

R.T.P. con capogruppo
arch. REDIGONDA MASSIMO A.
viale Marconi 38
33170 - Pordenone
Tel. 0434.521175
info@redigonda.it

ing. BUSETTO MICHELE
arch. DELL'ACCIO CRISTINA
arch. MAZZA ISABELLA
arch. ZENI STEFANIA
p.i. ZILLE DAVIDE

COMUNE DI VILLORBA

PROVINCIA DI TREVISO

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'EX SCUOLA "L. PASTRO"

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Regione Veneto
Provincia di Treviso
Comune di Villorba

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE FINALIZZATA AI LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'EX SCUOLA "L. PASTRO"

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA
ai sensi del D.M. 17.01.2018**

Committente:
Città di Villorba
Settore IV – Lavori Pubblici e Impianti
Piazza Umberto I n. 19
31020 Villorba (TV)

20 giugno 2018
Documento 18372_20180620_R00_00



Sommario

1	Premessa: dati identificativi dell'incarico	4
2	Riferimenti normativi	5
3	Inquadramento geografico	6
4	Analisi dei vincoli e delle fragilità	7
5	Inquadramento geologico e geomorfologico	9
6	Inquadramento idrologico e idrogeologico	11
7	Indagini effettuate sui terreni	15
8	Risultati delle indagini effettuate sui terreni	16
9	Modello geologico	16
10	Caratterizzazione sismica del sito	17
10.1	<i>Metodologia delle operazioni di rilievo e acquisizione dati sismici</i>	17
10.1.1	Strumentazione e metodo della Vs	17
10.1.2	Rete di misura	17
10.1.3	Elaborazione dei risultati	18
10.1.4	Strumentazione e metodo delle misure HVSR	19
10.1.5	Elaborazione dei dati e risultati	19
10.1.6	Classe sismica e valori di pericolosità sismica	20
11	Caratterizzazione geotecnica del sito	22
11.1	<i>Modello geotecnico</i>	22
11.2	<i>Stabilità nei confronti della liquefazione</i>	22
12	Conclusioni	28
13	Compatibilità e fattibilità dell'opera	28
14	Riferimenti bibliografici	29
	ALLEGATI	30
	Allegato 1 – Scheda ReMi	31
	Allegato 2 - Scheda HVSR	32
	Allegato 3 – Stratigrafia	33
	Allegato 4 – Verifica alla liquefazione	34
	Allegato 5 - Atlante fotografico	39

LISTA DI DISTRIBUZIONE

Nominativo	Azienda	Copie a stampa	Copie digitali
Copia ufficio	Adastra Engineering srl	=	✓
Arch. Antonio Pavan	Città di Villorba	1	✓

EMISSIONI

Ver.	Codice documento	Data	Riesame	Verifica	Approvazione
00	18372_20180620_R00_00	20/06/18	C. Levorato	G. Rigatto	G. Rigatto

TAVOLE FUORI TESTO

Codice	Titolo	Versione	Data

ALLEGATI

Codice	Titolo	Versione	Data
Allegato 1	Scheda ReMi	00	20/06/18
Allegato 2	Scheda HVSR	00	20/06/18
Allegato 3	Stratigrafia	00	20/06/18
Allegato 4	Verifica della stabilità alla liquefazione	00	20/06/18
Allegato 5	Atlante fotografico	00	20/06/18

1 Premessa: dati identificativi dell'incarico

Committente:

Città di Villorba
Settore IV – Lavori Pubblici e Impianti
Piazza Umberto I n. 19
31020 Villorba (TV)

Referente:

Arch. Antonio Pavan

Area di intervento/cantiere:

Ex scuola "L. Pastro"
Villorba (TV)

Affidatario:

Adastra Engineering srl
sede legale: v. Xola, 41b 30020 Torre di Mosto (Ve)
sede operativa: v. Confin, 87b 30020 Torre di Mosto (Ve)
tel. e fax 0421-325683 www.adastra.it info@adastra.it
c.f. p. iva - reg. impr.ve 04251560274 - n° rea cciaa VE 378954

Documento di affidamento d'incarico:

Determinazione n. 342 del 23/05/2018

Progetto:

Caratterizzazione dei terreni di fondazione finalizzata ai lavori di miglioramento sismico dell'ex scuola "L. Pastro"

Oggetto dell'incarico:

Campagna di caratterizzazione geofisica e geotecnica del sottosuolo per la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione dell'ex scuola "L. Pastro" di Villorba (TV).

Rilievi:

L'acquisizione dei dati sismici con tecnica ReMi e di sismica passiva a stazione singola (metodo HVSR) è stata effettuata il 7 giugno 2018.

L'esecuzione di n.1 sondaggio a carotaggio continuo con prove SPT è stata effettuata il 7 giugno 2018.

Responsabile di commessa

Dr. geol. Giovanni Rigatto

Acquisizione dati

Dr. geol. Giovanni Rigatto

Contenuto del presente documento:

Il presente rapporto descrive le attività condotte durante l'acquisizione dei dati di campo, le modalità di elaborazione dei dati ed espone i risultati della caratterizzazione sismica del sottosuolo.

2 Riferimenti normativi

- 1) Eurocodice 8 (1998) - Indicazione progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (2003);
- 2) Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I: regole generali UNI;
- 3) Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002);
- 4) Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizie. (Testo A)".
- 5) L.R. 07.11.2003 n. 27 art. 66, Indicazioni generali per uniformare le procedure di deposito dei progetti in zona sismica 2 e nei Comuni o parti del loro territorio interessati da opere di consolidamento degli abitati.
- 6) Ordinanza P.C.M. n. 3274 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (pubblicata nel Supplemento n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 del 08/05/2003) modificata con ordinanza 3316 e 3431.
- 7) O.P.C.M. 3 maggio 2005, n. 3431 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».
- 8) Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 67 del 03 dicembre 2003. Recepisce i criteri generali dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, ed approva la nuova classificazione sismica dei Comuni del Veneto.
- 9) Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006).
- 10) Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 71 del 22/01/2008 "O.P.C.M. 28.4.2006, n. 3519: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. Direttive per l'applicazione".
- 11) Direttiva Pres. Cons. Min. del 12 ottobre 2007 "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n. 24 del 29.01.2008 suppl. ord. n. 25).
- 12) Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del terreno nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
- 13) Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 Febbraio 2009;
- 14) Pianificazione Regionale e Provinciale PTR e PTCP;
- 15) Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo unico "Norme Tecniche per le Costruzioni".

3 Inquadramento geografico

L'area oggetto di studio è situata in Piazza Umberto I a Carità di Villorba (TV). Le immagini sottostanti mostrano l'ubicazione del sito.



Figura 3-1: Immagine satellitare dell'area di studio (Google Earth)

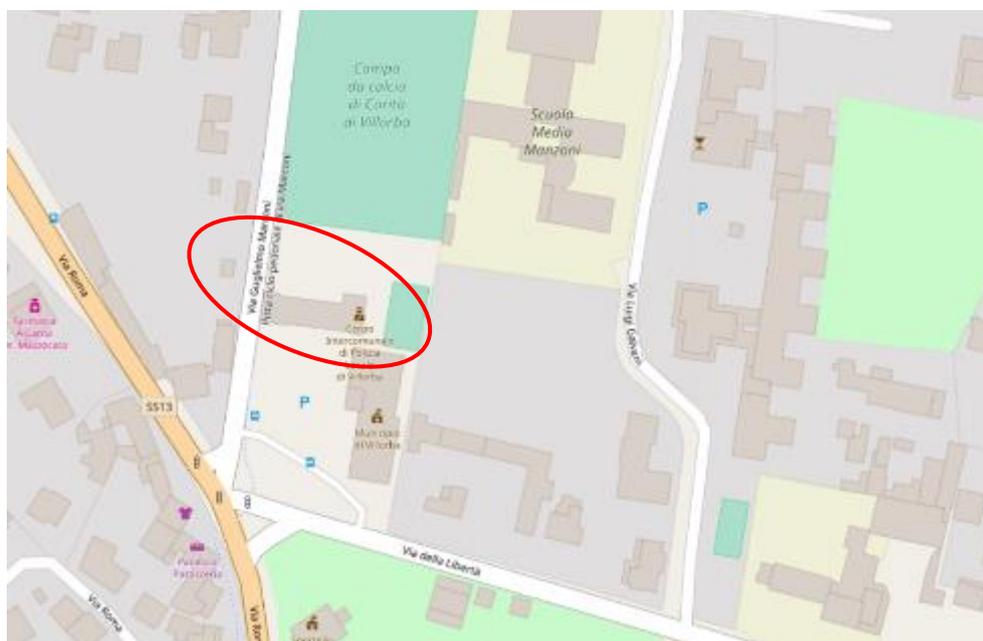


Figura 3-2: Estratto da Open Street Map dell'area di studio

Le coordinate geografiche dell'opera espresse nel sistema di riferimento WGS84 sono riportate nella tabella sottostante.

SIST. RIFERIMENTO	NORD	EST	Z
WGS84 UTM 33 N	5065862.0	286750.0	28.0

4 Analisi dei vincoli e delle fragilità

Il comune di Villorba è dotato di PAT approvato con la Conferenza dei Servizi del 05.12.2012. La Carta dei Vincoli e della Pianificazione territoriale e la Carta delle Fragilità recepiscono le informazioni contenute sia nel PAI che nella pianificazione sovraordinata (PRS, PTCP, PTRC, PTA).

Nella relazione geologica del PAT che descrive la Carta delle Fragilità (figura 4-2), l'area oggetto di studio viene indicata come idonea, cioè *area in cui non sono state ravvisate penalizzazioni alla possibile edificazione. Il drenaggio è ottimo, la falda è generalmente abbastanza profonda, le pendenze del terreno molto limitate, ottime le caratteristiche geomeccaniche, praticamente assenti i pericoli di esondazione.*

Dall'analisi degli elaborati della Pianificazione urbanistica sopracitata, del PI e del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, si evince che sul sito oggetto d'indagine non insiste alcun vincolo.

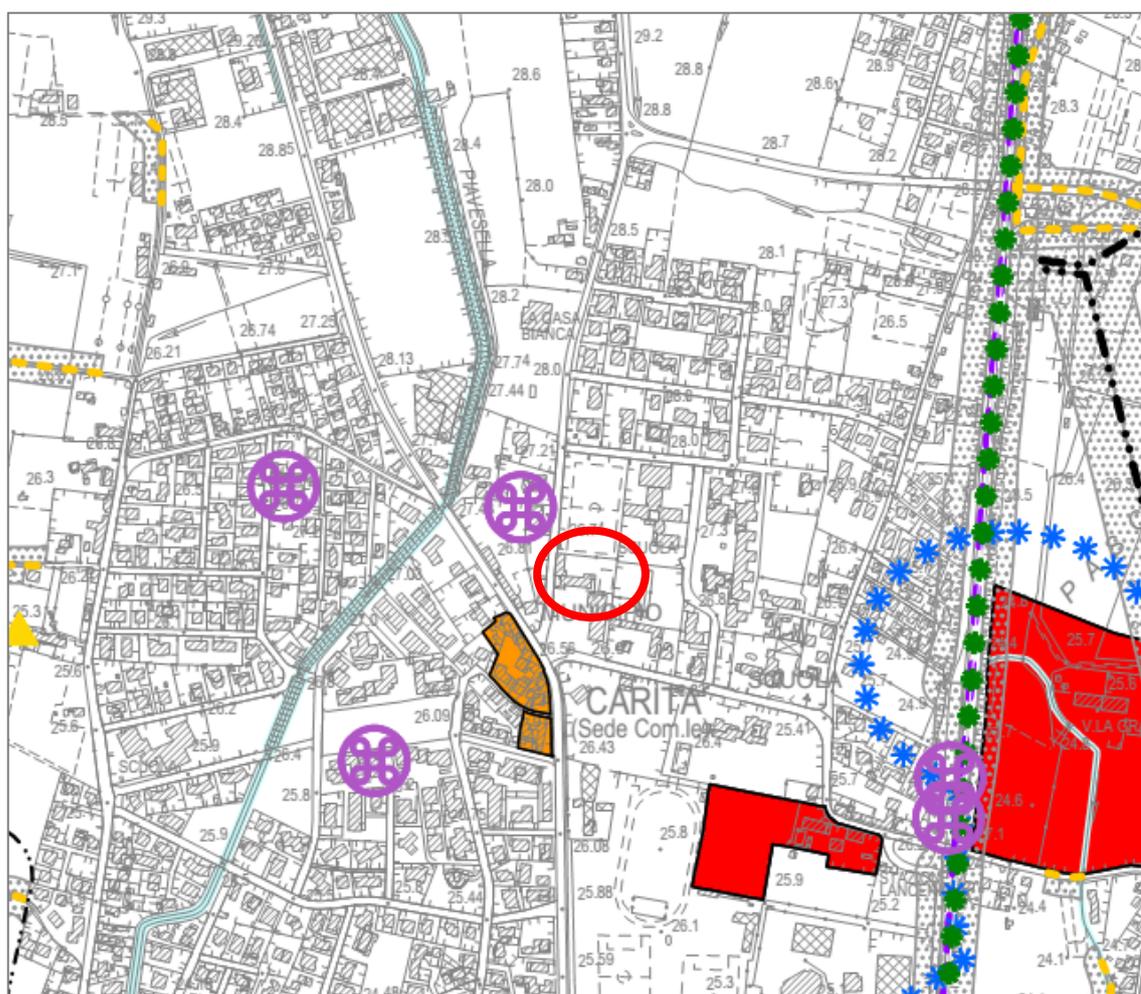
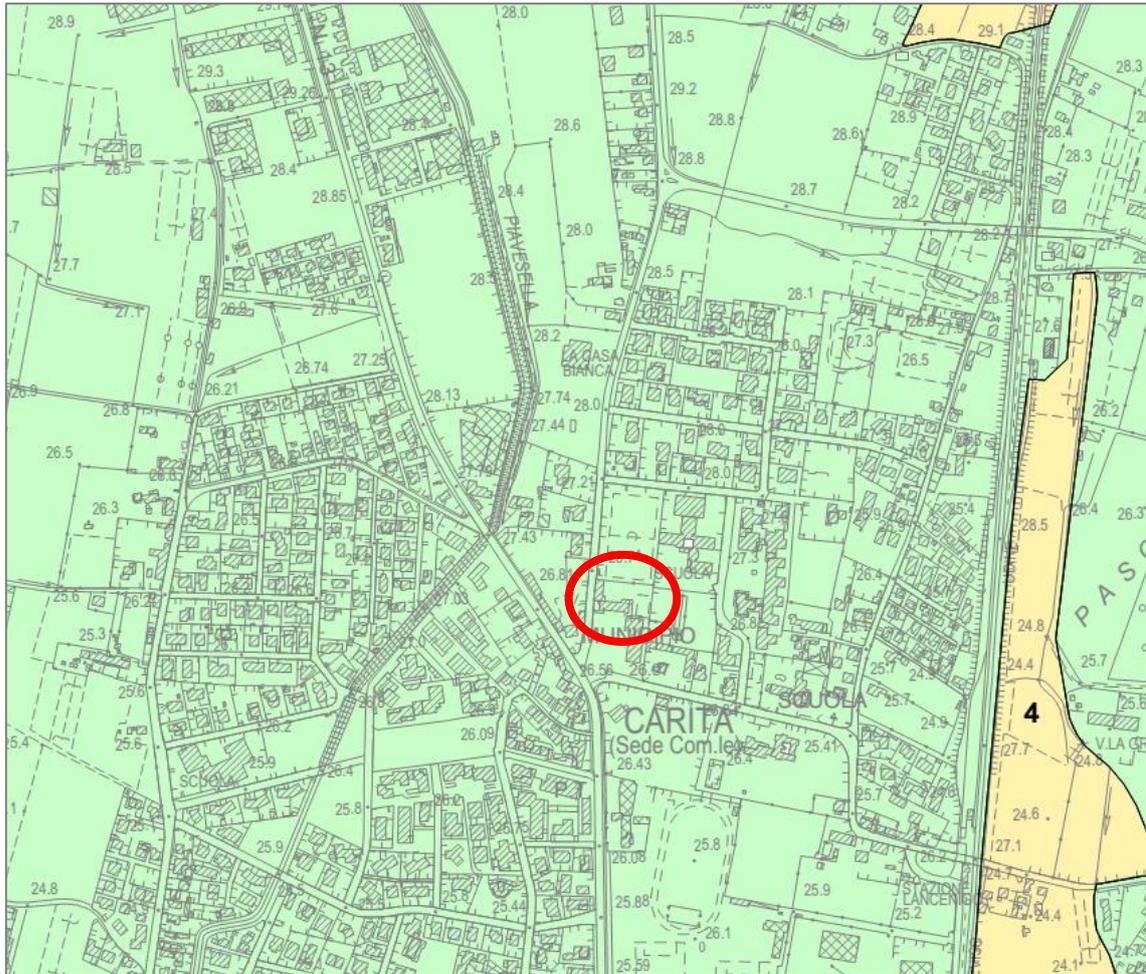


Figura 4-1: Stralcio della Carta dei Vincoli e della Pianificazione territoriale (PAT, 2012).
Cerchiato in rosso il sito oggetto d'indagine.



COMPATIBILITÀ GEOLOGICA AI FINI EDIFICATORI

Art. 31  Area idonea (PEN-01)

Figura 4-2: Stralcio della Carta delle fragilità (PAT, 2012). Cerchiato in rosso il sito oggetto d'indagine.



Figura 4-3: Stralcio della Carta della carta della pericolosità idraulica (PAI, 2002).
Cerchiato in rosso il sito oggetto d'indagine.

5 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il Comune di Villorba si colloca nella porzione centrale della Provincia di Treviso. Il suo territorio si estende in zona pianeggiante. I Comuni confinanti sono rispettivamente: Povegliano, Arcade e Spresiano a nord, Carbonera ad est, Treviso a sud, Ponzano Veneto ad ovest. La superficie è di circa 30,6 km². Dal punto di vista altimetrico il territorio comunale presenta un'altitudine media di 26 m s.l.m. e un digradare uniforme verso sud-est.

Il Comune di Villorba ricade a metà tra l'alta e media pianura veneta orientale (tale confine è dato dalla linea delle risorgive che caratterizza la parte meridionale del territorio), in una zona delimitata ad ovest dal fiume Brenta e ad est dal fiume Piave, a nord-ovest dal rilievo del Montello e a sud dalla fascia dei fontanili o risorgive. Dal punto di vista geologico Villorba ricade nella regione geologica del Subalpino e in particolare è posto a sud del margine meridionale delle Prealpi venete orientali.

In generale, nell'alta pianura veneto-friulana predominano i depositi dei megafan alluvionali dei principali corsi d'acqua che escono dalle catene montuose poste a settentrione. Questi sedimenti, sono di natura prevalentemente ghiaiosa, con matrice sabbiosa, e derivano dalle acque di fusione dei ghiacciai alpini succedutisi nelle varie fasi glaciali, dotati di elevate portate e notevole energia di trasporto rispetto alle condizioni attuali. I megafan, con il progressivo estendersi e svilupparsi, si sono interdigitati con quelli adiacenti, dando luogo a depositi che hanno colmato la zona depressa antistante formando così l'attuale pianura.

I depositi alluvionali dell'area di Villorba sono legati essenzialmente all'azione del fiume Piave, sia nella sua fase antica sia in quella più recente. Attualmente il Piave interessa l'area nella sua porzione orientale e, dopo attraversato la stretta di Nervesa, scorre da nord-ovest verso sud-est, tra Nervesa della Battaglia e Ponte di Piave.

L'area di Villorba è caratterizzata essenzialmente da due tipi litologici: 1) le ghiaie sabbiose del megafan del Piave di Nervesa dell'alta pianura, che interessano la porzione settentrionale e centrale del territorio comunale e le ghiaie con ciottoli del megafan del Piave di Montebelluna; 2) i depositi sabbioso-limosi della conoide del Piave di Nervesa della bassa pianura e le alluvioni più recenti sabbioso-limose legate alle esondazioni del torrente Giavera.

I depositi del megafan del Piave di Montebelluna sono rappresentati da ghiaie e ciottoli, prevalentemente di natura calcareo-dolomitica, con diametro variabile tra 5 e 10 cm. In genere tali depositi hanno un cappello superficiale di alterazione denominato "ferretto", avente uno spessore variabile da pochi centimetri ad un massimo di 50 cm passando rispettivamente da ovest ad est. Il ferretto si presenta con aspetto terroso rossastro e deriva dall'alterazione superficiale dei suoli calcarei. Lo spessore del ferretto nella porzione a ovest del Comune di Villorba aumenta bruscamente e arriva, in corrispondenza della fascia di pertinenza del Giavera, a profondità di 100–150 cm.

Il megafan di Nervesa dell'alta pianura è caratterizzata da depositi alluvionali, composti da scheletro ghiaioso, con clasti di diametro compreso tra 2 e 5 cm, in matrice fine sabbioso-limosa. Tali sedimenti sono diffusi nella porzione settentrionale e centrale del Comune.

I sedimenti del megafan di Nervesa della bassa pianura sono invece più sabbioso-limosi poiché legati alle fasi più recenti di deposizione in cui è prevalsa la dinamica fluviale, dotata quindi di minor competenza di trasporto dei sedimenti. Tali sedimenti fini si rinvengono in corrispondenza rispettivamente degli abitati di Borgo Fontane e Lancenigo. Nella porzione occidentale tali sedimenti fini sono anche legati alle esondazioni del torrente Giavera.

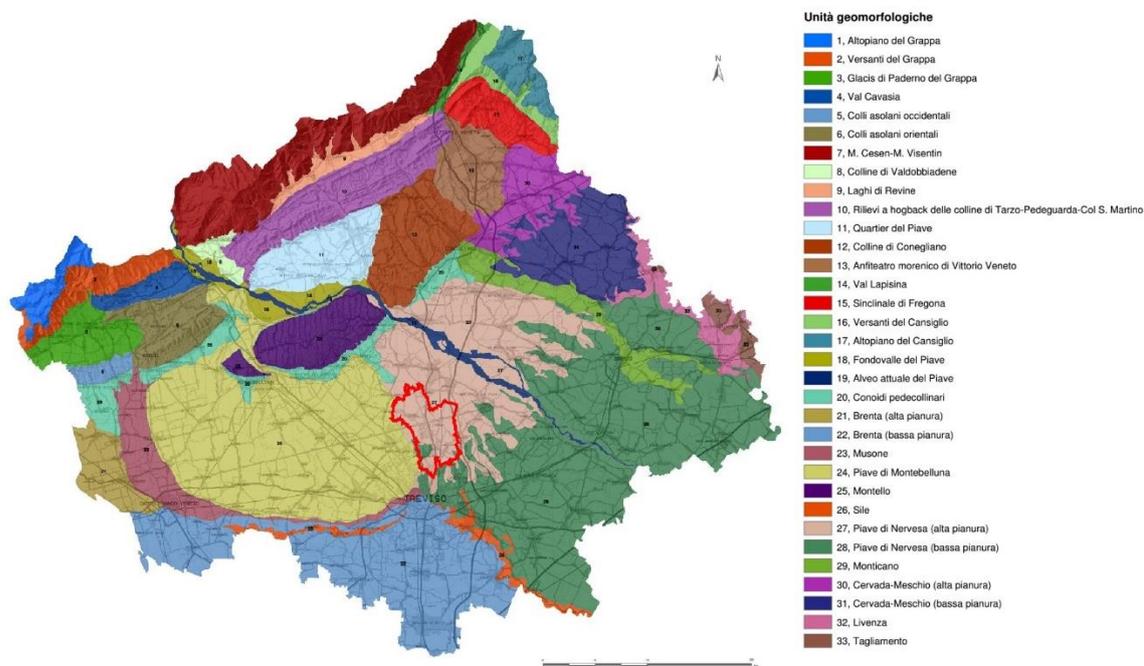


Figura 5–1: Carta delle Unità Geomorfologiche della Provincia di Treviso (Bondesan et al., 2007). In rosso il confine comunale di Villorba. L'unità del Piave di Montebelluna, contraddistinta dal colore giallo, lambisce il confine occidentale del territorio comunale; il Piave di Nervesa di alta pianura occupa la quasi totalità del comune (color nocciola); il Piave di Nervesa di bassa pianura (colore verde) si colloca in alcune porzioni meridionali del territorio.

Il sito in esame si colloca in corrispondenza di un blando dosso fluviale appartenente al megafan di Nervesa, con tessiture superficiali prevalentemente ghiaioso-sabbiose. E' localizzato subito a nord del limite superiore delle risorgive, lungo un'antica direttrice fluviale evidenziata dalla presenza di numerosi paleoalvei di tipo *braided* con direzione nord-sud (Figura 3–12).

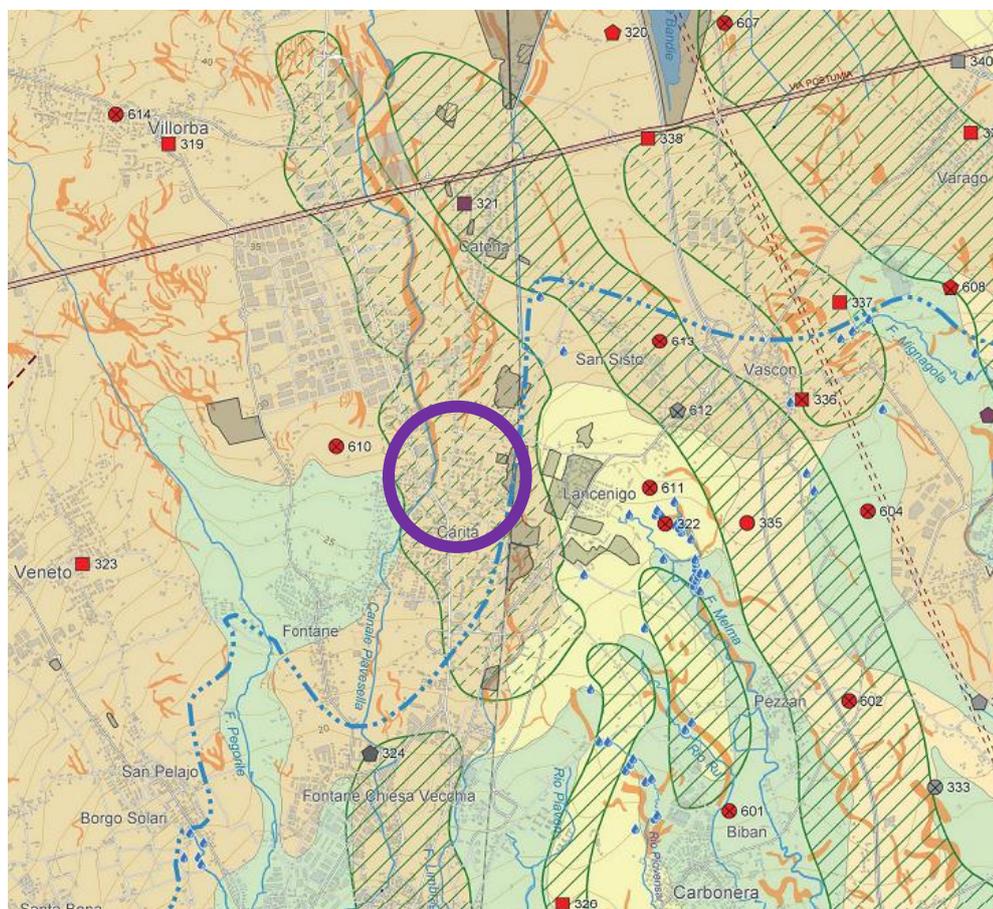


Figura 5–2: Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Treviso (a cura di Bondesan A. e Busoni S, 2005).
 Legenda: il cerchio viola indica l'area interessata; in nociola: ghiaie; in giallo chiaro: prevalenti sabbie e sabbie limose superficiali; in verde: limi; in tratteggio obliquo verde: dosso fluviale; in arancione: paleoalvei.

6 Inquadramento idrologico e idrogeologico

L'assetto idrografico di Villorba è caratterizzato da:

- *corsi d'acqua permanenti*: torrente Giavera e fiume Pegorile nella fascia occidentale del Comune e i vari corsi di risorgiva a sud-est di Lancenigo che confluiscono poi nel fiume Sile;
- *risorgive*: la maggior parte affiorano a sud-est di Lancenigo; altre si rinvencono nella porzione sudoccidentale a Borgo di Fontane;
- *canali di irrigazione o industriali*: hanno sviluppo prevalente nord-sud; si tratta del Canale Piavesella (considerato industriale), della Roggia Pederobba, del canale di Lancenigo e della rete irrigua minore;
- *canale di adduzione*: si tratta del breve collegamento tra il torrente Giavera e la cassa di espansione delle piene, lungo il confine comunale occidentale.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi grossolani di conoide danno luogo ad una fascia settentrionale di sedimenti che ospita un "sistema freatico indifferenziato" in quanto esiste un unico corpo acquifero libero. Procedendo nella pianura verso sud, al ridursi delle granulometrie dei depositi si incontra un'alternanza di strati ghiaioso-sabbiosi e limoso-argillosi, che va a formare un sistema multifalda in pressione, caratterizzato da più acquiferi sovrapposti e pressurizzati, ospitati nei terreni più grossolani e isolati l'uno rispetto all'altro dai terreni più fini.

La zona di passaggio tra il sistema indifferenziato e quello multifalda viene indicato come fascia delle risorgive o fontanili ed è caratterizzato da emergenze idriche spontanee.

Il livello freatico ha una profondità variabile procedendo da Nord verso Sud. La soggiacenza diminuisce progressivamente da Nord verso Sud, partendo da valori superiori a 20 m nella fascia tra Sabbioner e Visnadello e riducendosi progressivamente fino ad arrivare a valori inferiori al metro nella zona delle risorgive di Lancenigo.

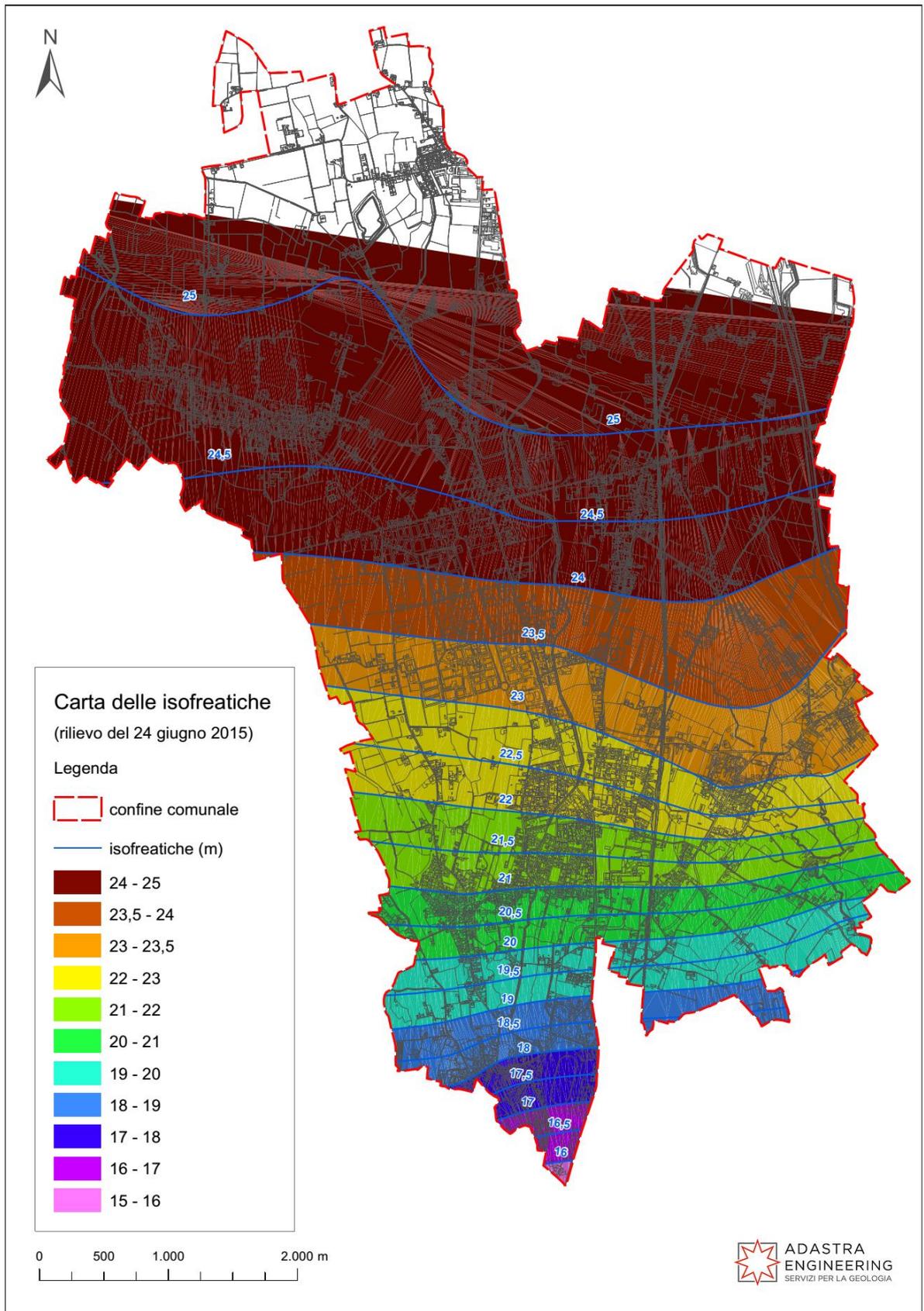


Figura 6-1: Carta delle isofreatiche (Elaborazione Adastra Engineering, 2015).

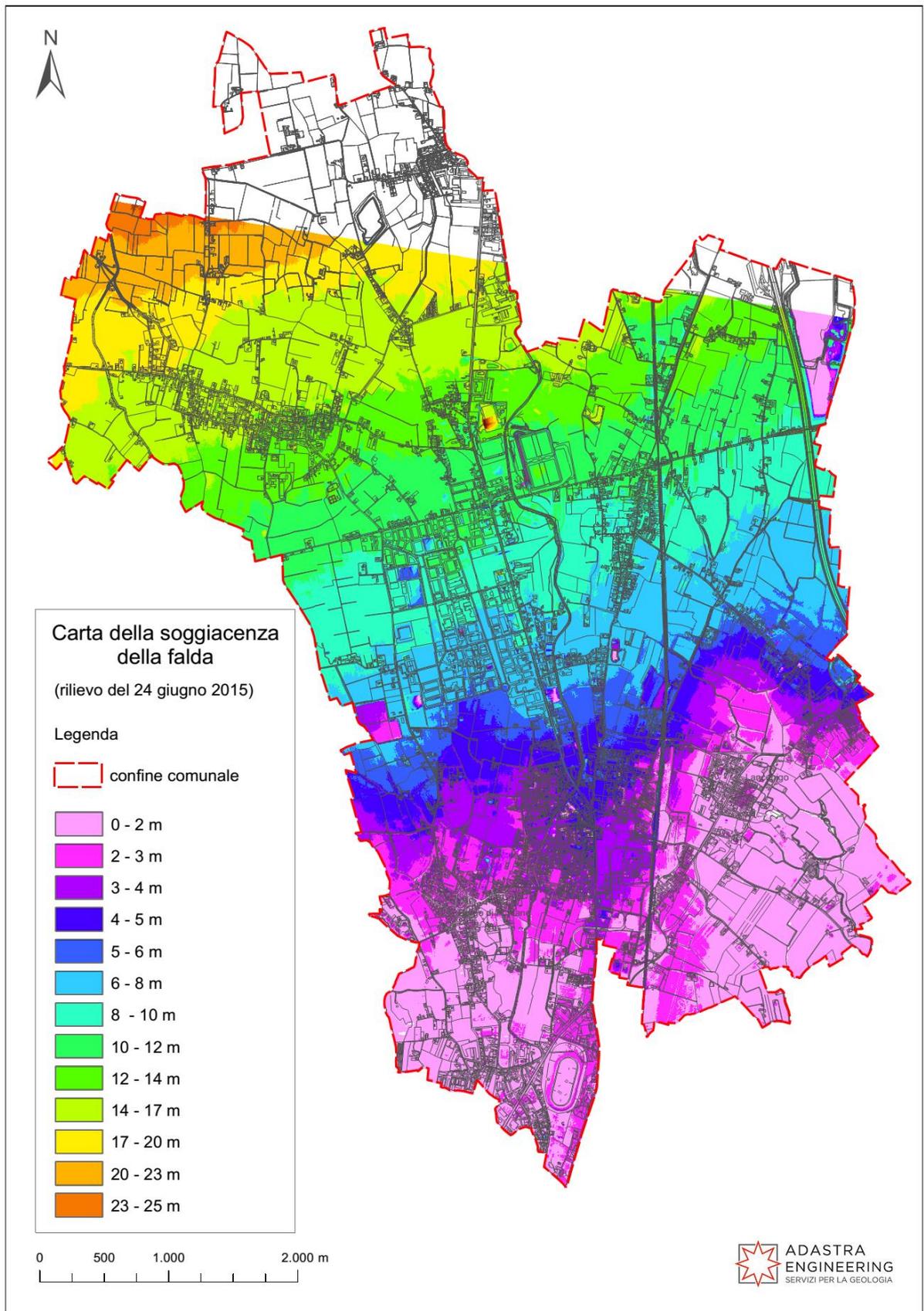


Figura 6–2: Carta della soggiacenza della falda (Elaborazione Adastra Engineering, 2015).

7 Indagini effettuate sui terreni

Nell'area di indagine è stato eseguito n. 1 sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m da p.c. secondo le indicazioni del progettista.

Per l'esecuzione del carotaggio è stata utilizzata una sonda Atlas Mustang A 65 autocarrata su Astra 4x4; le caratteristiche tecniche principali sono le seguenti:

- testa di rotazione con 20-630 r/min attraverso un cambio a 8 rapporti, con coppia max. di 1000 kgm;
- slitta con corsa di 3700 mm, trazione e spinta di 8000 kg;
- pompa fanghi Nenzi triplex con portata massima di 200 lt/min a 50 bar.

Il carotaggio è stato eseguito con perforazione a circolazione di acqua/a secco, usando un carotiere semplice da 101 mm (L = 3000 mm) e rivestimenti metallici da 127 mm di diametro; le carote estratte sono state classificate a vista e descritte dal punto di vista geotecnico, fotografate e riposte in cassette catalogatrici.

Durante le fasi di perforazione sono state eseguite prove SPT fra i 3 m e i 3,45 m, fra i 6 m e 6,45 m e fra 9 m e 9,45 m. Per i dettagli sulla perforazione si rimanda alla stratigrafia allegata.

L'ubicazione delle prove è riportata nella figura 7-1.

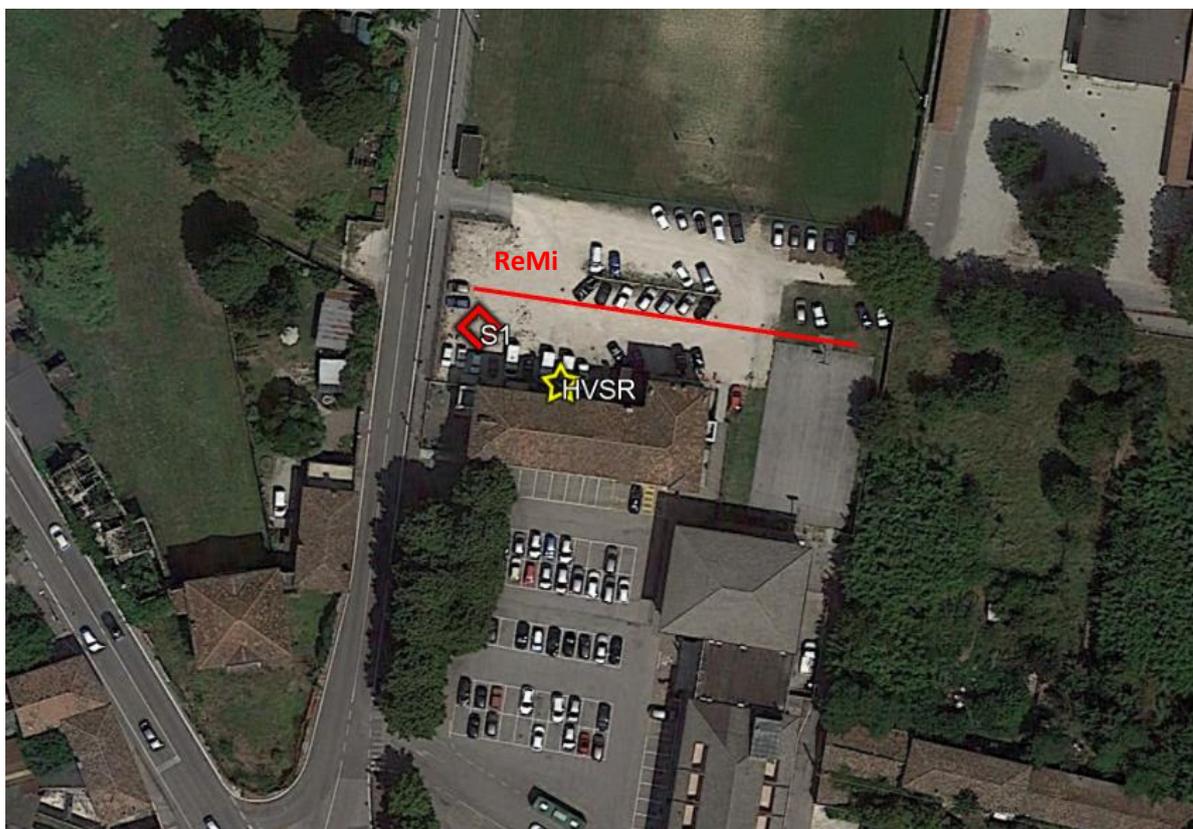


Figura 7-1: Ubicazione del sondaggio (S1), della misura sismica ReMi (linea rossa) e della misura HVSR (stella gialla).

8 Risultati delle indagini effettuate sui terreni

Tutti i risultati relativi alle prove sismiche (ReMi ed HVSR) sono riportate negli allegati 1 e 2 “Scheda ReMi” e “Scheda HVSR”.

La stratigrafia del sondaggio è riportata in allegato 3.

9 Modello geologico

Lineamenti morfologici: il sito si colloca sulla sommità di un blando dosso alluvionale del fiume Piave.

Processi morfologici e dissesti in atto/potenziali: non esistono processi deposizionali/erosivi attivi in grado di innescare dissesti attuali o potenziali.

Nella Tabella 1 si riporta la successione lito-stratigrafica locale.

n.	q. tetto	q. letto	descrizione
1	1.0	4.1	Ghiaia sabbioso limosa
2	4.1	4.5	Ghiaia
3	4.5	10.0	Ghiaia sabbioso limosa
4	10.0	12.0	Ghiaia sabbiosa
5	12.0	13.9	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa
6	13.9	15.0	Sabbia ghiaiosa

Tabella 1 - Modello geologico sintetico

Circolazione idrica superficiale e sotterranea: il corso d’acqua più prossimo al sito è il Canale Piavesella, che scorre a ovest con portate costanti connesse al sistema irriguo della Marca trevigiana; la quota della falda superficiale è stata misurata il giorno 7/06/2018 alla profondità di -4.4 m dal p.c. Il valore indicato può subire delle oscillazioni freaticometriche in funzione del regime delle piogge e dei corsi d’acqua nelle vicinanze.

10 Caratterizzazione sismica del sito

10.1 Metodologia delle operazioni di rilievo e acquisizione dati sismici

10.1.1 Strumentazione e metodo della Vs

Le misure ReMi sono state acquisite con un amplificatore sismico *Geometrics Geode Ultra-Light Exploration Seismograph* a 24 canali, con risoluzione di 24 bit nella conversione A/D, equipaggiato con geofoni a frequenza naturale di 4.5 Hz.

La tecnica ReMi si basa sull'analisi delle proprietà spettrali delle onde di superficie (onde di Rayleigh o pseudo-Rayleigh) per la costruzione di un modello verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio.

La V_s viene stimata sulla base della relazione analitica (1) che è valida per un ampio intervallo di valori del rapporto di Poisson.

$$V_s = 0.9 \cdot V_{\text{RAYLEIGH}} ; \quad (1)$$

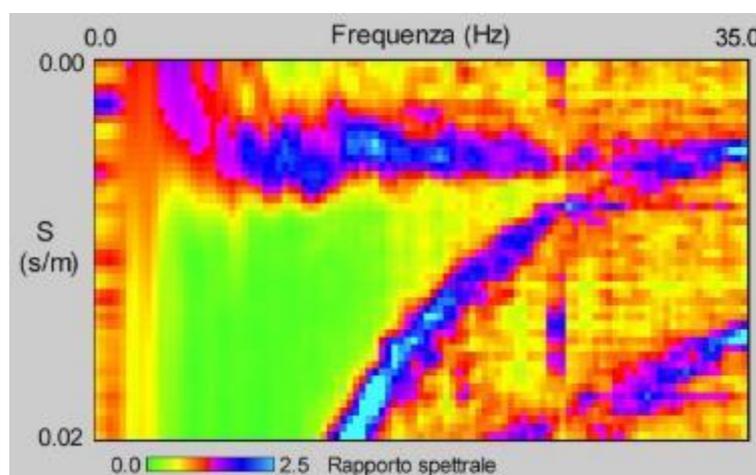


Figura 10–1: Spettro p-f di onde di superficie.

L'utilizzo di sismografi ad elevata dinamica consente di registrare onde Rayleigh il cui contenuto in frequenza è compreso nell'intervallo tra 2 Hz e 35-40 Hz. Questo intervallo di frequenza, in condizioni ottimali, può consentire di stimare, con buon dettaglio, il profilo della V_s nei primi cento metri di profondità.

Il rumore registrato viene convertito dal dominio x-t al dominio p-f (*slowness-frequenza*) nel quale viene rappresentato lo spettro di potenza delle onde di superficie (un esempio in tal senso è visibile in Figura 10-1) ed individuata la curva di dispersione.

10.1.2 Rete di misura

Il sito è stato investigato con una stazione ReMi (RM-1) in corrispondenza della quale sono state effettuate 10 registrazioni, con controllo in tempo reale dei dati. Per migliorare la "policromaticità" del segnale ed avere un'ampiezza adeguata in tutte le bande spettrali la misura passiva è stata integrata da energizzazioni random lungo la stesa geofonica.

La linea, corrispondente a 24 stazioni geofoniche con passo 3.00 m, è stata stesa con direzione ovest-est.

Le singole sessioni di registrazione, in formato originario SEG-2, sono state quindi aggregate in un file in formato SEG-Y di 240 tracce. Il controllo di qualità in tempo reale è di estrema importanza in questo tipo di misure in quanto qualora il modo fondamentale delle onde di superficie non venga campionato correttamente

risulta impossibile stimare la curva di dispersione e costruire il modello verticale di velocità delle onde si taglio (V_s).

10.1.3 Elaborazione dei risultati

I dati sono stati elaborati mediante il codice “ReMi” della Optim Ilc. L’elaborazione consiste nel bilanciamento delle ampiezze tra le diverse registrazioni, nell’assegnazione delle geometrie e nel calcolo dello spettro di potenza $p-f$.

La fase successiva consiste nella stima della curva di dispersione.

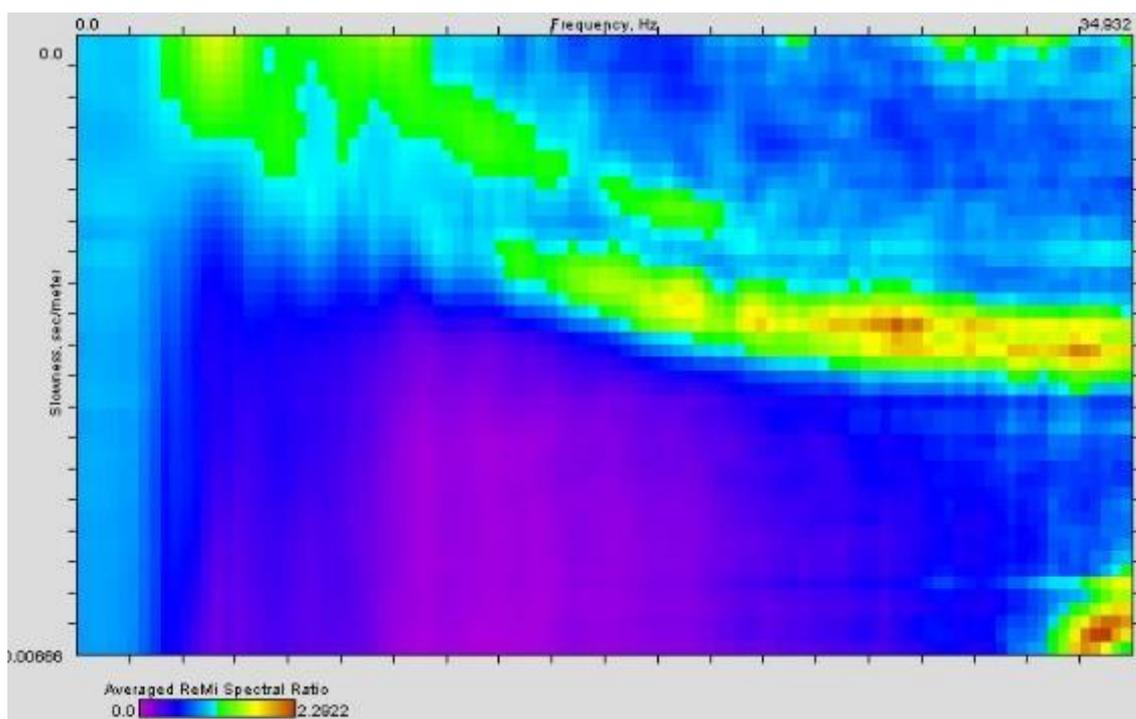


Figura 10-2: Profilo RM-1: spettro $p-f$ relativo alla media di alcune sessioni di registrazione.

A parità di frequenza la velocità scelta non deve essere quella coincidente con il picco massimo di intensità del segnale, come accade nei metodi a sorgente attiva (MASW e SASW), bensì quella più bassa prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale.

Questo è determinato dal fatto che i microtremori non provengono da un'unica sorgente e che l'energia del rumore che attraversa obliquamente lo stendimento appare nell'immagine $p-f$ con una velocità apparente più elevata di quella reale osservabile in linea.

Al fine di incrementare la qualità dell'immagine spettrale i piani di migliore qualità sono stati combinati per costruire uno spettro medio (Figura 10-2).

Il profilo verticale di V_{RAYLEIGH} viene quindi costruito attraverso un processo di modellazione diretta e di *fit* tra curva di dispersione calcolata e curva di dispersione sperimentale.

Si tratta di un processo di modellazione diretta monodimensionale la cui affidabilità dipende ovviamente dalla qualità del dato, dall'esperienza dell'analista e dalla possibilità di avere dei parametri di controllo e di taratura (i.e. altre informazioni di tipo geofisico e stratigrafico). In questo tipo di approccio (modellazione diretta) sono ovviamente insite delle ambiguità interpretative nel senso che, valendo un principio di equivalenza, lo stesso risultato può essere ottenuto con diverse coppie “spessore-velocità”. Questa ambiguità non sussiste più qualora la determinazione riguardi non tanto la V_S del singolo strato ma il valore medio della V_S su un certo numero di strati (ad esempio sino a 30 m di profondità) come peraltro indicato nella normativa.

Nel caso corrente la geometria degli strati è stata impostata arbitrariamente utilizzando 10 strati nei primi 20 m di profondità e altri 3 strati nell'intervallo di profondità compreso tra -20 m e -35 m. La velocità di questi strati è stata quindi modificata sino ad ottenere una buona convergenza del dato calcolato su quello misurato.

Come sopra evidenziato ed ai fini della determinazione del parametro V_{s30} questo approccio non rappresenta una limitazione infatti il parametro da determinare è proprio la media della velocità delle onde di taglio sui primi 30 m di profondità ed è dato dalla (2):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}} \quad (2)$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità.

Il modello "geometrico-acustico" e di confronto tra curva sperimentale e curva del modello compare in Allegato A.

Dalla modellazione diretta delle curve è stato possibile stimare il profilo verticale della

V_{s30} pari a 445 m/s

Ai fini delle prescrizioni della vigente normativa in materia (NTC 2018) i suoli di fondazione del sito oggetto di studio appartengono pertanto alla **Classe B** nella quale ricadono *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**.

B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
----------	--

10.1.4 Strumentazione e metodo delle misure HVSR

La strumentazione utilizzata per la misura della frequenza fondamentale è stata la seguente:

- Una stazione sismica SOLGEO Dymas 24 a 3 canali dotata di GPS per il timing.
- Geofono Veloget a periodo T di 1 s.

10.1.5 Elaborazione dei dati e risultati

Per l'elaborazione dei dati HVSR è stata adottata la procedura proposta nell'ambito del progetto SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations). Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono state verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile sono state calcolate, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del "noise", procedendo successivamente, per il "rumore naturale", alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

E' stata inoltre eseguita la verifica dei criteri che permettono di definire il livello di affidabilità della misura e di identificare il picco significativo attraverso l'uso di test statistici opportuni.

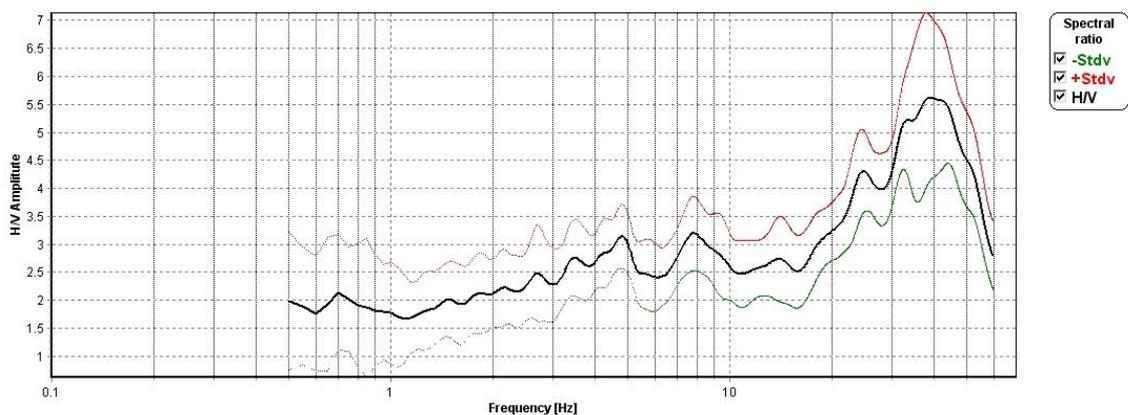


Figura 10–3: Rapporto spettrale del sito.

Frequenze di risonanza nell'intervallo 0.1-60 Hz	4.82-7.79-40,0
Ampiezza del rapporto spettrale H/V nell'intervallo 0.1-12 Hz	3.16-3.21-5.5

Alcuni criteri di carattere convenzionale determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME hanno stabilito che un massimo viene giudicato rappresentativo di possibili effetti di risonanza se la sua ampiezza risulta almeno pari a 2, anche tenendo conto del relativo intervallo di confidenza.

Gli esiti delle indagini sono rappresentati in dettaglio nella scheda all'Allegato 2.

10.1.6 Classe sismica e valori di pericolosità sismica

A partire dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 viene effettuata la classificazione sismica di ogni singolo comune. In base alla zona di classificazione sismica, i nuovi edifici costruiti, così come quelli già esistenti durante le fasi di ristrutturazioni, devono adeguarsi alle corrispondenti normative vigenti antisismiche:

- Norme Tecniche per le Costruzioni. *Decreto 17/01/2018 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.42 del 20/02/2018);*
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006). *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 1/05/2006);*
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003). *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n.105 del 08/05/2003).*

Il comune di Villorba è classificato in Zona Sismica 3 (zona con pericolosità sismica **bassa**, classificazione 2006).

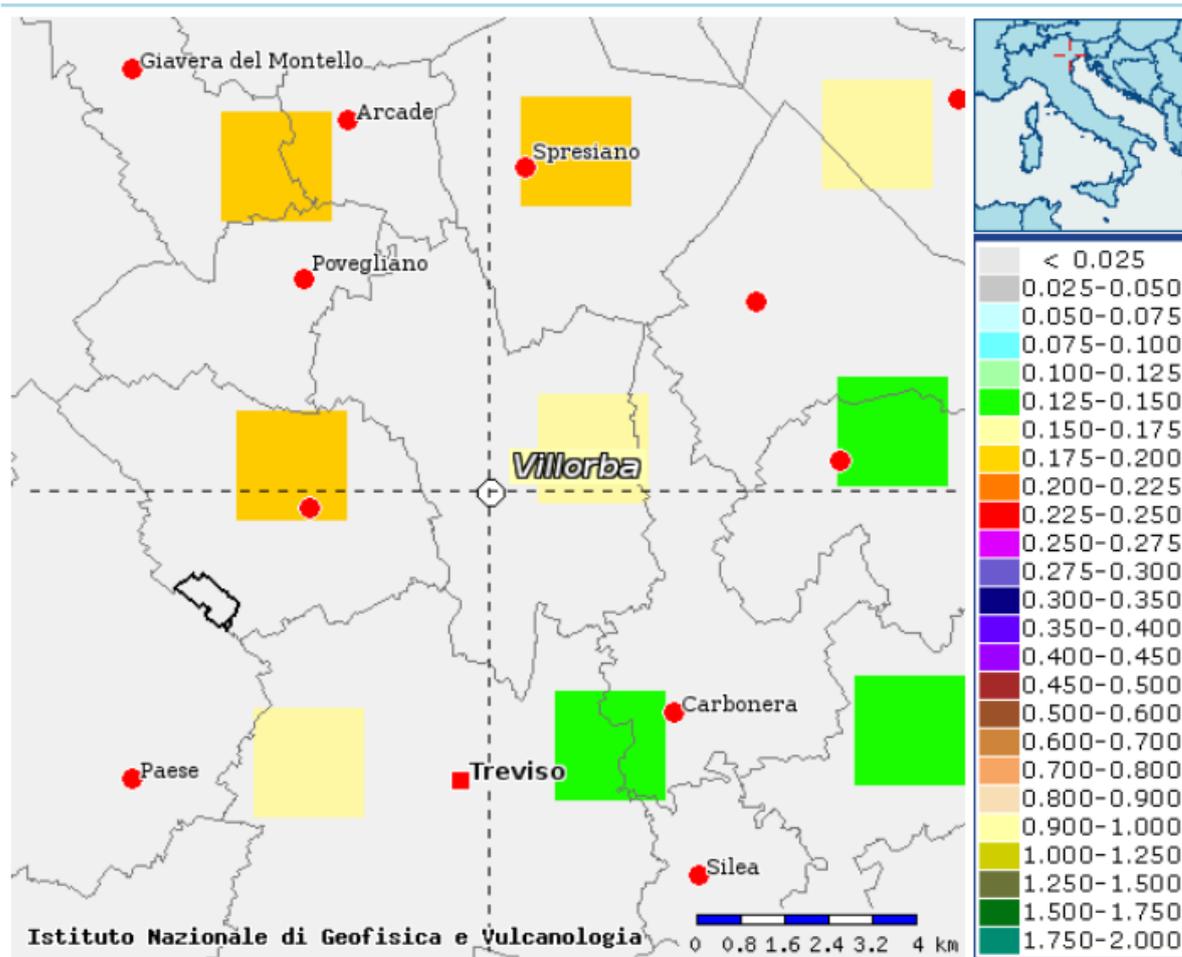


Figura 10-4: Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV) espresso in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

11 Caratterizzazione geotecnica del sito

Le notizie di natura bibliografica e le prove condotte in situ hanno permesso di raggiungere un discreto grado di conoscenza sulle caratteristiche geotecniche del sottosuolo dell'area investigata.

I terreni risultano costituiti, fino a circa 14 m di profondità dal p.c., da ghiaia medio grossa (diametro massimo di 6 cm) con ciottoli, intervallata da strati di ghiaia più fine (diametro massimo di 2 cm). Da -13.9 m fino a -15 m dal p.c., si rinviene sabbia medio grossa con ghiaia medio grossa.

11.1 Modello geotecnico

Nella Tabella 2 si riporta la successione lito-stratigrafica locale e i relativi valori di SPT.

n.	q. tetto	q. letto	descrizione	SPT (prof./n. colpi)
1	1.0	4.1	Ghiaia sabbioso limosa	3.00-3.15/27 3.15-3.30/33 3.30-3.45/31
2	4.1	4.5	Ghiaia	
3	4.5	10.0	Ghiaia sabbioso limosa	6.00-6.15/23 6.15-6.30/40 6.30-6.45/35 9.00-9.15/18 9.15-9.30/12 9.30-9.45/15
4	10.0	12.0	Ghiaia sabbiosa	
5	12.0	13.9	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	
6	13.9	15.0	Sabbia ghiaiosa	

Tabella 2 - Modello geotecnico sintetico

11.2 Stabilità nei confronti della liquefazione

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC2018 l'area in esame può essere esclusa dalla verifica alla liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

	Condizione e quesito	Motivazione	Verifica alla liquefazione
1	accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g	$0,150 < A_g < 0,175 g$.	SI
2	profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali	3-4 m dal p.c.	SI
3	depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa	Alcuni valori con $(N1)_{60} < 30$	SI
4	distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 10.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 10.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$	= =	= =

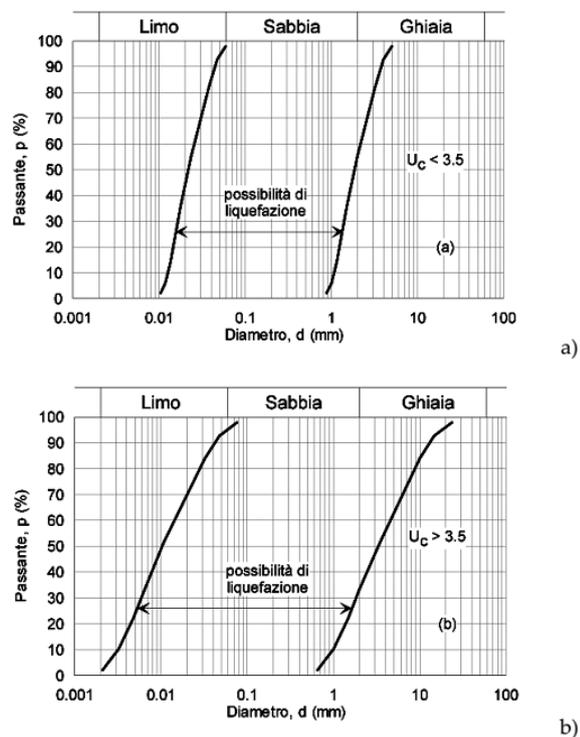
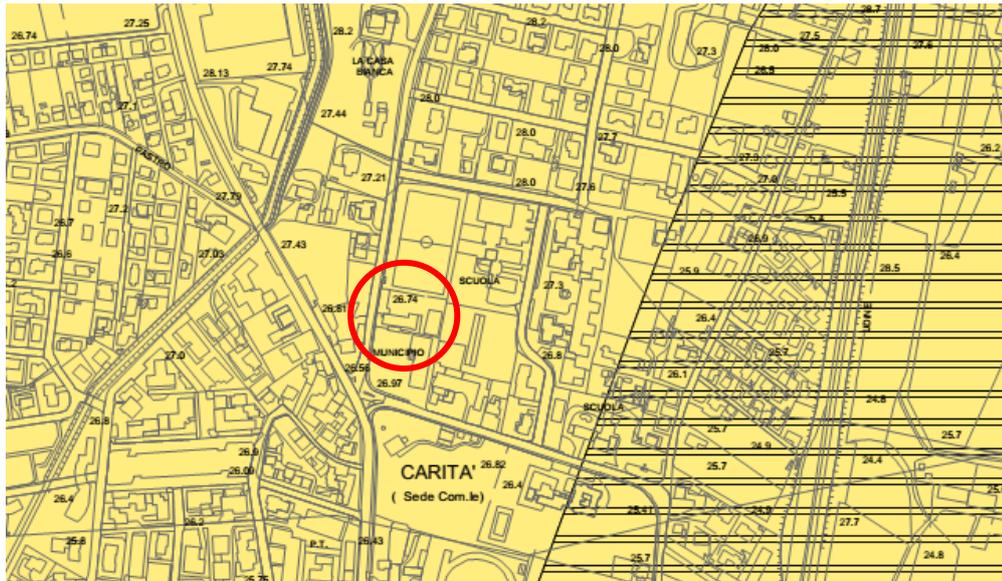


Figura 11-1: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

In merito alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni, a supporto della pianificazione territoriale, il comune di Villorba ha proceduto all'effettuazione dello studio di microzonazione sismica al 2° e 3° livello di approfondimento. Tale studio, di cui si riportano gli stralci delle carte, ha definito l'Indice del potenziale di Liquefazione IL attraverso l'analisi delle prove penetrometriche, definito secondo la seguente tabella:

IL	Rischio di liquefazione
$0 < IL \leq 2$	Nulla- Basso
$2 < IL \leq 5$	Moderato
$5 < IL \leq 15$	Alto
$IL > 15$	Molto Alto

Per la zona in esame, IL è risultato Nullo-Basso.



Zone stabili suscettibili di amplificazione locale
 Fattore di amplificazione FV

Zone di attenzione per instabilità
 Fattore di amplificazione FV

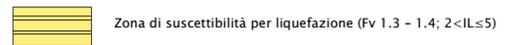


Figura 11-2: Stralcio della carta di microzonazione sismica di III° livello con parametro di amplificazione FV. L'area oggetto di studio (cerchiata in rosso) ricade in una zona con amplificazione litologica compresa tra 1.3 e 1.4, ma risulta esclusa dal rischio di liquefazione.



Zone stabili
 Fattore di amplificazione FA

Zone di attenzione per instabilità

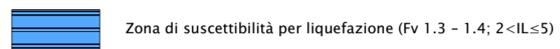


Figura 11-3: Stralcio della carta di microzonazione sismica di III° livello con parametro di amplificazione FA. L'area oggetto di studio (cerchiata in rosso) ricade in una zona stabile per quanto riguarda l'amplificazione litologica ed esclusa dal rischio di liquefazione.

E' stata valutata la stabilità dei terreni di fondazione nei confronti della liquefazione, come stabilito dalle nuove norme tecniche NTC 2018.

La verifica è stata eseguita utilizzando le prove SPT, Standard Penetration Test, inserendo nel programma Liquiter della Geostru i valori di N_{spt} misurati durante l'esecuzione del sondaggio, mentre i valori di N_{spt} mancanti sono stati stimati in base ai valori medi per tipologie analoghe di terreni e ai parametri geotecnici deducibili dalla stratigrafia.

Questi i dati sismici di input:

- Tipo Suolo: B - Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti $V_{s30}=360-800$
- Morfologia: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
- Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,2
- Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
- Magnitudo momento sismico (M_w) 6
- Distanza epicentro 20 Km
- Peak ground acceleration (PGA) 0,15

Seed e Idriss (1982)

Per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma, gli autori propongono una semplice procedura basata sull' ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza z (Figura 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

$$\tau_{\max} = \frac{a_{\max}}{g} \cdot \gamma z$$

dove a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

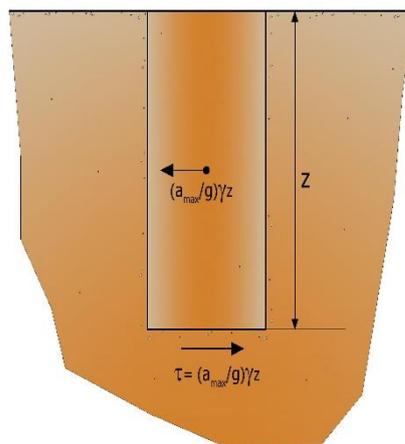


Figura 1- Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo r_d . Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio τ_{av} anziché ad un valore massimo τ_{\max} si ottiene:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d$$

dove a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie conetenente gli effetti amplificativi di sito. L'espressione è valida per eventi sismici di magnitudo 7,5. Per magnitudo diverse bisogna dividere il Rapporto di Tensione Ciclica per il fattore correttivo **MSF** (*Magnitudo Scaling Factor*):

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (1.3)$$

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da **Iwasaki et alii (1978)**:

$$r_d = 1 - 0,015z$$

mentre per il fattore correttivo **MSF** si fa riferimento ai valori riportati in Tabella 1 ricavati da diversi ricercatori, tra cui **Seed H. B. e Idriss I. M (1982)**.

Tabella 1- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Il termine al numeratore della (1.0), cioè il Rapporto di Resistenza Ciclica CRR, viene calcolato in funzione della magnitudo, del numero di colpi nella prova SPT, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1,60}) = C_N \cdot N_m$$

dove N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT e C_N un coefficiente correttivo che si determina dalla relazione:

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

dove σ'_{vo} è la pressione verticale effettiva, Pa la pressione atmosferica (~ 100 kPa) espressa nelle stesse unità di σ'_{vo} ed n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Figura 2).

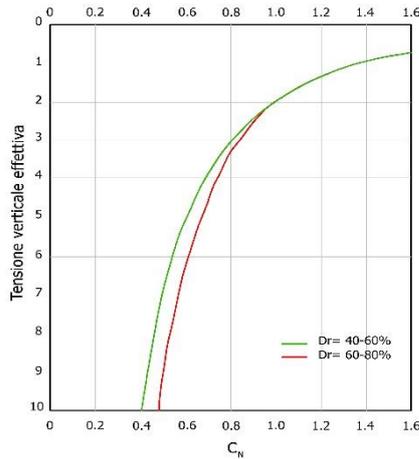


Figura 2- Coefficiente correttivo C_N

Si valuta il rapporto di resistenza ciclica **CRR** dall'abaco riportato in Figura 3 che rappresenta l'insieme dei valori di soglia (separazione tra liquefazione e non liquefazione) per fissato valore della magnitudo.

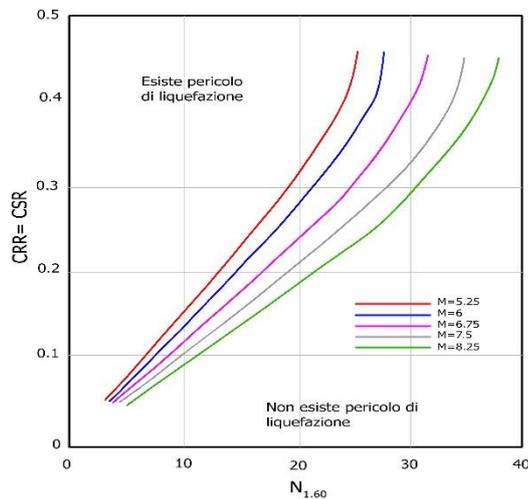


Figura 3- Correlazione tra CRR e $N_{1,60}$

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR può essere espresso dalla seguente espressione:

$$CRR \approx \frac{N_{1,60}}{90} \quad (1.7)$$

Applicando quindi la (1.0) si determina il fattore di sicurezza a liquefazione (**FS**) che deve essere confrontato con i valori imposti dalla normativa di riferimento.

Gli Autori hanno precisato che questa procedura è valida per sabbie con $D_{50} > 0,25$ mm; per sabbie limose e limi suggeriscono di correggere ulteriormente il valore di $N_{1,60}$ utilizzando la seguente formula:

$$(N_{1,60})_{cs} = N_{1,60} + 7.5 \quad (1.8)$$

L'analisi ha permesso di stabilire che i terreni risultano stabili nei confronti della liquefazione.

I dettagli dell'elaborazione vengono riportati nell'allegato 4.

12 Conclusioni

L'indagine geofisica e geotecnica ha permesso di raggiungere un buon grado di conoscenza delle caratteristiche del sito investigato per lo meno sino alla profondità raggiunta dalle diverse tecniche di misura.

Il valore del parametro V_{S30} , determinato con la tecnica ReMi, è risultato pari a 445 m/s.

Ai fini delle prescrizioni della vigente normativa in materia (O.P.C.M 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni) il suolo di fondazione del sito, oggetto di studio, appartiene pertanto alla Classe B nella quale ricadono i terreni la cui V_{S30} rientra nell'intervallo di valori compresi fra 360 m/s e 800 m/s.

I terreni di fondazione, da un punto di vista geotecnico, risultano costituiti da alternanze di ghiaie da medio grosse (diametro massimo di 6 cm) a medio fini (diametro massimo di 2 cm).

13 Compatibilità e fattibilità dell'opera

Sulla base di quanto sopra esposto non emergono controindicazioni di natura geologica all'adeguamento sismico del fabbricato e di conseguenza si esprime parere favorevole di compatibilità geologica, idrogeologica e sismica.

Dr. Geol. Giovanni Rigatto



14 Riferimenti bibliografici

ADASTRA ENGINEERING (2017) - Studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello con approfondimenti di Terzo Livello, Comune di Villorba.

ARPAV, PROVINCIA DI TREVISO (2008) – Carta dei Suoli della provincia di Treviso.

BENEDETTI L., TAPPONNIER P., KING G.C.P., MEYER B., MANIGHETTI I. (2000) - Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, Northern Italy.

BONDESAN A., BUSONI S. (a cura di): BONDESAN A., BUSONI S., DALLA ROSA A., FERRARESE F., FRANCESE R., FURLANETTO P., GARLATO A., LEVORATO C., DE LUCHI E., MENEGHEL M., PRETO N., RAPICAVOLI C., SARAN V., SIMIONATO A., TORNIELLI V. (2015) - Geomorfologia della provincia di Treviso.

Bondesan A. et al., 2011f: Bondesan A., Meneghel M., Levorato C. (2011) - Schema sintetico delle unità geomorfologiche della provincia di Treviso. In: PTCP Treviso Elaborati di Piano e documenti di studio, Treviso.

CARTON A., BONDESAN A., FONTANA A., MENEGHEL M., MIOLA A., MOZZI P., PRIMON S., SURIAN N. (2009) - Geomorphological evolution and sediment transfer in the Piave River system (northeastern Italy) since the Last Glacial Maximum.

DAL PIAZ G.V., ANTONELLI R., BARBIERI G., DAL PRÀ A., DE ZANCHE V., GRANDESSO P., MIETTO P., SEDEA R., ZANFERRARI A. AND SPAGNA V. (1988) - Carta Geologica del Veneto Scala 1:250.000. Note illustrative. Servizio Geologico d'Italia and Regione Veneto, SELCA, Firenze, Italy, 31 pp.

MAZZOLA M. (2003) - Carta Freatimetrica Provinciale – deflussi di magra, rilievi marzo 2002, Provincia di Treviso – Assessorato alle Politiche per l'Ambiente.

MAZZOLA M. (2003) - Carta della Soggiacenza– Idrogeologia e carta freaticometrica della provincia di Treviso. Provincia di Treviso – Assessorato alle Politiche per l'Ambiente.

OLIVOTTO M. (2013) - Relazione geologica (R5), Zeta Esse sc, Piano di Assetto del Territorio del Comune di Villorba.

Studio HGEO (2015) - Studio di microzonazione sismica di I livello, Comune di Villorba.

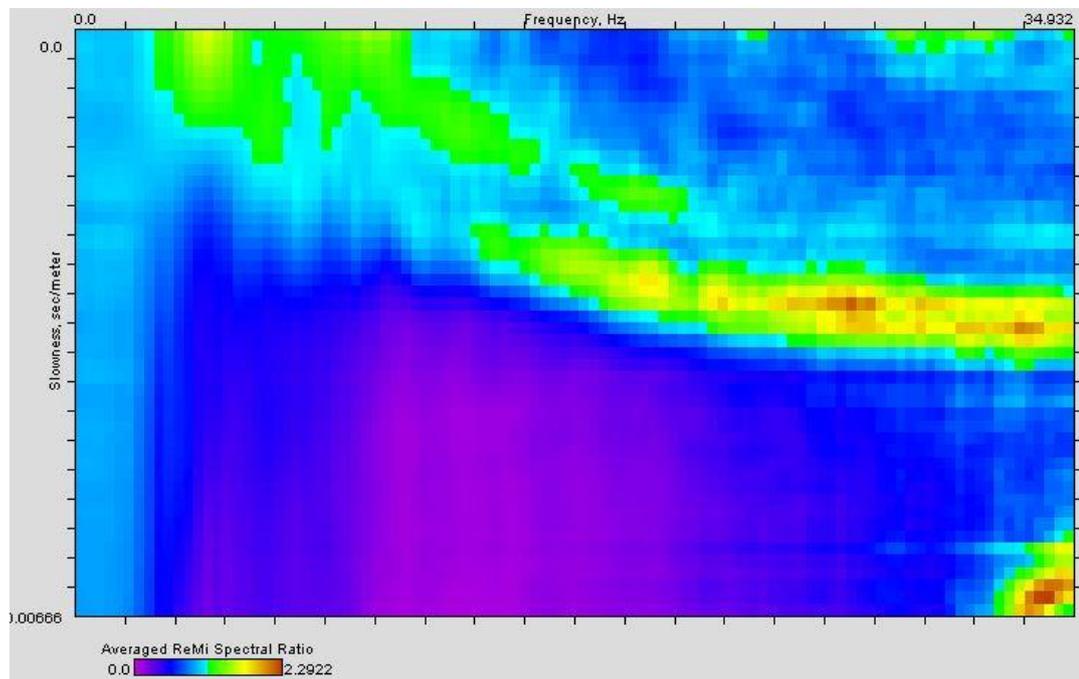
Studio HGEO (2016) - Analisi di microzonazione sismica per 14 interventi della Variante 2 al PI, Comune di Villorba.

TOMIO E. (2012) - Relazione geologica, Piano di Assetto del Territorio del Comune di Villorba.

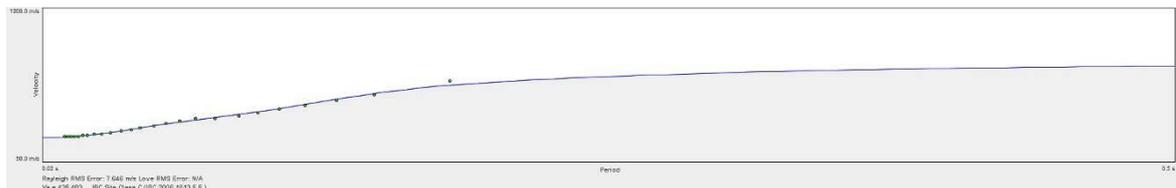
ALLEGATI

Allegato 1 – Scheda ReMi

Spettro p-f



Curva di dispersione calcolata dal modello (linea continua) e curva di dispersione sperimentale (circoletti) ottenuta via *picking* nel dominio spettrale p-f

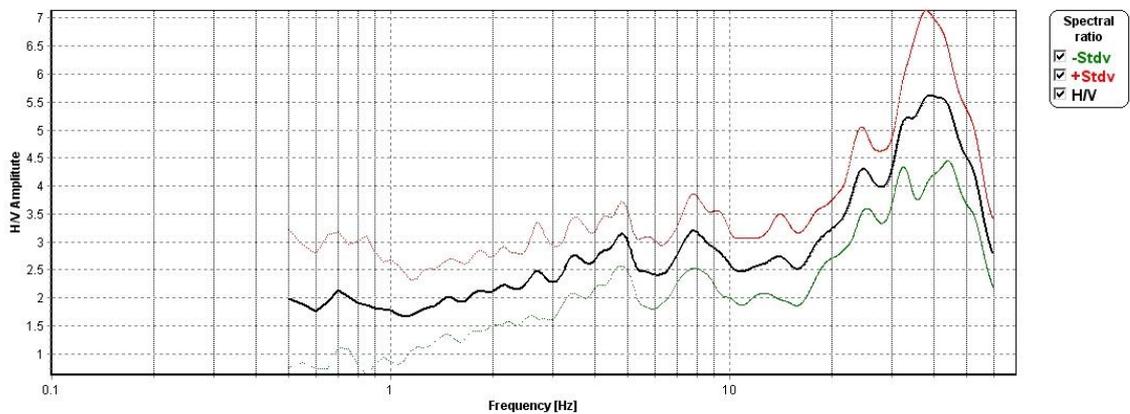


Log verticale di VS



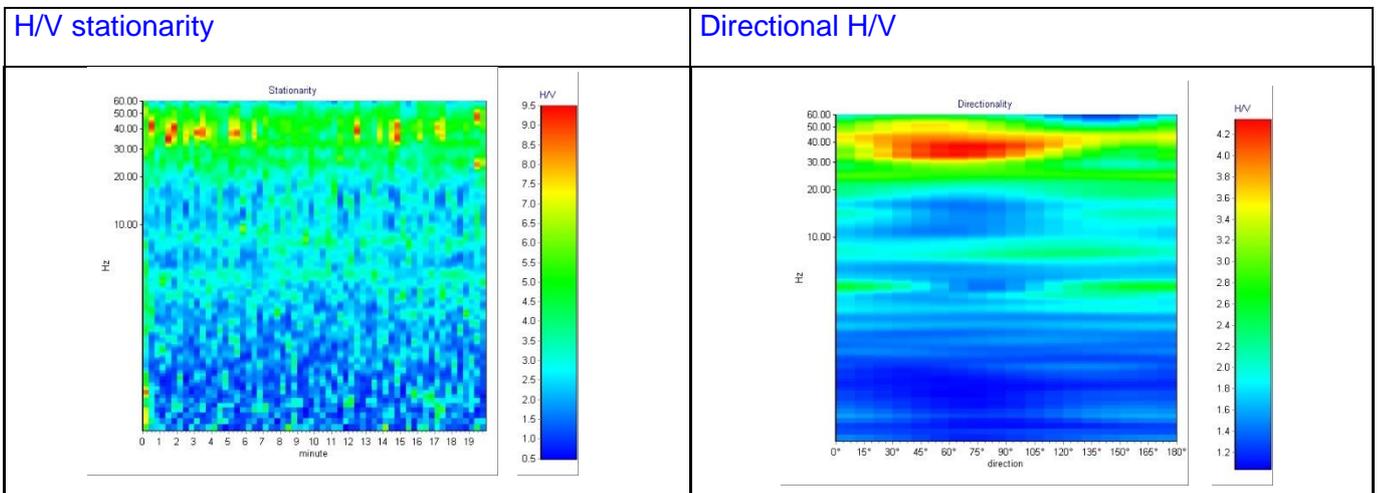
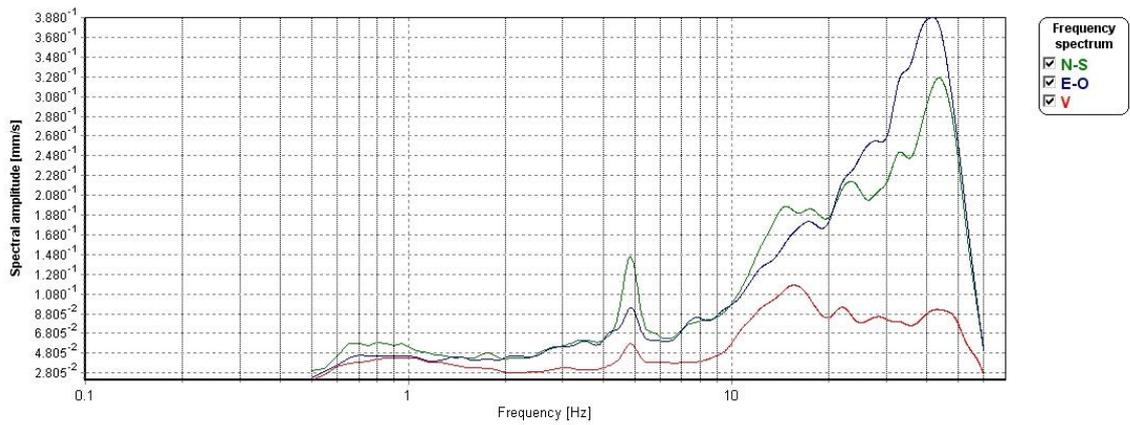
Allegato 2 - Scheda HVSr

Rapporto spettrale H/V – Sismometro Veloget



FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-60 Hz	4.82 – 7.79 – 40.0
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1 -12 Hz	3.16 – 3.21 – 5.5

Amplitude Spectra



Allegato 3 – Stratigrafia

		COMMITTENTE: ADAstra ENGINEERING S.R.L. CANTIERE: EX SCUOLA " PASTRO", VILLORBA (TV) ESECUZIONE DAL 07/06/2018 AL 07/06/2018 QUOTA INIZIO: P.C.			SONDAGGIO: S1 EX SCUOLA " PASTRO", VILLORBA (TV)							
ASSISTENTE: DOTT. M. PETTA OPERATORE: SIG. S. ALCIDES PERFORATRICE: A 65 R		CAMPIONI RIMANEGGIATI <input type="radio"/> da carotiere semplice <input type="radio"/> da S.P.T.	CAMPIONI INDISTURBATI <input type="checkbox"/> con Shelby Tube <input checked="" type="checkbox"/> con Osterberg	OSSERVAZIONI PEIZOMETRO A TUBO APERTO DA 2" IN PVC FESSURATO DA -6 m A -9 m. CAROTIERE SEMPLICE: Diametro 101 mm. RIVESTIMENTO METALLICO: Diametro 127 mm. MAETERIALE RIPOSTO IN N. 3 CASSETTE CATALOGATRICI IN PVC E FOTOGRAFATO.								
QUOTE (m)	STRATI GRAFIA	DESCRIZIONE	STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. TOR. (kg/cm ²)	S.P.T.		STRUMENTAZ.	LIVELLO ACQUA	
				prof.	t.	n.		H	N		data	m
		TERRENO DI RIPIORTO: GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, DEB. SABBIOSO LIMOSA, CON FRAMMENTI MM DI LATERIZI E RARI RESTI BITUMINIOSI, COLORE GRIGIO/MARRONE, NOCCIOLA NELLA PARTE ALTA.									07/06	4,4
2	-2.00	-2.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, SABBIOSA DEB. LIMOSA, COLORE GRIGIO CHIARO/BIANCASTRO.					3.00 3.15 3.30 3.45	27 33 31				
4	-4.10 -4.50	-4.10 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, COLORE GRIGIO CHIARO/BIANCASTRO. -4.50 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBORDINATAMENTE FINE, CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 7 CM), SUBARROTONDATA, IN MATRICE LIMOSO SABBIOSA, COLORE GRIGIO CHIARO/NOCCIOLA.										
6							6.00 6.15 6.30 6.45	23 40 35				
8												
10	-10.00	-10.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 4 CM), SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, CON SABBIA MEDIO GROSSA, COLORE GRIGIO CHIARO.					9.00 9.15 9.30 9.45	18 12 15				
12	-12.00	-12.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBORDINATAMENTE FINE, CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 8 CM), SUBARROTONDATA, SABBIOSA DEB. LIMOSA, COLORE GRIGIO CHIARO.										
14	-13.90	-13.90 SABBIA MEDIO GROSSA, CON GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBARROTONDATA, COLORE GRIGIO CHIARO.										
16	-15.00	-15.00 FINE SONDAGGIO A m 15.00										
18												
20												

Allegato 4 – Verifica alla liquefazione

DATI GENERALI

Cliente: ADASTRA ENGINEERING S.R.L.

Data

20/06/2018

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n. 617

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 4,4 m

DATI SIMICI

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0,15

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	GHIAIA SABBIOSO LIMOSA	0	4,1	20	21	64	0	0	0	0
2	GHIAIA	4,1	4,5	20	21	65	0	0	0	0
3	GHIAIA LIMOSO SABBIOSA	4,5	10	20	21	75	0	0	0	0
4	GHIAIA SABBIOSA	10	12	20	21	27	0	0	0	0
5	GHIAIA SABBIOSA DEB. LIMOSA	12	13,9	20	21	27	0	0	0	0
6	SABBIA GHIAIOSA	13,9	15	18	19,5	20	0	0	0	0

Dr (%)	Validità
40	Non valido
70	Non valido
70	Non valido
80	Non valido
80	Non valido
60	Valido per sabbie pulite

Prof. dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coeff. riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coeff. di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
4,60	92,200	90,239							Terreno non suscettibile di liquefazione
4,80	96,400	92,477							Terreno non suscettibile di liquefazione
5,00	100,600	94,716							Terreno non suscettibile di liquefazione
5,20	104,800	96,955							Terreno non suscettibile di liquefazione
5,40	109,000	99,193							Terreno non suscettibile di liquefazione
5,60	113,200	101,432							Terreno non suscettibile di liquefazione
5,80	117,400	103,671							Terreno non suscettibile di liquefazione
6,00	121,600	105,909							Terreno non suscettibile di liquefazione
6,20	125,800	108,148							Terreno non suscettibile di liquefazione
6,40	130,000	110,387							Terreno non suscettibile di liquefazione
6,60	134,200	112,625							Terreno non suscettibile di liquefazione
6,80	138,400	114,864							Terreno non suscettibile di liquefazione
7,00	142,600	117,103							Terreno non suscettibile di liquefazione
7,20	146,800	119,341							Terreno non suscettibile di liquefazione
7,40	151,000	121,580							Terreno non suscettibile di liquefazione

7,60	155,200	123,819							Terreno non suscettibile di liquefazione
7,80	159,400	126,057							Terreno non suscettibile di liquefazione
8,00	163,600	128,296							Terreno non suscettibile di liquefazione
8,20	167,800	130,535							Terreno non suscettibile di liquefazione
8,40	172,000	132,773							Terreno non suscettibile di liquefazione
8,60	176,200	135,012							Terreno non suscettibile di liquefazione
8,80	180,400	137,251							Terreno non suscettibile di liquefazione
9,00	184,600	139,489							Terreno non suscettibile di liquefazione
9,20	188,800	141,728							Terreno non suscettibile di liquefazione
9,40	193,000	143,967							Terreno non suscettibile di liquefazione
9,60	197,200	146,205							Terreno non suscettibile di liquefazione
9,80	201,400	148,444							Terreno non suscettibile di liquefazione
10,00	205,600	150,683							Terreno non suscettibile di liquefazione
10,20	209,800	152,921							Terreno non suscettibile di liquefazione
10,40	214,000	155,160							Terreno non suscettibile di liquefazione
10,60	218,200	157,399							Terreno non suscettibile di liquefazione
10,80	222,400	159,638							Terreno non suscettibile di liquefazione
11,00	226,600	161,876							Terreno non suscettibile di liquefazione
11,20	230,800	164,115							Terreno non suscettibile di liquefazione

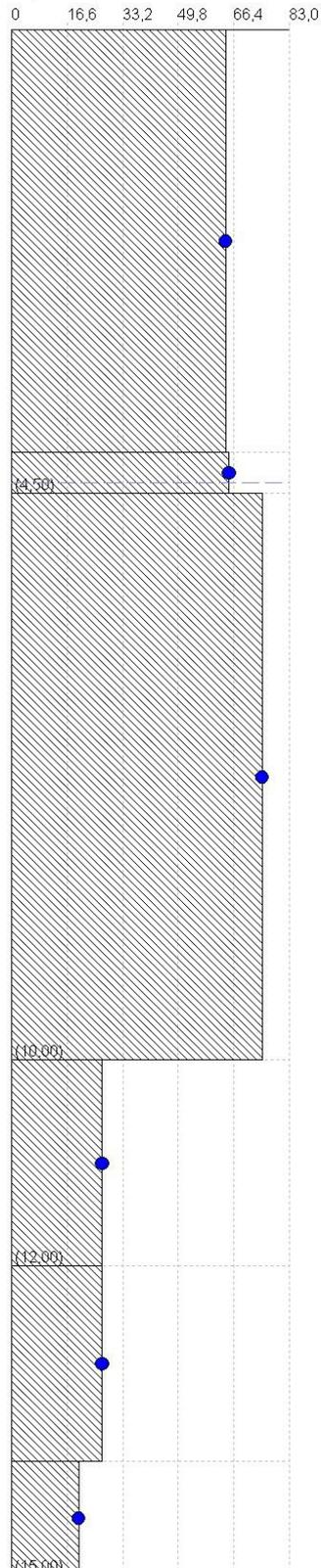
11,40	235,000	166,354								Terreno non suscettibile di liquefazione
11,60	239,200	168,592								Terreno non suscettibile di liquefazione
11,80	243,400	170,831								Terreno non suscettibile di liquefazione
12,00	247,600	173,070								Terreno non suscettibile di liquefazione
12,20	251,800	175,308								Terreno non suscettibile di liquefazione
12,40	256,000	177,547								Terreno non suscettibile di liquefazione
12,60	260,200	179,786								Terreno non suscettibile di liquefazione
12,80	264,400	182,024								Terreno non suscettibile di liquefazione
13,00	268,600	184,263								Terreno non suscettibile di liquefazione
13,20	272,800	186,502								Terreno non suscettibile di liquefazione
13,40	277,000	188,740								Terreno non suscettibile di liquefazione
13,60	281,200	190,979								Terreno non suscettibile di liquefazione
13,80	285,400	193,218								Terreno non suscettibile di liquefazione
14,00	289,450	195,306	0,692	13,840	0,790	0,154	0,064	2,38		Terreno non suscettibile di liquefazione
14,20	293,350	197,245	0,688	13,765	0,787	0,153	0,064	2,37		Terreno non suscettibile di liquefazione
14,40	297,250	199,184	0,685	13,691	0,784	0,152	0,064	2,36		Terreno non suscettibile di liquefazione
14,60	301,150	201,122	0,681	13,618	0,781	0,151	0,064	2,35		Terreno non suscettibile di liquefazione
14,80	305,050	203,061	0,677	13,547	0,778	0,151	0,064	2,34		Terreno non suscettibile di liquefazione

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

Colonna stratigrafica

1	0,00	GHIAIA SABBIOSO LIMOSA
	4,1	
2	4,5	GHIAIA LIMOSA SABBIOSA
	4,4	
3	10,0	GHIAIA SABBIOSA
	FALDA	
4	12,0	GHIAIA SABBIOSA DEB. LIMOSA
5	13,9	SABBIA GHIAIOSA
	15,0	

Nspt



Fattore di sicurezza Fs



Allegato 5 - Atlante fotografico



Foto 1 - Stendimento sismico RM-01.



Foto 2 - Strumentazione utilizzata la misura HVSR: Dymas 24, sensore Veloget e cavi di collegamento.



Foto 3 - Sondaggio S1 – Cassetta N. 1: da 0.0 m a 5.0 m.



Foto 4 - Sondaggio S1 – Cassetta N. 2: da 5.0 m a 10.0 m.



Foto 5 - Sondaggio S1 – Cassetta N. 3: da 10.0 m a 15.0 m.