

PROVINCIA DI VERONA
COMUNE DI ZEVIO

**PROGETTO PER IL PIANO DI LOTTIZZAZIONE ZONA C2B
RESIDENZIALE DI ESPANSIONE (SCHEDA AP 07) ED OPERE
DI URBANIZZAZIONE IN FRAZIONE SANTA MARIA**

COMMITTENZA: Società Strambini Santa Maria

PROGETTAZIONE: Studio Tecnico Associato Cottarelli Ing. Ermanno & Da Vià Ing. Claudio
Vicolo San Martino, 2 - 37045 Legnago (Vr)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
(ai sensi del D.M. 17.01.2018)

I tecnici incaricati

DOTT. GEOL. MAURO MANCINI



DOTT. GEOL. MAURO MICHELE GRUZZOLI



SOMMARIO

RELAZIONE GEOLOGICA

PREMESSA.....	pag. 3
DATI DI PROGETTO	pag. 3
1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO	pag. 5
1.1 Ubicazione e topografia.....	pag. 5
1.2 Unità geologiche, litologiche, strutturali	pag. 6
1.3 Forme del terreno e processi geomorfologici.....	pag. 7
1.4 Rischi geologici, naturali e indotti	pag. 9
1.5 Idrografia	pag. 9
1.6 Idrogeologia	pag. 9
1.7 Quota di falda	pag. 10
1.8 Vincoli, sicurezza idraulica	pag. 10
2. RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO.....	pag. 13
2.1 Unità litotecniche e valori medi di caratterizzazione	pag. 13
3. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ	pag. 17
3.1 Determinazione categoria suolo di fondazione	pag. 17
3.2 Zonazione sismica	pag. 19
3.3 Dati sismici per le verifiche degli stati limite	pag. 20
3.4 Liquefazione dei terreni	pag. 21
4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE DI CARATTERE GEOLOGICO	pag. 22

VALUTAZIONI GEOTECNICHE PER LA VIABILITA' DI LOTTIZZAZIONE

5. CALCOLO DEL PACCHETTO STRADALE	pag. 23
6. CONCLUSIONI ED ACCORGIMENTI TECNICI.....	pag. 25
BIBLIOGRAFIA	pag. 26
Riferimenti bibliografici e normativi	pag. 26
Riferimenti cartografici	pag. 26

RELAZIONE GEOLOGICA

(NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17.01.2018)

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Committenza si è provveduto alla redazione della presente Relazione Geologica – Geotecnica relativa al progetto edile di seguito descritto ed ubicato in territorio comunale di **Zevio** in loc. **Santa Maria** e precisamente in fregio alla Strada Comunale del Cimitero; l'intervento prevede la realizzazione delle opere di urbanizzazione del PUA denominato "F.lli Strambini" – Scheda AP 07, sito in prossimità della frazione di Santa Maria.

Il presente scritto fa riferimento ai disposti del D.M. 17.01.18 "Norme Tecniche per le Costruzioni". La caratterizzazione sismica del territorio fa riferimento ai disposti dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 e s.m.i. ed a quanto previsto dalla D.G.R. n. 3308 del Veneto del 04/11/2008.

Per ottenere i dati necessari alla caratterizzazione geolitologica e geotecnica dei terreni di fondazione sono state eseguite le seguenti indagini di campagna:

DATA INDAGINE:	03.03.2020
TIPO DI INDAGINE:	Scavo geognostico esplorativo; n. 2 verticali. rilievo tromografico con sistema a sismica passiva (HSVR)
MEZZO D'OPERA	Escavatore meccanico gommato
PROFONDITÀ INDAGATA:	max 3,00 m da attuale piano campagna

DATI DI PROGETTO

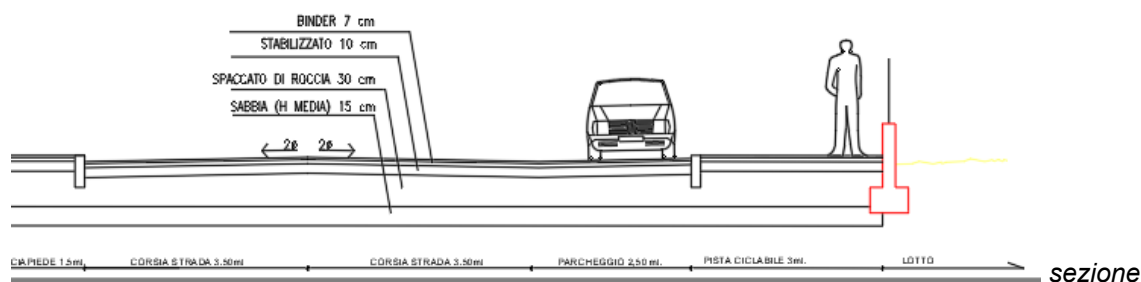
COMMITTENZA: Società Strambini Santa Maria – Scheda AP 07.

UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO: Santa Maria di Zevio, VR - piano di lottizzazione zona C2B (scheda AP 07).

PROGETTAZIONE: Studio Tecnico Cottarelli – Da Vià.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO: realizzazione delle opere di urbanizzazione relative ad un P.U.A. residenziale costituito da n. 12 lotti; seguono alcuni estratti di progetto mentre per i dettagli si rimanda agli Elaborati Tecnici a firma dello Studio di Progettazione.

SEZIONE STRADALE B-B





Planimetria

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA D'INTERVENTO

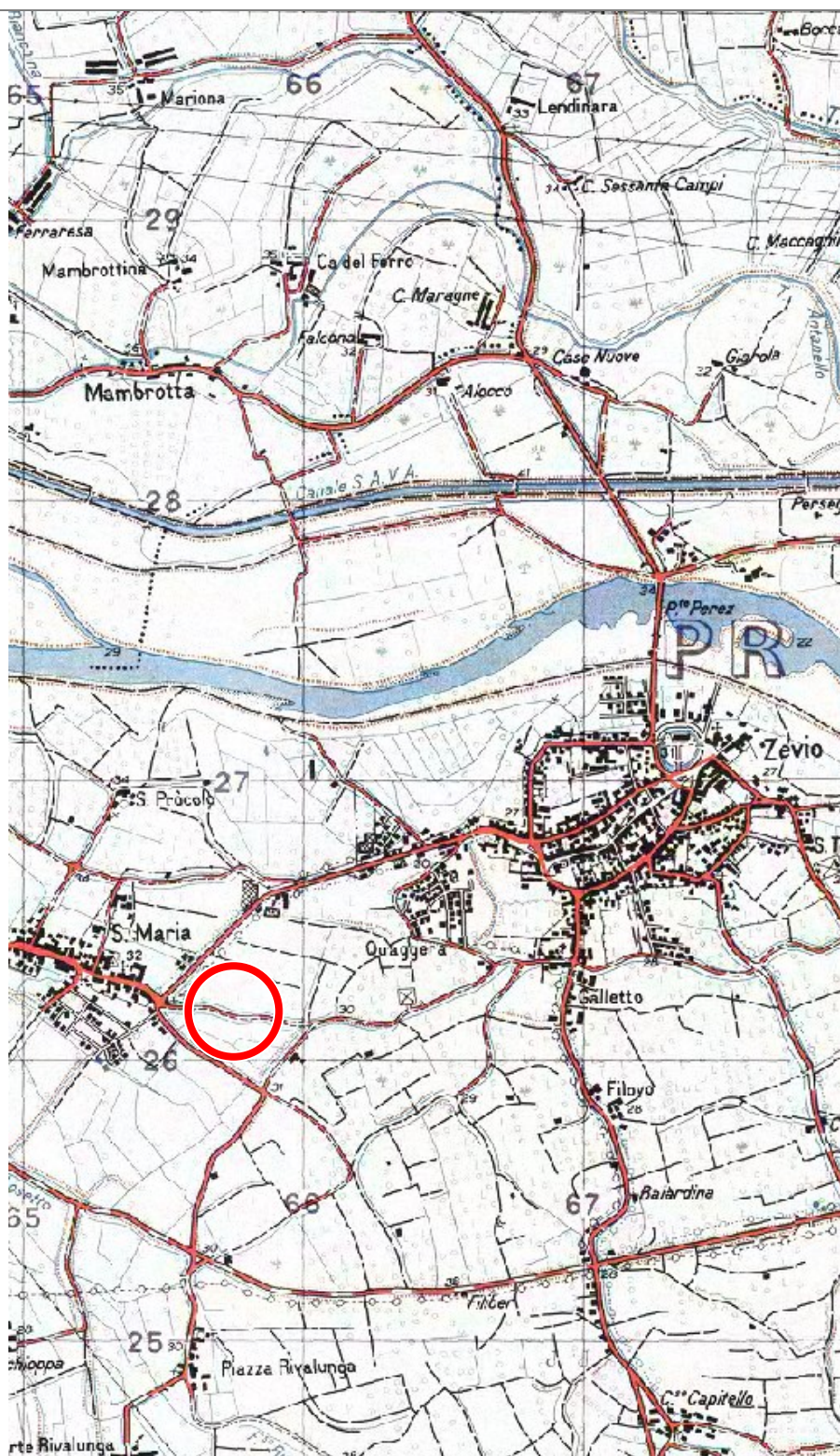
1.1 Ubicazione e topografia

L'area di intervento è ubicata in loc. Santa Maria, in fregio alla Strada comunale del Cimitero, sita al margine orientale della frazione; la topografia dell'area è sostanzialmente pianeggiante con quota media dei terreni pari a circa 30 m s.l.m. (vedi seguenti estratti da TAVOLETTA I.G.M. – scala 1:25.000 e da CTR scala 1:5.000).

ESTRATTO DA
TAVOLETTA I.G.M.
(SCALA 1:25.000)

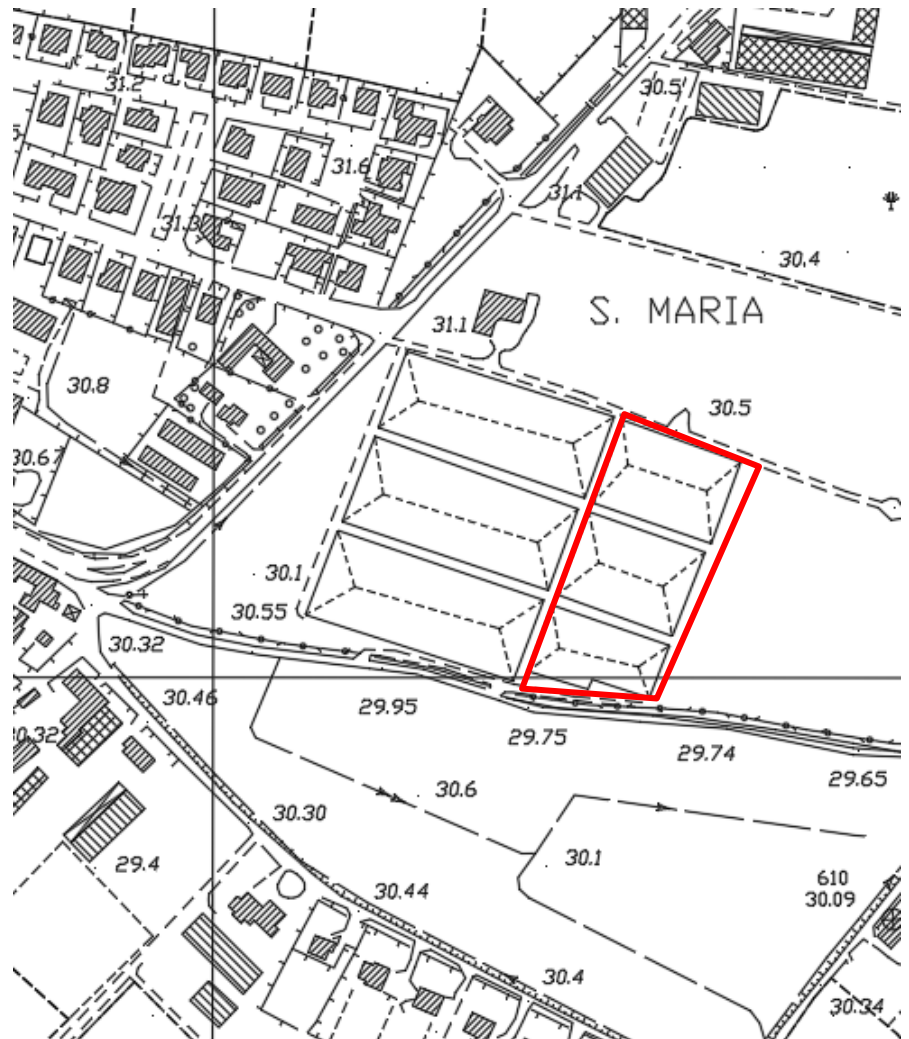
○ Area di intervento

CARATTERISTICHE
TOPOGRAFICHE:
Area pianeggiante



ESTRATTO DA C.T.R

■ Area di intervento



1.2 Unità geologiche, litologiche, strutturali

I tipi litologici superficiali della zona sono rappresentati da alluvioni quaternarie medio/fini, (sabbie, limi sabbiosi); nel substrato si rinvengono sedimenti di analoga natura e granulometria che al crescere della profondità si alternano a terreni a granulometria maggiore quali sabbie grossolane e ghiaia; la giacitura dei sedimenti è tipicamente lenticolare con frequenti variazioni di potenza degli strati anche in ambiti areali limitati. La cartografia geologica consultata vi indica i seguenti depositi:

- CARTA GEOLOGICA DEL VENETO, scala 1:250.000: *depositi alluvionali e fluvio-glaciali costituiti da alternanze di ghiaie con limi e argille con limi ed argille (Quaternario)*;
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – F. 49 VERONA, scala 1:100.000: *litotipo fg^w – alluvioni fluvio-glaciali prevalentemente sabbiose (WÜRM)*.

Nello specifico si osserva la presenza di un primo orizzonte di litologie fini (sabbie, limi sabbiosi) cui soggiacciono orizzonti più grossolani (sabbie/ghiaie/ciottoli).

Seguono gli estratti cartografici di riferimento.

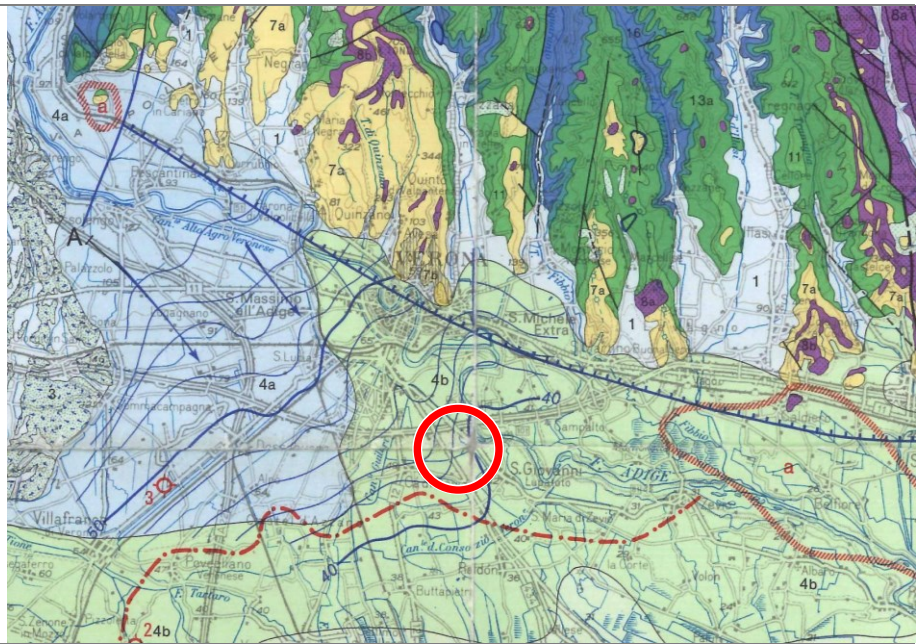
ESTRATTO DA CARTA
GEOLOGICA DEL
VENETO
(part. non in scala)

4a Alluvioni fluviali
e fluvioglaciali a ghiaie
e sabbie prevalenti
(Quaternario)

4b Alluvioni fluviali
e fluvioglaciali a ghiaie
e sabbie con limi ed
argille (Quaternario)

4c Alluvioni fluviali
e fluvioglaciali a limi ed
argille prevalenti
(Quaternario)

○ Area di intervento



ESTRATTO DA
CARTA GEOLOGICA
D'ITALIA
(part. non in scala)

fg^W Alluvioni fluvioglaciali e fluviali
prevalentemente
sabbiose (Wurm)

fg^R Alluvioni fluvioglaciali e fluviali
prevalentemente
ghiaiose (Riss)

a¹⁻² Alluvioni
terrazzate grossolane e
minute dell' Adige e
alluvioni dei corsi
d'acqua sbarrati dalla
antica conoide
dell'Adige

○ Area di intervento



1.3 Forme del terreno e processi geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico ci troviamo in un territorio di pianura alluvionale dove, nel corso del Pliocene e del Quaternario, hanno dominato i fenomeni deposizionali.

Il Fiume Adige, assieme agli altri scaricatori fluvioglaciali, hanno maggiormente determinato, nel tempo, l'assetto morfologico del territorio sovrapponendo agli episodi deposizionali quelli erosivi, variando il suo corso, alternando fasi di alta energia (*piene*) ad episodi di bassa energia (*magre*).

Solo in tempi recenti, gli interventi idraulici di regimazione del Fiume hanno determinato una drastica riduzione dei fenomeni morfogenetici naturali; le tracce delle antiche strutture rimangono, tuttavia, evidenti e fra esse si notano scarpate di terrazzo fluviale, coni di esondazione e paleoalvei.

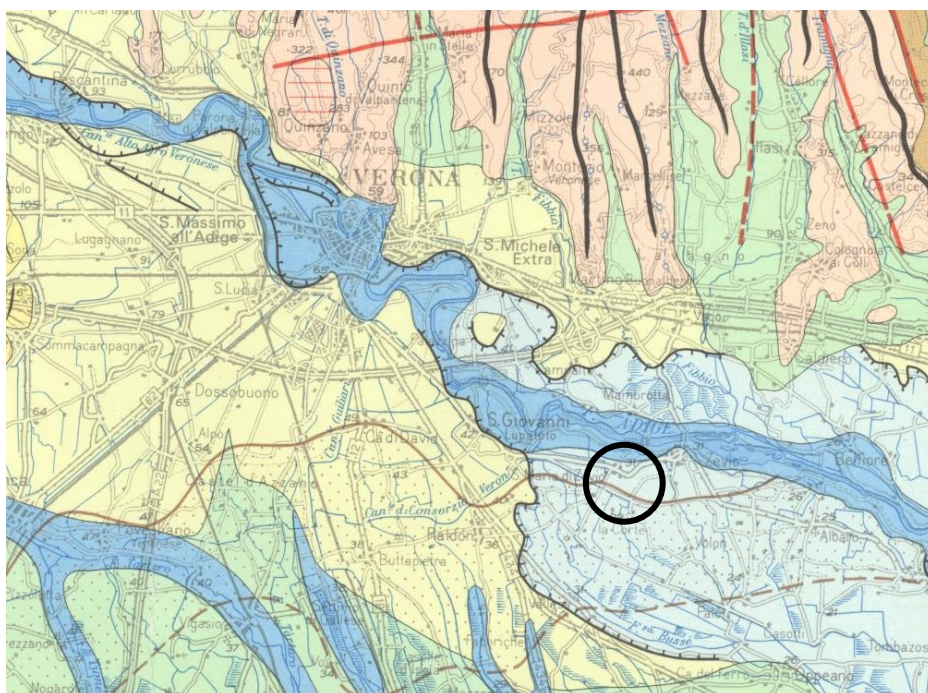
Le suddette strutture si manifestano come irregolarità più o meno accentuate della superficie di campagna sulla quale si alternano aree di alto topografico ad aree depresse ad andamento spesso sinuoso o meandriforme a testimoniare gli antichi tracciati fluviali.

Di seguito si riporta un estratto dalla carta delle UNITÀ GEOMORFOLOGICHE DEL VENETO – scala 1:250.000 – dove si evidenziano i caratteri geomorfologici sopra esposti.

ESTRATTO DA
CARTA DELLE UNITÀ
GEOMORFOLOGICHE

LEGENDA

- Fascia di divagazione delle aste fluviali antiche e recenti
- Depositi mobili degli alvei fluviali attuali
- Fasce fluviali lesse e zone a deflusso difficoltoso
- Depositi fluviali della pianura alluvionale recente
- Area di intervento



Dal maggior dettaglio fornito dalla CARTA GEOMORFOLOGICA DI UNA PORZIONE DELLA PIANURA A SUDEST DI VERONA si osserva quanto segue.

Alla scala del microrilievo, l'area di studio risulta interessata dalla presenza di tenui ondulazioni e discontinuità più o meno marcate riconducibili alla presenza di antiche strutture tipiche delle aree di pianura alluvionale quali terrazzi e relative scarpate erosive, paleoalvei, coni di esondazione e ventagli di rotta; tali strutture sono spesso obliterate dall'intervento antropico di tipo insediativo ed agricolo.

Consultando la CARTA GEOMORFOLOGICA DI UNA PORZIONE DELLA PIANURA A SUD-EST DI VERONA (scala 1:25.000) si può osservare che nel settore ove si colloca l'area in esame è indicata la presenza in affioramento di depositi limosi riconducibili alla paleoattività del Fiume Adige il cui alveo attuale risiede a meno di un Km più a Nord.

Di seguito si riporta uno stralcio della suddetta CARTA GEOMORFOLOGICA dove è anche indicata la posizione del *pozzo n. 89* la cui stratigrafia può essere assunta come rappresentativa della successione sedimentaria di questa zona; si propone poi la sezione geologica individuata dalla traccia EST – OVEST sulla stessa carta geomorfologica.

ESTRATTO DA CARTA GEOMORFOLOGICA (particolare non in scala)

LEGENDA

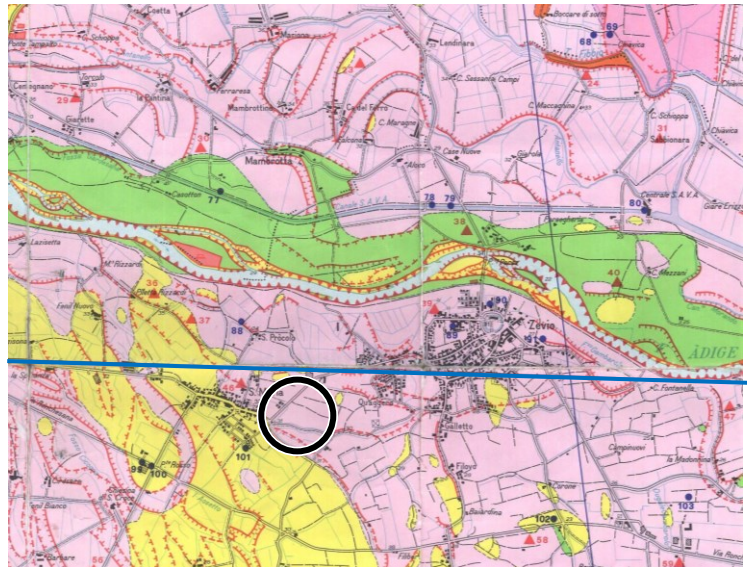
- ▲ Orlo di terrazzo di $h > 3$ m
- TT Orlo di terrazzo e limite di dosso ($h < 3$ m; poco evidenti)

Depositi affioranti:

- prev. ghiaiosi
- prev. sabbiosi
- prev. limosi

- Stratigrafia pozzo e n. di riferimento

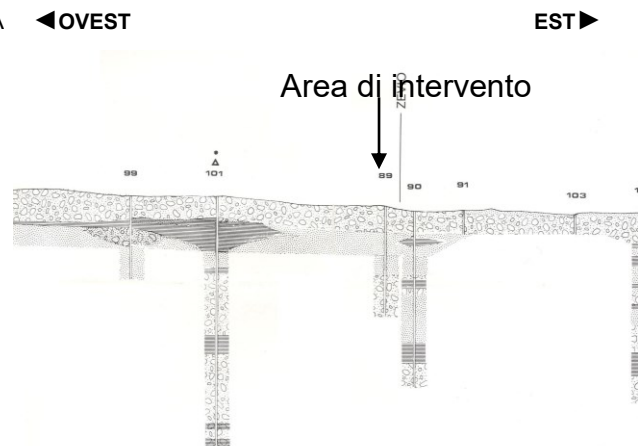
- Area d'intervento



POZZO n. 89

SEZIONE GEOLOGICA E-W

INTERVALLO	LITOLOGIA
p.c. – 2,5	Terreno d'alterazione
2,5 – 13,0	Ghiaia, sabbia e ciottoli
13,0 – 29,5	Sabbia
29,5 – 30,0	Argilla
30,0 – 48,0	Sabbia e ghiaia



1.4 Rischi geologici, naturali e indotti

L'area non appare interessata da fenomeni di dissesto in atto o potenziali e pertanto il territorio appare stabile.

1.5 Idrografia

L'elemento idrografico principale è il Fiume Adige che scorre circa 1,0 Km a Nord del sito di indagine; si osserva inoltre la presenza di corsi d'acqua minori e l'idrografia di superficie è completata dalla rete di fossi e scoli a servizio dei terreni agricoli circostanti.

1.6 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico la differenziazione granulometrica degli orizzonti stratigrafici presenti nel substrato della Pianura Veronese determina strutture idrogeologiche non omogenee e disuniformi, variabili soprattutto da monte verso valle; l'area di intervento si trova a Nord della fascia dei fontanili, questa linea rappresenta il confine tra il potente materasso ghiaioso quaternario della fascia di alta pianura, dove si ritrova un unico grande acquifero indifferenziato, che procedendo verso SE si divide e si differenzia progressivamente in sistemi di più acquiferi sovrapposti e separati fra loro da livelli di sedimenti fini (argille s.l.) praticamente impermeabili.

La direzione di deflusso delle acque sotterranee è all'incirca NW-SE, caratteristica questa comune a buona parte del territorio della media pianura veronese.

Per la visione dei dati sopra illustrati si riporta uno stralcio della CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA VERONESE ORIENTALE (cfr. bibliografia).

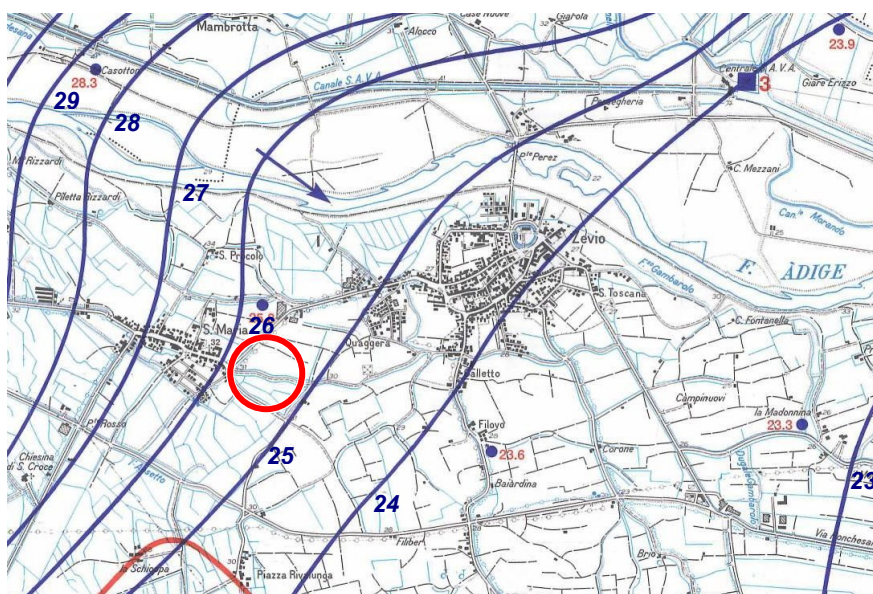
ESTRATTO DA CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA VERONESE ORIENTALE (part. non in scala)

23 Isofreatica con quota in m s.l.m.

Direzione di deflusso sotterraneo

25,0 Pozzo con quota freatica

Area d'intervento



1.7 Quota di falda


Alla data di esecuzione delle indagini la quota di falda superficiale non è stata rilevata fino a circa -3,00 m da piano campagna attuale; sono note oscillazioni stagionali di ordine decimetrico / metrico in stretto rapporto con il regime delle precipitazioni e delle pratiche irrigue e dalla conformazione del microrilievo specie in corrispondenza dei principali orli di terrazzo.

1.8 Vincoli, sicurezza idraulica

L'area in tempi recenti non ha subito esondazioni o altri episodi di dissesto idrogeologico ed è da ritenersi sicura sotto il profilo idraulico; a tal proposito si osservi il successivo stralcio da CARTA DELLE FRAGILITÀ relativa al P.T.P. (Piano Territoriale Provinciale) redatto a cura della Provincia di Verona nel quale si nota che la porzione di territorio comunale dove è previsto l'intervento edilizio, non ricade in aree di attenzione né di pericolo idraulico; la vulnerabilità idrogeologica è elevata e consegue al grado di permeabilità dei terreni subaffioranti (ghiaie in matrice sabbiosa); la stessa area ricade in un'ampia fascia indicata come di *ricarica degli acquiferi*.

ESTRATTO DA CARTA
DELLE FRAGILITÀ


Pericolo Idraulico:


-  Molto elevato
-  Elevato
-  Medio
-  Moderato


Vulnerabilità


Idrogeologica:


-  Molto elevata
-  Elevata
-  Media
-  Moderata

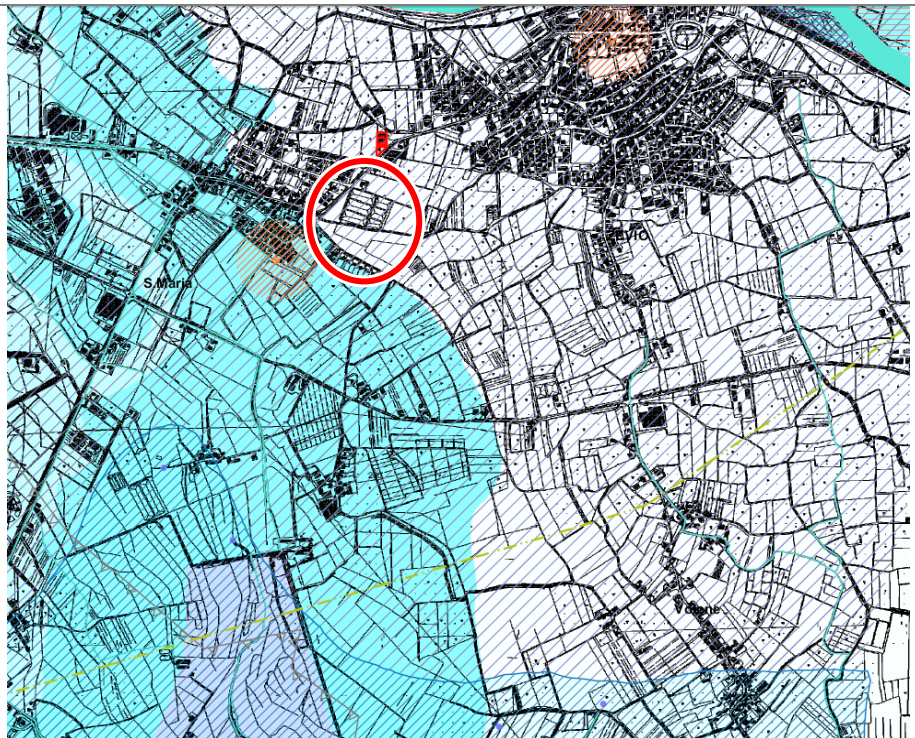
 Ambito di
attenzione idraulica

 Impatto principali
linee di comunicazione

 Fascia di rispetto
punto di prelievo pozzi
pubblici ed acquedotti

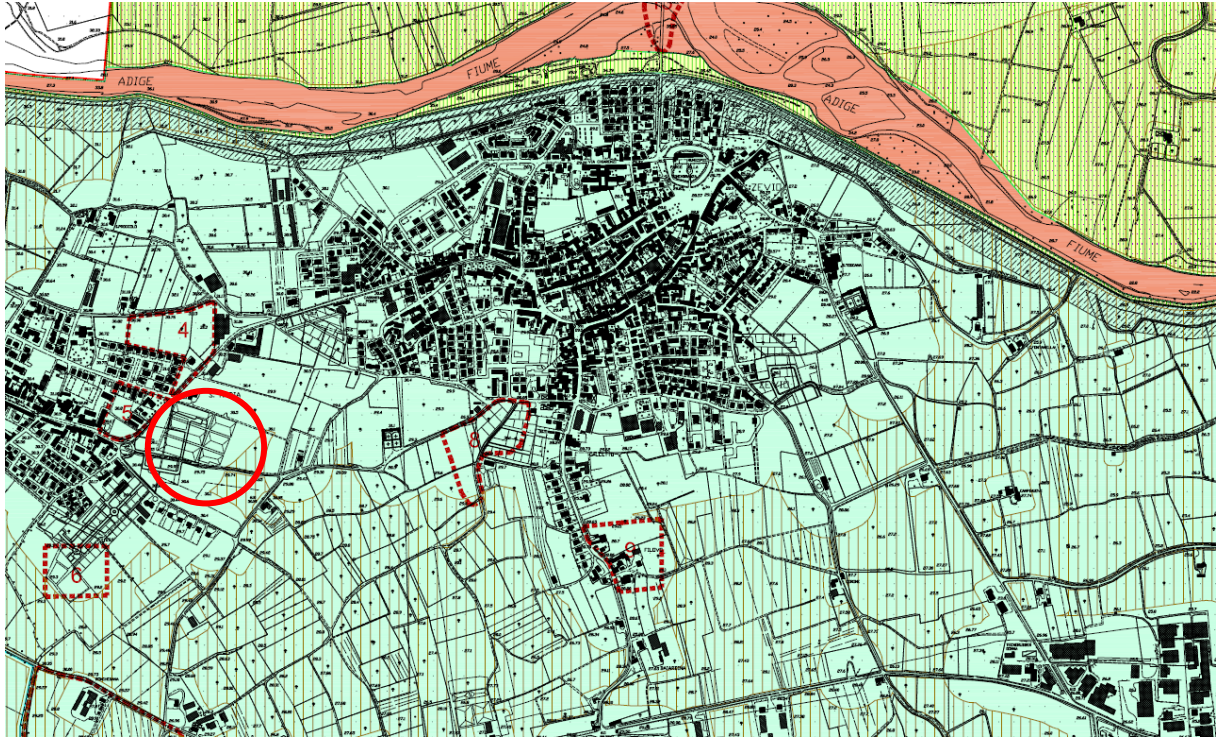
 Area di intervento

 Fascia di ricarica
acquiferi
















Anche in relazione al PAT comunale non si segnalano aree soggette a dissesto idrogeologico, né aree esondabili o soggette a ristagno idrico.

La zona di intervento è definita come idonea ai fini edificatori (art. 2.5.1); segue un estratto del PAT comunale dove si evidenziano le caratteristiche sopra esposte.



LEGENDA

	Confini comunali	Art. 1.1.1
COMPATIBILITA' GEOLOGICA		
	Area idonea	Art. 2.5.1
	Area idonea a condizione	Art. 2.5.1
	Area non idonea	Art. 2.5.1
AREE A DISSESTO IDROGEOLOGICO		
	Area a pericolosità idraulica	Art. 2.5.2
	Area a ridotta efficacia idraulica	Art. 2.5.2
ZONE DI TUTELA		
	Corsi d'acqua principali	Art. 2.4.1
	Aree comprese tra gli argini maestri e il corso d'acqua	Art. 2.5.3
	Fascia di rispetto arginature principali dei fiumi	Art. 2.5.4
	Aree di possibile interesse archeologico con numero di riferimento	Art. 2.1.4
AREE AGRO-AMBIENTALI FRAGILI		
	Aree per lo smaltimento degli effluenti zootecnici	Art. 2.5.5
	Ambiti agricoli soggetti ad allagamenti	Art. 2.5.5

 Area di intervento

2. RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO

2.1 Unità litotecniche e valori medi di caratterizzazione

Per la valutazione litologica e la definizione dei principali parametri geotecnici dei terreni di fondazione ci si è avvalsi dei dati ottenuti dall'esecuzione di saggi geognostici a mezzo escavatore meccanico, ed inoltre si sono confrontati i dati con precedenti indagini eseguite nelle vicinanze dell'area d'intervento (scavi esplorativi, sondaggi geognostici a carotaggio continuo e stratigrafia pozzi).

Le suddette indagini mostrano la presenza di sedimenti alluvionali di copertura a grana fine (sabbia, sabbia limosa) cui seguono terreni di granulometria grossolana, variabili dalle sabbie grossolane, ghiaietto e ghiaie; tali depositi si alternano anche in profondità ed a tal proposito si riporta a seguire la litostratigrafia media dedotta dai saggi esplorativi eseguiti nell'area di intervento.

<i>Modello geologico-geotecnico</i>				
PROFONDITÀ (in m da p.c.)	LITOLOGIA ORIENTATIVA	ϕ' medio	c_u medio	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
<i>p.c. -0,40</i>	<i>Terreno vegetale limoso di colore bruno marrone</i>	--	--	--
<i>0,40 - 0,80</i>	<i>Limi sabbiosi/sabbie limose;</i>	<i>30°-32°</i>	<i>60 kPa</i>	<i>Buone</i>
<i>0,80 - 3,00</i>	<i>Ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa grossolana</i>	<i>33°-35°</i>	<i>0 kPa</i>	<i>Molto buone</i>
<i>Falda assente fino a fondo scavi (- 3,00 m)</i>				

I valori di angolo di attrito ϕ' si riferiscono ai terreni a prevalenza granulare (sabbie e ghiaie) mentre i valori di coesione c_u sono relativi agli intervalli coesivi (argille e limi); in assenza di prove di laboratorio i valori assegnati sono da considerarsi orientativi e cautelativi.

Seguono alcune viste fotografiche del rilievo in sito.

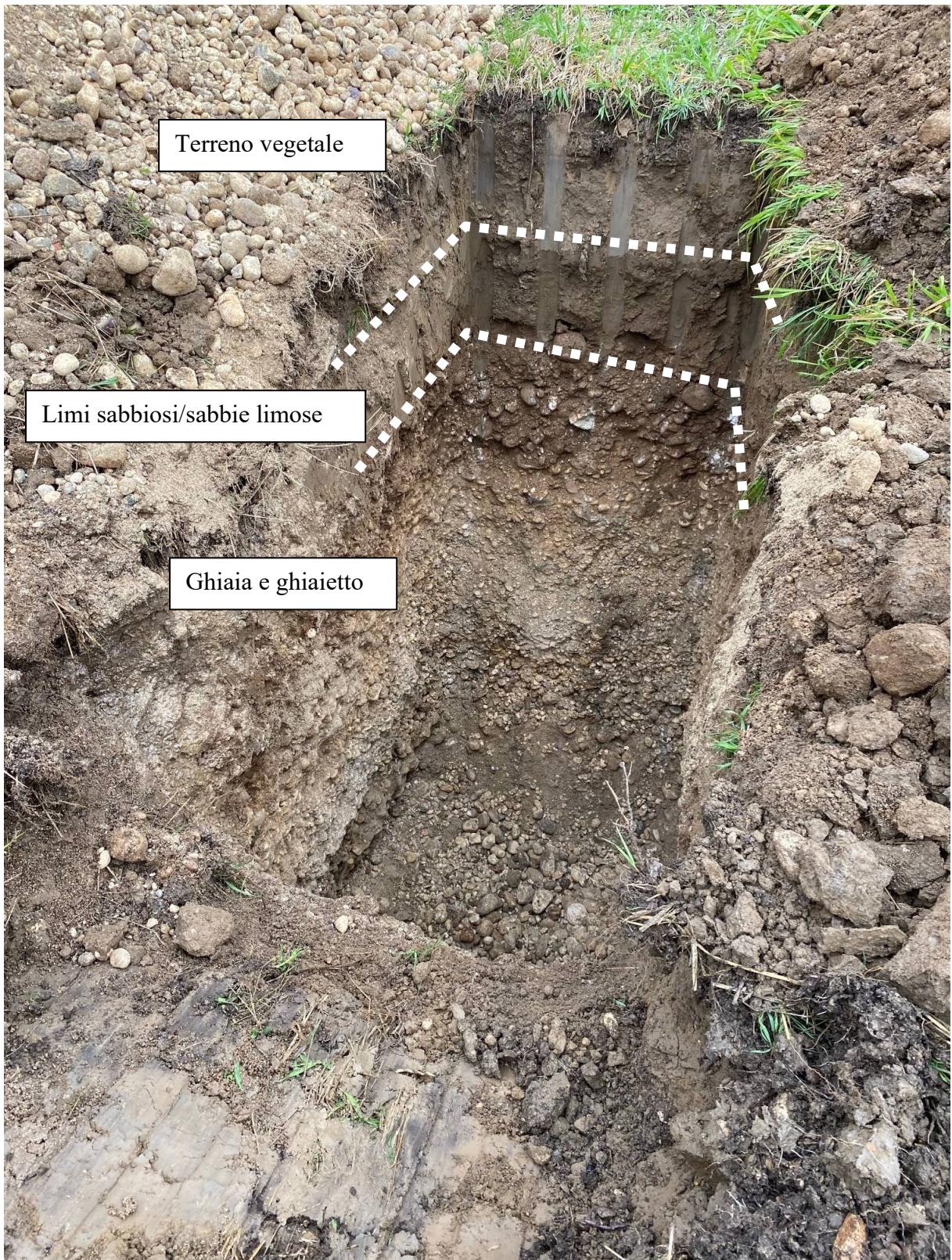


Foto 1: vista di una trincea di scavo (S1).



Foto 2: vista di una ulteriore trincea di scavo (S2)



Foto 3: particolare dei materiali estratti in S1



Foto 4: vista della trincea S2 e particolare dei materiali ghiaiosi estratti in primo piano.

3. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA'

3.1 Determinazione categoria suolo di fondazione

Nella Carta di pericolosità sismica con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (OPCM 3519 del 28/04/06) il **Comune di Zevio** viene indicato come avente un'accelerazione orizzontale ag/g compresa tra $0,125 < g < 0,150$.

Per la determinazione del parametro Vs30 si è utilizzata una tecnologia a sismica passiva con misura del rumore sismico.

Tale dato (sostanzialmente viene misurato un microtremore compreso tra 0,1 e 200 Hz) viene trasformato in Vs30 mediante l'inversione dei valori H/V (spessore strato/velocità).

In tal modo si riesce a stimare il valore Vs30 (velocità media di propagazione delle onde sismiche nei primi 30 metri).

TROMINO® Grilla
www.tromino.it

Instrument: TRZ-0021/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 71% trace (manual window selection)

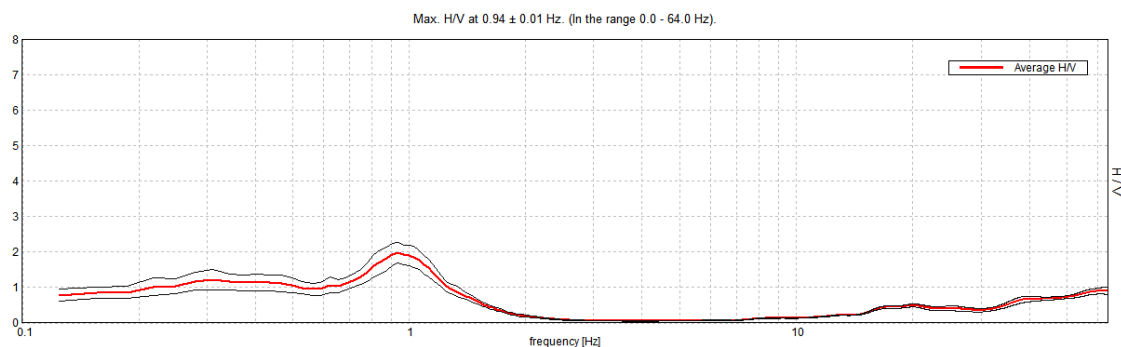
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

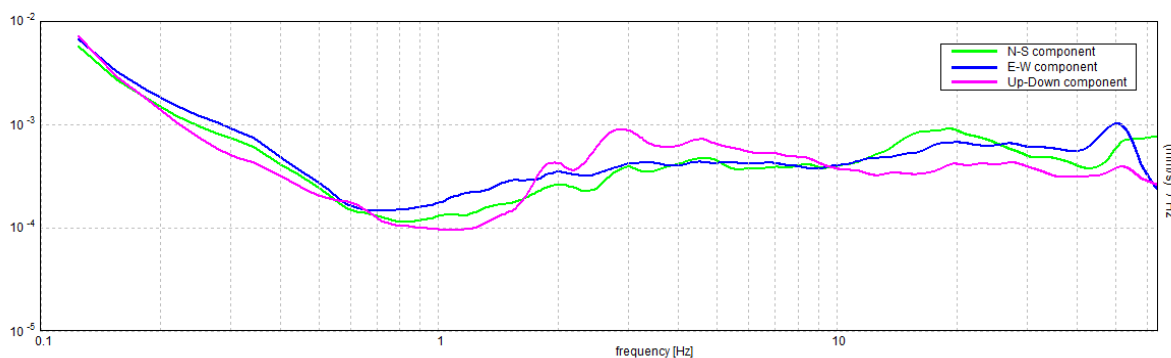
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

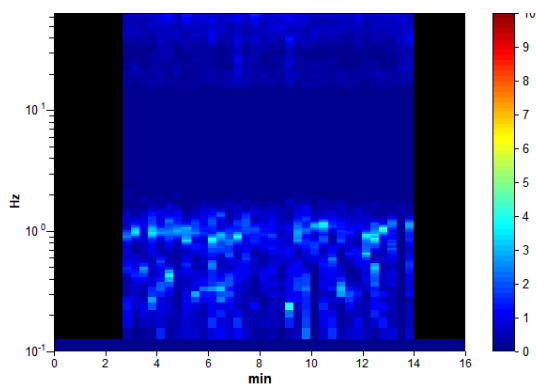
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



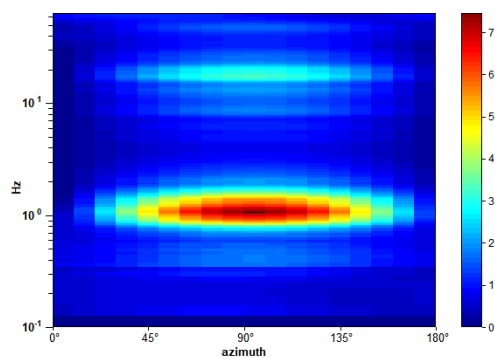
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V TIME HISTORY

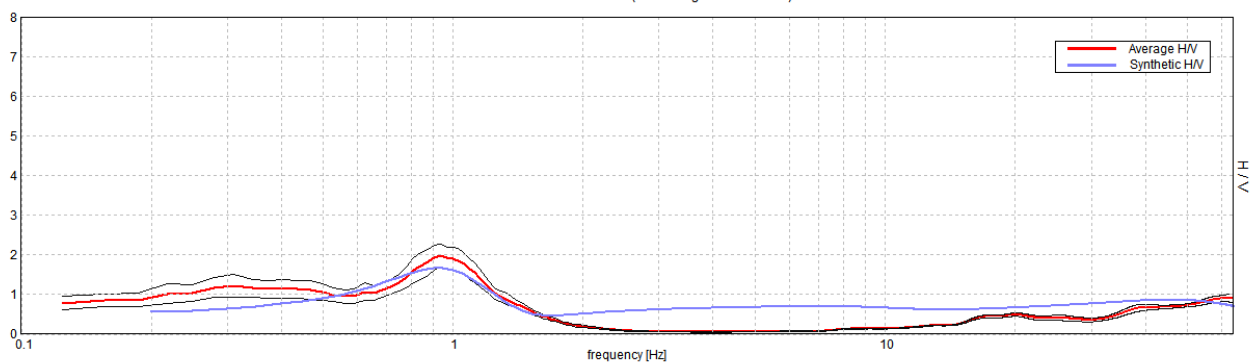


DIRECTIONAL H/V



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

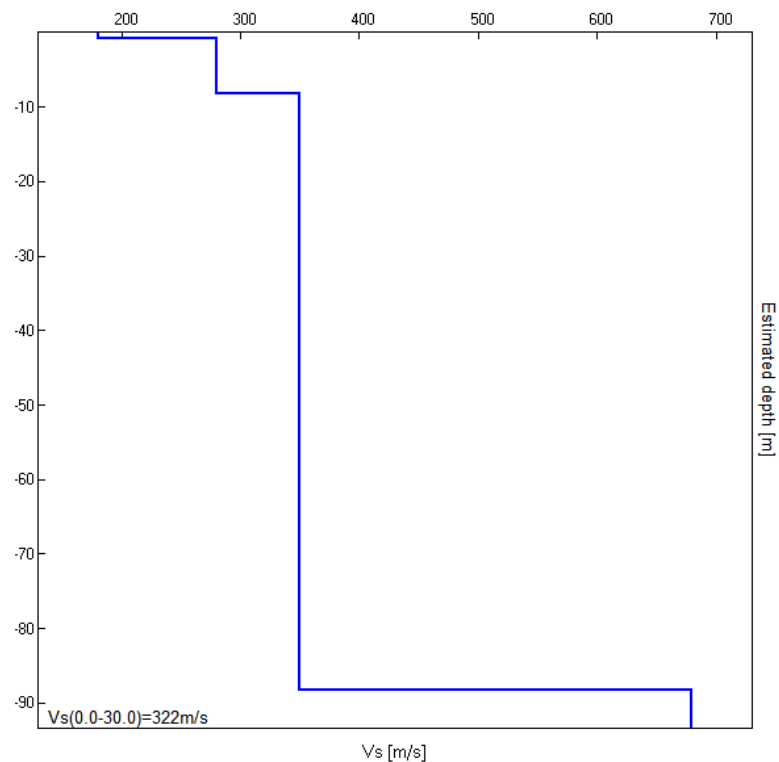
Max. H/V at 0.94 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	V _s [m/s]	Poisson ratio
0,80	0,80	180	0,35
8,30	7,50	280	0,35
88,30	80,00	350	0,35
inf.	inf.	680	0,42

V_{s30}=322 m/s

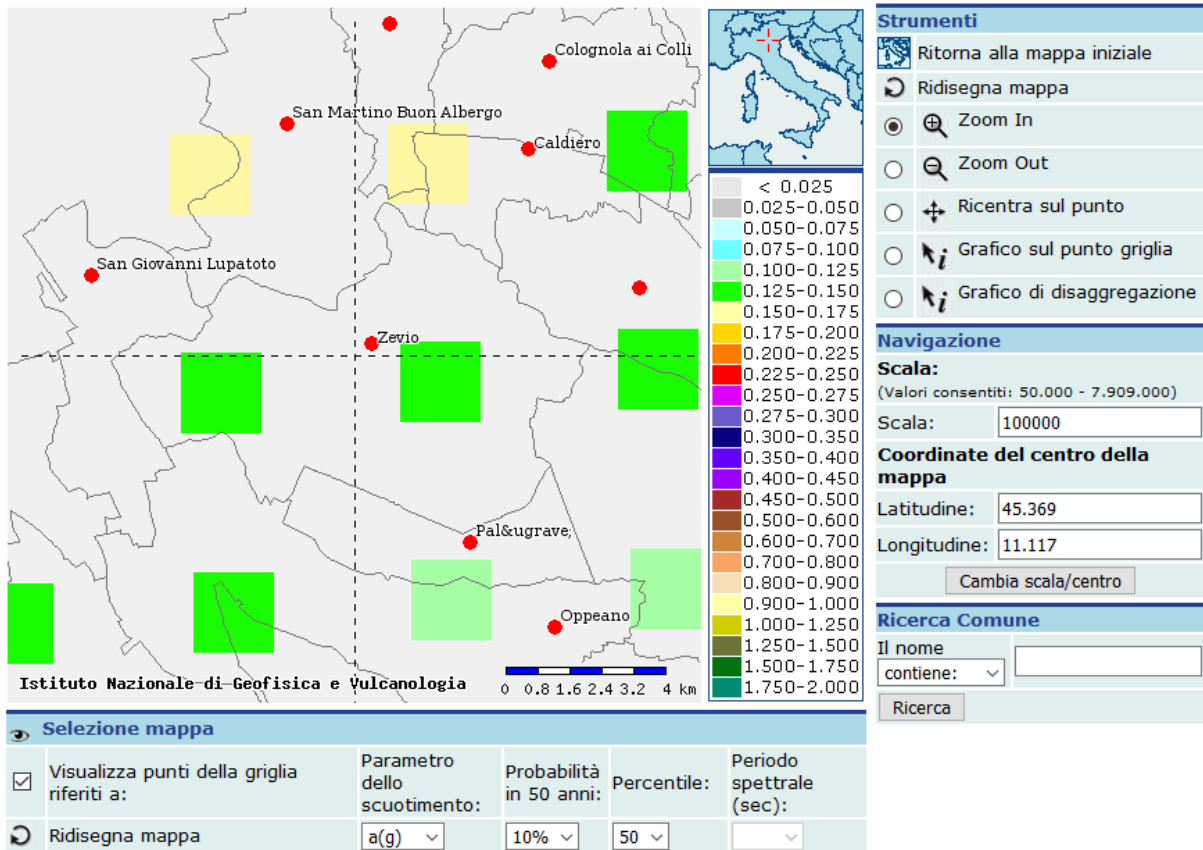
Da questo ne deriva un terreno classificabile come **categoria suolo di fondazione: C** – depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < N_{SPT} < 50; 70 < c_U < 250 kPa).



3.2 Zonazione sismica

La zona sismica del territorio in esame viene definita, in accordo con quanto disposto dall'O.P.C.M. 3519/2006 e dalla D.G.R. 3308/2008 del Veneto, a partire dal valore dell'accelerazione massima attesa al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi caratterizzati da $V_{S30} > 800$ m/s).

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata a tale scopo dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, e recepita dalla normativa nazionale e regionale, il territorio in esame è individuato in **ZONA SISMICA 3** a cui si associa un **GRADO DI SISMICITÀ 6**; dal punto di vista amministrativo, la zonazione sismica è definita su scala comunale ed in particolare il Comune di **Zevio** ricade in **Zona 3**.



3.3 Dati sismici per le verifiche degli stati limite

Le verifiche progettuali devono essere effettuate applicando i dati di azione sismica specifici per ciascun sito; tali dati sono determinati a partire dalla posizione geografica (latitudine/longitudine), dalla categoria topografica, dalla categoria del suolo di fondazione, dalla classe d'uso dell'edificio (c_U) e dalla vita nominale (v_N); pertanto, sulla scorta delle informazioni fornite dal Progettista ($c_U = 2$ e $v_N = 50$ anni), è possibile, avvalendoci dei dati elaborati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, fornire i seguenti dati di azione sismica utilizzabili nelle Verifiche agli Stati Limite ossia delle condizioni superate le quali la struttura in esame non soddisfa più i requisiti per i quali è stata progettata.

Segue il riepilogo dei dati sismici relativi a tutti gli stati limite.

COORDINATE SITO (SISTEMA ED50)	LATITUDINE	LONGITUDINE	
	45,369043	11,117249	
CAT. SOTTOSUOLO c	CAT. TOPOGRAFICA T1	PERIODO RIFERIMENTO 50anni	COEFFICIENTE cu 1
STATO LIMITE	PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI
SLO (Operatività)	Prob. di superamento:	81 [%]	Ss: 1,500
	Tr:	30 [anni]	Cc: 1,690
	ag:	0,038 g	St: 1,000
	Fo:	2,558	Kh: 0,011
	Tc*:	0,236 [s]	Kv: 0,006
			Amax: 0,555
			Beta: 0,200
SLD (Danno)	Prob. di superamento:	63 [%]	Ss: 1,500
	Tr:	50 [anni]	Cc: 1,650
	ag:	0,051 g	St: 1,000
	Fo:	2,486	Kh: 0,015
	Tc*:	0,256 [s]	Kv: 0,008
			Amax: 0,747
			Beta: 0,200
SLV (salvaguardia Vita)	Prob. di superamento:	10 [%]	Ss: 1,490
	Tr:	475 [anni]	Cc: 1,600
	ag:	0,144 g	St: 1,000
	Fo:	2,433	Kh: 0,051
	Tc*:	0,279 [s]	Kv: 0,026
			Amax: 2,101
			Beta: 0,240
SLC (prevenzione Collasso)	Prob. di superamento:	5 [%]	Ss: 1,420
	Tr:	975 [anni]	Cc: 1,600
	ag:	0,188 g	St: 1,000
	Fo:	2,473	Kh: 0,064
	Tc*:	0,280 [s]	Kv: 0,032
			Amax: 2,616
			Beta: 0,240

3.4 Liquefazione dei terreni

La liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante uno scuotimento sismico tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno; in questo contesto il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Secondo quanto disposto dalle NTC (rif. 7.11.3.4 *Stabilità nei confronti della liquefazione*) riguardo al rischio di liquefazione in presenza di terreni saturi prevalentemente sabbiosi, tale verifica può essere omessa qualora sussista almeno una delle seguenti condizioni:

1. *accelerazione max attesa al suolo $a_g < 0,100 g$;*
2. *profondità media stagionale della falda $> 15 m$ da piano campagna;*
3. *sabbie pulite con resistenza $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{C1N} > 180$; i precedenti termini, relativi rispettivamente a risultanze di prove dinamiche e di prove statiche, si riferiscono a valori di resistenza normalizzati ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
4. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle Fig. 7.11.1(a) e (b) delle NTC.*

Le sabbie/ghiaie con ghiaietto rilevate nel sito hanno generalmente valori di $(N_1)_{60} > 30$, valore che soddisfa il punto 3 delle precedenti condizioni di esclusione; per quanto rilevato non è necessario procedere alla verifica del rischio della liquefazione dei terreni di fondazione.

4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE DI CARATTERE GEOLOGICO

Dai rilievi eseguiti si deduce quanto segue:

- l'area appare stabile da un punto di vista geomorfologico e non presenta dissesti in atto o potenziali;
- l'area di intervento non insiste in zona di paleoalveo;
- l'area risulta sicura da un punto di vista idraulico e vulnerabile dal punto di vista idrogeologico per la presenza di litotipi granulari;
- l'area non risulta gravata da vincoli geologici, idrogeologici, ambientali;
- i terreni indagati presentano comportamento granulare;
- dai dati bibliografici e dagli scavi eseguiti nell'ambito della lottizzazione la falda è posta alla profondità di oltre -3,00 m da quota strade; dati bibliografici confermano tali valori precisando che le quote possono oscillare in relazione al periodo, al microrilievo con oscillazioni di ordine anche metrico;
- l'area da un punto di vista sismico ricade in zona 3, grado di sismicità 6;
- i terreni di fondazione non risultano a rischio di liquefazione in caso di evento sismico.

VALUTAZIONI GEOTECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DELLA VIABILITÀ DI LOTTIZZAZIONE

5. CALCOLO DEL PACCHETTO STRADALE

Sulla scorta delle indagini svolte e date le litologie presenti riscontrate nell'ambito degli scavi e delle verifiche geotecniche eseguite nell'ambito dell'area di lottizzazione, sono state formulate alcune ipotesi relative alla determinazione degli spessori del pacchetto stradale necessario alla realizzazione della viabilità di lottizzazione.

Tale stima è stata eseguita tenendo conto dei carichi derivanti dal rilevato stradale (carico permanente) e dal traffico dei mezzi sulla strada (carico accidentale).

Nel dettaglio:

carico permanente, incremento dovuto al peso proprio del materiale utilizzato per la realizzazione del rilevato stradale ossia:

$$h \times \gamma = 0,50 \text{ m} \times 1,80 \text{ t/m}^3 = 0,90 \text{ t/m}^2 = 0,09 \text{ kg/cm}^2 \cong 0,10 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{10 \text{ kN/m}}$$

dove $h = 0,50 \text{ m}$ = spessore orientativo del rilevato stradale

$\gamma = 1,80 \text{ t/m}^3$ = peso di volume del materiale utilizzato

carico accidentale, incremento dovuto al transito di automezzi considerato uniformemente distribuito ed assunto pari a:

$$0,20 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{20 \text{ kN/m}}$$

CARICO TOTALE gravante sui terreni d'appoggio sarà pertanto pari a :

$$10 \text{ kN/m (permanente)} + 20 \text{ kN/m (accidentale)} = \mathbf{30 \text{ kN/m}}$$

Per il calcolo dello spessore del pacchetto stradale e per la valutazione, il dimensionamento e la scelta dei materiali con cui realizzare i manufatti stradali, si sono messi in relazione i valori di CBR% (*California Bearing Ratio*) e del Modulo di Resilienza (M_r) secondo la Normativa Tecnica di riferimento (norme tecniche CNR); in particolare M_r , esprime la proprietà dei materiali di resistere a sollecitazioni di tipo dinamico provocate dagli urti (movimento dei mezzi sulla strada) ed è espresso in N/mm^2 .

Per il calcolo sono stati utilizzati valori cautelativi riferiti al primo orizzonte caratterizzato dalla presenza di limi-sabbiosi che sarà maggiormente interessato dalle sollecitazioni dei veicoli (vedi modello geologico-geotecnico).

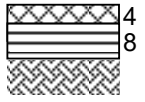
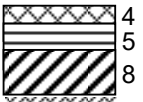
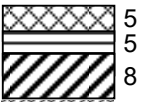
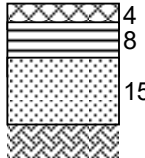
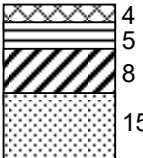
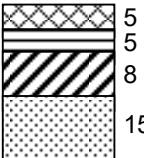
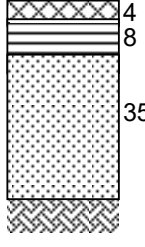
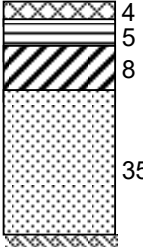
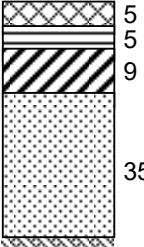
Il valore di CBR (%) si ottiene dalla successiva tabella che correla la litologia del sub strato al valore di Qult (capacità portante del terreno) ricavato dalle indagini geotecniche in sito.






TIPO DI TERRENO	Qult (kN/m ²)	CBR%
argilloso molto plastico	50 ÷ 70	3 ÷ 5
argilloso mediamente plastico	60 ÷ 80	4 ÷ 8
argilloso-sabbioso poco plastico	70 ÷ 100	6 ÷ 10
limoso-sabbioso	100 ÷ 200	10 ÷ 20
sabbioso	200 ÷ 300	20 ÷ 40
sabbioso-ghiaioso	300 ÷ 400	40 ÷ 60
ghiaioso	300 ÷ 500	40 ÷ 80

Il Modulo di Resilienza è correlabile al parametro CBR tramite la seguente

$$Mr = 10 \text{ CBR}\% = 10 \times 10 = 100 \text{ N/mm}^2$$

In relazione al valore ottenuto di Mr (minimo cautelativo) si evidenziano di seguito (riquadro evidenziato) gli spessori delle varie componenti del rilevato stradale consigliati dal “Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali” redatto dal CNR in funzione del traffico veicolare prevedibile in relazione alla tipologia di strada ovvero *strade urbane di quartieri e locali* (scheda N. 7F del catalogo).

N. 7F Modulo resiliente del sottofondo	STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI					
	Numero di passaggi di veicoli commerciali					
	400.000	1.500.000	4.000.000	10.000.00	25.000.000	45.000.000
150 N/mm ²	 4 8	 4 5 8	 5 5 8	TRAFFICO NON PREVISTO PER IL TIPO DI STRADA		
90 N/mm ²	 4 8 15	 4 5 8 15	 5 5 8 15	TRAFFICO NON PREVISTO PER IL TIPO DI STRADA		
30 N/mm ²	 4 8 35	 4 5 8 35	 5 5 9 35	TRAFFICO NON PREVISTO PER IL TIPO DI STRADA		

-  Conglomerato bituminoso per strato di usura
-  Conglomerato bituminoso per strato di collegamento
-  Conglomerato bituminoso per strato di base
-  Misto granulare
-  Terreno in posto

NB - gli spessori indicati sono espressi in cm

6. CONCLUSIONI ED ACCORGIMENTI TECNICI

Le indagini eseguite sui terreni dove è prevista la realizzazione della viabilità interna del piano di lottizzazione "F.lli Strambini - scheda AP 07", hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni:

- l'area è caratterizzata dalla presenza di terreni superficiali quali limi sabbiosi-sabbie limose, cui soggiace a partire da circa 0,80 m un orizzonte ghiaioso/sabbioso granulare; lo strato maggiormente sollecitato dalle opere è rappresentato dal primo orizzonte che mostra comportamento geotecnico sia coesivo che granulare;
- si ritiene che la capacità portante indicativa dei terreni d'appoggio, relativamente alla realizzazione delle strade, sia compatibile con i carichi derivanti dalle opere viarie in progetto e dal loro uso.
- data l'indicazione nella carta delle fragilità del PAT comunale, l'area è indicata come idonea.

Sarà compito del Tecnico Progettista, una volta valutato il traffico veicolare previsto sulla viabilità in progetto, effettuare la scelta definitiva in merito agli spessori del pacchetto stradale; si sottolinea che il suolo di copertura presente su tutta l'area è costituito da terreno agrario che sarà necessario rimuovere a prescindere dalla tipologia di sottofondo che si intende adottare.

Il parametro scelto per caratterizzare la portanza del sottofondo è il "modulo resiliente" M_r . La scelta di tale parametro è stata dettata dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione.

Esso è correlabile ai parametri più comunemente utilizzati quali l'indice di portanza CBR e il modulo di reazione K.

Esistono tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente M_r riportati in tabella seguente.

$M_r = 150 \text{ N/mm}^2$ buona	$M_r = 90 \text{ N/mm}^2$ media	$M_r = 30 \text{ N/mm}^2$ scarsa
----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

I terreni dell'area di intervento maggiormente sollecitati dalle strade di lottizzazione rientrano nella categoria di sottofondo più prossima alla categoria definibile "media" avendo un modulo resiliente pari a 100 N/mm^2 , e quindi prossimo al valore di riferimento, tenuto conto che l'orizzonte di appoggio presenta anche una componente limosa.

Le caratteristiche delle miscele bituminose, degli strati di collegamento e dei materiali nonché delle altre operazioni e verifiche da effettuare sul pavimento stradale dovranno seguire i criteri suggeriti dal catalogo delle pavimentazioni stradali.

Le caratteristiche di qualità dovranno essere garantite dalla ditta esecutrice e verificate in corso d'opera dalla D.LL., anche in relazione alle condizioni climatiche del territorio.

La profondità media della falda, oltre all'assenza di opere interrato, esclude interferenze con il piano di posa delle opere viarie.

La modesta altezza della sezione di scavo non fa prevedere particolari cautele in ordine alla stabilità del fronte; al fine di garantire la massima sicurezza del personale e dei mezzi operanti in cantiere si consiglia il transito ad una distanza dal ciglio pari almeno all'altezza di scavo.

BIBLIOGRAFIA Riferimenti bibliografici e Normativi

- *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*, Associazione Geotecnica Italiana – A.G.I. (1977).
- *Elementi di Geotecnica*, Zanichelli Ed. (1996) – P. Colombo, F. Colleselli;
- *Geotecnica*, Zanichelli Ed. (1993) – R. Lancellotta.
- *Il Manuale del Geologo*, Pitagora Ed. (1995) – M. Casadio, C. Elmi, F. Francavilla.
- Ord. C.M. 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 la costruzione in zona sismica*.
- D.M. 17.01.2018: *Norme Tecniche per le Costruzioni*.
- Nunziante Marino, maggio 2006: *Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile aggiornato agli Eurocodici 7 e 8 – effetti sismici*; Maggioli Editore.

Riferimenti cartografici

- TAVOLETTA I.G.M. – Verona – scala 1:25.000
- C.T.R. – SANTA MARIA DI ZEVIO – scala 1:5.000.
- CARTA GEOLOGICA DEL VENETO – scala 1:250.000, a cura della Regione Veneto.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, F. 49 Verona – scala 1:100.000, redatta a cura dell'Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque di Venezia.
- CARTA GEOMORFOLOGICA DI UNA PORZIONE DELLA PIANURA A SUD–EST DI VERONA – scala 1:25.000, L. Sorbini, F. Gandini, M. Meneghelli, A. Rigoni, M. Sommaruga – Museo Civico di Storia Naturale di Verona (rilievo 1979-1983).
- CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA VERONESE ORIENTALE – scala 1:30.000, a cura del Dip. di Geologia dell'Università di Padova (rilievi freaticometrici agosto-settembre 1986).