

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VERONA

Proprietari:

BAZZANI GIOVANNI

PROGETTO:

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI UN'AREA RESIDUA – AR7
SITA IN VIA LAZZARETTO,

ANALISI GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO

Dott. Geol

Michele Bertoldo

Pescantina, settembre 2012

Michele Bertoldo

Geologo

Via giareta, 4 – 37026 Pescantina (Verona)

Tel: 0457156501 – e mail: bertoldomichele.geo@tiscali.it

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
1.1	<u>SCOPO DELL'INDAGINE</u>	2
1.1.1	<u>Area di Indagine</u>	3
2.	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INDAGINE.....	5
2.1	<u>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA</u>	5
2.1.1	<u>Area di Progetto</u>	6
2.2	<u>IDROGEOLOGIA ED IDROGRAFIA DELL'AREA</u>	8
2.2.1	<u>Idrografia</u>	8
2.2.2	<u>Idrogeologia</u>	8
2.2.3	<u>Area di Progetto</u>	9
3.	ANALISI LITOLOGICA E GEOTECNICA.....	11
3.1	<u>DATI STRATIGRAFICI</u>	11
3.2	<u>LITOLOGIA</u>	13
3.3	<u>PERMEABILITÀ</u>	15
4.	ANALISI SISMICA.....	18
4.1	<u>AREA DI STUDIO</u>	18
4.2	<u>CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE</u>	19
4.3	<u>AZIONE SISMICA DI PROGETTO</u>	20
5.	VERIFICHE DI SICUREZZA.....	22
5.1	<u>SLU DEL COMPLESSO FONDAZIONI - TERRENO</u>	22
5.2	<u>CONSIDERAZIONI TECNICHE GENERALI</u>	24
6.	CONCLUSIONI.....	25
7.	ALLEGATI.....	27

1.PREMESSA.

Per conto del proprietario Bazzani Giovanni, è stato redatto, uno studio geologico geomorfologico e Idrogeologico inerente i terreni interessati dal «Piano Urbanistico Attuativo di un'area residua - AR7 sita in Via Lazzareto» riguardante il terreno sito nel comune di Verona, località Lazzaretto tra i numeri civici 145 e 147.

Il Progetto prevede la realizzazione su due lotti di sette edifici. Inoltre sarà realizzata sulla lato meridionale un'area con parcheggi a servizio dell'area di progetto e una strada privata con accesso carraio e pedonale oltre al mantenimento di una strada sul lato est dell'area di intervento.

La presente relazione si propone la verifica della compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'intervento in ottemperanza alla Legge regionale n. 11 del 23 aprile 2004, art.19. Le indagini, descritte nella presente relazione, sono state condotte in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 *«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione»* e dal D.M. 14.01.2008 *«Norme tecniche per le costruzioni»*.

1.1SCOPO DELL'INDAGINE

Sulla base di una valutazione degli aspetti geomorfologici, litologici e idrogeologici che caratterizza l'area in progetto, ci si propone di valutare la compatibilità geologica dell'intervento, in particolare ci si propone di:

- verificare l'idoneità dell'area dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo;
- definire le fondamentali caratteristiche geotecniche dei litotipi di appoggio delle fondazioni.

I dati sono stati ricavati da:

- ricerca di dati bibliografici e cartografici;
- osservazioni di campagna a seguito del rilievo geologico – geomorfologico ed idrogeologico mediante l'esecuzione di 4 trincee esplorative il giorno 10/02/2010 con realizzazione di una documentazione fotografica
- dall'analisi ed interpretazione di due prove di permeabilità in corrispondenza dell'area di progetto
- dall'analisi di sezioni del terreno disponibile nell'area circostante.

1.1.1 Area di Indagine.

L'area di progetto è situata in località San Pancrazio, nel comune di Verona (VR), in via Lazzaretto, ad una quota di circa 46,5 metri s.l.m. – collocato dal punto di vista cartografico all'interno della Tavoletta I.G.M. F°49 III N.O. «Verona» e nella Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, all'interno degli elementi n°124134 «Verona Est» e n°124133 «Palazzina».

La superficie si presenta morfologicamente piana con una debole inclinazione del verso est-sud-est. Le quote altimetriche variano, dai 46 ai 47 metri sul livello del mare. L'area è posizionata all'interno di un meandro del fiume Adige a sud est della città di Verona.

Si rende noto che l'area di progetto, secondo i dati ricavati dal PTP del Comune di Verona, in base alla carta della fragilità, è classificata come unità con vulnerabilità idrogeologica intrinseca elevatissima in base alla natura e potenza delle coperture e come zona di ricarica degli acquiferi, per il PAT del comune di Verona risulta classificata come unità E ed A, quindi a vulnerabilità idrogeologica intrinseca elevata e alta in base alla natura e permeabilità della copertura e in base alla profondità della falda freatica.

Le Ordinanze del P.C.d.M. n°3274, del 20.03.2003, n°3379 del 05.11.2004 e loro integrazioni e modifiche inseriscono il Comune di Verona tra i territori sismici in Zona 3.

L'area in esame non fa parte delle aree di pericolosità individuate dal "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Adige", adottato con delibera n°1/2005 e approvato con D.P.C.M. del 27/04/2006.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INDAGINE.

2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.

L'area di indagine, situata a est sud est della città di Verona, e analizzata in un contesto geologico-geomorfologico generale, si colloca nell'alta pianura veronese, più precisamente all'interno del piano di divagazione dell'Adige, costituito dalle alluvioni fluvio-glaciali e fluviali deposte dall'Adige; esso si presenta pianeggiante con lieve acclività verso Sud, inferiore al 3%. Viene definito come piano di divagazione dell'Adige l'area compresa tra le scarpate principali del conoide dell'Adige. Gli elementi morfologici naturali che contraddistinguono il territorio indagato sono stati in parte modificati dall'elevato grado di urbanizzazione. In prossimità dell'area di progetto sono presenti alcune scarpate di terrazzi fluviali dell'Adige. Gli elementi morfologici di origini antropica che caratterizzano la zona sono rappresentati da alcune cave attive e abbandonate e/o dismesse.

Dal punto di vista litologico la pianura risulta costituita da materiali sciolti a granulometria prevalentemente ghiaio-sabbiosa. Tale caratterizzazione litologica è stata riscontrata dalle stratigrafie di pozzi in aree limitrofe e dall'osservazione delle trincee esplorative eseguite in all'interno dell'area di progetto.

Per meglio definire la natura del sottosuolo nell'area d'indagine sono state reperite in bibliografia alcune stratigrafie, riportate di seguito:

PROFONDITÀ (metri dal p.c.)	LITOLOGIA
0.00÷0.50	terreno vegetale
0.50÷7.00	Ghiaia
7.00÷20.00	ghiaia e sabbia
20.00÷22.00	Argilla
22.00÷37.00	ghiaia e sabbia

Tabella 1: stratigrafia S1

PROFONDITÀ (metri dal p.c.)	LITOLOGIA
0.00÷7.60	pozzo in muratura
7.60÷9.10	ciottoli e sabbia
9.10÷11.60	argilla e sabbia
11.60÷22.00	sabbia e ghiaia
22.00÷24.00	Argilla
24.00÷31.00	ghiaia, ciottoli e sabbia

Tabella 2:stratigrafia S2

2.1.1 Area di Progetto.

L'area interessata dal progetto è collocata a est del Ponte San Pancrazio, lungo Via Lazzaretto tra i numeri civici 145 e 147, circa 200m a sud del Fiume Adige.

Quindi dal punto di vista geomorfologico si possono individuare, alcuni orli di terrazzo di origine fluviale con varie direzioni di altezza variabile che separano terrazzi di età Wurmiana degradanti verso il fiume Adige e che individuano canali intrecciati o mendriformi. Nel dettaglio l'area indagata si trova ubicata ad una quota di circa 46.5m s.l.m. a sud rispetto all'orlo do terrazzo che individua l'attuale alveo del Fiume Adige e a nord rispetto ad una zona leggermente ribassata su cui è ubicato il Lazzaretto.

Il sottosuolo è caratterizzato dall'alternanza tra strati ghiaioso sabbiosi e strati sabbiosi limoso testimoni di eventi deposizionali di energia variabile come dimostrano le stratigrafie citate in precedenza.

I depositi superficiali che caratterizzano questo settore, identificati in seguito al rilievo geologico e dai dati raccolti, sono quindi costituiti da depositi dell'Adige recenti - attuali caratterizzati da litologia ghiaiosa e ghiaio-sabbiosa, abbastanza omogenea per i primi 20 metri, con ciottoli caratterizzata da un buon grado di addensamento o talvolta di cementazione.

È importante notare che le alluvioni in questa fascia della pianura sono caratterizzate da una estrema variabilità spaziale in quanto sono organizzate stratigraficamente in strutture lenticolari aventi dimensioni notevolmente variabili sia in potenza che in estensione longitudinale e frequentemente caratterizzate da contatti laterali interdigitati.

2.2 IDROGEOLOGIA ED IDROGRAFIA DELL'AREA.

2.2.1 Idrografia

Nella zona indagata la rete idrografica naturale è assente; il corso d'acqua naturale di maggiore entità è il fiume Adige, posto a circa 200m a nord; è poi presente un reticolo di canalette artificiali in cls, utilizzate un tempo per l'irrigazione.

Per il P.A.I. – Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige, adottato con delibera n°1/2005 e approvato con D.P.C.M. 27-4-2006 – questa porzione del territorio comunale non è considerata a pericolosità o a rischio idraulico.

2.2.2 Idrogeologia

Le condizioni idrogeologiche dell'area in esame sono legate alla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, all'assetto stratigrafico ed alla morfologia locale; questi fattori determinano ovviamente anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

La situazione idrogeologica è stata ricostruita sulla base delle stratigrafie redatte in occasione della terebrazione di pozzi. I depositi alluvionali a granulometria grossolana, che costituiscono i primi 15-20 metri del sottosuolo possiedono una permeabilità elevata che consente l'infiltrazione nel sottosuolo delle precipitazioni; queste ultime quindi vanno ad alimentare livelli acquiferi sostenuti da orizzonti argillosi impermeabili di potenza quantomeno metrica.

Nel suo complesso, il sistema è di tipo a multifalde ed è costituito da un primo acquifero freatico e dai sottostanti acquiferi confinati o semiconfinati, dai quali è separato da livelli o lenti argillose impermeabili.

Per quanto concerne la falda più superficiale, le principali grandezze freatimetriche, note in letteratura, relative all'area in esame ed al periodo di locale massima (settembre 1993) sono riportate nella seguente tabella, tratta

da uno studio di Dal Prà et al. - «Carta idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese orientale», 1997.

Quota falda	42-43 metri s.l.m
Direzione del deflusso sotterraneo	N.O.-S.E.
Gradiente locale	~ 3 ‰

La falda quindi si trova, durante il periodo di massima, ad una profondità di circa 4 metri (p.c. 46,5 m s.l.m. – livello falda 42,5 m s.l.m.) anche se dalle testimonianze di chi abita nella zona risulta che durante le grosse piene dell'Adige la falda risalga almeno fino a 3 metri dal piano campagna.

All'interno dell'area in esame sono segnalati diversi pozzi ad uso idrico che permettono di individuare una superficie freatica che evidenzia un paleo alveo dell'Adige che fa da recettore delle acque sotterranee per cui le isofreatiche sono disposte in al suo interno con un gradiente meno elevato, l'area d'intervento si trova in corrispondenza di tale fascia.

Il deflusso generale è diretto da nord ovest a sud est e il regime è caratterizzato da un'unica fase di piena estiva che culmina normalmente in settembre e da un'unica fase di magra estesa da febbraio e maggio con minimi normali in aprile. I fattori di ricarica della falda sono molteplici: il fiume Adige, in primo luogo, gli afflussi meteorici diretti, gli apporti sotterranei dalle aree montuose e le infiltrazioni delle acque irrigue.

2.2.3 Area di Progetto.

L'area di progetto è si trova circa 200m a sud del Fiume Adige e all'interno dell'area di progetto non sono presenti sorgenti o corsi d'acqua.

Nel corso delle indagini, spinte alla profondità di 3,5 metri dall'attuale piano campagna, non è stata intercettata alcuna venuta d'acqua.

Nella zona di indagine la falda superficiale si trova ad una profondità media di circa 3-4 metri dal piano campagna nel periodo di massima piena dell'Adige. Le oscillazioni freatiche presentano andamento ciclico annuale, con

fase di magra primaverile (mese di aprile) e fase di piena tardo estiva (agosto-settembre), in armonia con il regime delle idrografie sud alpine e della distribuzione delle acque irrigue.

Tenuto conto delle considerazioni sopra esposte e delle caratteristiche progettuali, che prevedono la realizzazione di un piano interrato con un approfondimento massimo di circa 3.00 metri, e supponendo che il livello della falda possa arrivare a tale quota in occasione dei periodi di piena, si consiglia di realizzare le opportune soluzioni per l'impermeabilizzazione della struttura o per l'allontanamento delle acque della falda.

Inoltre, data l'assenza di una rete fognaria comunale, sarà necessario realizzare un sistema di dispersione delle acque reflue che dovrà tenere conto delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, della vulnerabilità degli acquiferi e delle norme che ne regolano la realizzazione.

3. ANALISI LITOLOGICA E GEOTECNICA.

Per la determinazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione, sono stati eseguiti sopralluoghi in loco ed il giorno 10/02/2010 sono state eseguite n°4 trincee esplorative mediante escavatore a braccio meccanico, spinte alla profondità massima di 3.50 metri dall'attuale piano campagna.

3.1 DATI STRATIGRAFICI.

All'interno dell'area di indagine, con riferimento quale quota iniziale il piano campagna, la situazione stratigrafica è la seguente:

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	STRATO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Da 0.00 a 0.90	Suolo vegetale di colore bruno costituito da limo e argilla con ciottoli di diametro variabile da 1-2 cm a 10-20cm e con abbondanti resti	S0	----
Da 0.90 a 1.80	Depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina con tracce di dilavamento del suolo superiore per cui il colore dello strato risulta più rossastro.	S1	Buone
Da 1.80 a 3.00	Depositi con ghiaia grossolana e sabbia, color grigiastro con tessitura piuttosto omogenea.	S2	Buone

Tabella 3:stratigrafia trincea n°1

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	STRATO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Da 0.00 a 0.80	Suolo vegetale di colore bruno costituito da limo e argilla con ciottoli di diametro variabile da 1-2 cm a 10-20cm e con abbondanti resti	S0	----
Da 0.80 a 1.20	Depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina; il colore dello strato risulta rossastro.	S1	Buone
Da 1.20 a 1.50	Depositi con ghiaia grossolana e sabbia, con tessitura piuttosto omogenea.	S2	Buone

Tabella 4:stratigrafia trincea n°2

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	STRATO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Da 0.00 a 0.80	Suolo vegetale di colore bruno costituito da limo e argilla con ciottoli di diametro variabile da 1-2 cm a 10-20cm e con abbondanti resti	S0	----
Da 0.80 a 1.20	Depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina con tracce di dilavamento del suolo superiore per cui il colore dello strato risulta	S1	Buone
Da 1.20 a 1.80	Depositi con ghiaia grossolana e sabbia, color grigiastro con tessitura piuttosto omogenea.	S2	Buone
Da 1.80 a 3.50	Depositi ghiaiosi sabbiosi in cui si nota un alternanza tra strati con ghiaia più grossolana, talora cementati, a strati con ghiaia piccola con sabbia e a tessitura omogenea, ben addensati.	S3	Buone

Tabella 5:stratigrafia trincea n°3

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	STRATO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Da 0.00 a 0.80	Suolo vegetale di colore bruno costituito da limo e argilla con ciottoli di diametro variabile da 1-2 cm a 10-20cm e con abbondanti resti	S0	----
Da 0.80 a 1.20	Depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina; il colore dello strato risulta rossastro.	S1	Buone
Da 1.20 a 1.60	Depositi con ghiaia grossolana e sabbia, con tessitura piuttosto omogenea.	S2	Buone

Tabella 6:stratigrafia trincea n°4

3.2 LITOLOGIA.

Per quel che concerne il riconoscimento litologico dei terreni interessati dall'intervento oggetto di studio e della copertura, sono stati distinti, sulla base delle caratteristiche litologiche quattro differenti strati:

STRATO S0: Si tratta di materiale caratterizzato da suolo vegetale color bruno argilloso limoso piuttosto omogeneo con ciottoli atesini con dimensioni dal centimetro e decimetro e resti di vegetali. La potenza di questo primo strato è di circa 80-100cm.

STRATO S1: si tratta di depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina con tracce di dilavamento del suolo superiore per cui il colore dello strato risulta più rossastro e talora cementato. La potenza di questo strato è di circa 40-80cm..

STRATO S2: si tratta di depositi ghiaiosi più grossolani con sabbia color grigiastro; i ciottoli hanno dimensioni 10-30 cm, sono di origine atesina e abbastanza ben classati. La potenza di questo strato è di circa 60-110cm.

STRATO S3: si tratta di depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia piccola ben addensata in strati talora cementati che si alternano a strati più sabbiosi e il

colore dello strato risulta grigiastro. La potenza di questo strato è di circa 140cm.

In particolare lo strato S3 risulta evidente nella trincea n°3 e questo può far supporre che gli strati diventino in profondità più sabbiosi procedendo verso Est. A sostegno di tale ipotesi vi è anche la Carta Geomorfologica della Allegato 3 dove procedendo verso est è evidenziato un passaggio da alluvioni prevalentemente ghiaiose ad alluvioni prevalentemente sabbiose. In sede di realizzazione del progetto tale dato andrà eventualmente verificato con indagini geognostiche più approfondite.

3.3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

I dati raccolti direttamente in campagna confermano quindi le informazioni reperite in letteratura ed indicano che il sottosuolo dell'area indagata è costituito, per i primi metri, in prevalenza da litotipi ghiaio-sabbio-ciottolosi a buone caratteristiche geotecniche.

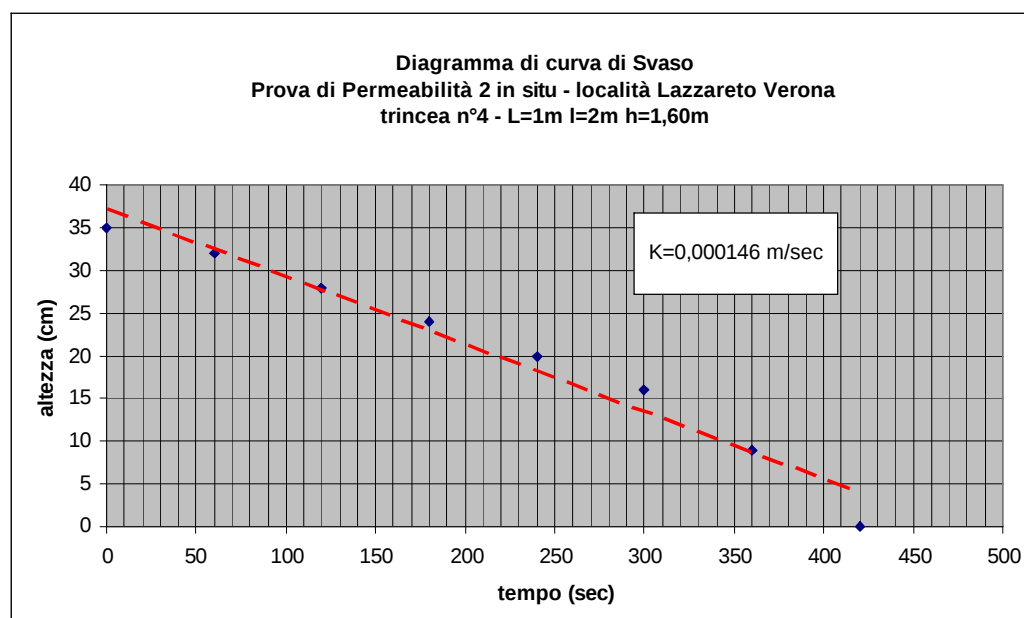
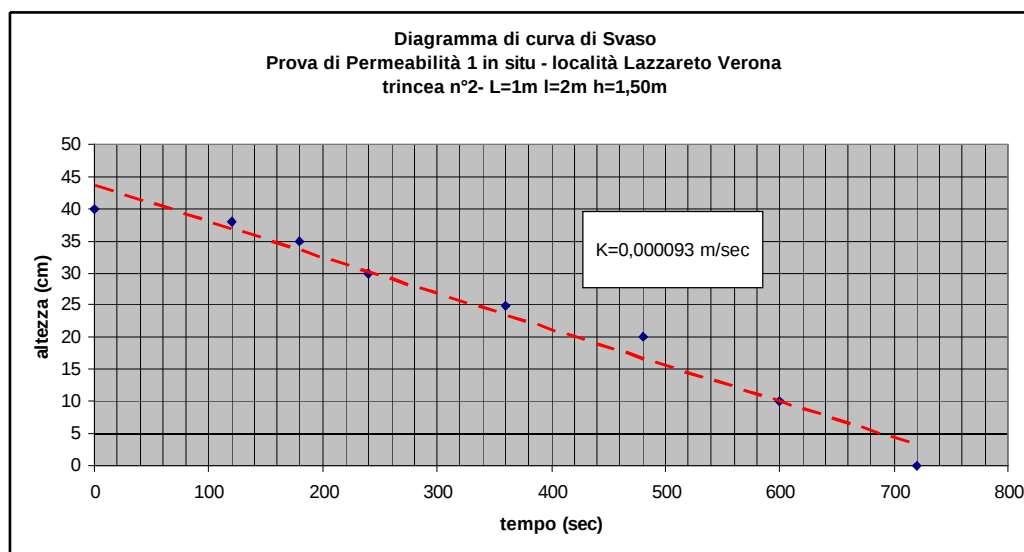
Sulla base dei dati progettuali e delle risultanze delle indagini eseguite, le fondazioni da realizzare nell'area in studio saranno di tipo superficiale, sempre se impostate sui materiali sabbio-ghiaio-ciottolosi in giacitura naturale.

Tenuto conto dei risultati delle indagini dirette e considerate le esperienze maturate su litotipi analoghi, i principali parametri geotecnici dei materiali ghiaio-sabbio-ciottolosi sui quali saranno appoggiate le fondazioni delle opere infrastrutturali sono i seguenti:

ϕ (angolo di attrito interno)	35°
c_u (coesione non drenata)	0 kPa
γ (peso di volume)	1,8 t/m ³
E' (modulo di deformazione)	35 MPa
ν (coefficiente di Poisson)	0,30

3.4 PERMEABILITÀ

Per la determinazione in situ della permeabilità è stato utilizzato il metodo della curva di svaso, applicabile in presenza di materiali porosi sciolti o coerenti posti sopra falda. Esso consiste nel diagrammare i tempi di svaso di una trincea, appositamente scavata sul terreno di prova e riempita d'acqua.



Il calcolo della permeabilità, in base alla prova di percolazione eseguita a carico variabile, è stata fatta secondo la seguente formula approvata dall'AGI(1977):

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(2 \cdot \frac{h_m}{b}\right)}{\left(27 \cdot \frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

dove h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto/trincea

$h_2 - h_1$ = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo di tempo

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo

b = lato del pozzetto

I diagrammi delle prove in situ riportano i valori di h (altezza dell'acqua rispetto ad un punto di riferimento) in funzione di t (tempo di misura). I punti consentono la costruzione mediante interpolazione di una curva, in parte o in tutto assimilabile ad una retta, la cui inclinazione ha approssimativamente un valore uguale al coefficiente di permeabilità.

L'esame dei dati raccolti permette di fare le seguenti considerazioni:

- ☞ il coefficiente di permeabilità K calcolato è compreso nell'intervallo $9,3 \times 10^{-5} \div 1,4 \times 10^{-4}$ m/s
- ☞ $\diamond$ il coefficiente di permeabilità K si mantiene su valori medio corrispondenti a circa 10^{-4} m/sec ed il materiale si può definire «a permeabilità medio-alta» per porosità e la capacità di drenaggio è buona, come si può vedere dalle tabelle riportate sotto, tratte da Colombo P. e Colleselli F. "Elementi di geotecnica", Zanichelli, 1996.

Coefficiente di permeabilità k per vari terreni												
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
<i>Drenaggio</i>	buono					povero			praticamente impermeabile			
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita				sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
					terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo							

Classificazione del terreno secondo il valore di k	
<i>Grado di permeabilità</i>	<i>Valore di k (m/s)</i>
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

4. ANALISI SISMICA

4.1 AREA DI STUDIO

Le nuove leggi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza n°3274 del 20/03/2003, Ordinanza P.C.M. 3467 13 ottobre 2005 e sue integrazioni e modifiche) inseriscono il comune di Verona tra le zone di sismicità 3.

Dalle indagini eseguite risulta che la localizzazione dell'area di progetto non presenta attinenza all'incremento sismico. Infatti condizioni per un'esaltazione degli effetti di un'onda sismica si hanno infatti per:

- *presenza di faglie o fratture maggiori collegate alle faglie principali;*
- *instabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica;*
- *linee di cresta marcate o bruschi cambiamenti di pendenza, come bordi di terrazzi fluviali e cigli di scarpate naturali e artificiali o nicchie di distacco di frane;*
- *contatti geologici, stratigrafici o strutturali che mettano a contatto terreni a differente risposta sismica;*
- *presenza di coltri detritiche sui versanti, in funzione della profondità e inclinazione del substrato roccioso;*
- *materiale di accumulo di frane sia attive che quiescenti;*
- *vicinanza a scarpate di grande altezza soggette a fenomeni di crollo e rotolamento di blocchi rocciosi;*
- *presenza di falda freatica a profondità inferiore a 15 metri dal p.c. con sottosuolo costituito da terreni granulari specie se a scarso assortimento granulometrico (come sabbie fini o limi sabbiosi poco addensati e liquefacibili). Problemi di liquefazione;*
- *eccessivo addensamento in caso di terremoto.*

4.2. CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, nel documento relativo alle «*Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*» si definiscono varie categorie di profilo stratigrafico del «suolo di fondazione». Il terreno di fondazione in base alle proprie caratteristiche geotecniche viene classificato in diverse categorie (A, B, C, D, E, S1, S2) che, correlate all'accelerazione orizzontale (a_g) della zona di appartenenza (Zona 1, 2, 3, 4), definiscono delle azioni sismiche di progetto.

La normativa prevede l'analisi delle Vs sino a profondità di 30 metri dal piano di posa delle fondazioni. La conoscenza geologica dei luoghi, tramite il rilevamento di campagna e i dati dedotti da bibliografia, permette di inserire l'area, almeno dal punto di vista stratigrafico, nella categoria di suolo di fondazione denominato C nella normativa sismica vigente e così definito:

C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).

4.3 AZIONE SISMICA DI PROGETTO.

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, l'area in esame ricade nella categoria T1, come si evince dalla seguente tabella (Tabella 3.2.IV e paragrafo 3.2.2 del D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni»).

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

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T riportati nella seguente tabella (Tabella 3.2.VI di cui al D.M. citato), in funzione delle categorie topografiche definite nel paragrafo 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-----	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

I valori delle azioni sismiche sono state ulteriormente precisati dalla NTC del gennaio 2008 per cui grazie al Foglio di calcolo "Spettri NTC ver. 1.0.3" del C.S.L.P. si sono potuti desumere i seguenti valori riferiti allo stato limite ultimo

SLV di opere con vita utile nominale $VN=50$ anni e classe d'uso II a cui può essere attribuito il fabbricato in progetto.

	probabilità eccedenza in 50 anni	Tr	a_g	Fo	T_c^*	Ss	Cc	St	S	a_{max}
SLO	81%	30	0,041	2,508	0,236	1,500	1,691	1,000	1,500	0,061
SLD	63%	50	0,055	2,508	0,248	1,500	1,664	1,000	1,500	0,082
SLV	10%	475	0,156	2,430	0,277	1,473	1,605	1,000	1,473	0,229
SLC	5%	975	0,202	2,471	0,280	1,400	1,599	1,000	1,400	0,282

Dove

Tr = tempo di ritorno

a_g = accelerazione orizzontale massima del sito per il sottosuolo di tipo A

Fo = valore massimo del dal fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per sottosuolo di tipo A

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$$Cc = 1,05 \times (T_c^*)^{-0,33}$$

St = coefficiente di amplificazione topografica

S=SsxSt=coefficiente di amplificazione

a_{max} = accelerazione orizzontale massima al suolo sulla verticale del sito

Quindi sulla verticale del sito, tenendo conto dei coefficienti di amplificazione, imposti dalle NTC, dovuti alle caratteristiche del sottosuolo, alla topografia e in relazione al tempo di ritorno $Tr=475$ anni l'accelerazione sismica orizzontale raggiunge il valore $a_{max}=0,229g$.

5. VERIFICHE DI SICUREZZA

5.1 SLU DEL COMPLESSO FONDAZIONI - TERRENO

Ai fini della verifica degli stati limite ultimi (SLU) la vigente normativa - D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni» - prevede, al paragrafo 2.3. "Valutazione della sicurezza" che sia rispettata la condizione

$$R_d = E_d$$

ove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

La resistenza R_d viene di seguito determinata in modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, divisi per i coefficienti parziali M1 e M2 e tenendo conto dei coefficienti parziali R1, R2 e R3.

COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

		Coefficienti parziali	
		M 1	M 2
Peso dell'unità di volume	γ	1,00	1,00
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	1,00	1,40

COEFFICIENTI PARZIALI PER LE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI (CAPACITÀ PORTANTE)

R1	R2	R3
1,00	1,80	2,30

Per il calcolo della resistenza del terreno (o carico limite) è stata utilizzata la formula di Brinch-Hansen, ottenuta dall'elaborazione di quella di Terzaghi con l'aggiunta di termini correttivi; nel caso in esame essa si presenta nel seguente modo

$$R_d = q_{lim} = 1/2 \gamma B N_\gamma s_\gamma + c N_c s_c d_c + q' N_q s_q d_q$$

nella quale si ha:

$N_\gamma, N_c, N_q, \dots$ = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio « ϕ »;

s_γ, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;

$d_q, d_c, \dots$ = fattore dipendente dalla profondità del piano di posa;

$B, \dots$ = larghezza della fondazione;

$q' \dots$ = γD ;

$D, \dots$ = incastro delle fondazioni.

Sulla base dei dati esposti, la resistenza del terreno è stata calcolata per fondazioni superficiali impostate sulle litologie in giacitura naturale a buone caratteristiche geotecniche.

Dai calcoli eseguiti considerando fondazioni continue o platea è risultata una resistenza del terreno R_d sempre maggiore di 190 kPa per tutte le possibili combinazioni dei coefficienti M e R. Nel caso di realizzazione di una platea platea sarà opportuno valutare attentamente carichi e cedimenti.

In genere per valori di carico massimo dell'ordine dei 190 kPa i cedimenti attendibili risultano contenuti in termini accettabili (< 2 cm).

Si dovrà procedere alla realizzazione di considerazioni e calcoli più precisi in sede di progetto, nel momento in cui saranno definite le caratteristiche progettuali dell'opera.

5.2 CONSIDERAZIONI TECNICHE GENERALI

Data l'assenza di una rete fognaria comunale, sarà necessario realizzare un sistema di dispersione delle acque reflue che dovrà tenere conto delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, della vulnerabilità degli acquiferi, delle caratteristiche progettuali definitive e delle norme che ne regolano la realizzazione.

Le opere di fondazioni, di tipo superficiale, dovranno essere opportunamente dimensionate tenendo conto delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, dell'azione sismica e delle azioni definite dal progetto in stretta collaborazione tra i professionisti coinvolti.

Qualora, durante l'esecuzione degli scavi per la realizzazione delle fondazioni, la Direzione lavori evidenziasse situazioni differenti da quelle sopra descritte, sarà necessario un approfondimento delle indagini per valutare puntualmente le anomalie riscontrate ed adottare eventuali azioni correttive nell'esecuzione dell'opera.

6. CONCLUSIONI.

Per conto del proprietario Bazzani Giovanni, è stato redatto, uno studio geologico geomorfologico e Idrogeologico inerente i terreni interessati dal «Piano Urbanistico Attuativo di un'area residua - AR7 sita in Via Lazzareto» riguardante il terreno sito nel comune di Verona, località Lazzaretto tra i numeri civici 145 e 147.

Il Progetto prevede la realizzazione su due lotti di otto edifici. Inoltre sarà realizzata sulla lato meridionale un'area con parcheggi a servizio dell'area di progetto e una strada privata con accesso carraio e pedonale oltre al mantenimento di una strada sul lato est dell'area di intervento.

La presente relazione si propone la verifica della compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'intervento in ottemperanza alla Legge regionale n. 11 del 23 aprile 2004, art.19. Le indagini, descritte nella presente relazione, sono state condotte in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 *«Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione»* e dal D.M. 14.01.2008 *«Norme tecniche per le costruzioni»*.

L'indagine si è avvalsa ricerca di dati bibliografici e cartografici; delle osservazioni di campagna a seguito del rilievo geologico – geomorfologico, dei dati ricavati dalla realizzazione di quattro trincee esplorative, dall'analisi ed interpretazione di due prove di permeabilità eseguite in corrispondenza dell'area d'intervento, dei dati ricavati dall'analisi di sezioni del terreno disponibile nell'area circostante, e dei dati riguardanti la falda freatica ricavati anche grazie ad un pozzo presente in prossimità dell'area di intervento.

I dati reperiti in letteratura, il rilevamento idrogeologico di campagna e le indagini dirette con escavatore a braccio meccanico hanno evidenziato che:

- ✓ l'area dal punto di vista litologico è costituita, per i primi metri, materiali sciolti a granulometria prevalentemente ghiaio – sabbiosa, a buone caratteristiche di permeabilità;
- ✓ non sono stati riconosciuti condizioni di dissesto geologico ed idrogeologico;
- ✓ dal punto di vista tettonico, non sono note faglie attive o elementi neotettonici;
- ✓ la zona non è soggetta a pericolosità idraulica né a rischio idraulico;
- ✓ la falda freatica si trova in fase di piena ad una profondità di circa 4 metri dal piano campagna.
- ✓ il coefficiente di permeabilità K calcolato è compreso nell'intervallo $9,3 \times 10^{-5}$ ÷ $1,4 \times 10^{-4}$ m/s

Da quanto esposto si conclude che l'area studiata non presenta, nel complesso situazioni geomorfologiche, strutturali o geotecniche sfavorevoli alla realizzazione delle opere programmate.

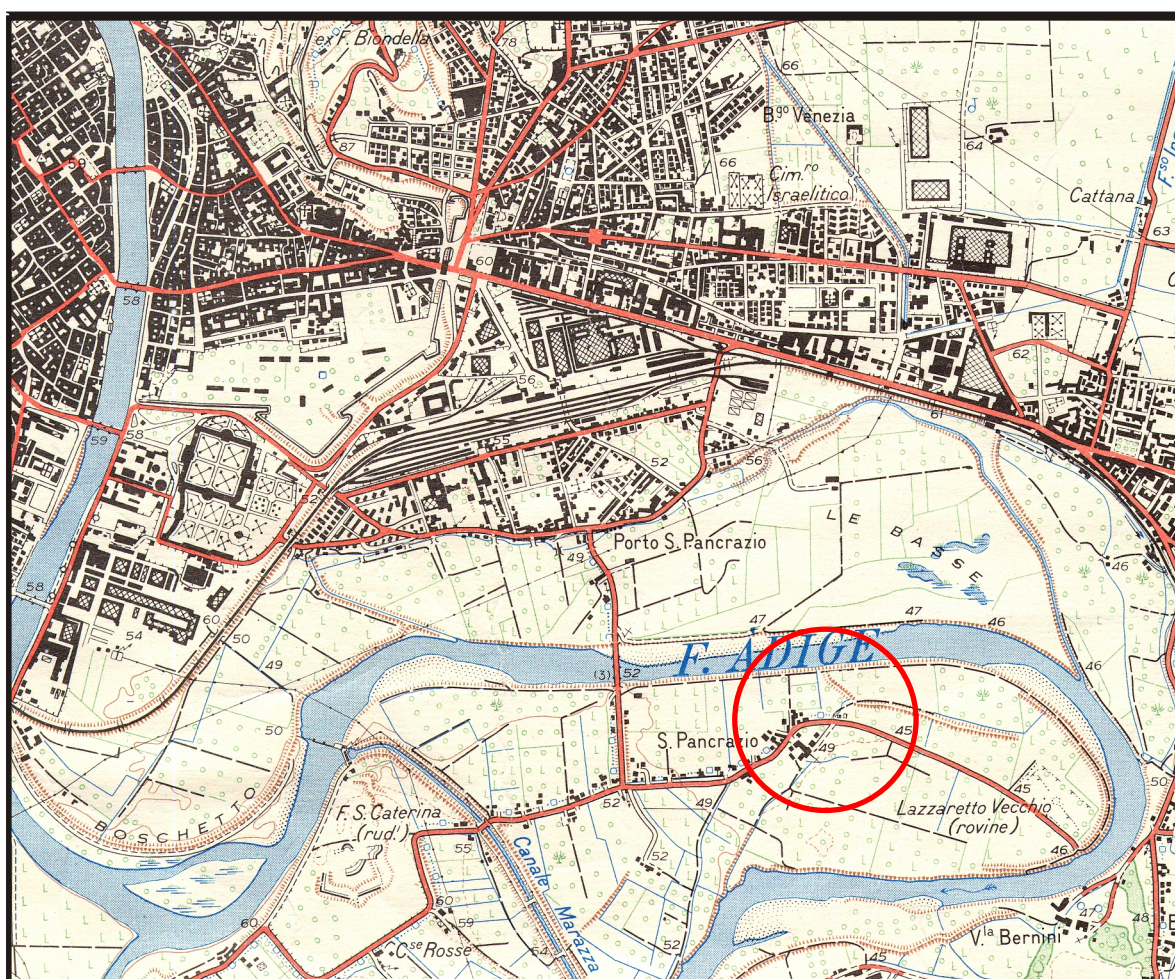
Qualora, durante l'esecuzione degli scavi per la realizzazione delle opere, la Direzione lavori evidenziasse situazioni differenti da quelle sopra descritte, sarà necessario un approfondimento delle indagini per valutare puntualmente le anomalie riscontrate ed adottare eventuali azioni correttive.

7.ALLEGATI.

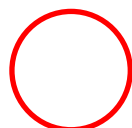
1.	COROGRAFIA	SCALA 1:25000
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	SCALA 1:5000
3.	CARTA GEOMORFOLOGICA	SCALA 1:25000
4.	CARTA IDROGEOLOGICA	SCALA 1:30000
5.	PLANIMETRIA AREA DI PROGETTO	SCALA 1:500.
6.	SEZIONE GEOLOGICA – MODELLO GEOLOGICO	SCALA 1:250
7.	TRINCEA N°1 – MODELLO STRATIGRAFICO	
8.	TRINCEA N°2 - MODELLO STRATIGRAFICO	
9.	TRINCEA N°3 - MODELLO STRATIGRAFICO	
10.	TRINCEA N°4 - MODELLO STRATIGRAFICO	

COROGRAFIA

scala 1:25000



LEGENDA



Area d'indagine

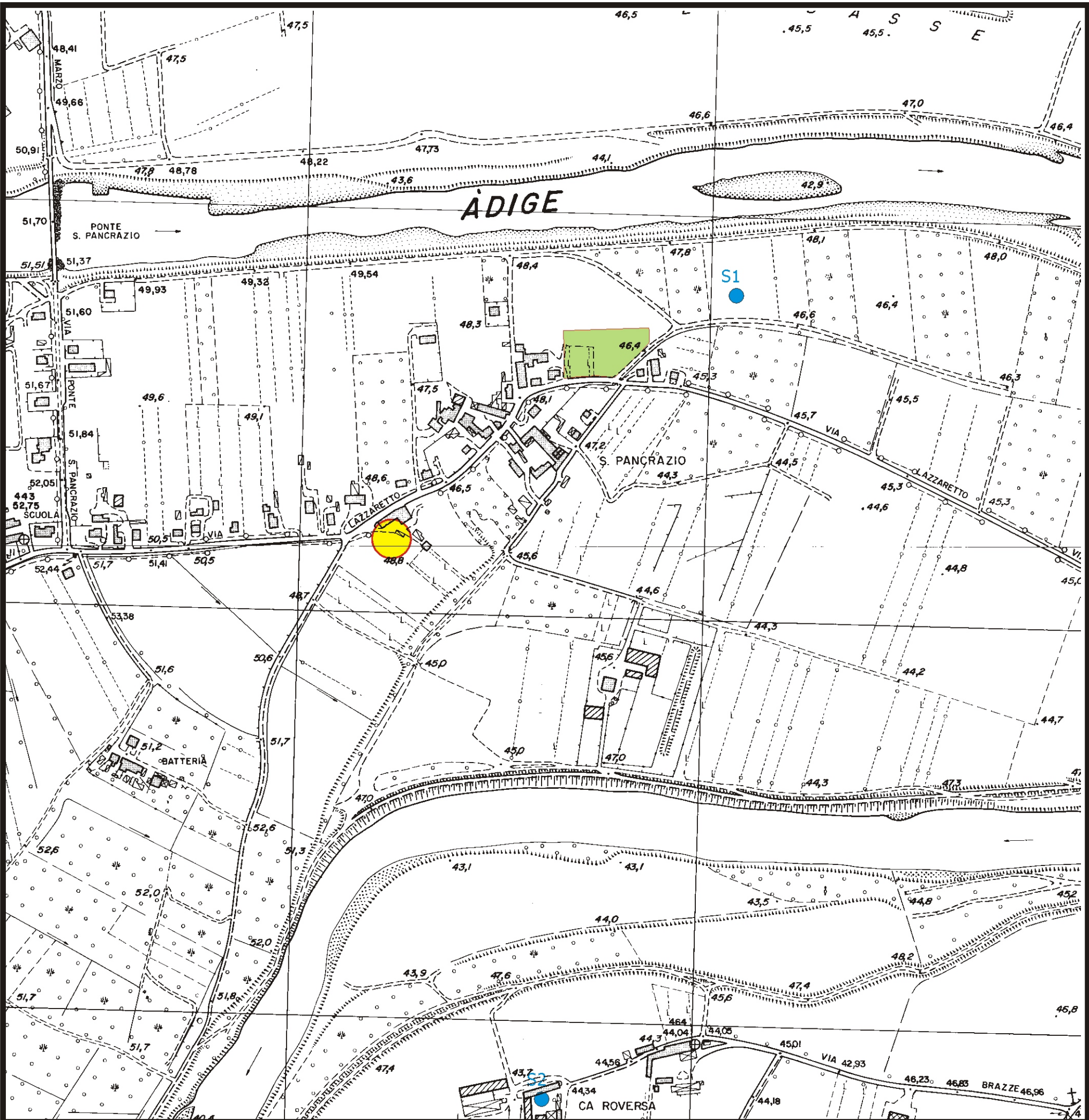
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
Carte Tecnica Regionale
scala 1:5000

LEGENDA

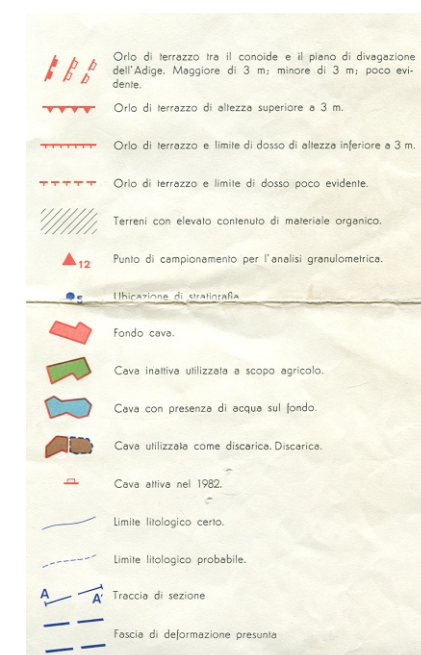
 Area d'intervento

 Ubicazione stratigrafia

 Altre indagini



da Memorie del Museo Civico di Storia naturale di Verona
di L. Sorbini - F. Gandini - M. Meneghel - A. Rigoni - M. Sommaruga



**PLANIMETRIA
AREA DI PROGETTO
scala 1:500**

LEGENDA



Trincea esplorativa



Trincea esplorativa
con prova di permeabilità



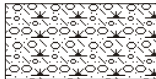
Area di proprietà



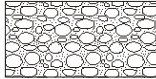
Area di ambito P.I. AR7

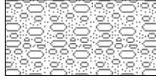


LEGENDA

- 

Terreno vegetale
con ciottoli
- 

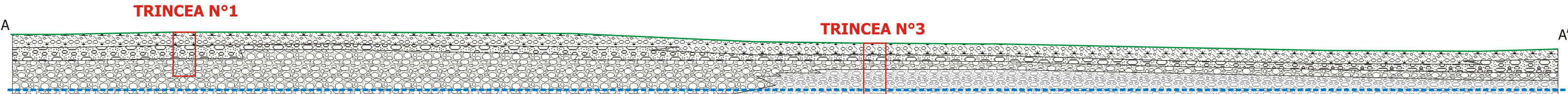
Ghiaia e sabbia
- 

Ghiaia grossolana e sabbia
- 

Ghiaia piccola e sabbia
- 

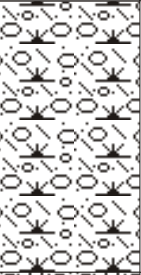
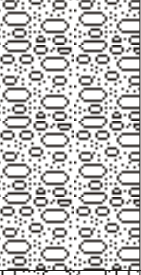
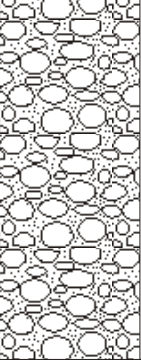
Possibile livello della Falda Freatica
in condizioni di massima piena
non rilevata durante l'esecuzione delle trincee

SEZIONE GEOLOGICA
MODELLO GEOLOGICO
SCALA 1:250



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

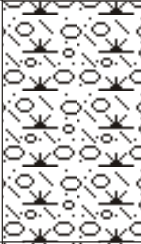
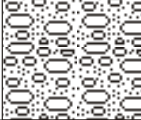
TRINCEA ESPLORATIVA N°1
MODELLO STRATIGRAFICO

Strati N°	Profondità (m)		Descrizione	Angolo di attrito interno	Peso di volume (t/mq)	Coesione (kg/cmq)
S0	0.00-0.90		Terreno vegetale con ciottoli	33°	1.85	
S1	0.90-1.80		Ghiaia media e sabbia addensata	35°	1.85	
S2	1.80-3.00		Ghiaia grossolana e sabbia	38°	1.85	



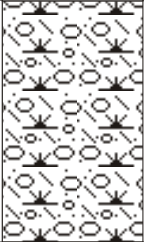
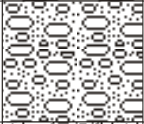
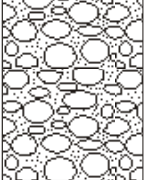
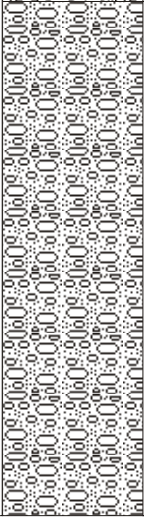
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

TRINCEA ESPLORATIVA N°2
MODELLO STRATIGRAFICO

Strati N°	Profondità (m)		Descrizione	Angolo di attrito interno	Peso di volume (t/mq)	Coesione (kg/cmq)
S0	0.00-0.80		Terreno vegetale con ciottoli	33°	1.85	
S1	0.80-1.20		Ghiaia media e sabbia addensata	35°	1.85	
S2	1.20-1.50		Ghiaia grossolana e sabbia	38°	1.85	



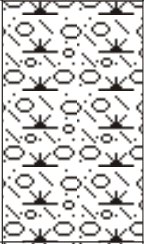
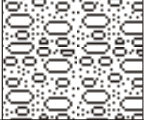
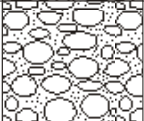
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

TRINCEA ESPLORATIVA N°3 MODELLO STRATIGRAFICO						
Strati N°	Profondità (m)		Descrizione	Angolo di attrito interno	Peso di volume (t/mq)	Coesione (kg/cmq)
S0	0.00-0.80		Terreno vegetale con ciottoli	33°	1.85	
S1	0.80-1.20		Ghiaia media e sabbia addensata	35°	1.85	
S2	1.20-1.80		Ghiaia grossolana e sabbia	38°	1.85	
S3	1.80-3.50		Sabbia e ghiaia medio piccola addensata	35°	1.85	



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

TRINCEA ESPLORATIVA N°4
MODELLO STRATIGRAFICO

Strati N°	Profondità (m)		Descrizione	Angolo di attrito interno	Peso di volume (t/mq)	Coesione (kg/cmq)
S0	0.00-0.80		Terreno vegetale con ciottoli	33°	1.85	
S1	0.80-1.20		Ghiaia media e sabbia addensata	35°	1.85	
S2	1.20-1.60		Ghiaia grossolana e sabbia	38°	1.85	

