ**,
- categoria topografica: **T1^k**.

Si esclude l'evenienza di possibili fenomeni di liquefazione dei terreni nel corso di eventi sismici stanti la profondità della falda e la granulometria dei terreni.

^h Tale classificazione sostituisce la previgente Ordinanza P.C.M. n.° 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia attraverso la Deliberazione di Giunta Regionale n.° 2325 del 1 agosto 2003.

ⁱ Le descritte categorie topografiche devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se il dislivello risulta di altezza maggiore di m 30.

^j Deposito di terreni a grana grossa molto addensati (la misura di microtremore ambientale non evidenzia la presenza di un “picco chiaro” e mostra un rapporto H/V $\geq 1 \div 2$, indicando conseguentemente un “substrato omogeneo”).

^k Superficie topografica pianeggiante.

4.2

Determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici del sito

SITO IN ESAME: Lat. 46,1285 – Long. 13,0300 ^l

SITI DI RIFERIMENTO (per calcolo automatico PARAMETRI SISMICI DEL SITO)

Sito 1	ID ^m : 9650	Lat: 46,1339	Long: 12,9856
Sito 2	ID: 9651	Lat: 46,1342	Long: 13,0576
Sito 3	ID: 9873	Lat: 46,0842	Long: 13,0580
Sito 4	ID: 9872	Lat: 46,0839	Long: 12,9860

Stato Limite (per costruzioni di classe III) ⁿ	Tr [anni]	a _g ^o [g]	F _o ^p	T _c ^q [s]
Operatività (SLO)	45	0,075	2,475	0,257
Danno (SLD)	75	0,097	2,456	0,274
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,260	2,456	0,341
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,346	2,446	0,360
Periodo di riferimento per l'azione sismica	75			

tabella C Determinazione dei parametri sismici del sito

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C _U	0,7	1,0	1,5	2,0

tabella D Valori del coefficiente d'uso C_U

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

tabella E Tabella di calcolo dei coefficienti S_s e C_c

Coefficienti sismici (stabilità pendii e fondazioni)	SLO	SLD	SLV	SLC
S _s (ampl. stratigrafica)	1,20	1,20	1,14	1,06
C _c (funz. categoria)	1,44	1,42	1,36	1,35
S _T (ampl. topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00
k _h (coeff. sismico orizzontale) ^r	0,018	0,023	0,083	0,103
k _v (coeff. sismico verticale) ^s	0,009	0,012	0,042	0,051
a _{max} (m/s ²) ^t	0,877	1,142	2,909	3,593
β _s ^u	0,200	0,200	0,280	0,280

tabella F Calcolo dei coefficienti sismici

^l Coordinate UTM – ED50 (Universal Transverse Mercator – ellissoide internazionale con orientamento europeo).

^m Numero identificativo del “nodo” posto al vertice della maglia di appartenenza.

ⁿ Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

^o Accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

^p Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

^q Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

^r $k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g$.

^s $k_v = \pm 0,5 k_h$.

^t Accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

^u Coeff. di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

4.3

Vulnerabilità sismica

Nella figura di seguito riportata vengono messe in relazione le frequenze di risonanza del sottosuolo con l'altezza degli edifici che si renderebbero maggiormente vulnerabili per doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto. La curva vale per edifici standard in c.a. (cfr. Masi *et al.*, 2007)^v.

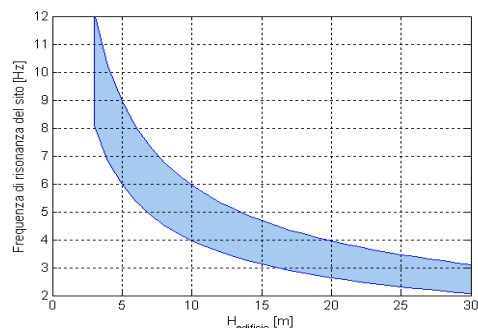


figura 4 **Frequenze di risonanza del sottosuolo vs. Altezza edifici**
(maggiormente vulnerabili per doppia risonanza terreno-struttura)

Per il sito indagato (cfr. grafico sottoriportato), si osserva che nel campo di frequenze di interesse ingegneristico (Hz 1-15), non sono presenti risonanze significative.

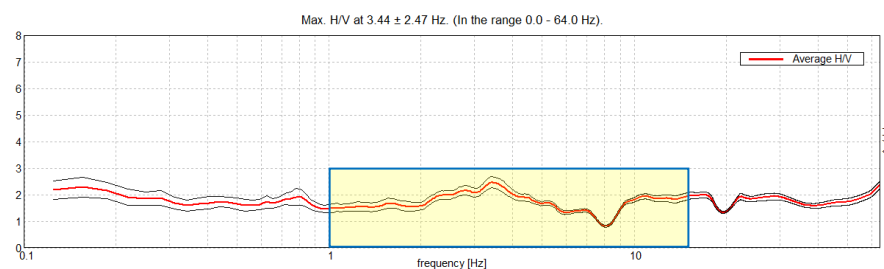


figura 5 **H/V vs. Frequenze (Hz 1 – 15)**

^v Ovviamente la prassi corretta è quella di calcolare / misurare i modi di vibrare degli edifici. In fase preliminare il grafico può fornire utili indicazioni per la progettazione (la curva riportata può essere applicata a qualsiasi sito).

5. SITUAZIONE GEOTECNICA E FONDAZIONALE

5.1 Parametrazione geotecnica

Sulla base dei dati acquisiti è possibile evidenziare, dal punto di vista geotecnico, la presenza in zona di un unico "complesso" (vd. allegata tavola "SEZIONE GEOLOGICA", in scala 1:200), con caratteristiche fisico - meccaniche omogenee.

Per quanto concerne la parametrazione geotecnica dei terreni presenti, si possono definire i seguenti valori:

PROPRIETA'	VALORI BIBLIOGRAFICI	VALORI DI PROVA
Peso di volume γ (kN/m ³)	20 - 22	-
N _{SPT}	/	52 - >100
Angolo di attrito ϕ (°)	30 - 40	30 - 40
Coesione eff. c' (kPa)	/	/
Coeff. di compr. m_v^w (kPa ⁻¹)	1 E ⁻⁵ - 1 E ⁻⁶	1 E ⁻⁵ - 1 E ⁻⁶
Mod. di rigidità K_w^x (MN/m ³)	60 - 130	60 - 130

tabella G Deposito fluvio glaciale ghiaioso molto addensato

5.2 Fondazioni esistenti

Sulla base di quanto rilevato ed attraverso la consultazione della documentazione d'archivio^y (progetto per la costruzione di una scuola materna, anno 1978), si evince l'esistenza di fondazioni a plinto "a bicchiere" rettangolare (m 2,38 x 1,36), impostate (ad una profondità di m 1,44 da piano marciapiede) nel deposito fluvio glaciale ghiaioso (cfr. allegato verbale stratigrafico "SCAVO GEOGNOSTICO E D'ISPEZIONE FONDAZIONALE", in scala 1:50).

^w $m_v = 1 / E$ (E: modulo edometrico).

^x Modulo di rigidità o di sottofondo (o di Winkler).

^y Gentilmente fornita dalla Committenza e dall'ing. Piccirillo (tecnico incaricato della verifica vulnerabilità sismica dell'edificio).

6. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE

Attraverso i dati assunti dalla consultazione della bibliografia e dai rilievi effettuati in sito è possibile riassumere schematicamente:

- la pertinenza è morfologicamente caratterizzata da un profilo topografico tabulare pianeggiante limitato a NordOvest (ad una distanza minima dal fabbricato di m 16, oltre una recinzione in rete metallica), da un “ciglio di scarpata” (orlo di terrazzo principale – incisione del Torrente Patoc), tale scarpata presenta in zona un'altezza di m 10 – 12 ed un'acclività di circa 30°;
- dal punto di vista geologico si è in presenza (inferiormente alle pavimentazioni e relativi “sottofondi” e/o al “terreno vegetale”) di un potente deposito fluvio glaciale costituito da ghiaia con sabbia e limo e presenza di ciottoli e blocchi (clasti arrotondati);
- la soggiacenza della superficie di falda risulta >> m 15 da p.c.;
- il deposito fluvio glaciale (molto addensato - $N_{SPT} > 50$) presenta buone caratteristiche fisico - meccaniche;
- ai sensi della relazione geologica di supporto al P.R.G.C. (cfr. riferimento bibliografico 9), il settore in analisi risulta appartenere alle “aree con limitata pericolosità ai fini edificatori – aree contermini a terrazzi principali”;
- l'edificio presenta fondazioni in c.c.a. a plinto rettangolare, impostate nel deposito fluvio glaciale ghiaioso (vd. allegato verbale stratigrafico “SCAVO GEOGNOSTICO E D'ISPEZIONE FONDAZIONALE”);
- ai fini della definizione dell'azione sismica
 - il comprensorio comunale è classificato “zona sismica 2” – di alta sismicità,
 - ai sensi dello studio di microzonazione sismica (cfr. riferimento bibliografico 9), il settore in analisi risulta appartenere alle “zone stabili suscettibili di amplificazione” (in vicinanza ad un “orlo di terrazzo fluviale m 10 – 20”),
 - il settore è caratterizzato dalla presenza di sottosuolo di categoria “B” (categoria topografica “T1”), ai sensi delle N.T.C. 2008 di cui al D.M. 14/01/2008,
 - non sono possibili fenomeni di liquefazione dei terreni nel corso di eventi sismici,
 - per il sito indagato si osserva che nel campo di frequenze di interesse ingegneristico (Hz 1-15), non è presente alcun significativo contrasto d'impedenza sismica.

Trieste, 19 febbraio 2018

7. ALLEGATI ALLA RELAZIONE

Titolo:	Scala:
TAVOLA UBICAZIONE AREA	1:25.000
TAVOLA UBICAZIONE AREA	1:5.000
TAVOLA PLANIMETRIA GENERALE	1:200
VERBALE STRATIGRAFICO SONDAGGIO GEOGNOSTICO N.° 2 DD. 16/05/79	-
VERBALE STRATIGRAFICO – SCAVO GEOGNOSTICO E D'ISPEZIONE FONDAZIONALE	1:50
RAPPORTO INDAGINE SISMICA T	-
TAVOLA SEZIONE GEOLOGICA	1:200

BOSSO & ROTA
Consulenze geologiche

OGGETTO: VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO "SCUOLA DELL'INFANZIA DEL CAPOLUOGO"

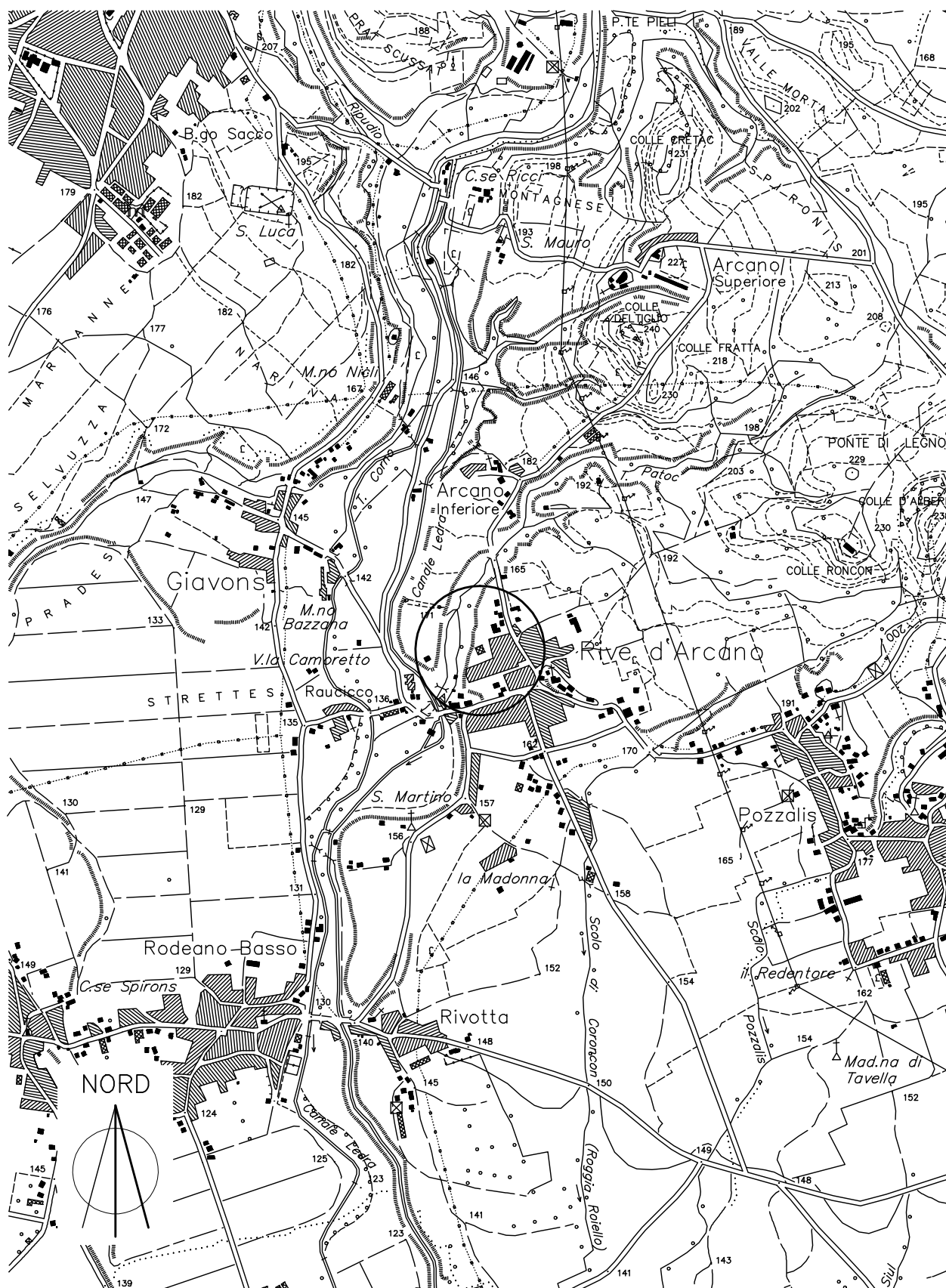
LOCALITA': RIVE D'ARCANO (UDINE)

DESCRIZIONE: RELAZIONE GEOLOGICA – UBICAZIONE AREA

DATA: 19/02/2018

BASE CARTOGRAFICA: ESTRATTO TAVOLETTA C.T.R.N. 066-NO SAN DANIELE DEL FRIULI

SCALA: 1 : 25.000



BOSSO & ROTA
Consulenze geologiche

OGGETTO: VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO "SCUOLA DELL'INFANZIA DEL CAPOLUOGO"

LOCALITA': RIVE D'ARCANO (UDINE)

DESCRIZIONE: RELAZIONE GEOLOGICA – UBICAZIONE AREA

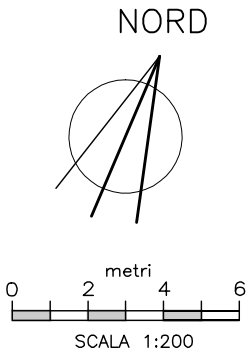
DATA: 19/02/2018

BASE CARTOGRAFICA: ESTRATTI ELEMENTI C.T.R.N. 066053 RODEANO BASSO, 066054 RIVE D'ARCANO

SCALA: 1 : 5.000



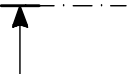


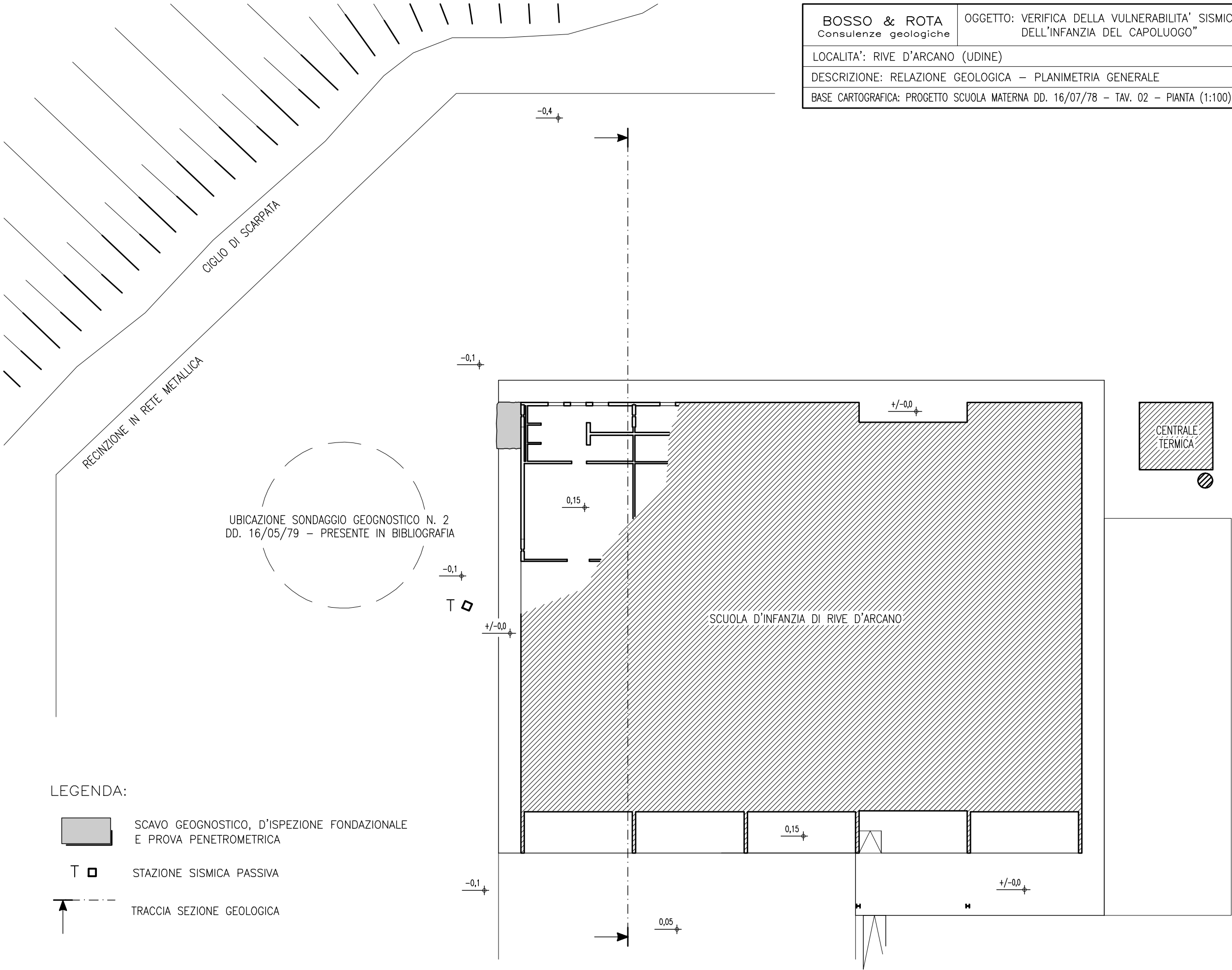
BOSSO & ROTA Consulenze geologiche	OGGETTO: VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO "SCUOLA DELL'INFANZIA DEL CAPOLUOGO"	
	LOCALITA': RIVE D'ARCANO (UDINE)	
DESCRIZIONE: RELAZIONE GEOLOGICA – PLANIMETRIA GENERALE		DATA: 19/02/2018
BASE CARTOGRAFICA: PROGETTO SCUOLA MATERNA DD. 16/07/78 – TAV. 02 – PIANTA (1:100)		SCALA: 1 : 200



PLANIMETRIA GENERALE

LEGENDA:

-  SCAVO GEOGNOSTICO, D'ISPEZIONE FONDAZIONALE E PROVA PENETROMETRICA
-  STAZIONE SISMICA PASSIVA
-  TRACCIA SEZIONE GEOLOGICA



COMMITTENTE AMMINISTRAZIONE PROV. LE DI CANTIERE Comune di Rive D'Argano - scuola materna.
UDINE
PERFORAZIONE N° 2 COORDINATE: X= Y= QUOTA ASS. P.C. =
DATA INIZIO 16/5/1979 DATA ULTIMAZIONE 16/5/1979 ASSISTENTE Dott. V. Vicenzetto
TIPO DI ATTREZZATURA Rotazione Mobile Drill B 50 OPERATORE Sig. Bettin



H ₂ O					
PROF. FORO	PROF. RIVEST.	SERA		MATTINA	
		GG.	H	GG.	H

- ☐ CAMPIONE RIMANEggiATO
☒ CAMPIONE RIMANEggiATO DA S.P.T.
☒ CAMPIONE RIMANEggiATO DA VANE TEST
- ☐ CAMPIONE SEMIDISTURBATO PARETI GROSSE
☒ CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI
- ☒ CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE
☒ CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO

QUOTE ASSOLUTE	PROFONDITA'	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI	MANOVRA DI CAROTAGGIO	TEMPO DI AVANZ.	CAROTAGGIO %	R.Q.D.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET PENETROM. KG/CMQ	TORVANE KG/CMQ	VANE TEST KG/CMQ			S. P. T.		METODO DI PERFORAZIONE	DIAMETRO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	H ₂ O	DATA
											MAX.	RES.	PROF.	N°	H					
	0,60		1	1,30				Coltivo argilloso poco limoso marrone con tracce di ghiaia								C	C			
			2	3,30				Ghiaia fine ϕ 1-3 cm con sabbia fine limosa marrone e rari elementi allargati								A	A			
			3	4,80				Ghiaia fine con sabbia fine limosa nocciola ed elementi ϕ 5-7 cm								R	R	127		
			4	4,70				Idea c.s.								D	C			
			5	6,30				Idea c.s.								T	T			
			6	8,00				Ghiaia con sabbia fine limosa nocciola e rari ciottoli ϕ > 15 cm								A	I			
			7	11,00				Idea c.s.								G	E			
			8	15,00				Ghiaia fine con sabbia fine poco limosa nocciola								G	R			
								Idea c.s. con ciottoli ϕ > 15 cm								I	E			
																D	C			
																C	E			
																A	M			
																H	P			
																T	L			
																I	C			
																N	E			
																O				
																A				
																S				
																E				
																C				
																C				
																O				

SCAVO GEOGNOSTICO, D'ISPEZIONE FONDAZIONALE E PROVA PENETROMETRICA

VERBALE STRATIGRAFICO

COMMITTENTE: Comune di Rive d'Arcano

RIFERIMENTI: planimetria generale

LOCALITA': Rive d'Arcano (Udine)

DATA: 14 febbraio 2018

BOSSO & ROTA

Consulenze geologiche

rilievo	descrizione	documentazione fotografica
<div data-bbox="210 793 290 825">pianta</div> <div data-bbox="320 709 1196 1745"></div>	<p>FONDAZIONE</p> <p>Struttura in elevazione costituita da pilastrini prefabbricati in c.c.a. (cm 18 x cm 120) con tamponamenti in pannelli sandwich prefabbricati in c.c.a. (cm 20). Plinto di fondazione in c.c.a. "a bicchiere" con pianta rettangolare (A = cm 238, B = cm 136) impostato ad una profondità (cautelativamente stimata da fondo intercapedine interna) D = cm 60.</p> <p>TERRENO DI SEDIME</p> <p>Da p.m. a cm 10: pavimentazione in cls (marciapiede); da cm 10 a cm 25: fondazione della pavimentazione in cls armato con doppia rete elettrosaldata cm 20 x 20 / diam. mm 5; da cm 25 a cm 40: terreno vegetale (limo / sabbia / ghiaia). Colore: marrone giallastro chiaro (10YR 6/4). Da cm 40 a fondo scavo: deposito fluvioglaciale costituito da ghiaia, con sabbia e limo. Presenza di abbondanti ciottoli e blocchi. Clasti poligenici arrotondati varicolori. Colore della frazione limo sabbiosa: marrone molto pallido (10YR 7/4). Presenza di frequenti apparati radicali fino a cm 120.</p> <p>Fondo scavo a cm 160.</p>	

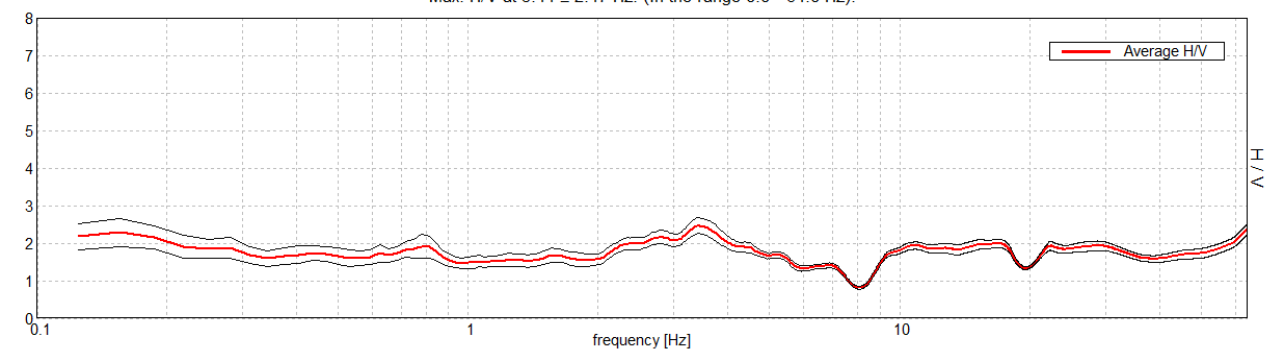
NOTE: colori determinati mediante confronto con la Soil-Color Charts (Munsell color);
quote da piano marciapiede (p.m. = m +/-0,00);
scavo asciutto, di dimensioni cm 250 x 130 x 160 (h), eseguito con escavatore gommato (terna) a braccio rovescio;
eseguita prova penetrometrica dinamica che, causa rifiuto, non è riuscita ad investigare i terreni di sedime per una profondità significativa.

RAPPORTO INDAGINE SISMICA

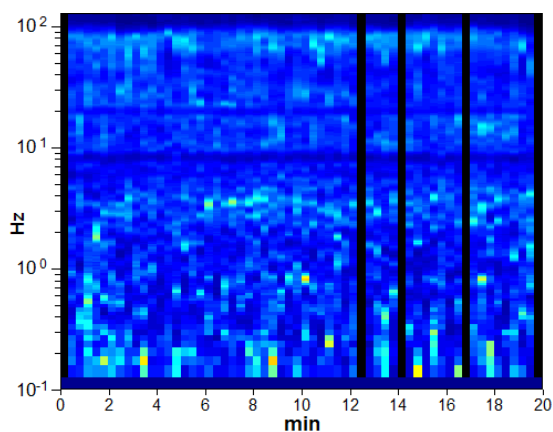
Inizio registrazione: 14/02/18 11:31:16 Fine registrazione: 14/02/18 11:51:17
Nomi canali: NORTH SOUTH^z; EAST WEST ; UP DOWN
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 256 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

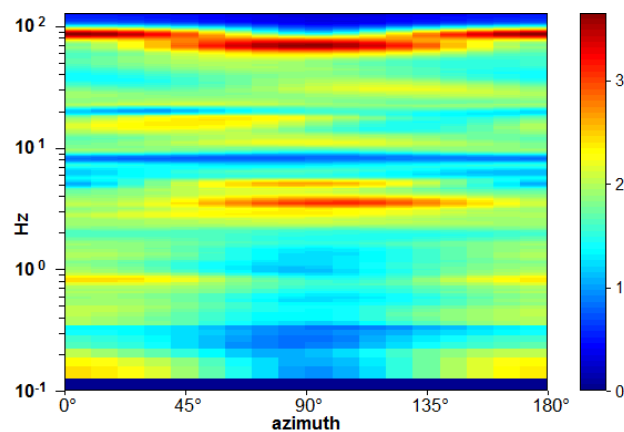
Max. H/V at 3.44 ± 2.47 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



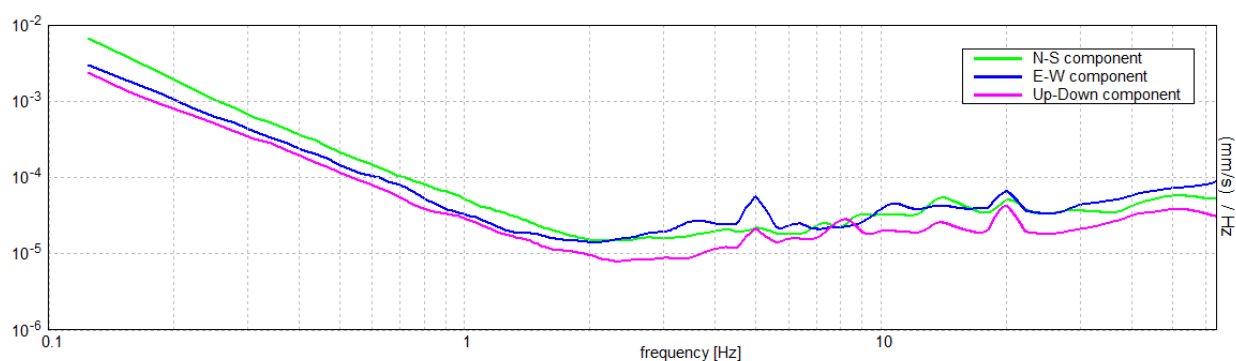
SERIE TEMPORALE H/V



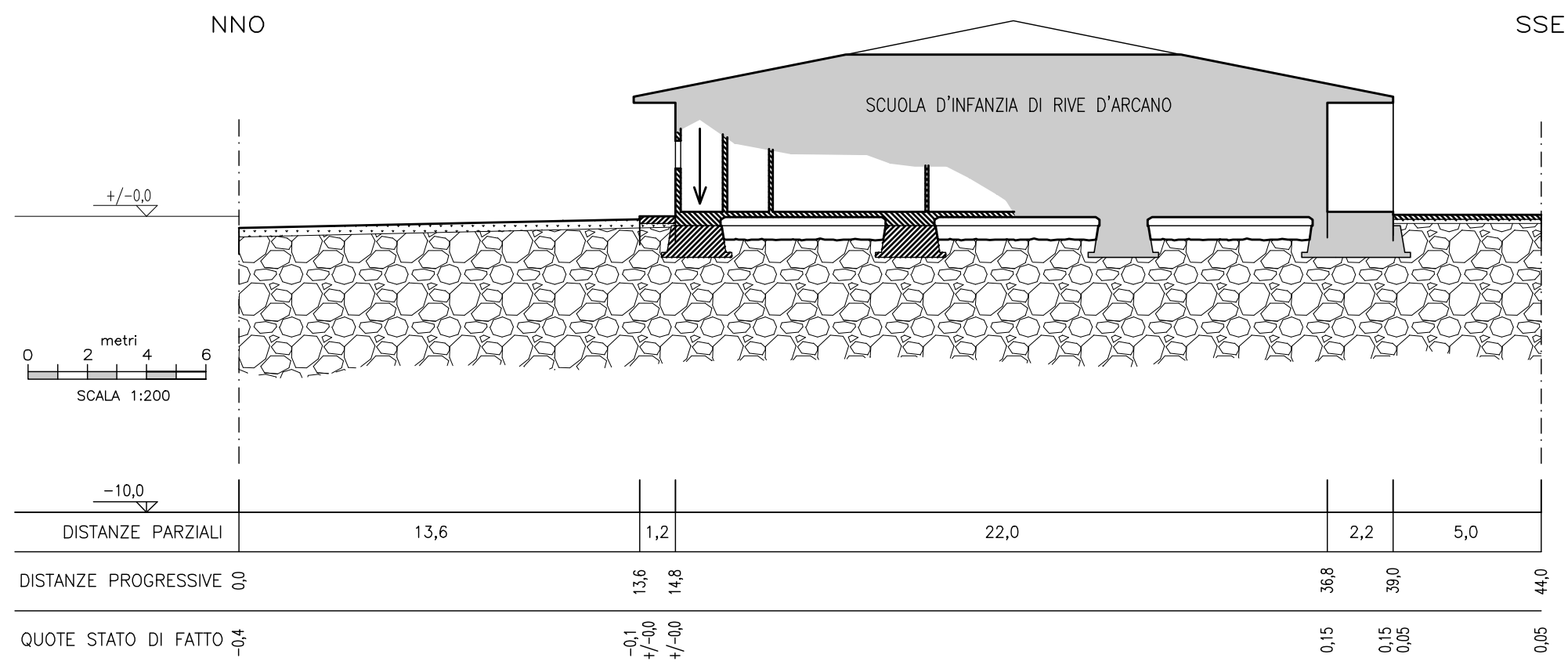
DIREZIONALITA' H/V



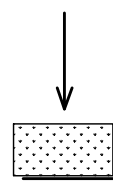
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



^z Nord strumentale coincidente con Nord magnetico.



LEGENDA:



SCAFO D'ISPEZIONE FONDAZIONALE E PENETROMETRIA DINAMICA (PROIEZIONE)

SUOLO / TERRENO VEGETALE

DEPOSITO FLUVIOGLACIALE – GHIAIA CON SABBIA E LIMO, CIOTTOLI E BLOCCHI (COMPLESSO OMOGENEO)

SEZIONE GEOLOGICA

BOSSO & ROTA Consulenze geologiche	OGGETTO: VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO "SCUOLA DELL'INFANZIA DEL CAPOLUOGO"	
	LOCALITA': RIVE D'ARCANO (UDINE)	
	DESCRIZIONE: RELAZIONE GEOLOGICA – SEZIONE GEOLOGICA	DATA: 19/02/2018
	RIFERIMENTI: PLANIMETRIA GENERALE. PROGETTO SCUOLA MATERNA DD. 16/07/78 – TAV. 03 – SEZIONE Y-Y (1:100)	SCALA: 1 : 200