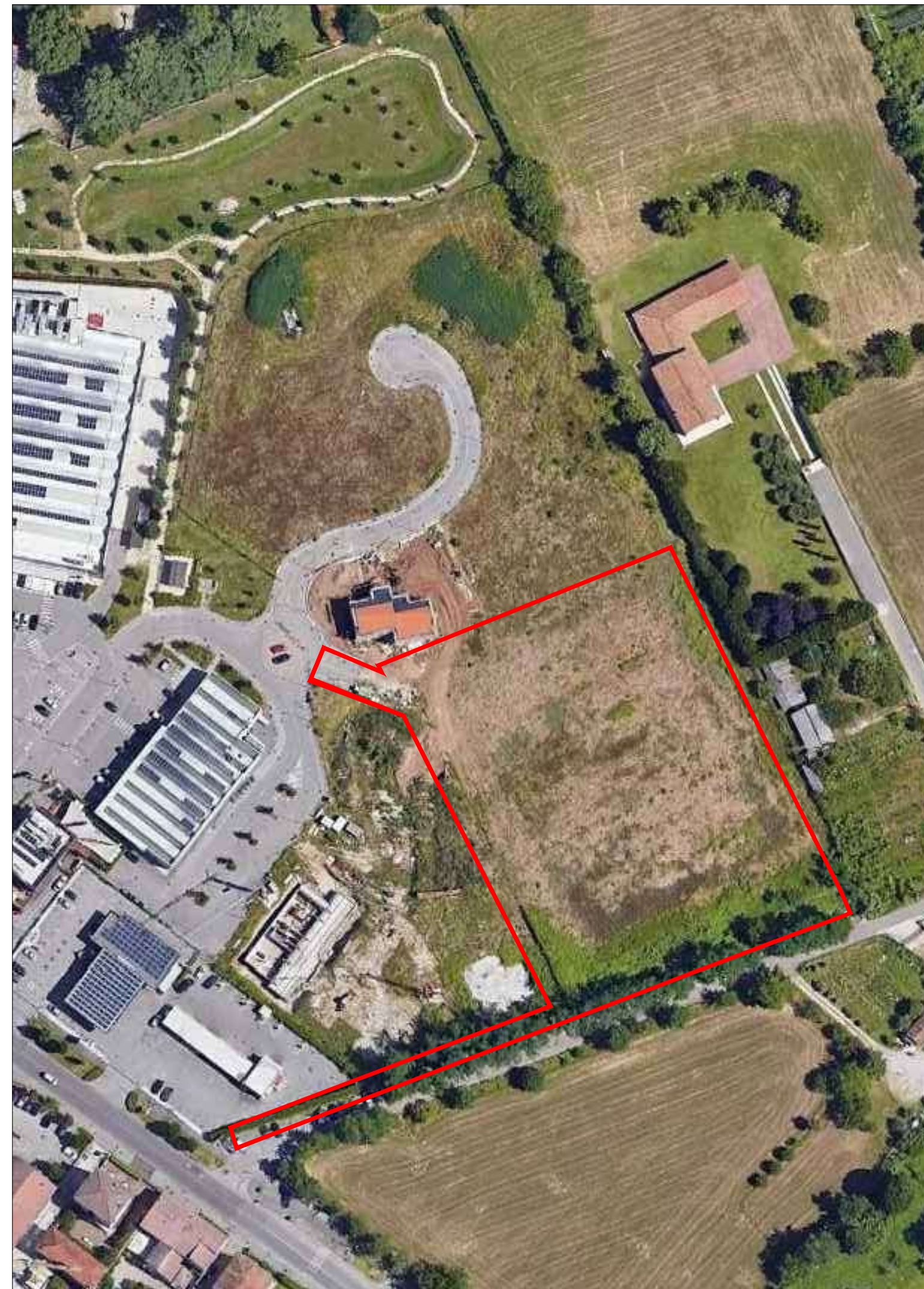


REGIONE VENETO
PROVINCIA DI VERONA
COMUNE DI VERONA

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
DENOMINATO "SANTA CATERINA"
SCHEDA NORMA "E4" ATO 5 Località
Palazzina, Verona**

Tavola	Oggetto	
4	ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA 4.1 RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA 4.2 RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	
Scala	Progettista Arch. Alfredo Paschetto Progettista GEO-IDROGEOLOGICA Ing. Paolo Crescini - Geol. Alberto Cò	Proprietà Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C. Società Imprendo Building S.r.l.
Data		
10/10/2023		
STUDIO ARCHITETTURA Via Don Gregorio Segala, 55/a - 37139 Verona - tel. 0458905106		



PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DENOMINATO “ SANTA CATERINA”
 SCHEDA NORMA “ E4”
 ATO 5 LOCALITÀ PALAZZINA, VERONA

ELABORATO

TAVOLA 4.1 ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
 D.M. 17.01.2018

COMMITTENTI

SOCIETÀ AGRICOLA ASPES DI TRENTAROSSO PAOLA & C.

TECNICO/ INCARICATO/ I

Dott. Ing. Paolo Crescini



Dott. Geol. Alberto Cò



Alberto Cò – Ilaria Mercè

Geologi – Tecnici Ambientali

infocogeologi@gmail.com

via g.camuzzoni, 1 – 37138 verona

p.iva 04383630235

2	richiesta integrazioni protocollo n. 0372399/ 2023 del 10/ 10/ 2023	Rodo	Merci	Cò	27/ 10/ 23
1	modifiche ed integrazioni	Merci/ Cò	Cò	Cò	28/ 11/ 22
0		Merci/ Cò	Cò	Cò	29/ 06/ 22
REV	Descrizione	elaborato	verificato	approvato	data
CODICE	GS	1025	NUM. ELABORATO - 01		File: GS1025 - Relazione di fattibilità geologica.docx



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	DESCRIZIONE PROGETTO.....	5
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E VINCOLISTICO.....	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	11
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO.....	14
7	INQUADRAMENTO TETTONICO - STRUTTURALE.....	18
8	SISMICITÀ DELL'AREA.....	20
9	CAMPAGNA INDAGINI.....	24
9.1	trincee esplorative.....	24
9.2	prove di permeabilità in pozzetto.....	25
9.3	indagine sismica (Re.Mi. e HVSR).....	27
10	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	29
11	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....	30
12	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO PROGETTUALE.....	32
13	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	34
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	36

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000
ALLEGATO 2:	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI
ALLEGATO 3:	DOCUMENTAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE
ALLEGATO 4:	DOCUMENTAZIONE PROVA DI PERMEABILITÀ IN POZZETTO
ALLEGATO 5:	REPORT INDAGINE SISMICA (REMI E HVSR)



Codice di Rif.: GS1025

Verona, 27 ottobre 2023

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto di un Piano Urbanistico Attuativo a destinazione residenziale di cui alla Scheda Norma n. E4 interessante un'area sita nel quartiere Borgo Roma nel Comune di Verona, è stato condotto il presente studio di fattibilità geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica, finalizzato:

- all'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area di interesse progettuale;
- alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico dei terreni costituenti il primo sottosuolo dell'area oggetto d'intervento;
- all'individuazione delle possibili problematiche di carattere geologico, geotecnico ed idrogeologico connesse all'esecuzione dell'intervento.

Lo studio è stato condotto avvalendosi di informazioni bibliografiche, d'archivio e cartografiche esistenti, dell'esperienza professionale maturata dagli scriventi in studi già svolti nel medesimo contesto geologico ed in zone limitrofe al sito d'interesse progettuale, nonché facendo specifico riferimento ai risultati di un attento rilievo dei luoghi ed a quanto emerso in seguito ad una mirata campagna indagini condotta *in situ*.

A revisione dell'elaborato "*Tavola 4.1 – Analisi Geo-Idrogeologica - Relazione di Fattibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica*", precedentemente trasmesso, il presente studio è stato integrato come richiesto dall' "*Area Gestione del Territorio - PUA, PNRR Urbanistica, PEBA*", ossia:

- "*al Cap.2 – Normativa di riferimento, citare normativa relativa al PGRA*;
- *al Cap. 6 in tema di sicurezza del territorio, inserire il riscontro della lettura rispetto alle tavole di rischio e pericolosità del PGRA e della corrispondente normativa. [...]*".



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente Normativa di riferimento ed alle successive raccomandazioni:

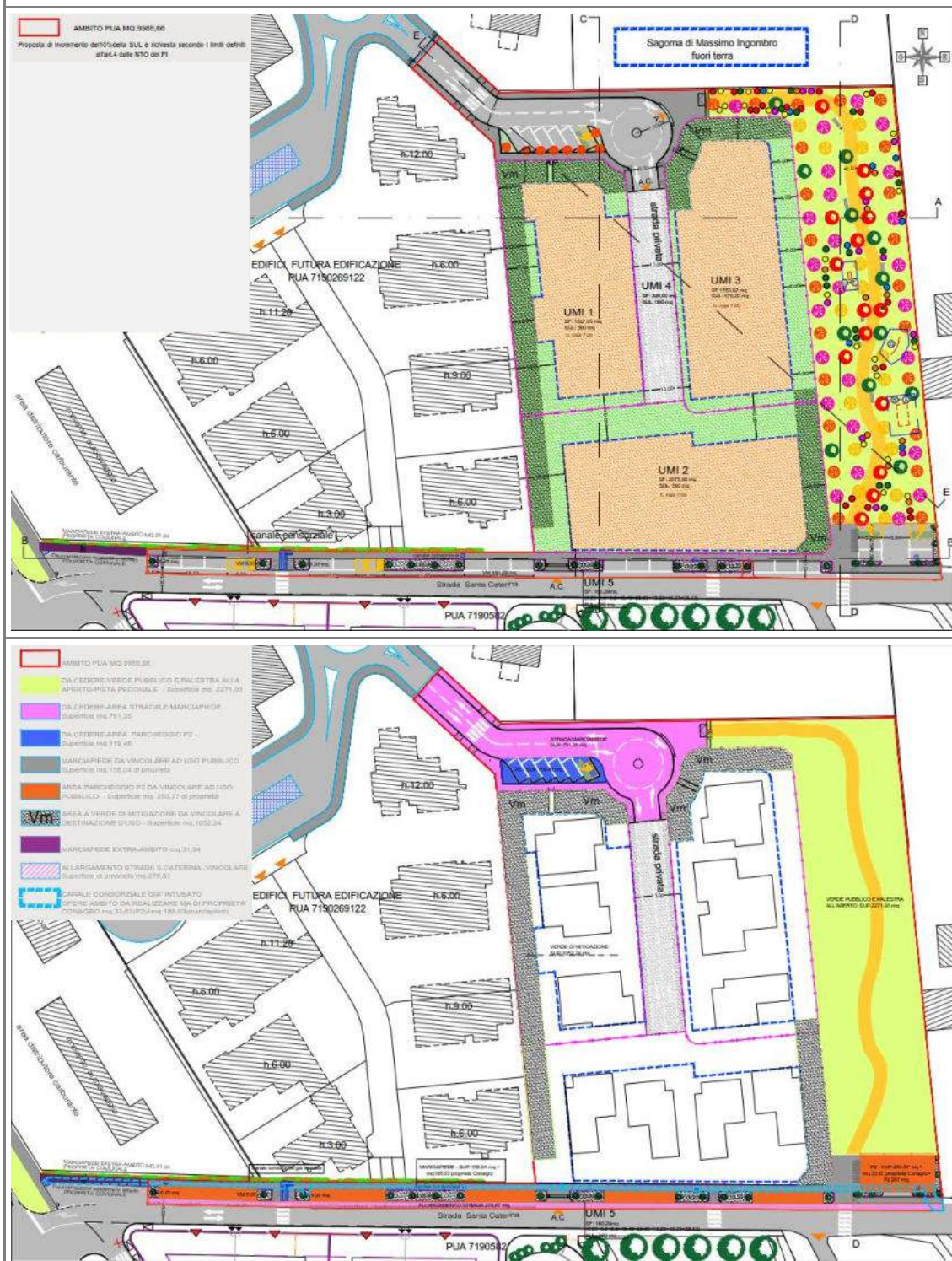
CIRC. REGIONE VENETO 30.01.1990 N. 2 Osservanza della normativa vigente sull'uso del sottosuolo ai fini edificatori e, in particolare, dell'obbligo, nei casi previsti, della Relazione geologica e della Relazione geotecnica.
ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 20.03.2003 N. 3274 (G.U.08.05.2003 N. 105) Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica.
DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE 21/ 07/ 2003 N.1435 Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del O.P.C.M. n. 3274/ 2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
DELIBERA DEL CONSIGLIO REGIONALE DEL VENETO 03.12.2003 N. 67 Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" – Approvazione della classificazione sismica e direttive per l'applicazione.
ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 28.04.2006 N. 3519 Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE DEL VENETO 22.01.2008 N. 71 Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 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. Adozione del provvedimento n.96/ CR del 7 agosto 2006.
D.M. 14.01.2008 Nuove norme tecniche per le costruzioni.
CIRC. MIN. 02.02.2009 N. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/ 01/ 2008.
PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE VENETO (P.T.A.) D.G.R.V. 05.11.2009 N. 107 Norme per il governo del territorio.
D.M. 17.01.2018 Aggiornamento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni".
CIRC. MIN. 21.01.2019 N. 7 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE DEL VENETO 09.03.2021 N. 244 Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94. D.G.R./ CR n. 1 del 19/01/2021.
DELIBERA DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELLE ALPI ORIENTALI 21.12.2021 N. 3 Il ciclo Piani di Gestione Rischio Alluvioni. I aggiornamento – Art. 14, comma 3, Direttiva 2007/ 60/ CE. Adozione dell'aggiornamento del PGRI ai sensi degli artt. 65 e 66 del D. Lgs. 152 del 2006 e corrispondenti misure di salvaguardia.



3 DESCRIZIONE PROGETTO

Con riferimento agli elaborati progettuali forniti dall'Arch. Alfredo Pasquetto (v. estratti nelle figure seguenti), il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo a destinazione residenziale in corrispondenza di un'area di estensione pari a 9.213,00 m² e riparametrata a 9.989,66 m².

Fig. 1. Sotto: estratto fuori scala dalla "Tavola 7.2.1 – Progetto planivolumetrico-generale". In basso: estratto fuori scala dalla "Tavola 7.4 – Cessioni e vincoli".





Con riferimento agli estratti planimetrici riportati in Fig. 1 alla pagina precedente, l'ambito d'intervento sarà caratterizzato come segue:

- porzione a destinazione privata costituita da n. 05 unità minime d'intervento (U.M.I.) di cui tre a destinazione residenziale (U.M.I. 1 ÷ 3), una quarta (U.M.I. 4) interessata dalla realizzazione della viabilità ad uso privato ed una quinta (U.M.I. 5) legata alla realizzazione di aree verdi, a parcheggio e marciapiede (da vincolare ad uso pubblico) lungo Strada Santa Caterina. Tale ambito prevede l'inserimento di aree verdi private.

U.M.I.	SUPERFICIE (m ²)
1	1.527,00
2	2.075,00
3	1.783,92
4	390,00
5	160,29

- ambiti in cessione sostanzialmente rappresentati da viabilità e parcheggi esterni all'area privata e da un'area a verde con fitness park e pista ciclabile, sviluppata in corrispondenza della porzione orientale dell'ambito d'intervento.

INTERVENTO	SUPERFICIE (m ²)
verde pubblico	2.271,00
strade e marciapiedi	751,35
parcheggio pubblico P2	119,46

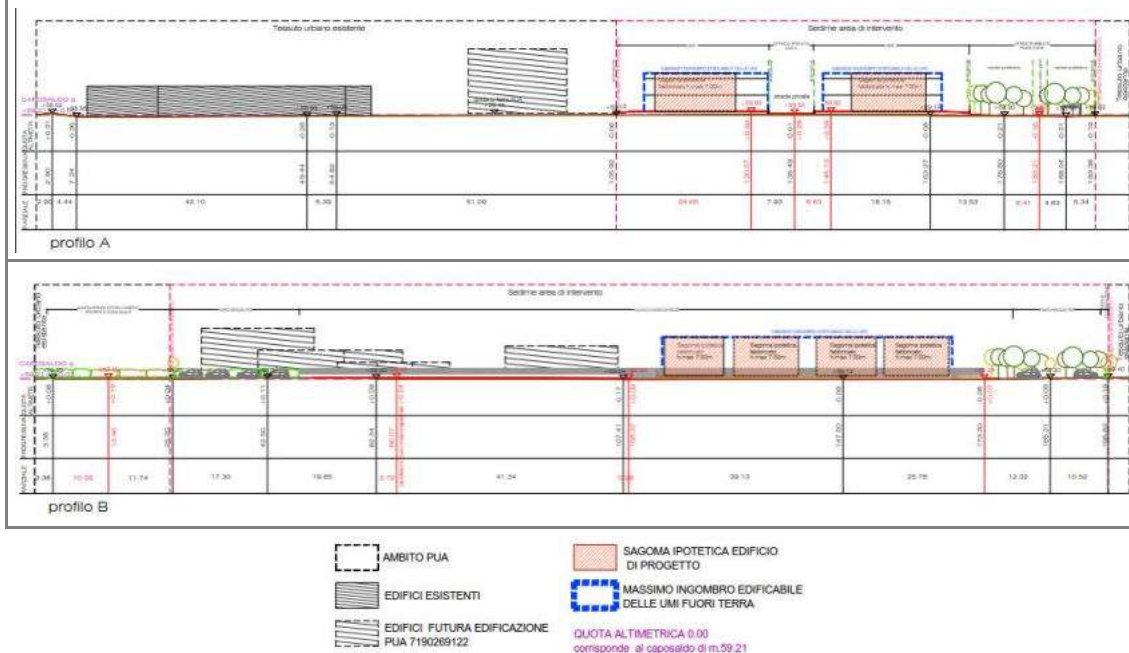
- come in parte anticipato in precedenza sono inoltre presenti delle aree intra - ambito da vincolare ad uso pubblico o a destinazione d'uso, nonché aree P2 e marciapiede di proprietà comunale.

INTERVENTO	SUPERFICIE (m ²)
marciapiede da vincolare ad uso pubblico	158,04
area parcheggio P2 da vincolare ad uso pubblico	253,37
verde di mitigazione da vincolare a destinazione d'uso	1.052,24
marciapiede extra - ambito	31,34
allargamento Strada Santa Caterina da vincolare	278,57

- nelle aree di proprietà "Conagro", presenti all'interno dell'ambito d'intervento, saranno presenti aree P2 e marciapiede.

INTERVENTO	SUPERFICIE (m ²)
area parcheggio P2	33,63
marciapiede	188,03

Nella pagina seguente si riportano infine alcune sezioni rappresentative, le cui tracce sono indicate in Fig. 1 alla pagina precedente.

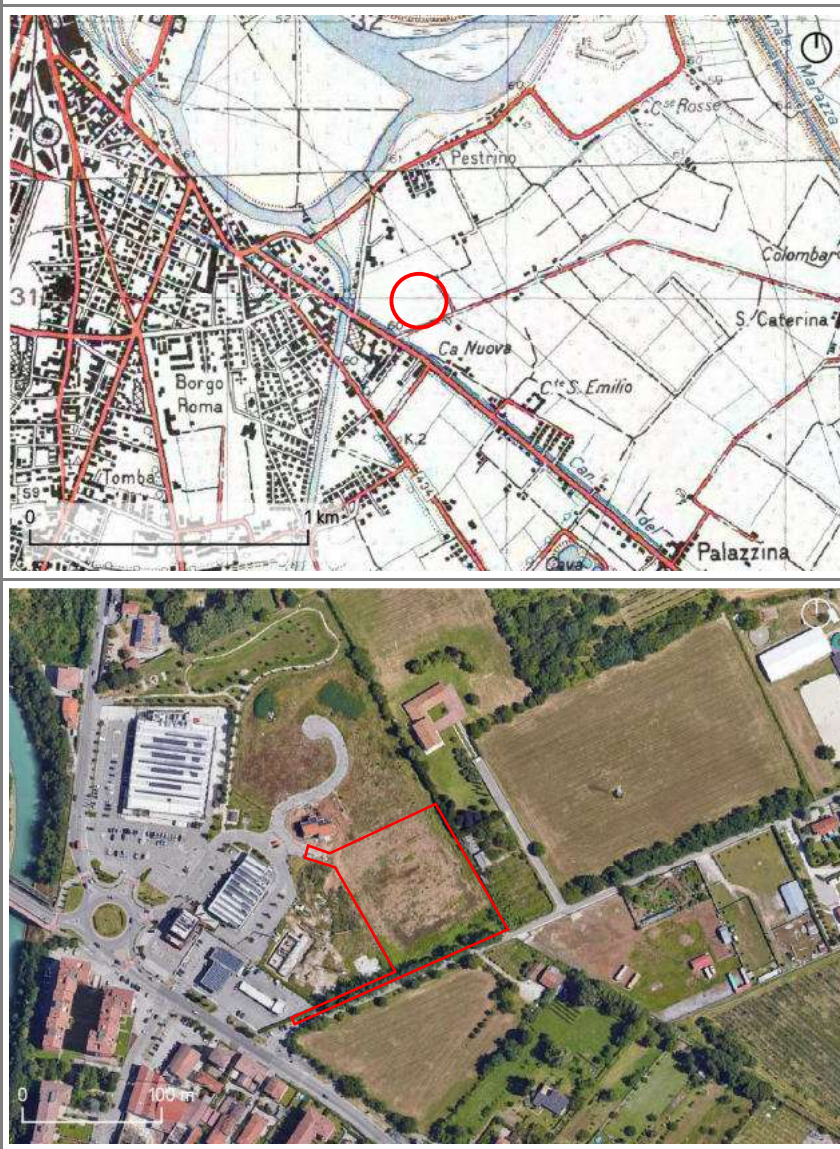
**Fig. 2.** Estratti fuori scala dalla “Tavola 7.3.1 - Sezioni”: profili A (sotto) e B (in basso).**Fig. 3.** Estratto fuori scala dalla “Tavola 7.3.1 - Sezioni”: profili C (sotto), D (in mezzo) ed E (in basso).



4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E VINCOLISTICO

Il sito in esame è ubicato a Sud – Est rispetto il nucleo storico di Verona, dove l'espansione urbanistica della città verso oriente incontra ancora spazi in gran parte a destinazione agricola. Ubicato poco ad Est rispetto al Canale Guliari, il lotto d'interesse progettuale confina a Sud con Strada Santa Caterina e sui restanti lati con altrui proprietà.

Fig. 4. Inquadramento geografico e foto aerea dell'area di studio (*in rosso*).

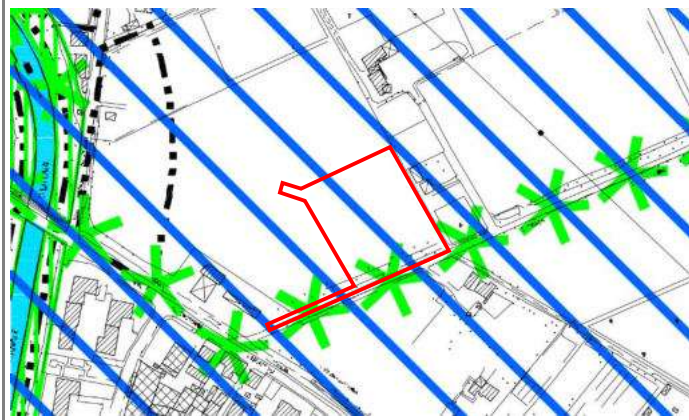


Per quanto riguarda la cartografia generale di riferimento, il territorio considerato ricade nel Foglio 49 III SO tavoletta “San Giovanni Lupatoto” dell'IGM alla scala 1:25.000 e nell'Elemento n. 124133 (“Palazzina”) della Carta Tecnica in scala 1:5.000 di cui si allega un estratto in calce al presente elaborato (v. All. 1).



Con specifico riferimento alle sole tematiche di natura geologica ed idrogeologica connesse con la realizzazione del progetto in esame, l'analisi del Piano di Assetto del Territorio (P.A.T.) del Comune di Verona ha evidenziato quanto segue.

Fig. 5. Estratto dalla “*Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale*” (Tav. 1). In rosso l'area in esame.



vincolo sismico D.C.R. 67/03 (art. 8)

area di ricarica degli acquiferi (art.32)

Fig. 6. Estratto dalla “*Carta delle Invarianti*” (Tav. 2). In rosso l'area in esame.

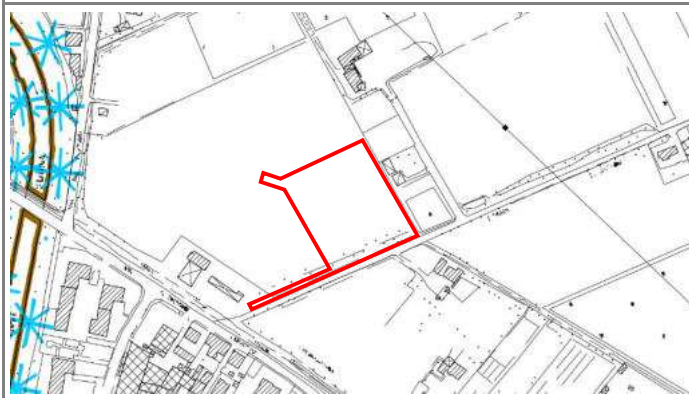
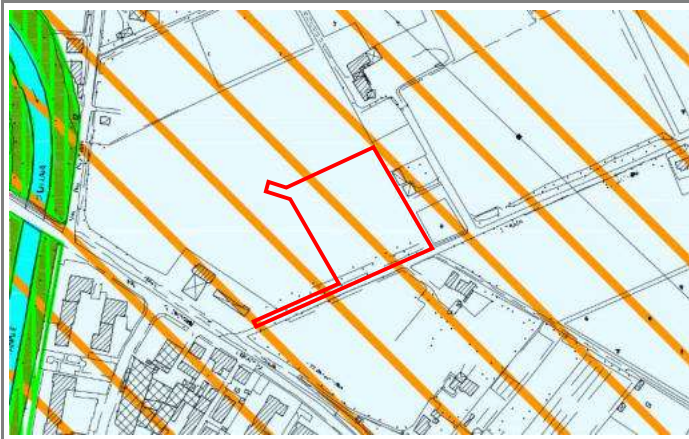


Fig. 7. Estratto dalla “*Carta delle Fragilità*” (Tav. 3). In rosso l'area in esame.



PENALITÀ A FINI EDIFICATORI: terreno ottimo (art. 37)

VULNERABILITÀ INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI: unità A (art. 38)



TAV.	NORMA / ANALISI
1	<u>Area a vincolo sismico (art. 8):</u> con riferimento alle recenti modiche apportate dalla D.G.R. 244/2021, l'intero territorio comunale di Verona rientra in zona sismica 2. In fase di attuazione degli interventi previsti dal PUA dovranno pertanto essere rispettate le specifiche prescrizioni in termini di progettazione antisismica. <i>Nell'ottica di un'analisi "sito specifica", si ritiene che l'area di progetto risulti potenzialmente soggetta a fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico data la presenza nel primo sottosuolo di terreni diversi da suoli di categoria "A".</i> <u>Area di ricarica degli acquiferi (art. 32):</u> l'appartenenza del sito a tale ambito comporta la prevenzione nei riguardi della falda freatica, il rispetto di quanto previsto dall'art. 21 del D.Lgs. 152/2006e dal Piano regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.). <i>Oltre a non rientrare tra gli interventi espressamente vietati, alla luce della profondità della falda rispetto al piano campagna, si ritiene di escludere qualsiasi tipo di interferenza fra l'intervento in progetto ed il quadro idrogeologico locale. I reflui civili derivanti dagli edifici previsti dal PUA dovranno inoltre essere gestiti secondo le previsioni normative.</i>
2	<i>Nel sito in esame non vi sono invarianti di tipo geologico, geomorfologico e idrogeologico, né ambiti territoriali caratterizzati da particolari evidenze ed unicità geologiche.</i>
3	<u>Penalità a fini edificatori (art. 37) - Terreno ottimo:</u> Penalità ai fini edificatori (art. 37) – terreno ottimo: non vi è alcun limite all'edificabilità. Le istanze per l'approvazione di P.U.A., dei permessi di costruire e le D.I.A. dovranno contenere una adeguata relazione geologica e geotecnica che, in relazione alla classificazione dei terreni ai fini delle penalità edificatorie, dimostri la compatibilità degli interventi in progetto con le norme di tutela e sicurezza. Lo sviluppo dell'analisi deve essere conforme a quanto previsto dalle Norme tecniche emanate con il D.M. 11/3/1988, e proporzionato al grado di penalità attribuito al terreno ed alle caratteristiche dell'opera in progetto. <i>Trattandosi nello specifico di PUA, il presente studio di fattibilità è finalizzato ad analizzare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, fornendo inoltre considerazioni di carattere geotecnico, allo scopo di verificare la compatibilità dello sviluppo del piano con l'assetto locale. Per quanto riguarda invece gli specifici interventi edilizi previsti all'interno dell'ambito del PUA, si rimanda agli studi che, come previsto da Normativa, verranno allo scopo redatti.</i> <u>Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (art. 38) – unità "A" vulnerabilità intrinseca alta:</u> il progetto in esame non andrà ad incidere in alcun modo sul chimismo e sulla qualità delle acque sotterranee.

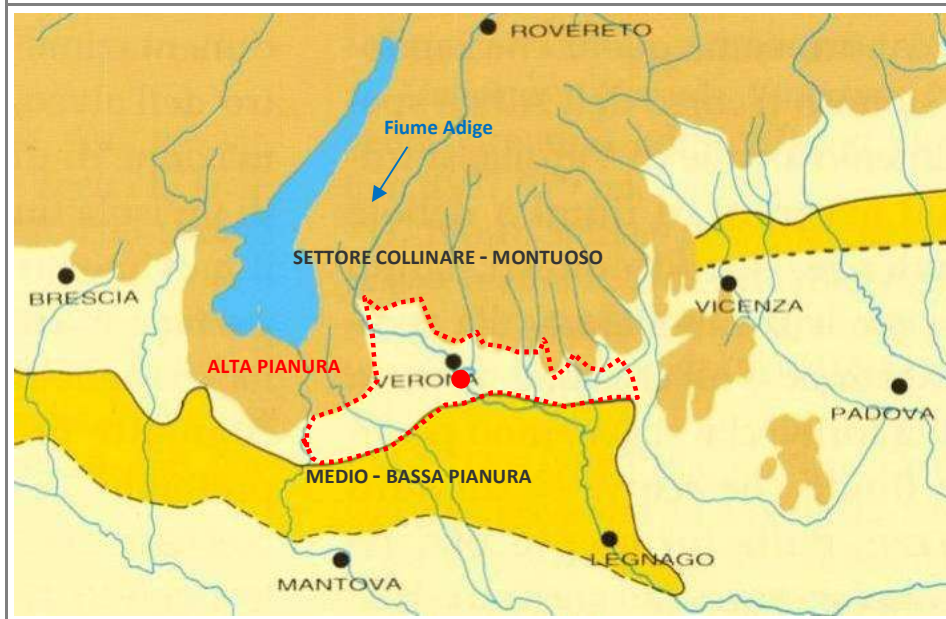
→ Pur rimandando alle pagine successive per un'esaustiva trattazione delle tematiche più strettamente geologiche e geotecniche, sulla base delle indicazioni fornite dal P.A.T. del Comune di Verona si ritiene non esistano vincoli o limitazioni di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico in relazione alla fattibilità degli interventi in progetto.



5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista **geologico - geomorfologico** generale il sito di studio si inserisce nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura Veronese (v. figura seguente) posta tra le ultime propaggini lessinee a Nord e la linea delle risorgive a Sud.

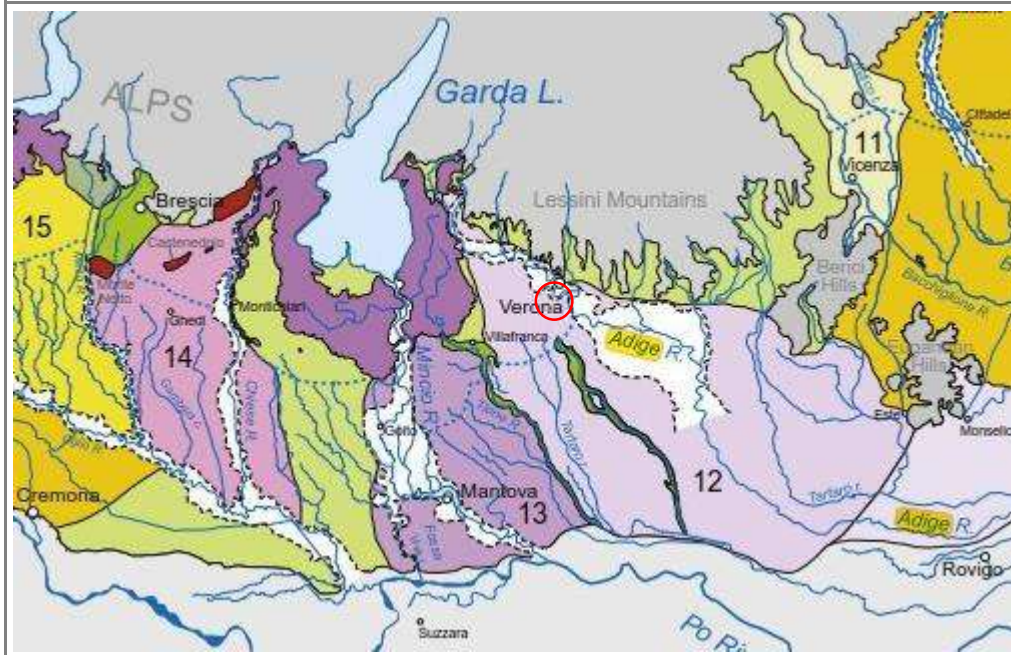
Fig. 8. Posizione rispetto Verona dei tre contesti geomorfologici e geolitologici principali: I) Settore collinare – montuoso, II) Alta Pianura veronese, III) Medio – Bassa Pianura veronese (da *Etsch, Adige – Il fiume, gli uomini, la storia, 1997*). Il pallino rosso indica l'ubicazione del sito di studio.



L'evoluzione geomorfologica e geologica della Pianura veronese è legata principalmente all'interferenza fra il Fiume Adige, le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvio-glaciale. Durante il Quaternario l'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni di flusso idrico e di trasporto solido, ha determinato la formazione del *megafan* (o conoide) dell'Adige, un complesso sistema deposizionale che si estende, con forma a ventaglio, dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago (v. Fig. 9 alla pagina seguente). Questo sistema ha avuto un'evoluzione complessa a partire da 15.000 anni fa, ossia con l'inizio del ritiro glaciale nell'area alpina: a causa della minor capacità di trasporto solido del fiume, il *megafan* è stato progressivamente inciso nella porzione apicale e solamente nella porzione distale esso ha continuato a svilupparsi seppur con scarsi apporti sedimentari. Fra la parte apicale (Alta Pianura) e quella più distale (Media e Bassa Pianura) della conoide si determina una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi, in ragione della diminuzione di capacità di trasporto solido. La composizione petrografica dei sedimenti dell'Adige è prevalentemente di natura granitica, riolitica e metamorfica mentre solo in minor parte è carbonatica.

In tale contesto gran parte delle evidenze morfologiche sono riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), i cui segni risultano tuttavia celati dalla sempre crescente urbanizzazione del territorio. L'agente morfogenetico principale è rappresentato dal fiume Adige con il suo grande conoide ed il suo piano di divagazione, scavato e terrazzato, all'interno del conoide stesso. L'ambito dell'Antico conoide e quello del Piano di divagazione risultano separati da una scarpata morfologica che in corrispondenza della porzione di territorio oggetto di studio raggiunge all'incirca i 10 m di altezza. Posto nello specifico ad una quota altimetrica media di riferimento compresa tra 59 e 60 m ca. s.l.m.m., il lotto d'interesse progettuale presenta una morfologia sub pianeggiante, blandamente degradante verso Sud Est.

Fig. 9. Estratto fuori scala da “*Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps*” (modificata da Fontana et al., 2014). In rosso l'ubicazione del sito di studio. Indicato con il n. 12 il megafan dell'Adige.



Sotto l'aspetto **geolitologico**, l'Alta Pianura Veronese deriva come detto dall'accumulo di grandi quantitativi di materiali granulari (ghiaie, ciottoli, sabbie e limi) la cui successione stratigrafica riflette le variazioni climatiche e, con esse, la capacità di trasporto della rete idrografica. Nel Quaternario, infatti, lo scioglimento delle coltri glaciali atesine, dovuto all'incremento di temperatura post-glaciale, potenziò enormemente la capacità di trasporto della rete idrografica, permettendo così l'accumulo di sedimenti prevalentemente grossolani.

Con riferimento all'estratto dalla “*Carta Geologica del territorio del Comune di Verona*” riportato in Fig. 10 alla pagina seguente, da un punto di vista litologico l'area oggetto di studio risulta caratterizzata da materiali riferibili alle alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali rissiane dell'antico conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose, rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità da piano campagna, con occasionali e discontinue lenti argillose (v. sezione geologica “X” riportata in Fig. 11 alla pagina seguente).

L'analisi della sezione geologica “X”, correlata con le stratigrafie di pozzi ubicati nelle immediate vicinanze dell'area di studio, ha messo in evidenza conformemente a quanto riportato in letteratura, la presenza nel sottosuolo di un materasso alluvionale di natura prevalentemente granulare (ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa) e di considerevole spessore.

Nel dettaglio si riscontra come tale materasso alluvionale, pur caratterizzato da una sostanziale omogeneità composizionale, presenti un certo grado di stratificazione indotto dalla diversa granulometria dei depositi e soprattutto dalla presenza di sporadici livelli fini che interrompono la continuità dei depositi ghiaiosi; trattasi di orizzonti di spessore metrico a composizione prevalentemente argillosa e limosa dovuti all'interferenza tra la deposizione del conoide dell'Adige e gli apporti dei corsi d'acqua lessini. Nella porzione di territorio in esame, il più superficiale di tali livelli si attesta ad una profondità di 20 m ca. dal piano campagna.



Fig. 10. Estratto dalla "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona" in scala 1:20.000 (De Zanche V. et alii., 1977). In rosso l'ubicazione dell'area interessata dal P.U.A. in progetto.

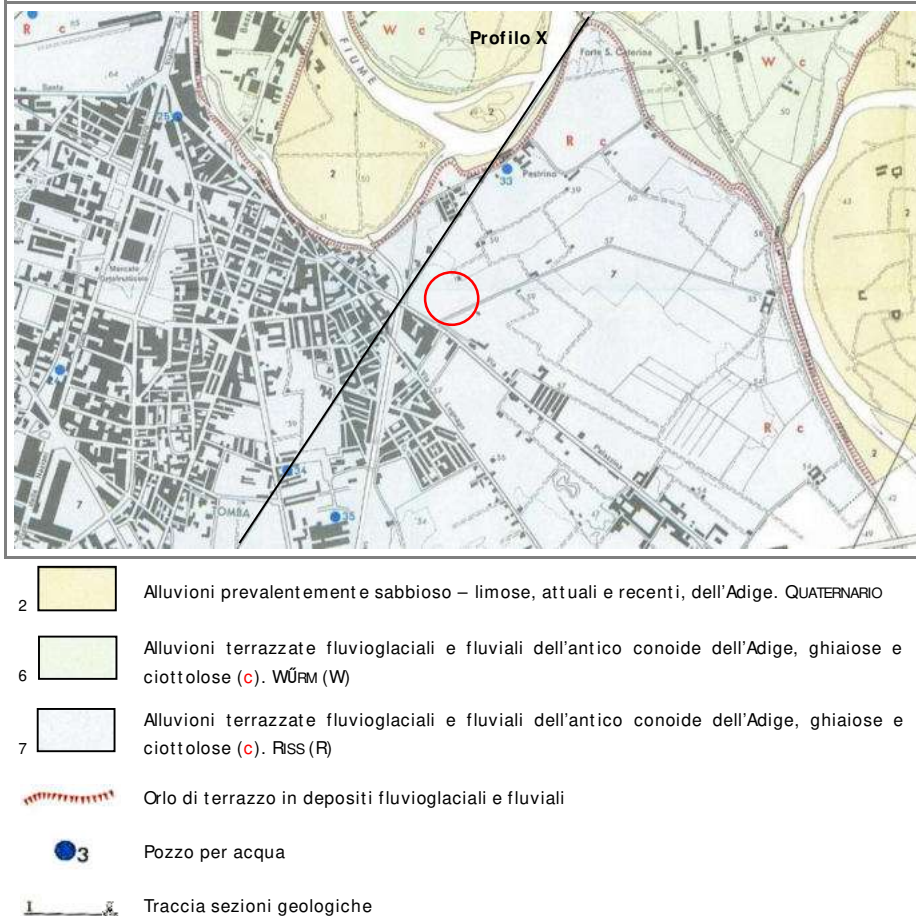
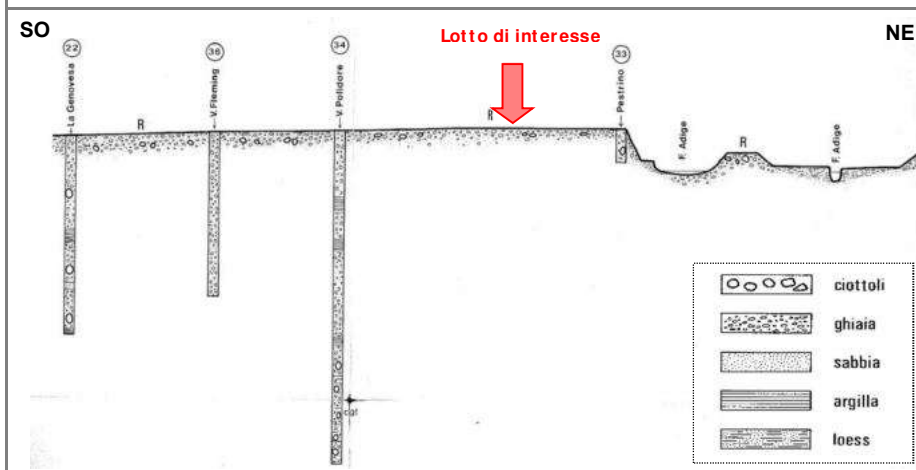


Fig. 11. Estratto del profilo geologico "X" con direzione NE – SO (dalla "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona": per la traccia del profilo si rimanda alla figura precedente.

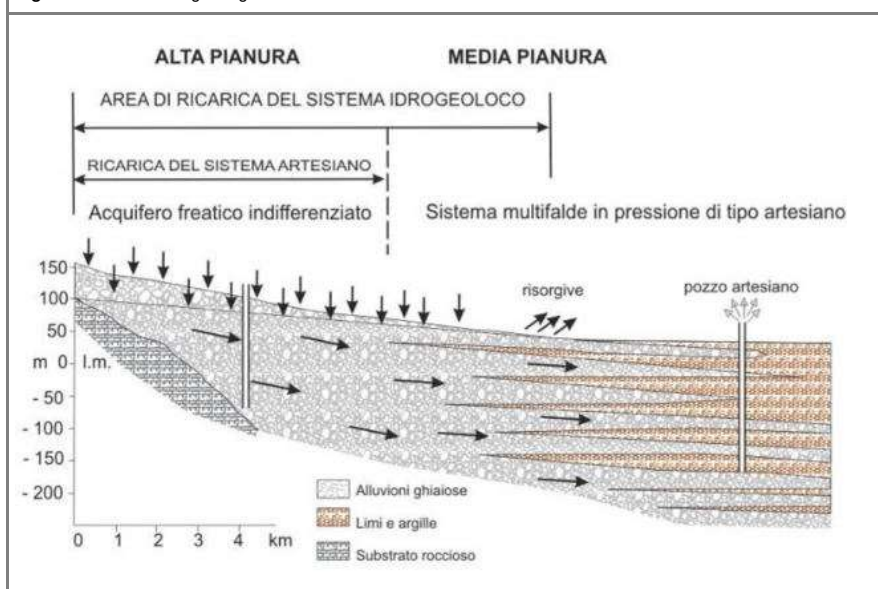


→ Da un punto di vista geologico e geomorfologico, in corrispondenza del sito di studio non si rilevano evidenze riconducibili a situazioni di particolare criticità; non sussistono infatti fenomeni di dissesto in atto, quiescenti o in evoluzione, manifestazioni di erosione diffusa o concentrata. Pur rimandando le specifiche valutazioni alle successive fasi progettuali, sulla base delle previsioni d'intervento che rientrano nell'ambito del PUA, si ritiene possibile escludere modifiche tali da incidere sulla stabilità locale e globale dei luoghi.

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO

La schematizzazione del territorio provinciale in tre distinti settori, già trattata in precedenza, viene di seguito riproposta anche da un punto di vista **idrogeologico**:

Fig. 12. Schema idrogeologico della Pianura Veronese.

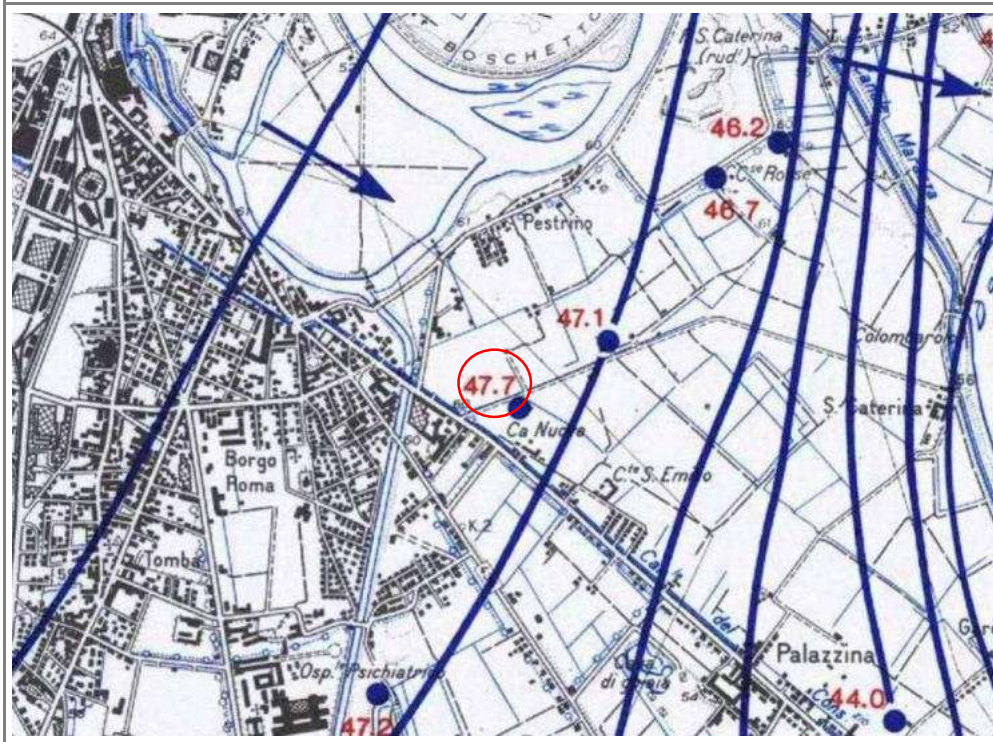


- I. SETTORE COLLINARE. La natura prevalentemente calcarea unitamente all'assetto strutturale ha favorito l'instaurarsi di un ben sviluppato carsismo. In tal senso, i fenomeni carsici e di fratturazione sono talmente numerosi ed importanti che la circolazione idrica superficiale è presente solo in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.
- II. ALTA PIANURA. L'elevata permeabilità e l'omogeneità del sottosuolo permettono, in questo tratto di pianura, l'infiltrazione delle acque superficiali e fanno di questo territorio "area di ricarica" degli acquiferi. L'Alta pianura è infatti sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso approssimativamente Nord Ovest – Sud Est.
- III. MEDIO - BASSA PIANURA. A partire dal limite inferiore della fascia dei fontanili, prende inizio il tipico ambiente di bassa pianura caratterizzato da terreni da fini a molto fini. Il sottosuolo, costituito da alternanze di orizzonti continui limo – argillosi e strati permeabili, è caratterizzato dalla sovrapposizione di *acquicludi* e di falde idriche in pressione.

I depositi ghiaioso - sabbiosi che costituiscono il sottosuolo dell'Alta Pianura, e pertanto anche l'area in cui ricade il sito di interesse progettuale, rappresentano un importante acquifero freatico, che ospita una falda di elevata potenzialità la cui tavola d'acqua si trova a profondità variabile dal piano campagna in ragione della topografia dei luoghi e del gradiente della falda stessa. In linea generale la profondità della falda diminuisce da Nord verso la porzione Sud orientale della città con un deflusso sotterraneo disposto in direzione Nord Ovest – Sud Est.

In riferimento alla "*Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige*" (v. estratto in Fig. 13 alla pagina seguente), si evince come in corrispondenza dell'area oggetto di studio (quota altimetrica di riferimento compresa tra 59 e 60 m ca. s.l.m.m.) la falda in periodo di morbida si attesti ad una quota compresa fra 47 e 48 m ca. s.l.m.m. (come confermato anche dal livello della falda (47,7 m s.l.m.m.) misurato in un pozzo posto nelle immediate vicinanze del lotto in esame) garantendo pertanto un franco minimo di 11 m ca. da p.c.

Fig. 13. Stralcio della "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige" (Dal Prà e De Rossi, 1989). I numeri a fianco dei punti blu (pozzi) e delle linee blu (isofreatiche) indicano la quota sul livello del mare della superficie della falda, misurata nel 1986. In rosso l'ubicazione del sito oggetto di intervento.



→ Alla luce dell'assetto idrogeologico ricostruito, si ritiene che il livello di falda si collochi a profondità tali rispetto al piano campagna da poter escludere interferenze dirette tra gli interventi edilizi previsti dal PUA proposto ed il deflusso delle acque sotterranee.

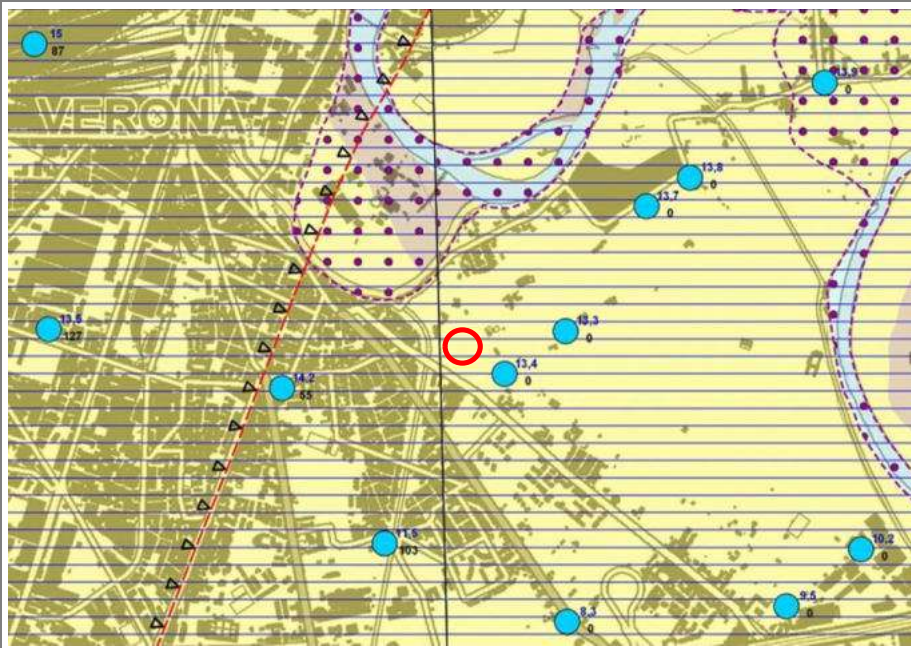
Dall'analisi dell'estratto dalla "Carta delle Particolarità Idrogeologiche" del P.T.P. della Provincia di Verona riportato in Fig. 14 alla pagina seguente, si osserva che l'ambito di pianura ove ricade l'area in esame è caratterizzato da una permeabilità primaria per porosità generalmente elevata in ragione della composizione prevalentemente grossolana dei depositi presenti. Sempre in relazione a quanto riportato nel già citato estratto cartografico, emerge inoltre come alcuni pozzi freatici e/o sondaggi ubicati nelle dirette vicinanze del lotto d'interesse evidenzino la presenza di un livello di falda posto a 13,3 ÷ 13,4 m ca. di profondità da piano campagna.

Dal punto di vista **idrografico** il principale elemento naturale che scorre nelle vicinanze dell'area in esame è il fiume Adige la cui sponda destra si pone ad una distanza minima di 640 m ca. in direzione Nord (v. Fig. 15 alla pagina seguente).

Di particolare rilevanza è il Canale Industriale Camuzzoni, che dista 400 m ca. in direzione Nord Ovest rispetto al sito d'intervento; tale elemento idrico risulta regimato fra argini artificiali ad esclusione del tratto maggiormente vicino all'area di interesse progettuale, in cui riprende un'antica ansa del fiume Adige. Sempre in questo tratto, a partire dalla sponda destra del Canale Camuzzoni, si diparte il Canale Giuliani - Milani che, dalla diramazione disegna una curva e prosegue verso Sud con andamento rettilineo scorrendo ad una distanza di circa 200 metri dal limite Ovest del lotto di intervento. Nella porzione di territorio in esame è inoltre presente una rete idrografica secondaria gestita dal Consorzio di Bonifica Veronese per l'irrigazione dei terreni agricoli. Uno di tali elementi delimita, intubato, il confine Sud dell'area d'intervento.



Fig. 14. Estratto dalla "Carta delle Particolarità Idrogeologiche" del P.T.P. della Provincia di Verona. In rosso l'ubicazione dell'area interessata dal P.U.A. in progetto.



-  permeabilità generalmente alta per porosità.
-  permeabilità medio bassa per porosità.
-  ambiti di pianura ad elevata vulnerabilità idrogeologica.
-  ambiti fortemente soggetti a pericolo di esondazione.
-  pozzo freatico principale e/o sondaggio
(prof. falda (m)/ prof. pozzo sondaggio (m)).

Fig. 15. Immagine aerea del territorio ove ricade l'area oggetto di intervento (in rosso), con evidenziati i principali elementi idrografici (in blu ed azzurro) ed i canali irrigui della rete gestita dal Consorzio di Bonifica Veronese (in giallo).



Da un punto di vista **amministrativo**, il sito oggetto di studio rientra nell'ambito territoriale del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, nel bacino del Fiume Adige. Dall'analisi della cartografia redatta nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), oltre che di quella del previgente Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), il sito d'intervento non ricade fra le aree a pericolosità idraulica e a rischio idraulico individuate, le quali risultano invece porsi ad una distanza di oltre 400 m a Nord Ovest rispetto al sito di studio (v. figure seguenti). Non sussistono pertanto limitazioni alla realizzazione dell'intervento in progetto, nel rispetto delle norme di tutela idraulica del territorio.

Fig. 16. Estratto dal portale SIGMA ("Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni") del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali raffigurante le aree a pericolosità idraulica individuate dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. In rosso l'area d'intervento.

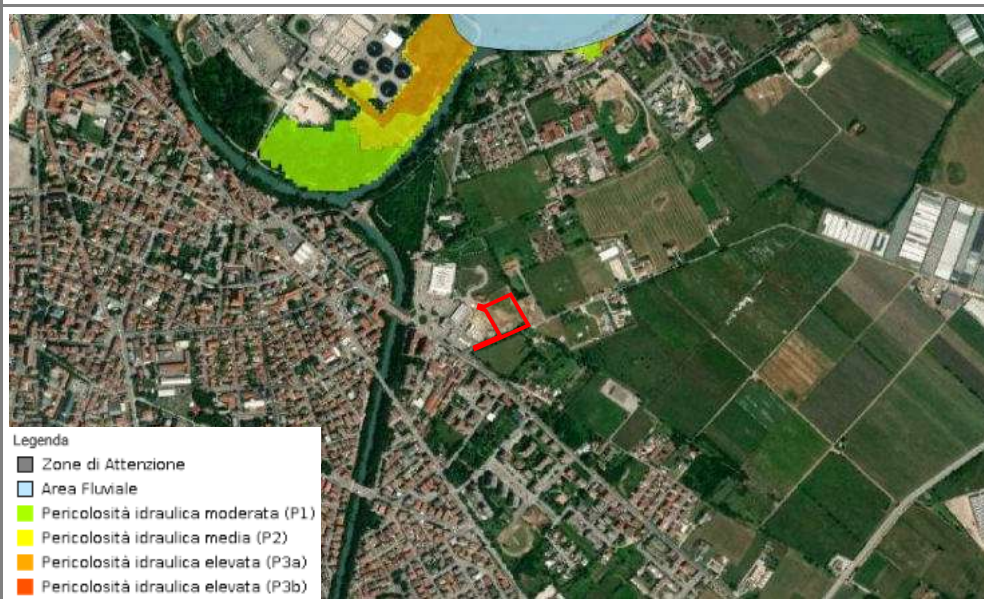


Fig. 17. Estratto dal portale SIGMA ("Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni") del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali raffigurante le aree a rischio idraulico individuate dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. In rosso l'area d'intervento.



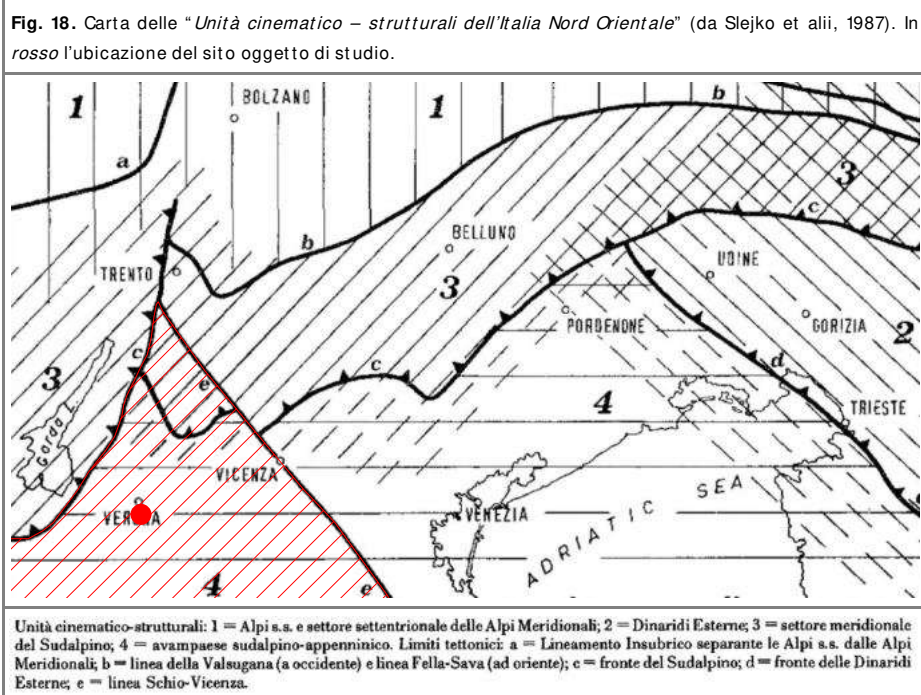


- Il sito d'intervento non si inserisce entro vallecicole o zone di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche. Pur in assenza di riscontri diretti, si ritiene che in corrispondenza del sito di studio il deflusso delle acque di corruzione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa; favorendo dinamiche d'infiltrazione. Detto ciò, la proposta del PUA in progetto prevede, secondo normativa, uno specifico studio di Valutazione di Compatibilità Idraulica finalizzato alla definizione delle misure compensative necessarie a garantire l'invarianza idraulica.

7 INQUADRAMENTO TETTONICO - STRUTTURALE

Sulla base della cinematica, della geodinamica e dell'evoluzione tettonica verificatesi nel Pleistocene medio - Olocene, l'Italia nord - orientale è suddivisibile in quattro unità cinematico - strutturali (Slejko et alii. 1987 - v. Fig. 18):

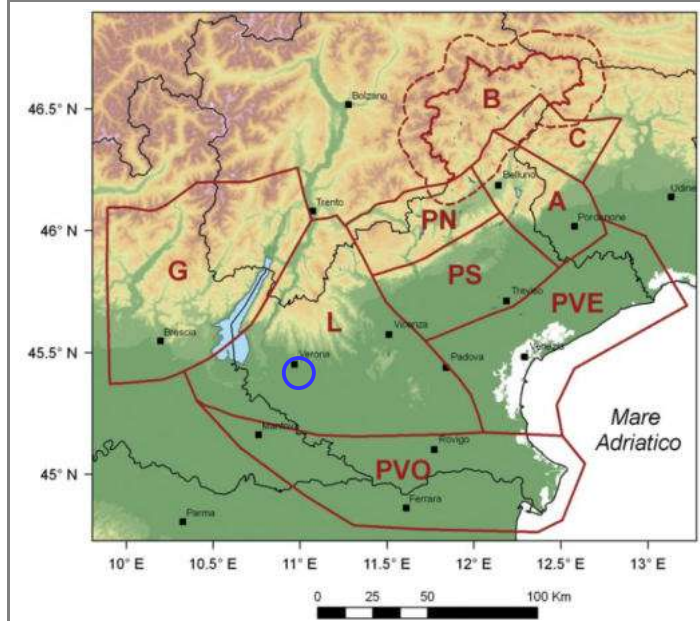
- Alpi e settore settentrionale delle Alpi Meridionali (Unità 1);
- Dinaridi Esterne (Unità 2);
- Settore meridionale del Sudalpino (Unità 3);
- **Avampaese sudalpino - appenninico (Unità 4).**



A tal riguardo il sito in esame ricade nell'*Avampaese sudalpino - appenninico*, più precisamente nel *settore lessineo meridionale*, una sorta di apofisi padana interposta nel Sudalpino e sovrascorsa ad occidente dai sistemi di embricazione dell'area Garda - Trento. L'area è delimitata ad Est dalla linea Schio - Vicenza che funge da svincolo trascorrente rispetto alle unità alloctone orientali; in corrispondenza di tale unità si raggiungono profondità ipocentrali superiori ai 20 km. L'area denuncia sollevamenti e deformazioni non accentuate con blando basculamento verso Sud. Risultano in attività le faglie dirette.

Con riferimento all'estratto cartografico di cui in Fig. 19 alla pagina seguente, che riporta una più recente suddivisione del Veneto e delle regioni limitrofe in Distretti Sismici, il sito d'intervento ricade all'interno dell'unità del Lessini - Schio "L", che si estende dai fronti di accavallamento più esterni del sistema delle Giudicarie Meridionali ad Ovest, fino alla Flessura Pedemontana ad Est, e comprende i Monti Lessini, la fascia della Linea Schio- Vicenza, i rilievi dei Monti Berici e dei Colli Euganei.

Fig. 19. Estratto cartografico da “*Distretti sismici del Veneto*”, M. Sugan e L. Peruzza, 2011, con indicata in *blu* l'ubicazione indicativa del sito di studio.



La transizione al dominio pede- appenninico avviene nell'ambito della Pianura Padana (il limite meridionale di tale distretto è arbitrario, ove si riscontra minor sismicità). L'area è interessata da faglie prevalentemente trascorrenti, disposte Nord Ovest - Sud Est, sebbene siano mappati alcuni elementi tettonici ad andamento Est Nord Est - Ovest Sud Ovest. I Lessini rappresentano, come detto precedentemente, un settore poco deformato, caratterizzato da immersione verso Sud.

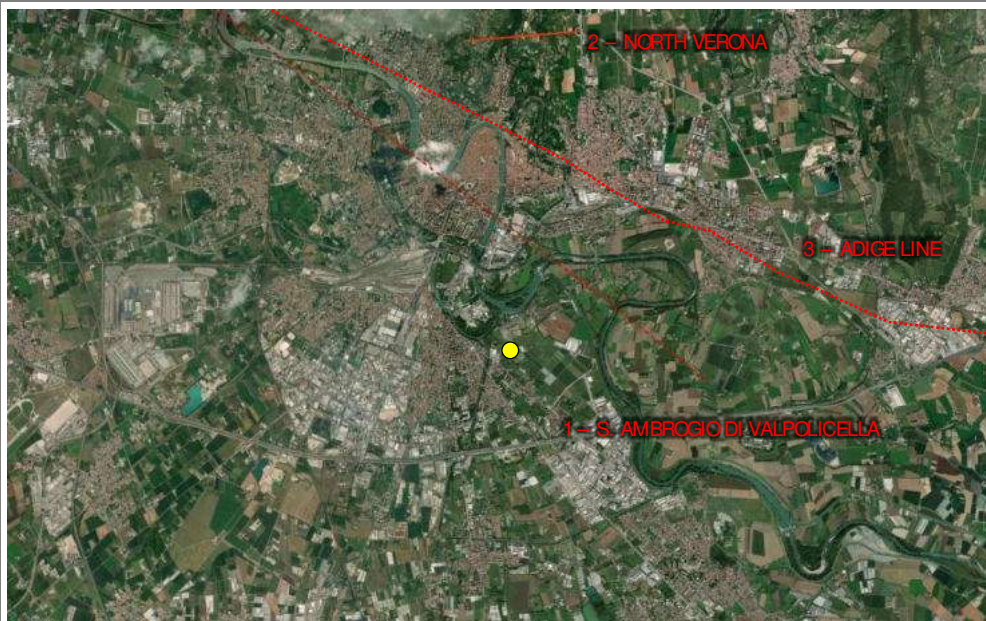
Dal punto di vista **neotettonico**, con riferimento all'estratto dal “*Catalogo delle faglie capaci - ITHACA*” (v. Fig. 20 alla pagina seguente) nella porzione di territorio in cui ricade il sito oggetto di studio si riconoscono i seguenti lineamenti tettonici identificabili come “faglie capaci” (nel catalogo sono considerate le strutture che hanno generato fagliazione superficiale negli ultimi 125.000 anni e ritenute, pertanto, potenzialmente in grado di creare nuove deformazioni in superficie).

In particolare si segnalano:

1. “*Sant’Ambrogio di Valpolicella*”: faglia trascorrente destra si pone al limite meridionale dei Lessini e presenta una direzione NO – SE. Ubicata ad una distanza di 1,7 km ca. a Nord Est rispetto al sito d'intervento presenta ultimi segni di attività nel Pleistocene;
2. “*North Verona*”: faglia normale di lunghezza abbastanza contenuta (1,9 km ca.), direzione Nord Ovest – Sud Est, posta ad una distanza di circa 5,3 km a Nord del sito oggetto di studio e per la quale sono indicati segni di ultima attività nell'Olocene;
3. “*Adige Line*”: lineamento tettonico rilevante, di lunghezza pari a 30 km, orientato in senso NNO – ESE, collocato indicativamente lungo il margine settentrionale della *fascia pedemontana veronese* definita in precedenza, ad una distanza di 3,3 km ca. a Nord Est rispetto al sito d'intervento; risulta caratterizzato da attività anche in epoca storica (< 3.000 anni).

→ Sebbene la porzione di territorio in esame sia, come visto, caratterizzata dalla presenza di alcune faglie capaci, pur rimandando al paragrafo seguente e per l'analisi delle potenziali criticità di carattere geomorfologico e geologico in grado di esaltare gli effetti di un'onda sismica, nell'ottica di un'analisi “sito specifica” non si segnalano evidenze riconducibili a criticità di carattere tettonico – strutturale.

Fig. 20. Mappa delle “faglie capaci” presenti nella porzione di territorio in esame (estratto dal “*Catalogo delle faglie capaci - ITHACA*”). In giallo l’ubicazione del sito in esame.



8 SISMICITÀ DELL'AREA

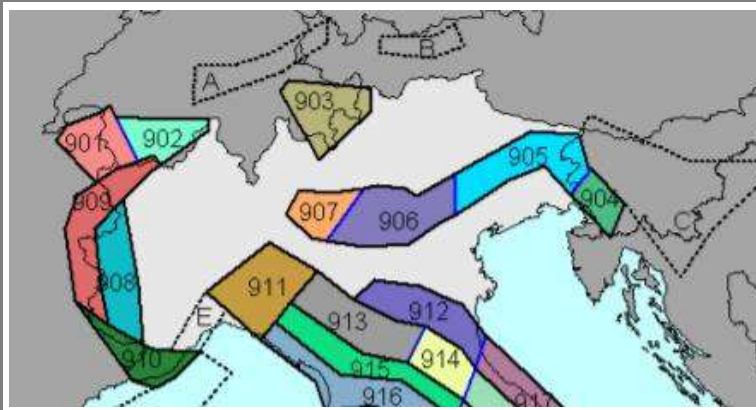
In termini di zonazione sismica nazionale, l'O.P.C.M. 3274/ 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” ha previsto la realizzazione di una mappa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale. Redatto a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (“*Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.*”) tale documento illustra nell'Appendice 2 la nuova Zonazione Sismogenetica ZS9 (a superamento della precedente ZS4), la quale individua, per tutto il territorio italiano, le aree sismogenetiche suddividendole per contesto geografico e struttura geologica.

Come visibile nell'estratto riportato in Fig. 21 alla pagina seguente, il sito in studio ricade nella zona 906, che interessa l'area compresa tra Verona e Bassano del Grappa, caratterizzata dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate.

Con riferimento al già citato “Rapporto Conclusivo”, tale zona è caratterizzata da un meccanismo di fagliazione prevalente atteso di tipo “faglia inversa” e da una classe di profondità efficace “[...] vale a dire quella profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona [...]” pari a 8 km.

Come indicato nella Tabella 2.8- 1 “*Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)*” riportata all'interno del Volume I degli “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*” (v. Fig. 22 alla pagina seguente) a tale zona sismogenetica è associata una magnitudo massima M_{wmax} pari a 6,6.

Fig. 21. Zonazione sismogenetica ZS9.

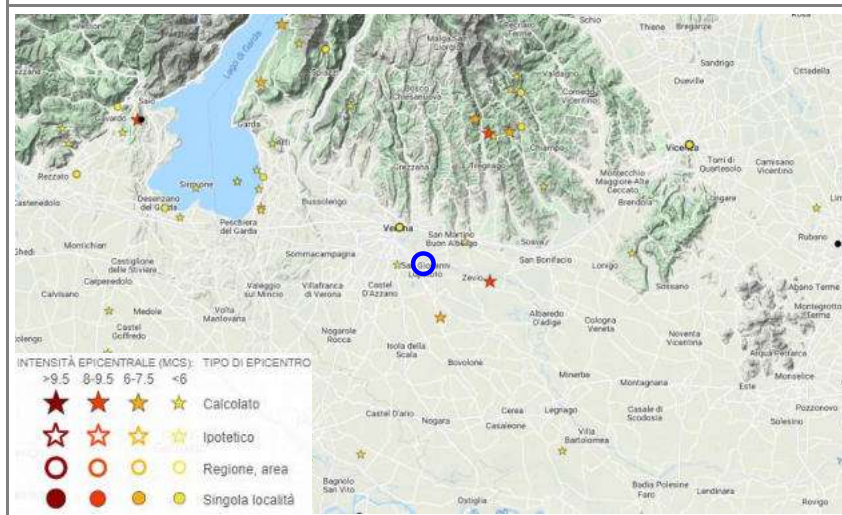

 Fig. 22. Tabella 2.8- 1 " Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004).

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza-Saone	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Per delineare la sismicità storica della porzione di territorio in cui ricade il sito oggetto di studio si è fatto riferimento alle seguenti pubblicazioni:

1. "Catalogo dei Forti Terremoti d'Italia" precedenti all'anno 1997 (dal database I.N.G.V. - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, consultabile all'indirizzo <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>): in corrispondenza della porzione di territorio in esame (v. figura seguente) si riportano sismi storici con magnitudo equivalente fino a circa 6,8 (evento del veronese, anno 1117), 5,9 (Val d'Illasi, 1891) e 5,7 (Salò, anno 1901);

Fig. 23. Estratto dal "CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C. - 1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C. - 1500)" che riporta ubicazione e intensità epicentrale dei maggiori sismi registrati nella regione esaminata (I.N.G.V.). In blu l'ubicazione dell'area di studio.



2. portale dati del “*Centro Nazionale Terremoti*” sismi registrati dal 1985 ad oggi (da <http://cnt.rm.ingv.it>): recentemente in corrispondenza della regione esaminata sono stati registrati sismi di magnitudo massima fino a 4,8 (Vobarno, 2004), concentrati principalmente nella zona del medio - alto Garda, nella valle dell'Adige e tra i territori comunali di Negrar e Grezzana (v. figura seguente).



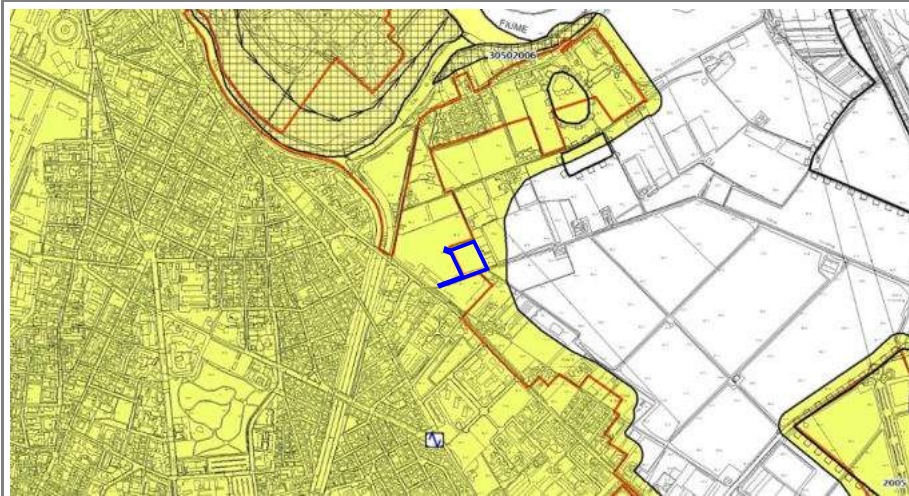
In caso di evento sismico gli elementi morfologici e geologici che possono produrre un'amplificazione dell'onda sismica sono essenzialmente legati a:

- presenza di faglie o fratture maggiori collegate alle faglie principali;
 - instabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica;
 - marcate linee di cresta o bruschi cambiamenti di pendenza;
 - contatti geologici che mettono a contatto terreni a differente impedenza sismica;
 - presenza sui versanti di coltri detritiche o di accumuli franosi (sia attivi che quiescenti);
 - vicinanza a scarpate di grande altezza soggette a fenomeni di crollo e/ o rotolamento;
 - presenza di falda freatica a bassa profondità con sottosuolo costituito da terreni granulari soggetti a liquefazione (sabbie fini o limi sabbiosi poco addensati).
- Con riferimento all'elenco puntato di cui sopra, nell'ottica di un'analisi “sito specifica” è ragionevole ritenere che in caso di sisma, pur in assenza di significative criticità tettonico – strutturali sito specifiche, il sito risulti potenzialmente suscettibile di amplificazione di tipo stratigrafico in ragione dell'assetto stratigrafico ricostruito.

In merito al rischio sismico, già nel 2017 il Comune di Verona si era dotato di “Microzonazione Sismica di 1 livello”. Con riferimento quindi alla “*Carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica*” (v. estratto Fig. 25 alla pagina seguente) redatta nell'ambito di tale studio, l'area in esame seppur di fatto esterna all'area indagata da suddetto studio, ricade in un ambito (zona 5) definito come potenzialmente suscettibile di fenomeni di amplificazione litostatigrafica per contrasto di impedenza e morfologica per la presenza di orli di scarpata e di terrazzi fluviali. In merito a ciò, pur rimandando al seguente Cap. 12 per la caratterizzazione sismica del sito di studio, va detto come si ritiene di poter escludere fenomeni di amplificazione morfologica vista la lontananza dal ciglio di terrazzo dell'Adige.



Fig. 25. Estratto dalla “Carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica” della Microzonazione Sismica (TAV. 3 – SE), con indicato in blu l'ambito del PUA.



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI: Zona 5: formazione dei depositi fluvio – glaciali dell'antico conoide depositato dall'Adige costituita da materiali ghiaiosi e sabbiosi alternati a livelli sabbiosi e limosi con spessori anche superiori a 100 m. Presenza di numerose cave. Possibili fenomeni di amplificazione litostratigrafica per contrasto di impedenza e morfologica per la presenza di orli di scarpata e di terrazzi fluviali.

2005



aree interessate dalle indagini di microzonazione sismica



9 CAMPAGNA INDAGINI

Come già anticipato in premessa, il presente studio si è basato sull'esecuzione di una mirata campagna indagini (v. ubicazione nella figura seguente ed in All. 2 in calce al presente elaborato) sviluppatesi *in situ* mediante l'esecuzione di:

- n. 05 trincee esplorative ("T1" ÷ "T5");
- n. 01 prova di permeabilità in pozzetto ("PP1");
- n. 02 stendimenti sismici ("Re.Mi.1" - "Re.Mi.2").
- n. 02 misurazioni del rumore sismico ambientale a stazione singola ("HVS1" – "HVS2");

Fig. 26. Ubicazione delle indagini condotte in corrispondenza dell'area d'intervento: trincee esplorative (*in rosso*), stendimenti sismici passivi Re.Mi. (*in magenta*), misurazione del rumore sismico ambientale a stazione singola con tecnica HVS (*in giallo*) e prova di permeabilità in pozzetto (*in azzurro*).



9.1 trincee esplorative

Spinti sino alla profondità massima di 4,2 m da attuale piano campagna, gli scavi condotti hanno permesso di:

- prendere visione diretta della stratigrafia superficiale dell'area;
- accertare l'eventuale presenza di materiale di riporto e/ o rimaneggiato;
- fornire indicazioni circa il grado di addensamento/ consistenza dei terreni rinvenuti nonché una realistica parametrizzazione geotecnica;
- valutare il comportamento dei terreni in funzione della stabilità degli scavi;
- verificare la presenza della falda o di eventuali venute d'acqua.



Pur rimandando all'Al. 3 in calce al presente elaborato per maggior dettaglio rispetto quanto emerso in fase di scavo, nella pagina seguente si riportano alcune tabelle di sintesi con indicazione schematica di quanto riscontrato. In particolare, viene innanzitutto fornita una descrizione delle unità litologiche individuate, nonché a seguire le profondità di tetto e letto di ciascuna unità, come rinvenute all'apertura degli scavi.

UNITÀ	DESCRIZIONE LITOLOGICA
GL	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.
Gs	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici. Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.

TRINCEA	PROFONDITÀ UNITÀ LITOLOGICHE (m da p.c.)	
	Tv	G
T1	0,0 ÷ 0,5	0,5 ÷ 4,2 *
T2	0,0 ÷ 0,7	0,7 ÷ 3,0 *
T3	0,0 ÷ 0,6	0,6 ÷ 3,8 *
T4	0,0 ÷ 0,5	0,5 ÷ 3,8 *
T5	0,0 ÷ 0,6	0,6 ÷ 3,3 *

* massima profondità raggiunta in fase d'indagine

Alla luce di quanto emerso durante le fasi di scavo si segnala l'assenza di venute d'acqua sino alla massima profondità indagata nonché la tendenza delle pareti dello scavo allo scavamento in corrispondenza del materiale ascrivibile all'unità "Gs".

9.2 prove di permeabilità in pozzetto

La permeabilità (o *conducibilità idraulica*) è l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico. La resistenza offerta dal materiale al deflusso dell'acqua viene misurata col *coefficiente di permeabilità* k , che rappresenta il volume di liquido (in m^3) che attraversa con moto laminare nell'unità di tempo (1s) un'unità di sezione ($1m^2$) ortogonale alla direzione di deflusso, sotto l'effetto di un gradiente idraulico unitario ed alla temperatura di 20°C.

Il coefficiente k viene espresso in m/s o in cm/s e presenta dei limiti di variazione estremamente ampi, come risulta anche dallo schema riportato in Fig. 27 alla pagina seguente, passando da valori di $10^{-1}m/s$ per terreni a granulometria grossolana a valori fino a $10^{-11}m/s$ per argille omogenee.

Tale enorme variabilità è determinata in primo luogo dalla granulometria del materiale e secondariamente dalla porosità e dalla struttura del terreno. Inoltre, la marcata eterogeneità dei depositi naturali, soprattutto a grana grossa, determina generalmente un'anisotropia anche nei riguardi della permeabilità, da cui deriva che la permeabilità orizzontale k_h di un terreno è di norma diversa dalla permeabilità verticale k_v .

**Fig. 27.** Classi di permeabilità dei 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}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	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						

Il coefficiente k può essere valutato sia attraverso prove in laboratorio che in sito. Nel primo caso la misura della permeabilità viene in genere effettuata solo per i terreni a grana fine, per i quali è possibile prelevare campioni indisturbati, relativamente più omogenei e rappresentativi anche se di piccole dimensioni. Per i depositi a grana media e grossa si preferisce invece far ricorso a misure in sito, in pozzetti o fori di sondaggio.

Come già in precedenza anticipato, durante la campagna indagini condotta in corrispondenza del lotto d'interesse e con la specifica finalità di verificare le caratteristiche di conducibilità idraulica dei terreni costituenti il primo sottosuolo, è stata realizzata n. 01 prova di permeabilità in pozzetto ("PP1") a carico variabile secondo quanto indicato dalle Norme A.G.I. ("*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*").

Il coefficiente k (m/s) di permeabilità è stato calcolato applicando la formula suggerita dall'A.G.I. relativamente a pozzetti a base quadrata, utilizzando come valore "b" il lato della sezione quadrata equivalente a quella di scavo:

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

dove:

- $h_m = (h_1 + h_2)/2$, altezza media dell'acqua nella trincea ($h_m > 1/4 b$) (m)
- $b = (L \times A)^{1/2}$, lato della sezione quadrata equivalente di scavo (m)
- $t_2 - t_1$ = intervallo di tempo (s)
- $h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$

Pur rimandando all'Al. 4 per maggior dettaglio, nella tabella seguente vengono schematizzati i dati stratigrafici e geometrici del pozzetto di esecuzione della prova PP1:

PROVA	PROF. (m da p.c.)	UNITÀ GEOLOGICA TESTATA	MISURE POZZETTO (L x A) m	k (m/s)
PP1	1,00	Gs – ghiaia con ciottoli sabbiosa	1,40 x 1,70	$9,76 \times 10^{-5}$

→ L'elaborazione dei dati acquisiti ha consentito di ricavare un valore del coefficiente di permeabilità k dell'ordine di 10^{-4} m/s, un dato compatibile con la natura composizionale dei terreni testati. Alla luce di ciò, i materiali ascrivibili all'unità "Gs" risultano ragionevolmente caratterizzati da valori medi di permeabilità e da una buona capacità drenante. Va debitamente sottolineato come le variazioni composizionali del terreno, seppur minime, possano comportare una lieve diversità nei valori sopra riportati, da ritenersi quindi in tal senso indicativi.

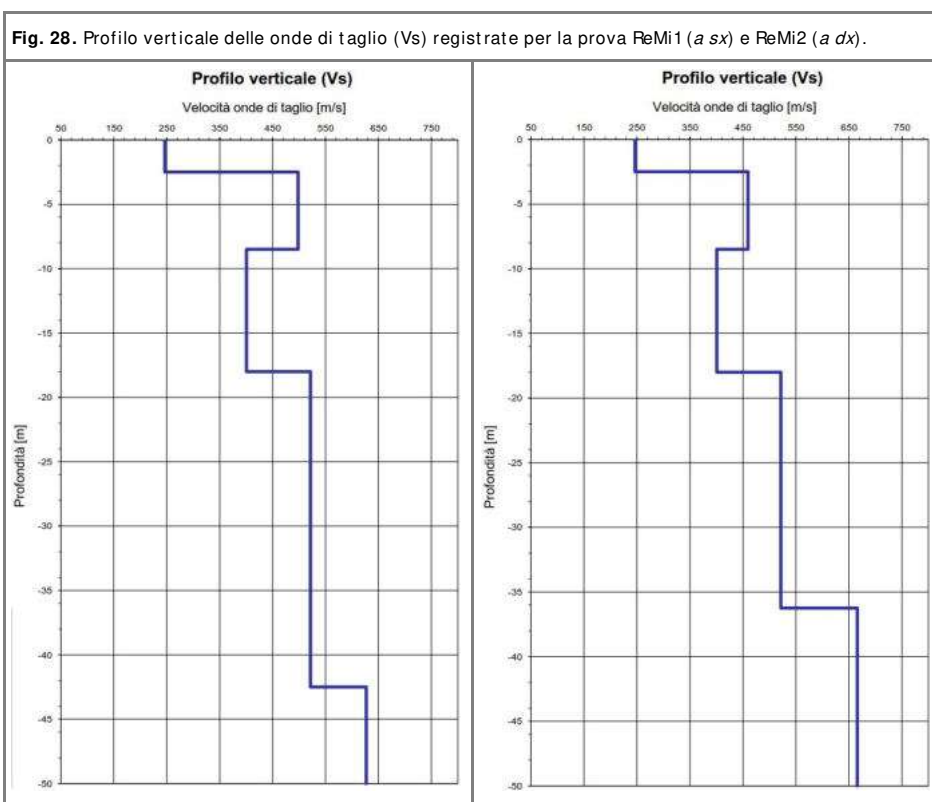


9.3 indagine sismica (Re.Mi. e HVSr)

L'indagine sismica è stata sviluppata attraverso l'esecuzione di due differenti tipologie d'indagine elaborate successivamente in modo congiunto (v. All. 5):

- n. 02 stendimenti sismici passivi con tecnica Re.Mi. ("Re.Mi.1" e "Re.Mi.2") sviluppati ciascuno con array di 46 m;
- n. 02 registrazioni del rumore sismico ambientale a stazione singola con tecnica HVSr ("HVSr1" – "HVSr2").

Gli stendimenti Re.Mi. (*Refraction Microtemor*) hanno consentito di ricostruire un modello sismostratigrafico (v. figura seguente) rappresentato da un sottile orizzonte di copertura areata, sottostante depositi ben addensati con valori delle Vs crescenti sino a 650 m/s ca. a 50 m di profondità. Il *bedrock* sismico ($V_s > 800$ m/s) non è stato individuato.



Dai risultati delle indagini è stato quindi possibile ricavare la velocità equivalente delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) da cui la Categoria di Sottosuolo ai sensi della normativa vigente (D.M. 17/ 01/ 2018). Nel caso di substrato sismico a profondità superiore a 30 m da p.c., il valore di $V_{s,eq}$ è definito dal parametro $V_{s,30}$, di cui si riportano nella tabelle seguenti i valori ricavati per quote di fondazione entro i primi metri di sottosuolo:

Re.Mi.1		
PROFONDITÀ DI POSA (m da p.c.)	$V_{s,eq}$ (m/ s)	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
0	435	B
- 1	449	B
- 2	464	B
- 3	472	B

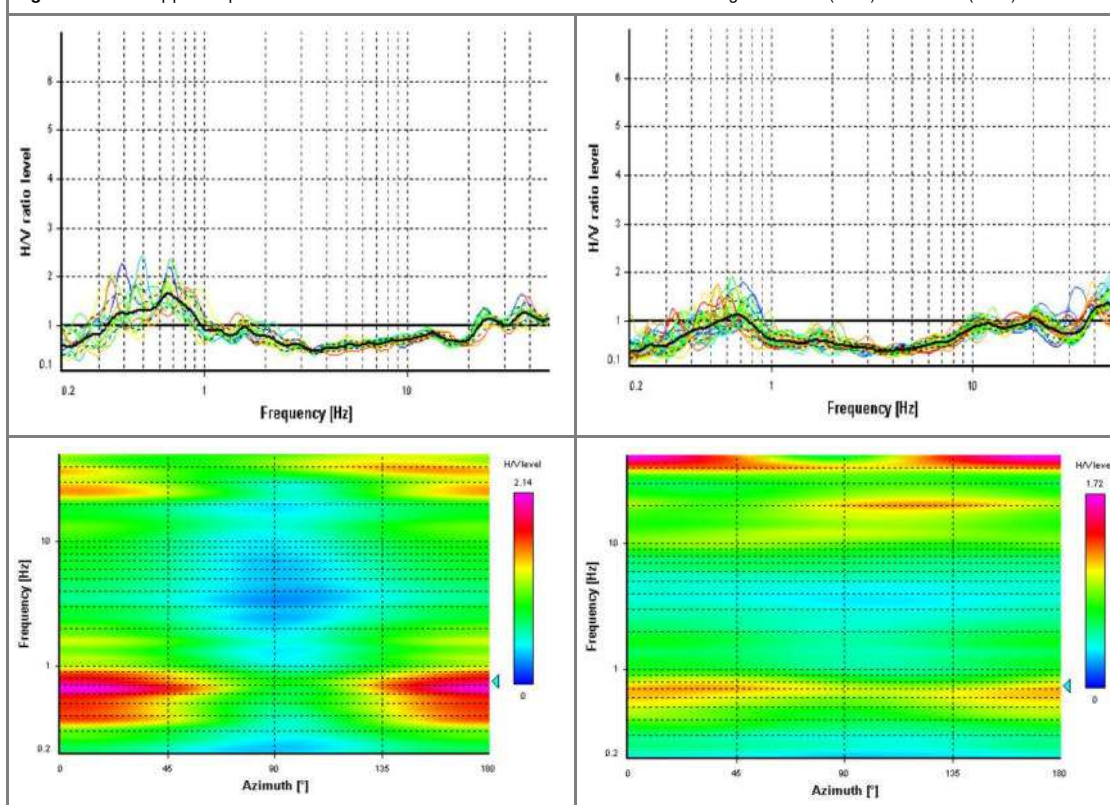


Re.Mi.2		
PROFONDITÀ DI POSA (m da p.c.)	$V_{s,eq}$ (m/s)	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
0	429	B
-1	443	B
-2	457	B
-3	465	B

→ Alla luce di quanto emerso dall'elaborazione dei dati acquisiti e sulla base di quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, il sottosuolo del sito d'indagine è pertanto ascrivibile alla categoria di sottosuolo "B": *"Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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"*.

Dall'analisi delle curve del rapporto H/V ottenute dall'elaborazione dei dati acquisiti (v. figura seguente), emerge come per frequenze superiori a 0,8 Hz non si registrino significativi valori del rapporto H/V (assenza di contrasti significativi).

Fig. 29. Sotto: rapporti spettrali H/V . In basso: direttività del rumore sismico. Indagine HVSr1 (a sx) ed HVSr2 (a dx).



→ L'analisi condotta non permette di definire con certezza un valore della frequenza di risonanza di sito f_0 non essendo sufficientemente rispettate le condizioni del protocollo di SESAME per un picco chiaro e isolato. Ciò detto, alla luce dei risultati ottenuti si ritiene di poter assegnare un valore di 0,7 Hz ca. quale f_0 .



10 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Alla luce delle fonti bibliografiche, cartografiche e d'archivio consultate nonché di quanto specificatamente emerso nel corso delle indagini condotte ed in precedenza descritte, è stato possibile ricostruire il seguente assetto stratigrafico dell'area d'intervento.

UNITÀ GEOLOGICA	SPESSORE	DESCRIZIONE LITOLOGICA
GL	0,5 ÷ 0,7 m	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato.
Gs	plurimetrico	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici. Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato.

Con riferimento al modello di cui sopra, si specificano i seguenti aspetti:

- al di là di modeste differenze locali, l'assetto stratigrafico in corrispondenza del sito di studio risulta caratterizzato da buona continuità laterale; al di sotto di un orizzonte decimetrico rappresentato da ghiaia limosa (unità "GL") da poco a mediamente addensata si rinviene un deposito di spessore plurimetrico costituito da ghiaia con ciottoli sabbiosa (unità "Gs") da mediamente a ben addensata;
- seppur da valutare in ragione delle future specifiche caratteristiche progettuali, è possibile sin d'ora ipotizzare che gli interventi edilizi funzionali allo sviluppo della lottizzazione interesseranno prevalentemente un sedime ascrivibile all'unità "Gs"; non è altresì possibile escludere che quanto necessario alla realizzazione delle OO.UU. vada ad interessare principalmente materiale ascrivibile all'unità "GL";
- l'assetto idrogeologico ricostruito, unitamente ai dati acquisiti in fase d'indagine, permette di attestare la superficie della falda freatica a profondità maggiori di 10 m da p.c.

Pur ritenendo l'assetto ricostruito come rappresentativo, si ricorda come esso derivi dalla correlazione di indagini puntuali. Nelle successive fasi progettuali sarà quindi necessario verificare la corrispondenza di quanto ricostruito con il reale assetto dei luoghi in corrispondenza dell'area di posa dei manufatti in progetto.



11 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento al modello geologico precedentemente ricostruito, si procederà nel seguito ad esporre due metodi empirici utilizzati per stimare il valore dell'angolo di attrito dei materiali ascrivibili alle due unità litologiche individuate (unità "GL" ed unità "Gs"):

1. *metodo osservazionale proposto da Sanglerat*: utilizzabile per i depositi ghiaiosi e ciottolosi, consente una stima del valore dell'angolo di attrito (ϕ') sulla base alcuni aspetti (quali grado di addensamento, forma e rugosità dei grani, dimensione dei grani, granulometria), che concorrono nella definizione della seguente formula:

$$\phi' = 36^\circ + \phi'_1 + \phi'_2 + \phi'_3 + \phi'_4$$

dove:

VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO PER MATERIALI GRANULARI

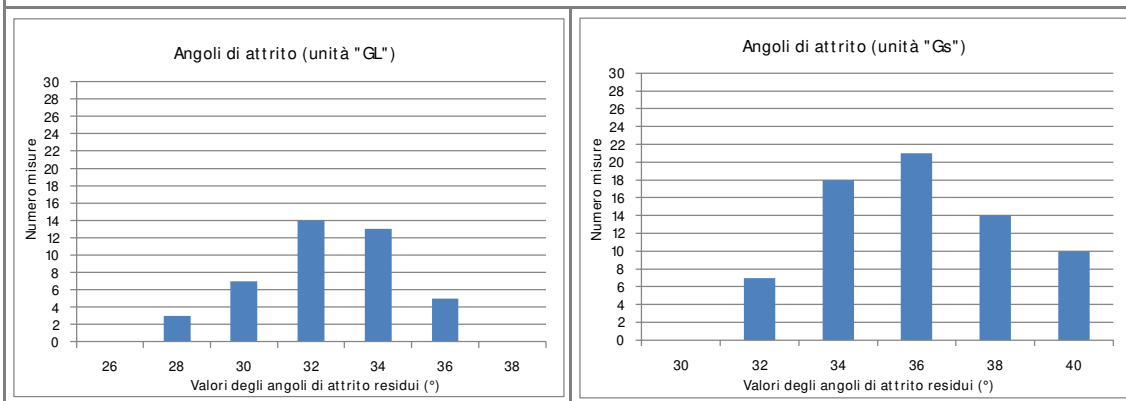
<i>compattezza</i>	ϕ'_1	molle media serrata	- 6° 0 + 6°
<i>forma e rugosità dei grani</i>	ϕ'_2	spigolosa media arrotondata assai arrotondata	+ 1° 0 - 3° - 5°
<i>groschezza dei grani</i>	ϕ'_3	sabbia ghiaia fine ghiaia grossa	0 + 1° + 2°
<i>granulometria</i>	ϕ'_4	uniforme media estesa	- 3° 0 + 3°

In accordo con quanto evidenziato nel corso di precedenti studi condotti dagli scriventi, i valori che si ottengono per le unità considerate sono i seguenti:

UNITÀ GEOTECNICA	ϕ' (°)
GL	$\phi' = 36^\circ - 2 - 3 + 2 + 1 = 34^\circ$
Gs	$\phi' = 36^\circ + 2 - 4 + 2 + 2 = 38^\circ$

2. Al fine di valutare ulteriormente le caratteristiche geotecniche dei materiali riscontrati si è proceduto alla misurazione dell'angolo di attrito interno (ϕ') mediante il *metodo clisimetrico*. Esso consiste nel valutare l'inclinazione di cumuli di materiale granulare, opportunamente predisposti, attraverso uno strumento denominato clisimetro. Il metodo si basa sul principio che, quando la coesione è assente, un pendio risulta stabile solo se la sua inclinazione è uguale od inferiore all'angolo di attrito interno del materiale che lo costituisce. In realtà il valore misurato corrisponde a quello minimo tra quelli possibili (assimilabile all'angolo di attrito residuo), poiché il materiale, tolto dalle sue condizioni naturali, risulta sempre disturbato e non mostra, di conseguenza, le stesse caratteristiche meccaniche che aveva *in situ*.

Ciò premesso, in Fig. 30 alla pagina seguente si forniscono due grafici di frequenza dei valori d'angolo d'attrito per le due unità geologico – geotecniche individuate, misurati in occasione della realizzazione delle trincee esplorative.

**Fig. 30.** Analisi degli angoli di attrito residui per le unità "GL" e "Gs".

Alla luce dei dati raccolti in fase geognostica, si fornisce la seguente parametrizzazione geotecnica delle unità individuate:

UNITÀ GEOTECNICA	SPESSORE	DESCRIZIONE LITOLOGICA	COMP. PREVALENTE	γ_{nat} (kN/ m ³)	φ' (°)
GL	0,5 ÷ 0,7 m	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA	incoerente	19 ÷ 20	32 ÷ 34
Gs	plurimetrico	GHIAIA CON CIOTTOLO SABBIOSA	incoerente	20 ÷ 21	34 ÷ 38

γ_{nat} = peso di volume, φ' = angolo d'attrito

Con riferimento alla tabella di cui sopra si sottolinea che:

- nel complesso i depositi rinvenuti mostrano un comportamento di tipo granulare data la netta prevalenza di terreni grossolani di natura ghiaiosa e ciottolosa;
 - l'unità "GL" risulta da poco a mediamente addensata e possiede nell'insieme discrete caratteristiche geotecniche in termini di resistenza al taglio;
 - l'unità "Gs" è nello specifico caratterizzata da un grado di addensamento medio - alto e possiede buone caratteristiche geotecniche in termini di resistenza al taglio e di bassa deformabilità;
 - l'intervento progettuale non interferirà con la falda e con la circolazione idrica sotterranea;
 - in riferimento alla prova di permeabilità effettuata, il livello di drenaggio dei terreni superficiali risulta buono con valori di coefficiente di permeabilità nell'ordine di 10^{-4} m/ s.
- Pur rimanendo valide le considerazioni effettuate e sebbene sia nota l'affidabilità del modello geologico – geotecnico locale, alla luce della significativa estensione dell'area di futuro intervento, in corso d'opera sarà comunque necessario verificare puntualmente la situazione locale.



12 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO PROGETTUALE

In riferimento alle recenti modifiche alla zonizzazione sismica introdotte dalla D.G.R. 244/ 2021 il Comune di Verona è inserito in zona 2. Detto ciò, la normativa nazionale definisce la *pericolosità sismica di base* del sito di costruzione in termini di accelerazione massima orizzontale attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido ($V_s > 800$ m/s) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_b(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di superamento (P_{VR}), in funzione del periodo di riferimento V_R . Con l'entrata in vigore del D.M. 14/ 01/ 2008 (e confermato dal D.M. 17/ 01/ 2018) la stima di tale parametro viene definita mediante un approccio "*sito dipendente*" e non più tramite un criterio "*zona dipendente*". Infatti, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. del 14/ 01/ 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra quattro punti della griglia di accelerazioni ("*reticolo di riferimento*") tramite media pesata, utilizzando la formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

p	valore del parametro di interesse nel punto in esame;
p_i	valore del parametro di interesse nell' i esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
d_i	distanza del punto in esame dall' i esimo punto della maglia suddetta.

Si otterranno così i seguenti parametri spettrali:

a_g accelerazione orizzontale massima;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Sulla base dell'orografia generale del territorio esaminato e considerato l'effetto morfologico sulla risposta sismica locale, si ritiene che il coefficiente di amplificazione topografica possa essere posto pari a: $S_T = 1,0$ (categoria topografica "**T1**": superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la normativa definisce varie categorie di "sottosuolo di fondazione" secondo cui il sottosuolo locale viene classificato sulla base delle specifiche caratteristiche sismiche. Queste categorie, correlate alla specifica accelerazione orizzontale su suolo di categoria A (a_g) definiscono le azioni sismiche di progetto.

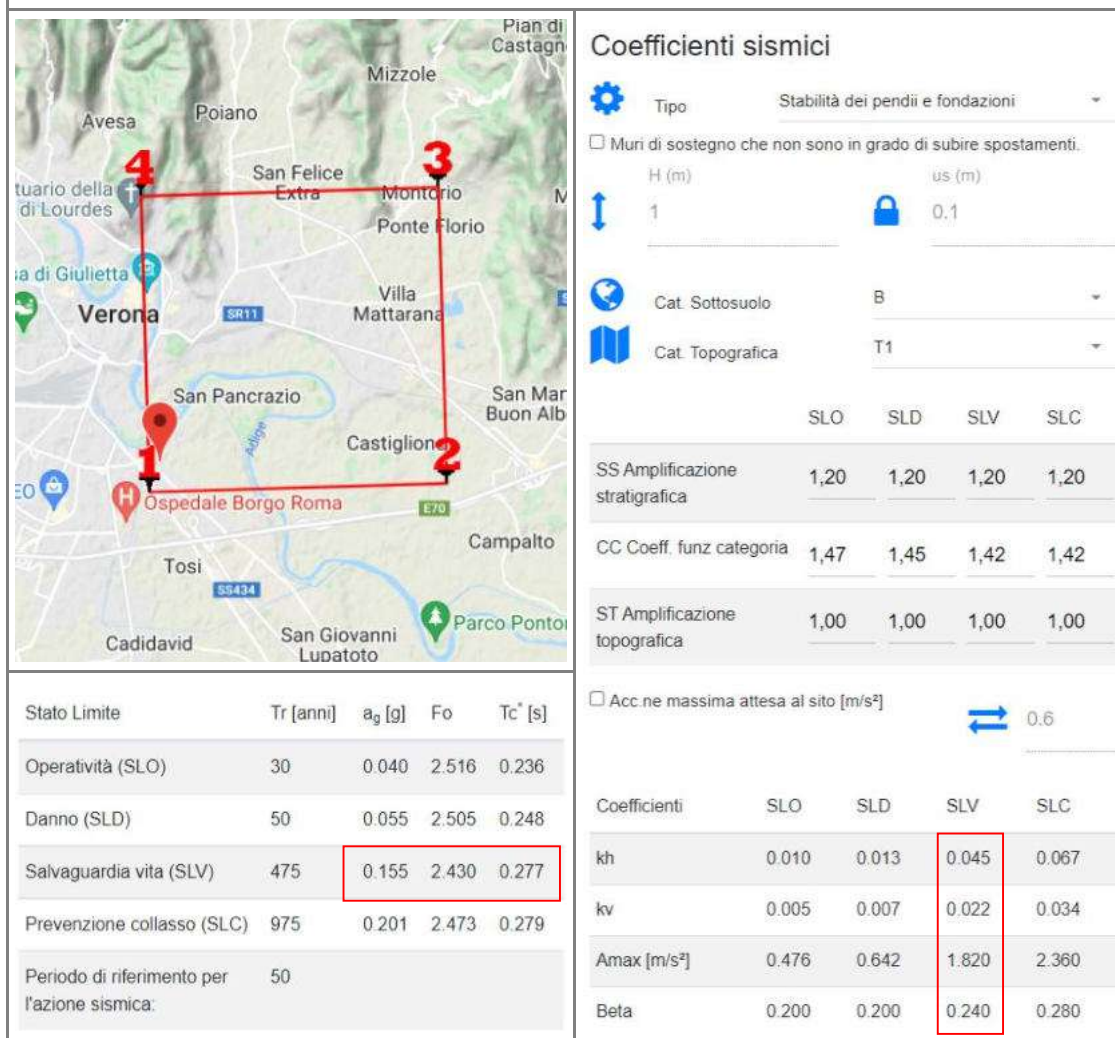
Alla luce di quanto emerso a seguito delle indagini sismiche condotte *in situ* (cfr. Par. 9.4 e All. 6 in calce al presente elaborato) è possibile inserire il sito d'interesse progettuale nella categoria di sottosuolo di fondazione denominata "**B**" così definita: "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*", da cui un parametro $S_b = 1,20$.

Nel presente caso di studio i parametri spettrali caratteristici sono stati valutati considerando una **classe d'uso II** (*costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali*) ed una vita nominale $V_N \geq 50$ anni. In tali ipotesi il coefficiente d'uso $C_U = 1,00$ da cui deriva un periodo di riferimento $V_R = 50$ anni.



In riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), [definito come condizione in cui “a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali”], considerando una probabilità di superamento P_{VR} del 10% nel periodo di riferimento V_R pari a 50 anni cui corrisponde un tempo di ritorno di 475 anni, sono stati calcolati i parametri riportati nella figura seguente.

Fig. 31. Parametrizzazione sismica del sito d'interesse progettuale.





13 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- Il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo a destinazione residenziale in corrispondenza di un'area di estensione pari a 9.213,00 m² e riperimetrata a 9.989,66 m².
- Da un punto di vista geologico e geomorfologico, in corrispondenza del sito di studio non si rilevano evidenze riconducibili a situazioni di particolare criticità; non sussistono infatti fenomeni di dissesto in atto, quiescenti o in evoluzione, manifestazioni di erosione diffusa o concentrata. Pur rimandando le specifiche valutazioni alle successive fasi progettuali, sulla base delle previsioni d'intervento che rientrano nell'ambito del PUA, si ritiene possibile escludere modifiche tali da incidere sulla stabilità locale e globale dei luoghi.
- Al di là di modeste differenze locali, l'assetto stratigrafico in corrispondenza del sito di studio risulta caratterizzato da buona continuità laterale; al di sotto di un orizzonte decimetrico rappresentato da ghiaia limosa (unità "GL") da poco a mediamente addensata si rinviene un deposito di spessore plurimetrico costituito da ghiaia con ciottoli sabbiosa (unità "Gs") da mediamente a ben addensata.
- Alla luce dell'assetto idrogeologico ricostruito, si ritiene che il livello di falda si collochi a profondità tali rispetto al piano campagna da poter escludere interferenze dirette tra gli interventi edilizi previsti dal PUA proposto ed il deflusso delle acque sotterranee.
- Il sito d'intervento non si inserisce entro vallecole o zone di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche. Pur in assenza di riscontri diretti, si ritiene che in corrispondenza del sito di studio il deflusso delle acque di corrivazione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa; favorendo dinamiche d'infiltrazione. Detto ciò, la proposta del PUA in progetto prevede secondo normativa uno specifico studio di Valutazione di Compatibilità Idraulica finalizzato alla definizione delle misure compensative necessarie a garantire l'invarianza idraulica. Va inoltre detto come il livello di drenaggio del terreno superficiale, così come emerso dalla prova di permeabilità eseguita *in situ*, è da ritenersi buono con valori del coefficiente di permeabilità nell'ordine di 10⁻⁴ m/s.
- Alla luce dei risultati dell'indagine sismica sitospecifica condotta si ritiene di inserire il sito di progetto nella Categoria di Sottosuolo di fondazione "B". Ai fini della caratterizzazione sismica, sono stati calcolati i seguenti parametri con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) ed alla classe d'uso II: $a_g [g] = 0,155$, $F_0 = 2,430$ e $T^* [s] = 0,277$. Coefficiente topografico: $S_T = 1,00$. L'analisi condotta non ha permesso di definire con certezza un valore della frequenza di risonanza di sito f_0 non essendo sufficientemente rispettate le condizioni del protocollo di SESAME per un picco chiaro e isolato. Ciò detto, alla luce dei risultati ottenuti si ritiene di poter assegnare un valore di 0,7 Hz ca. quale f_0 .
- Seppur da valutare in ragione delle future specifiche caratteristiche progettuali, è possibile sin d'ora ipotizzare che gli interventi edilizi funzionali allo sviluppo della lottizzazione interesseranno prevalentemente un sedime ascrivibile all'unità "Gs" dotata di buone caratteristiche geotecniche in termini di resistenza al taglio e bassa deformabilità; non è altresì possibile escludere che quanto necessario alla realizzazione delle OO.UU. vada ad interessare principalmente materiale ascrivibile all'unità "GL", dotata di discrete caratteristiche geotecniche in termini di resistenza al taglio.
- Come già in precedenza detto, pur rimanendo valide le considerazioni effettuate, alla luce dell'estensione del lotto progettuale, nel corso delle successive fasi progettuali andrà comunque puntualmente verificata la situazione locale. Ciò permetterà di confermare o meno la concordanza con le informazioni raccolte nella presente fase di studio.
- Per concludere si fa presente che in fase di presentazione dei singoli interventi progettuali dovranno essere presentate, ai sensi del D.M. 17.01.2018, le opportune relazioni geologiche e geotecniche in chiave "sito specifica". Sulla base della parametrizzazione geotecnica dei terreni ed in funzione delle scelte progettuali, si potrà valutare il sistema fondazionale più appropriato per gli edifici stessi e fornire indicazioni sulla capacità portante, in merito a eventuale sviluppo di cedimenti e sulla stabilità degli scavi.



Fatto salvo quanto considerato a norma del D.M. 17/01/2018, alla luce di quanto esposto nel presente elaborato non si ravvisano impedimenti o limitazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico alla fattibilità del PUA in progetto.

Verona, 27 ottobre 2023

Dott. Ing. Paolo Crescini



Dott. Geol. Alberto Cò





BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

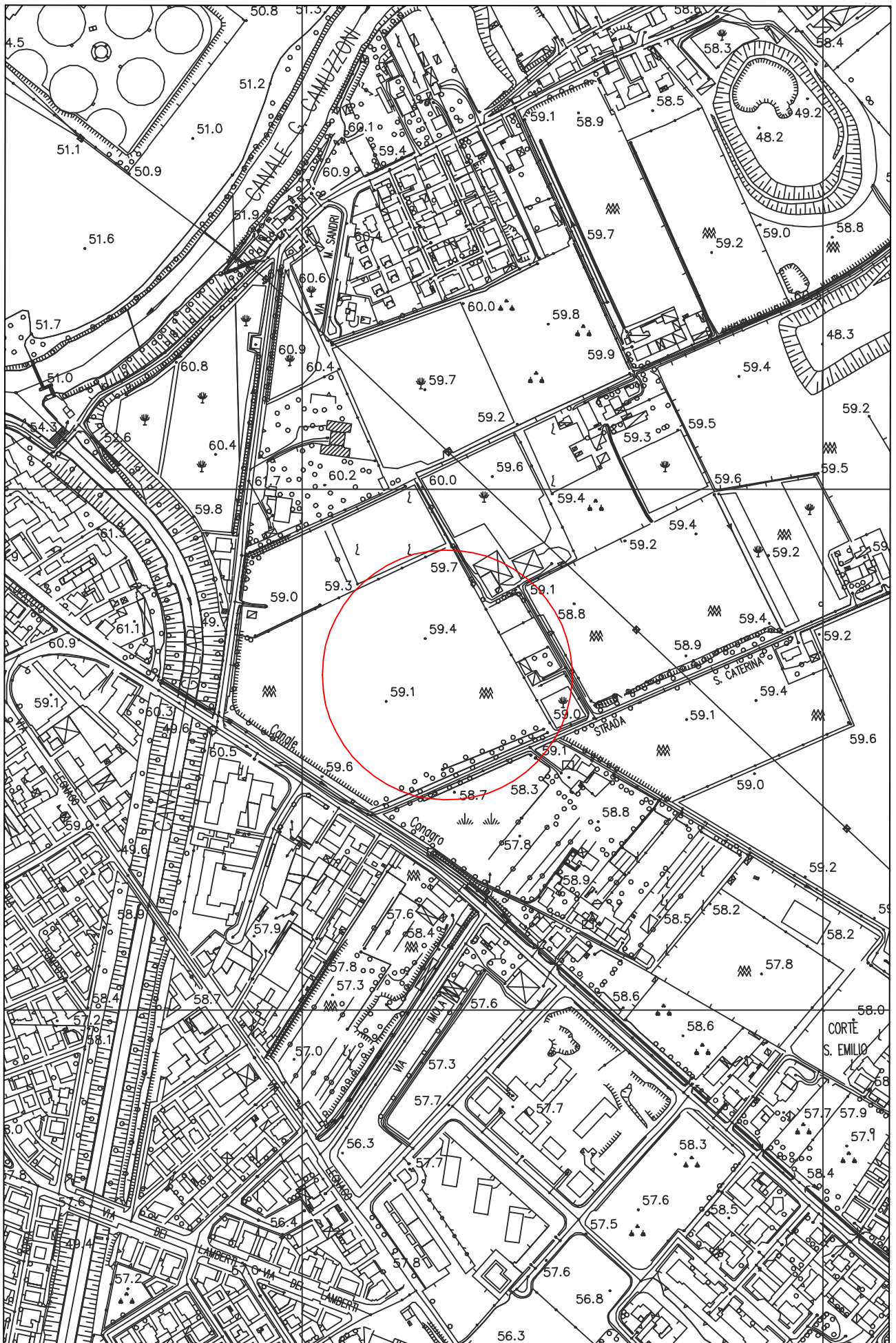
La stesura del presente documento è stata eseguita facendo riferimento ai seguenti testi e documenti:

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica (2005)
AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ADIGE Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
AA. VV. Etsch, Adige – Il fiume gli uomini la storia (1997)
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100.000 Foglio n. 49 "Verona"
COMUNE DI VERONA Piano di Assetto del Territorio (P.A.T.)
DAL PRÀ A., DE ROSSI P. Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige (1989)
DE ZANCHE V., SORBINI L. Geologia del territorio del Comune di Verona (1977)
DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.)
FONTANA A. ET ALII Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps (2014)
GRUPPO DI LAVORO MPS Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici (2004)
GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., COMASTRI A., TARABUSI G., SGATTONI G., VALENSISE G. CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.- 1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.- 1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5 . (2018)
I.N.G.V. - ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA - Catalogo dei Forti Terremoti d'Italia - Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDE)
I.S.P.R.A. - ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE Catalogo delle Faglie capaci (ITHACA)
LANCELLOTTA R. Geotecnica – Zanichelli (1987)
PROVINCIA DI VERONA Piano Territoriale Provinciale (P.T.P.)
REGIONE VENETO Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.)
SLEJKO D. ET ALII Modello Sismotettonico dell'Italia Nord Orientale – Trieste (1987)
SUGAN M., PERUZZA L. Distretti sismici del Veneto (2011)
TANZINI M. L'indagine geotecnica. Dario Flaccovio Editore (2002)



ALLEGATO 1

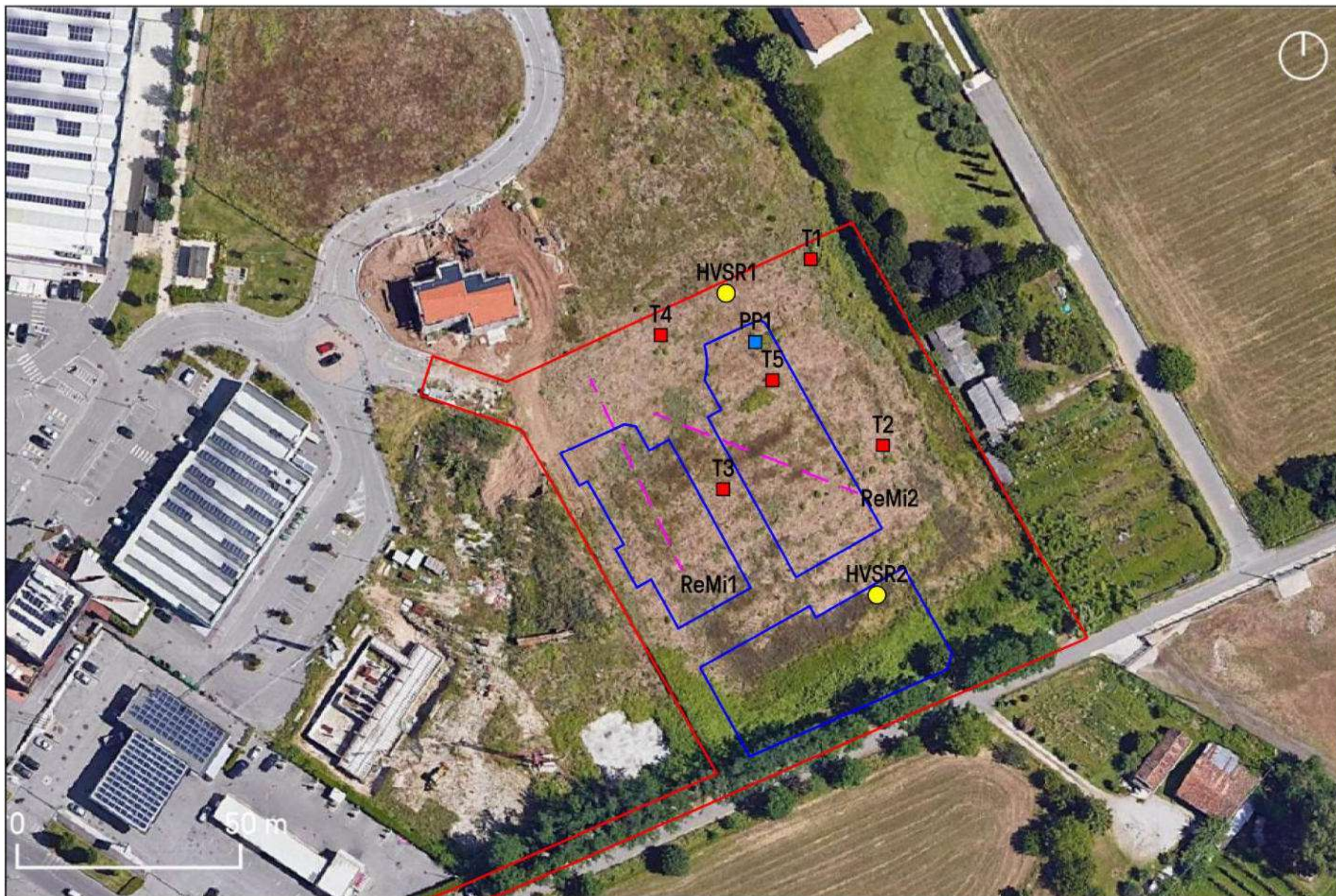
COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000





ALLEGATO 2

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI





ALLEGATO 3

DOCUMENTAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE



<i>trincea</i>	T1
<i>data</i>	18 febbraio 2022
<i>luogo</i>	Strada Santa Caterina – Verona (VR)
<i>committente</i>	Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
<i>profondità</i>	4,2 m da p.c.



UBICAZIONE



POSTAZIONE

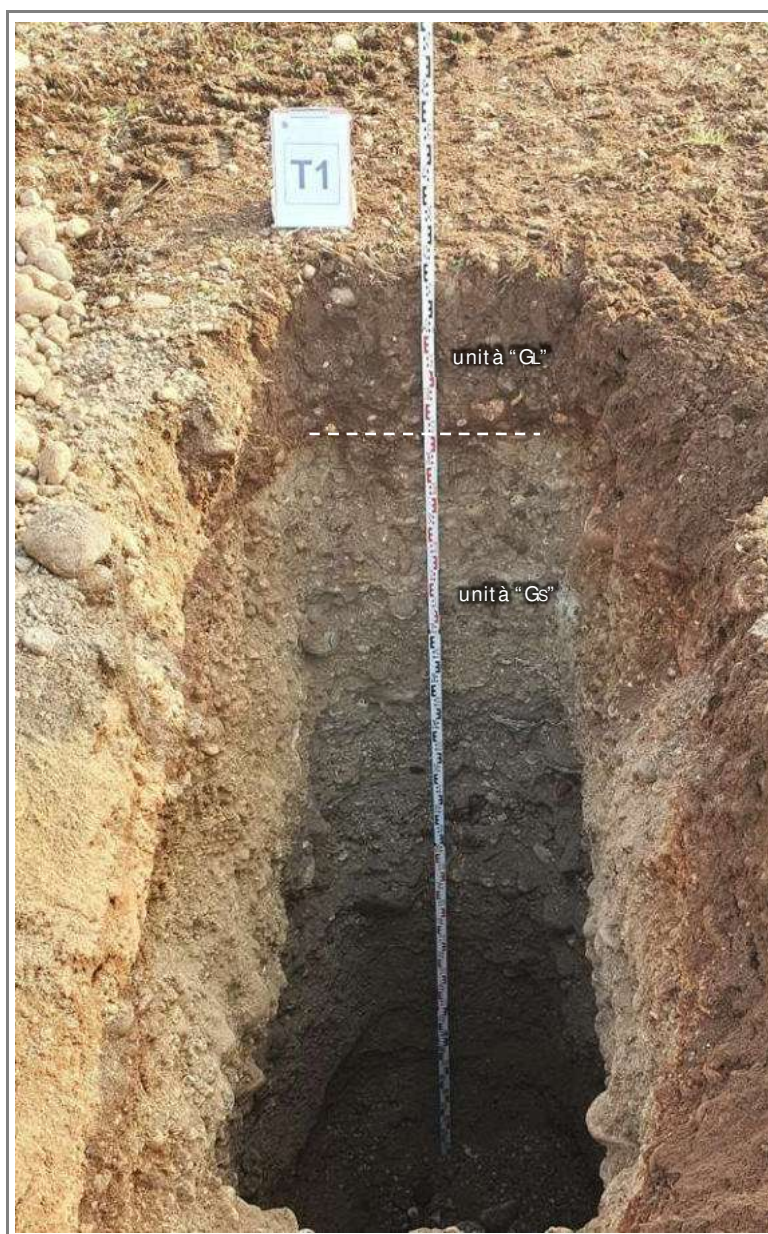


PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,5	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($3 < \varnothing < 10$ cm), media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.	GL
0,5 ÷ 4,2	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche (10 e 25 cm ca.), media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.	Gs

falda non si segnala la presenza di venute d'acqua

stabilità le pareti della trincea hanno mostrato la tendenza allo scavamento in corrispondenza del materiale ascrivibile all' unità "Gs".

PARETE DI SCAVO





CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "Gs"





<i>trincea</i>	T2
<i>data</i>	18 febbraio 2022
<i>luogo</i>	Strada Santa Caterina – Verona (VR)
<i>committente</i>	Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
<i>profondità</i>	3,0 m da p.c.



UBICAZIONE



POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,7	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($3 < \varnothing < 10$ cm), media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.	GL
0,7 ÷ 3,0	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($10 < \varnothing < 25$ cm ca.), media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici ($\varnothing_{\max} \approx 40$ cm ca.). Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.	Gs

falda non si segnala la presenza di venute d'acqua.

stabilità le pareti della trincea hanno mostrato la tendenza allo scavernamento in corrispondenza del materiale ascrivibile all' unità "Gs".

PARETE DI SCAVO





CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "GL"



CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "Gs"





<i>trincea</i>	T3
<i>data</i>	18 febbraio 2022
<i>luogo</i>	Strada Santa Caterina – Mozzecane (VR)
<i>committente</i>	Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
<i>profondità</i>	3,8 m da p.c.



UBICAZIONE



POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,6	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($5 < \varnothing < 15$ cm), media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.	GL
0,6 ÷ 3,8	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($10 < \varnothing < 25$ cm ca.), media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici ($\varnothing_{\max} \approx 40$ cm ca.). Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.	Gs

falda non si segnala la presenza di venute d'acqua.

stabilità le pareti della trincea hanno mostrato la tendenza allo scavamento in corrispondenza del materiale ascrivibile all' unità "Gs".

PARETE DI SCAVO





CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "G_L"



CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "G_s"





<i>trincea</i>	T4
<i>data</i>	18 febbraio 2022
<i>luogo</i>	Strada Santa Caterina – Verona (VR)
<i>committente</i>	Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
<i>profondità</i>	3,8 m da p.c.



UBICAZIONE



POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,5	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($5 < \varnothing < 15$ cm), media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.	GL
0,5 ÷ 3,8	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($10 < \varnothing < 25$ cm ca.), media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici ($\varnothing_{\max} \approx 40$ cm ca.). Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.	Gs

falda non si segnala la presenza di venute d'acqua.

stabilità le pareti della trincea hanno mostrato la tendenza allo scavamento in corrispondenza del materiale ascrivibile all' unità "Gs".

PARETE DI SCAVO





CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "Gs"





<i>trincea</i>	T5
<i>data</i>	18 febbraio 2022
<i>luogo</i>	Strada Santa Caterina – Verona (VR)
<i>committente</i>	Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
<i>profondità</i>	3,3 m da p.c.



UBICAZIONE



POSTAZIONE

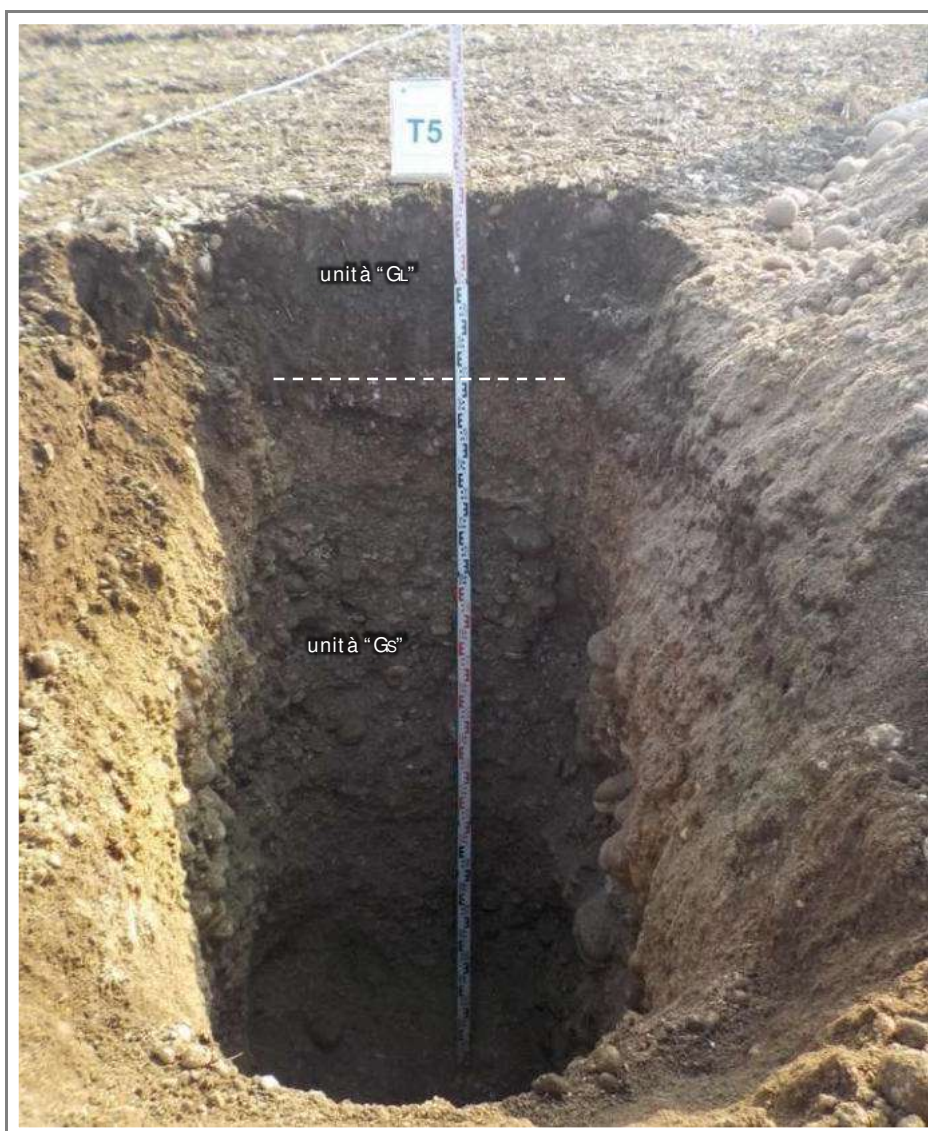


PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,6	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($5 < \varnothing < 15$ cm), media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.	GL
0,6 ÷ 3,3	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche ($10 < \varnothing < 25$ cm ca.), media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici ($\varnothing_{\max} \approx 40$ cm ca.). Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.	Gs

falda non si segnala la presenza di venute d'acqua.

stabilità le pareti della trincea hanno mostrato la tendenza allo scavernamento in corrispondenza del materiale ascrivibile all' unità "Gs".

PARETE DI SCAVO





CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "G_L"



CUMULO DI MATERIALE RIFERIBILE ALL'UNITÀ "G_s"





ALLEGATO 4

DOCUMENTAZIONE PROVA DI PERMEABILITÀ IN POZZETTO



<i>pozzetto</i>	PP1
<i>data</i>	18 febbraio 2022
<i>luogo</i>	Strada Santa Caterina – Verona (VR)
<i>committente</i>	Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
<i>profondità</i>	1,0 m da p.c.



UBICAZIONE



POSTAZIONE

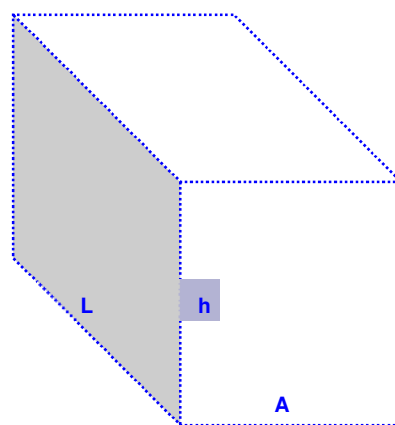


PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	UNITÀ GEOLOGICA
0,0 ÷ 0,5	GHIAIA CON LIMO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE SABBIOSA di color marrone con rari resti vegetali nella porzione superficiale. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, media sfericità ed elevato arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da poco a mediamente addensato, da asciutto a debolmente umido.	GL
0,5 ÷ 1,0	GHIAIA CON CIOTTOLI SABBIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, media sfericità ed elevato arrotondamento. Presenti sparsi trovanti pluridecimetrici. Deposito granosostenuto dotato di una certa stratificazione interna, da mediamente a ben addensato, debolmente umido.	Gs
<u>falda</u>	non sono state rilevate venute d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo	
<u>note</u>	le pareti hanno mostrato una discreta verticalità	

POZZETTO PRIMA DELLA PROVA



SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEL POZZETTO



Dimensioni pozzetto

- lato maggiore (L): 170 cm
- lato minore (A): 140 cm
- profondità (h): 100 cm



FASE DI RIEMPIMENTO DEL POZZETTO



FASI DI SVUOTAMENTO CON MISURAZIONE DEL LIVELLO DELL'ACQUA AD INTERVALLI PRESTABILITI





ALLEGATO 5

REPORT INDAGINE SISMICA (re.Mi. E HVSR)

**Caratterizzazione del sottosuolo di
fondazione nell'ambito del progetto
per la realizzazione di un PUA residenziale
in Via Santa Caterina a Verona (VR)**



GG Service sas

via Bellavista, 13/A
38069 Torbole s/G (TN)
P.Iva/C.F./Reg. TN: 01999920224
tel/fax: 0464-664799/506041
infoggservice@gmail.com

1. INTRODUZIONE

La GG Service s.a.s. ha provveduto a caratterizzare mediante metodi sismici passivi i terreni di fondazione di una lottizzazione compresa tra via Santa Caterina e via per San Giovanni Lupatoto.

Al fine di ottemperare alle NTC2018 sono state eseguite prove geofisiche per parametrizzare la sismoverticale V_s di sito ed identificare il bedrock attraverso l'analisi della f_0 .

Si è ritenuto sufficiente per questo grado di conoscenza effettuare due prove in array lineare passivo ReMi di 46m di estensione unitamente a due test HVSR.

Le prove sono ubicate secondo quanto riportato nella seguente immagine.



Ubicazione di massima delle prove geofisiche



Immagine dello stendimento sismico ReMi e HVSR 1



2. CENNI METODOLOGICI

ReMi

La normativa più recente che disciplina le costruzioni, richiede la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Per ottenere questo dato è previsto il calcolo del parametro V_{s30} o $V_{s\text{equivalente}}$. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

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

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

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (V_s) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

Il profilo verticale delle V_s può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves).

Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremori. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un array geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione sismica classica.

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Un apposito grafico (spettro di potenza $p-f$) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza f (Hz) ed in ordinata lo slowness, che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine.

Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale.

Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura sismica del sottosuolo. Tuttavia questa limitazione non inficia la correttezza della determinazione dei valori di V_{s30} che rappresentano una relazione tra spessori e velocità dei singoli strati.

Per il trattamento di questo tipo di dati è stato utilizzato il software ReMi® aggiornato alla sua ultima versione V.5 e commercializzato dalla Optim LLC (Reno, Nevada -USA). L'approccio analitico si basa sugli studi condotti da J.Louie presso la Nevada University.

Nakamura o HVSR

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

- 1 Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;
3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **AS** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$\mathbf{SE=H_s/H_b} \qquad \mathbf{As=V_s/V_b}$$

Dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido. Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da **SM** come:

$$SM = Se/As \Leftrightarrow SM = HsVb/VsHb$$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido:

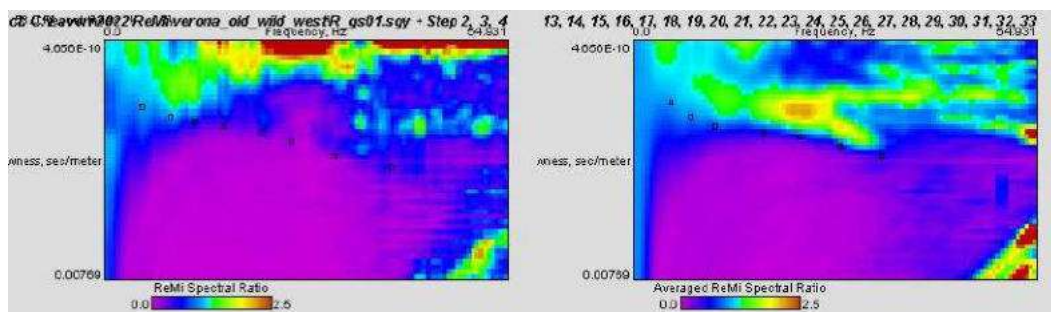
$$\text{Se } Hb/Vb = 1 \text{ allora } SM = Hs/Vs$$

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) possono essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*.

In conclusione questa affermazione implica che **una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti**. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

3. SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Le due prove sismiche passive hanno un'incidenza tra loro di una quarantina di gradi e tale variazione nella direzione di "ascolto" del rumore sismico locale consente di osservare come esistano sorgenti polarizzate che rovinano la ricostruzione spettrale di sito. Cio' in particolare accade per la ReMi 1 che torva tra 16 e 25Hz una attrazione a velocita' di fase infinita (sorgente polarizzata ortogonalmente allo stendimento). Una rotazione di 40deg e' sufficiente per ripristinare una visibilita' del modo fondamentale che orienta anche il campionamento della prima prova.



(combopiani, $V_{fase}=120m/s$, $F_{max}=55Hz$)

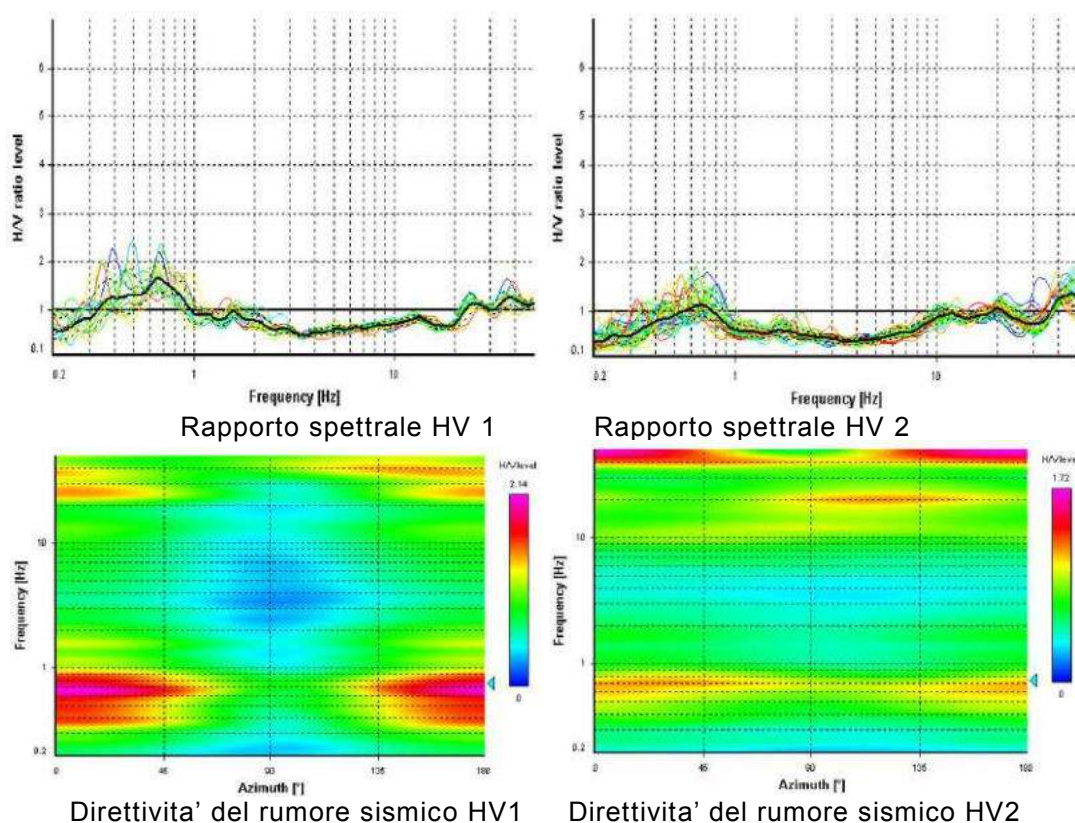
La modellazione delle due curve e' riportata in allegato con piccole variabilita' tra le due legate alle fasi analitiche in cui la componente soggettiva e di campionamento manuale determina piccoli scostamenti. Al di sotto di una sottile copertura aerata metrica i sedimenti si presentano molto addensati con Vs sempre >360m/s. le

Vs crescono fino a 650m a circa 50m di profondità'. I contrasti sismici, introdotti nella modellazione, sono legati al numero ridotto di strati utilizzato per l'ottimizzazione dei dati sperimentali, probabilmente usando piu' strati si otterrebbero contrasti sismici inferiori.

Il bedrock sismico ($V_s \gg 800\text{m/s}$) non e' stato individuato con questo tipo di prova.

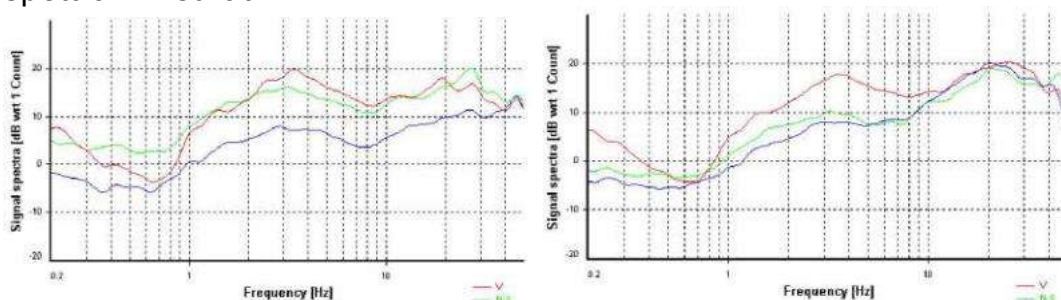
Dal punto di vista della caratterizzazione sismica il V_{s30m} , calcolato per 3 profondita' di incastro fondazionale, risulta compreso tra 429-472m/s e cio' indica che l'area si inserisce pienamente in **Categoria B**. I terreni di fondazione indicando quindi una buona consistenza e scarsa insorgenza di effetti di sito.

I due test HVSR sono congruenti con le prove Remi che identificano suoli rigidi e direttivita' dei segnali sismici: indipendentemente dalla scarsa enfattizzazione della $f_0 \sim 0.7\text{Hz}$, legata sia a problemi di efficace accoppiamento del sensore al suolo che di direttivita' del segnale, si nota che sopra i 0.8Hz i rapporti spettrali oscillano intorno alla parita' (assenza di contrasti significativi).



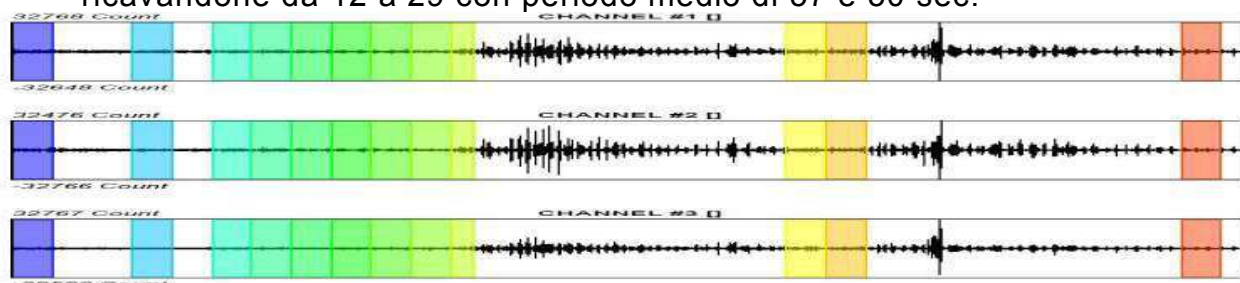
Le componenti spettrali singole identificano uno split importante tra EW e NS nel sito HV1 e meno – ma pur sempre presente al di sotto dei 5Hz- in HV2. La componente verticale ha nella maggiorparte dei casi grado ampiezza paragonabile se non

superiore a quella delle componenti in taglio – da cio' i bassi rapporti spettrali misurati-.

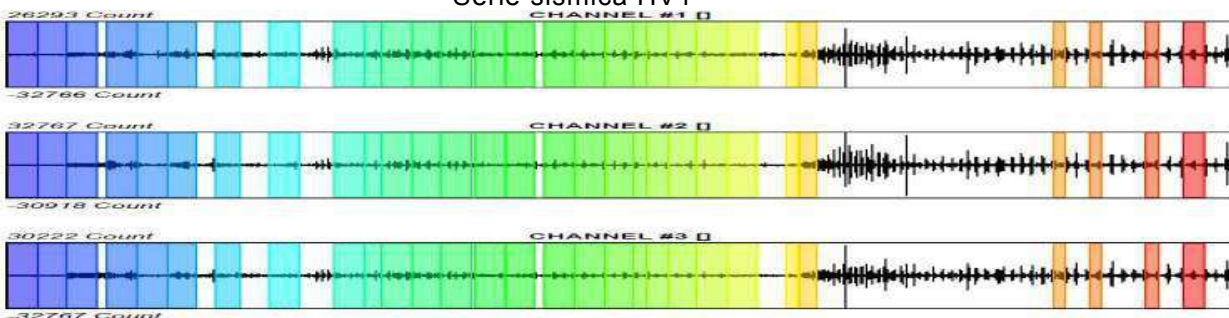


Componenti singole HV1 e HV2

L'analisi del segnale e' stata eseguita su campionamenti superiori a 30min e set di finestre comprese tra 5 e 120sec ricavandone da 12 a 29 con periodo medio di 57 e 50 sec.



Serie sismica HV1



Serie sismica HV2

Come gia' indicato la curva HV si scosta poco dal valore 1 e la f_0 ricavata ($\sim 0,7\text{Hz}$) e' principalmente indicata considerando la geometria della componente verticale con minimo a $0,6\text{Hz}$ e potenzialita' di "occhiello" intorno a $0,74\text{Hz}$. La potenzialita' non e' una sicura constatazione in quanto il comportamento relativo nei confronti delle componenti orizzontali non ha un andamento canonico e non sono rispettate un numero sufficiente di condizioni suggerite dal protocollo Sesame.

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 13.2 s) out of 12	OK
$n_H(f_0) > 200$	524.87 > 200	OK
$\sigma_H(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 49	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\pm f' \text{ in } [f_0/4, f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	0.25673 Hz	OK
$\pm f' \text{ in } [f_0, 4f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	2.17433 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.5 < 2	NO
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_H(f)] = f_0 \pm 5\%$	17.65% > 5%	NO
$\sigma_H < s(f_0)$	0.08321 < 0.11364	OK
$\sigma_H(f_0) < 0(f_0)$	1.16711 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		NO

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	29 valid windows (length > 13.57 s) out of 29	OK
$n_H(f_0) > 200$	1077.81 > 200	OK
$\sigma_H(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 49	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\pm f' \text{ in } [f_0/4, f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	0.30323 Hz	OK
$\pm f' \text{ in } [f_0, 4f_0] A_{HV}(f) < A_0/2$	1.39485 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.08 < 2	NO
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_H(f)] = f_0 \pm 5\%$	12.95% > 5%	NO
$\sigma_H < s(f_0)$	0.0963 < 0.11053	OK
$\sigma_H(f_0) < 0(f_0)$	1.24851 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		NO

In via del tutto ipotetica, considerando le medio elevate velocita' registrate fino a ~50m (probabile media estesa al bedrock 600m/s) e una frequenza di ~0.7Hz si ottiene una profondita' del bedrock sismico di circa 200m $H=V/(4f_0)=(600/(4 \times 0.7))$.

In sintesi quindi la categoria di suolo da adottare e' la B con V_{s30} medio di ~450m/s, la sismostratigrafia si presenta omogenea senza eccessivi contrasti sismici e bedrock sufficientemente profondo da indicare la scarsa insorgenza di effetti di sito. La frequenza f_0 e' stata stimata intorno a 0,7Hz ma il dato abbisogna di maggiori vincoli per essere validato.

Torbole S.G. 24/02/2022

GG Service s.a.s.
di
Garbari Tomas &C.



COMUNE DI VERONA

Indagine geognostica riguardante il Piano Urbanistico Attuativo
denominato "Santa Caterina" Scheda Norma "E4" ATO 5
Località Palazzina

4.2 - Relazione di compatibilità idraulica

Agg. Novembre 2023

Redatto da:

Dott. Ing. Paolo Crescini

Studio di Ingegneria Paolo Crescini

Via Leone Pancaldo, 70 - 37138 VERONA (Tel. 045 8104077)

web: www.ingegnosrl.it

e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

Diritto di proprietà, diffusione e riproduzione riservati in conformità alle leggi vigenti

INDICE

INDICE	1
1. Premessa	2
2. Coefficiente di permeabilità	2
3. Dimensionamento rete di smaltimento	4
4. Soluzione con pozzi perdenti.....	7

ALLEGATI AL TESTO:

- Corografia
- Schema di smaltimento delle acque meteoriche mediante pozzi perdenti
- Prova di permeabilità PP1

Verona, 13 novembre 2023

1. Premessa

Con tale relazione si intende aggiornare lo studio idraulico redatto dallo scrivente nel mese di Dicembre 2022 per verificare la permeabilità dei terreni del sottosuolo e la metodologia di smaltimento delle acque meteoriche nell'ambito delle fasi di approvazione del Piano Urbanistico Attuativo denominato "Santa Caterina" Scheda Norma "E4" ATO 5 in località Palazzina nel Comune di Verona per conto del committente Società agricola ASPES di Trentarossi Paola & C.

Tale integrazione si è resa necessaria per la verifica a fronte dell'aggiornamento della soluzione progettuale relativamente all'assetto di Strada Santa Caterina.

2. Coefficiente di permeabilità

In merito all'assetto geologico del sito si fa riferimento al documento "Relazione di fattibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica" redatta nel mese di giugno 2022 dallo scrivente in collaborazione con Dott. Geol. Alberto Cò; si evidenzia come le trincee geognostiche eseguite spinte fino ad una profondità massima di 4,2 m mostrano la presenza di una ghiaia con limo ciottolosa debolmente sabbiosa di spessore variabile tra 0,50 e 0,80 m e di un sottostante litotipo rappresentato da ghiaia con ciottoli sabbiosa.

Pertanto si ritiene di effettuare la dispersione delle acque meteoriche provenienti dall'ampliamento in progetto e dalle aree esterne, nel terreno naturale ghiaioso sottostante il primo strato più superficiale che presenta caratteristiche con matrice più fine.

E' stata effettuata una prova di permeabilità denominata PP1, nel litotipo "ghiaia con ciottoli sabbiosa" e alla quota di circa -1,00 m dal p.c.

La prova è stata eseguita con immissione di acqua e secondo lo schema di prova in pozzetto superficiale e a carico variabile sopra falda.

Tale metodologia consente, attraverso la ricostruzione e l'analisi dell'andamento della curva di abbassamento per infiltrazione dell'acqua in funzione del tempo e dei livelli misurati, di ottenere una stima del coefficiente di permeabilità del litotipo sottoposto ad indagine.

Dall'elaborazione della prova PP1 (riportata in allegato alla presente relazione) è possibile ricavare il valore del coefficiente di permeabilità (k) del litotipo pari a:

Prova di permeabilità PP1 nel litotipo *ghiaia con ciottoli sabbiosa*:

($H = -1,00$ m dal p.c.) $k_1 = 9,76 \times 10^{-3}$ cm/s = $9,76 \times 10^{-5}$ m/s

Ai fini del dimensionamento idraulico riportato nel paragrafo successivo si è considerato un valore pari a $K = 1,0 \times 10^{-4}$ m/s.

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

Si riporta uno stralcio planimetrico con l'ubicazione delle indagini effettuate.

Fig. 21. Ubicazione delle indagini condotte in prossimità dell'area d'intervento (*in rosso*): trincee esplorative (*in rosso*), stendimento sismico MASW passiva - ReMi (*in magenta*), misurazione del rumore sismico ambientale a stazione singola con tecnica HVSr (*in giallo*) e prova di permeabilità in pozzetto (*in azzurro*).



Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona
Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

3. Dimensionamento rete di smaltimento

Per il calcolo della portata d'acqua che rifluisce verso lo smaltimento per infiltrazione, si applica il “metodo cinematico” trattandosi di un'area di limitata estensione. Questo metodo permette di determinare con sufficiente approssimazione la portata di afflusso applicando la seguente formula:

$$Q(t) = \Psi \times A \times j(t)$$

dove:

Ψ coefficiente di deflusso;

A superficie di afflusso interessata;

$j(t)$ intensità della precipitazione: contributo specifico derivante da un temporale di progetto caratterizzato da una determinata curva pluviometrica.

I dati delle diverse scansioni temporali sono stati forniti dall'ufficio di telerilevamento e climatologia c/o A.R.P.A.V. – Centro Meteorologico di Teolo (PD). Ai fini della determinazione dell'intensità di pioggia $j(t)$, si sono utilizzati i valori per la centralina di Verona (VR).

Il fine dell'elaborazione statistica è quello di stabilire un legame tra le misure degli eventi meteorici, le altezze di pioggia raccolte negli annali idrologici e il tempo di ritorno con il quale si vuole caratterizzare un evento. La conoscenza di questi parametri è di significativa importanza per l'opera ingegneristica ad essi collegata. Per tempo di ritorno, infatti, si intende il periodo che intercorre in media tra un evento di particolare rilevanza ed un altro di eguale o maggiore entità.

Matematicamente ciò si traduce nel determinare quella che viene chiamata curva di possibilità pluviometrica:

$$h(t) = a(T_r) t_p^n$$

La regolarizzazione statistico-probabilistica, impiegata per il calcolo dei tempi di ritorno, è stata eseguita facendo riferimento alla distribuzione di Gumbel.

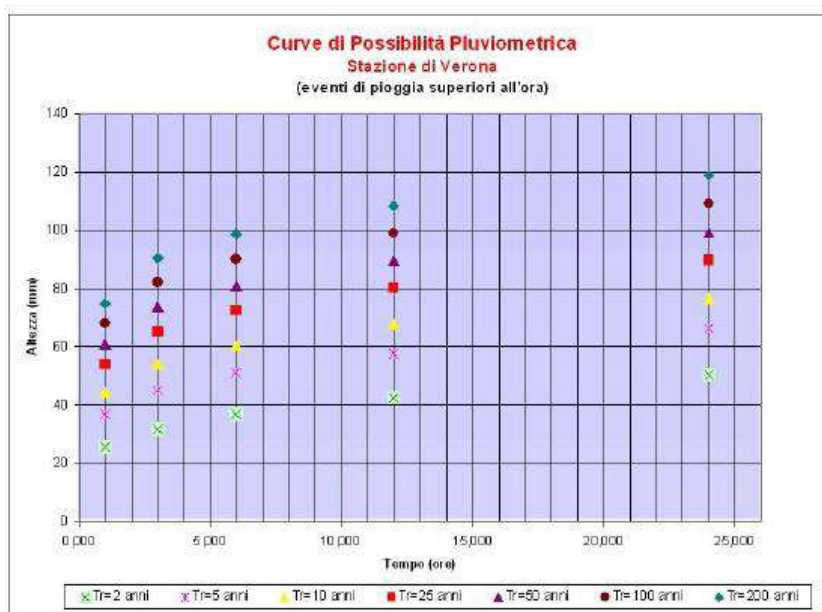
Di seguito si riportano i parametri calcolati a seguito dell'elaborazione statistica secondo Gumbel relativi alle precipitazioni massime annue effettive della durata da 1 a 24 ore (eventi di lunga durata) per la stazione di misura di Verona.

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

STAZIONE DI VERONA	
Tempo di ritorno (anni)	Curva di possibilità (h [mm], t [h])
2	$h = 25,196 \times t^{0,215}$
5	$h = 36,793 \times t^{0,183}$
10	$h = 44,496 \times t^{0,171}$
25	$h = 54,244 \times t^{0,159}$
50	$h = 61,479 \times t^{0,153}$
100	$h = 68,66 \times t^{0,1478}$
200	$h = 75.83 \times t^{0,144}$



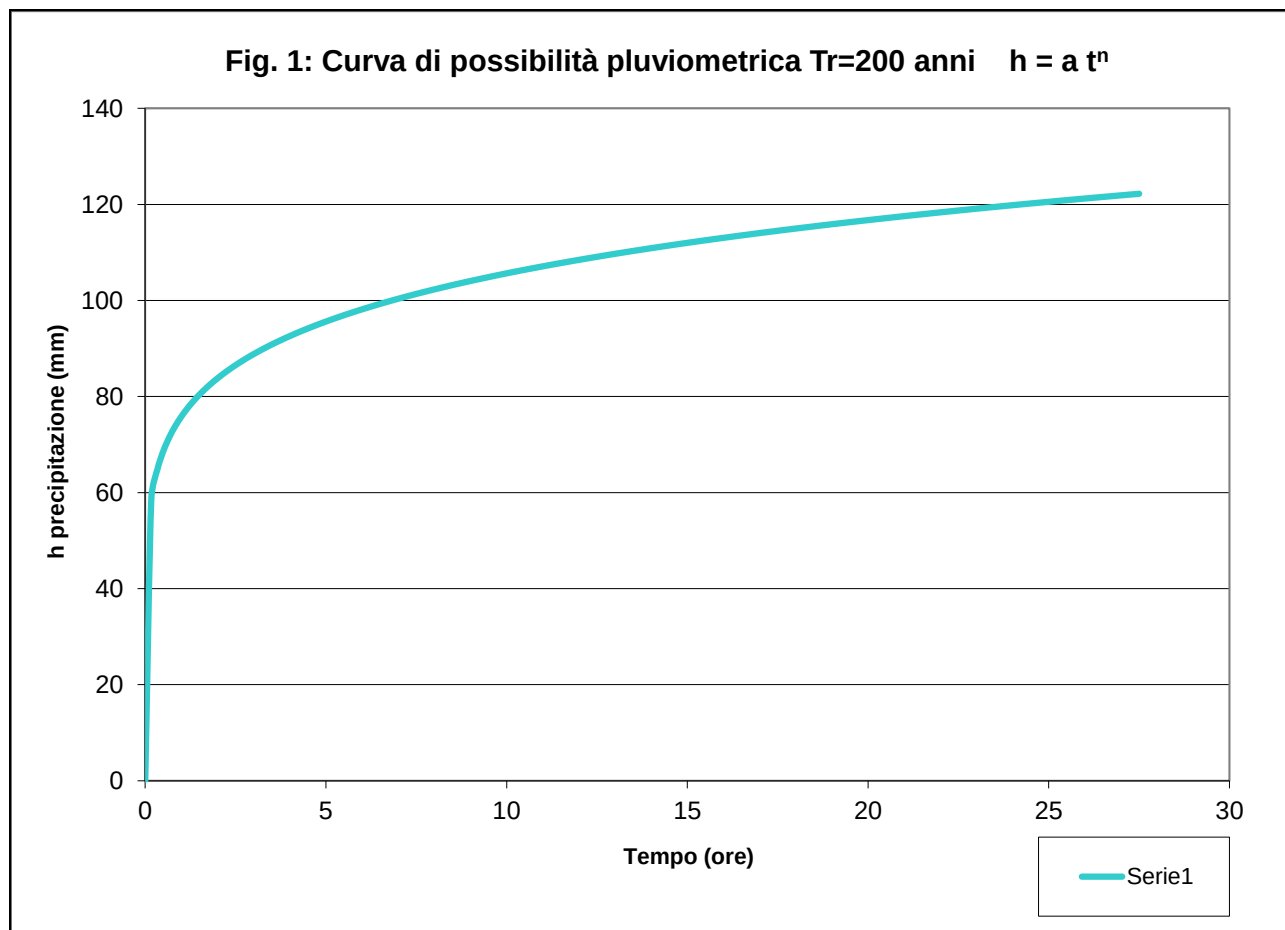
Invece di utilizzare il parametro $a = 61,479$ e $n = 0,153$ facendo riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni (parametro che risulta di utilizzo comune per il dimensionamento delle reti di smaltimento nel terreno delle acque meteoriche) si è deciso, a favore di sicurezza, di utilizzare un valore maggiorato del parametro “a”. Infatti si è utilizzato un valore di “a” pari a 75,83 mm/ora utilizzando un tempo di ritorno di 200 anni operando a favore di sicurezza per tenere conto dell’intensità di pioggia estremamente intensa caduta, per esempio, durante l’evento meteorico del 27.07.2016 nel Comune di Verona.

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona
Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

I parametri utilizzati per il dimensionamento sono quindi pari a:

$$a = 75,83 \quad n = 0,144$$



Sulla base degli elaborati grafici forniti dal Progettista si sono considerate le varie tipologie di pavimentazione previste per le sistemazioni esterne con i relativi coefficienti di deflusso.

Il coefficiente di deflusso Ψ utilizzato nel dimensionamento, per le varie tipologie di pavimentazione delle sistemazioni esterne, è stato quindi fissato pari a:

- 0,9 per le aree totalmente impermeabili (strada, parcheggi);
- 0,5 per le aree destinate a pista ciclabile realizzate con cemento drenante;
- 0,2 per le aree verdi.

Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona

Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

4. Soluzione con pozzi perdenti

Nella relazione del Dicembre 2022 erano state prospettate n. 2 metodologie alternative per lo smaltimento delle acque meteoriche:

- mediante trincee drenanti;
- mediante pozzi perdenti.

La Committenza ha deciso di portare avanti tale ultima soluzione, in analogia al progetto delle opere di urbanizzazione e dell'opera pubblica redatte dal tecnico Ing. Ilario Rossi.

Le UMI 1-2-3 non sono state interessate da alcun tipo di variazione, pertanto in tale integrazione se ne omette l'ulteriore verifica.

Alla luce della nuova ripartizione delle superfici riguardanti le UMI 4 - UMI 5 – Aree pubbliche si è rivisto il calcolo dello smaltimento delle acque meteoriche mediante pozzi perdenti.

I pozzi perdenti previsti sono invariati nelle dimensioni, pertanto aventi diametro pari a 150 cm e altezza pari a 4 metri ed è stata valutata la capacità di smaltire le acque meteoriche ricadenti sulla superficie di competenza.

- Diametro pozzi perdenti: 1,50 m
- Area drenante base: $(\pi \text{ greco} \cdot d \cdot d / 4)$: 1,77 mq
- Volume H₂O accumulabile da ogni pozzo perdente di altezza pari a 4m: 7 mc

Anche per tale integrazione si è partiti dai risultati ottenuti dalla prova di permeabilità a carico variabile riportate al Capitolo 2 e si è valutata la capacità di smaltimento di ogni singolo pozzo perdente trascurando il contributo dello smaltimento laterale (a favore di sicurezza) e considerando pertanto il solo smaltimento dalla base.

Nella tabella sotto riportata sono indicate le nuove superfici ed il numero di pozzi perdenti da realizzare nelle singole sottoaree per la dispersione delle acque meteoriche.

N°	Terreno	Superficie [mq]	N. pozzi perdenti
UMI 1	Lotto 1 - area impermeabile (SUL)	360	2
	Lotto 1 - area verde	1167	
UMI 2	Lotto 2 - area impermeabile (SUL)	590	3
	Lotto 2 - area verde	1485	
UMI 3	Lotto 3 - area impermeabile (SUL)	570,20	3
	Lotto 3 - area verde	1213,72	
UMI 4	Lotto 4 - area impermeabile (SUL)	385,11	2
	Lotto 4 - area permeabile	4,89	
UMI 5	Lotto 5 - Area verde	160,29	1
Aree pubbliche	Strada asfaltata e marciapiedi	1375,99	2
	Superfici a parcheggio pubblico	406,46	2
	Superficie pista pedonale (Biostrasse)	250	2
	Verde pubblico	2021	
		9989,66	

La rappresentazione grafica esplicativa è riportata nella planimetria allegata alla presente relazione.

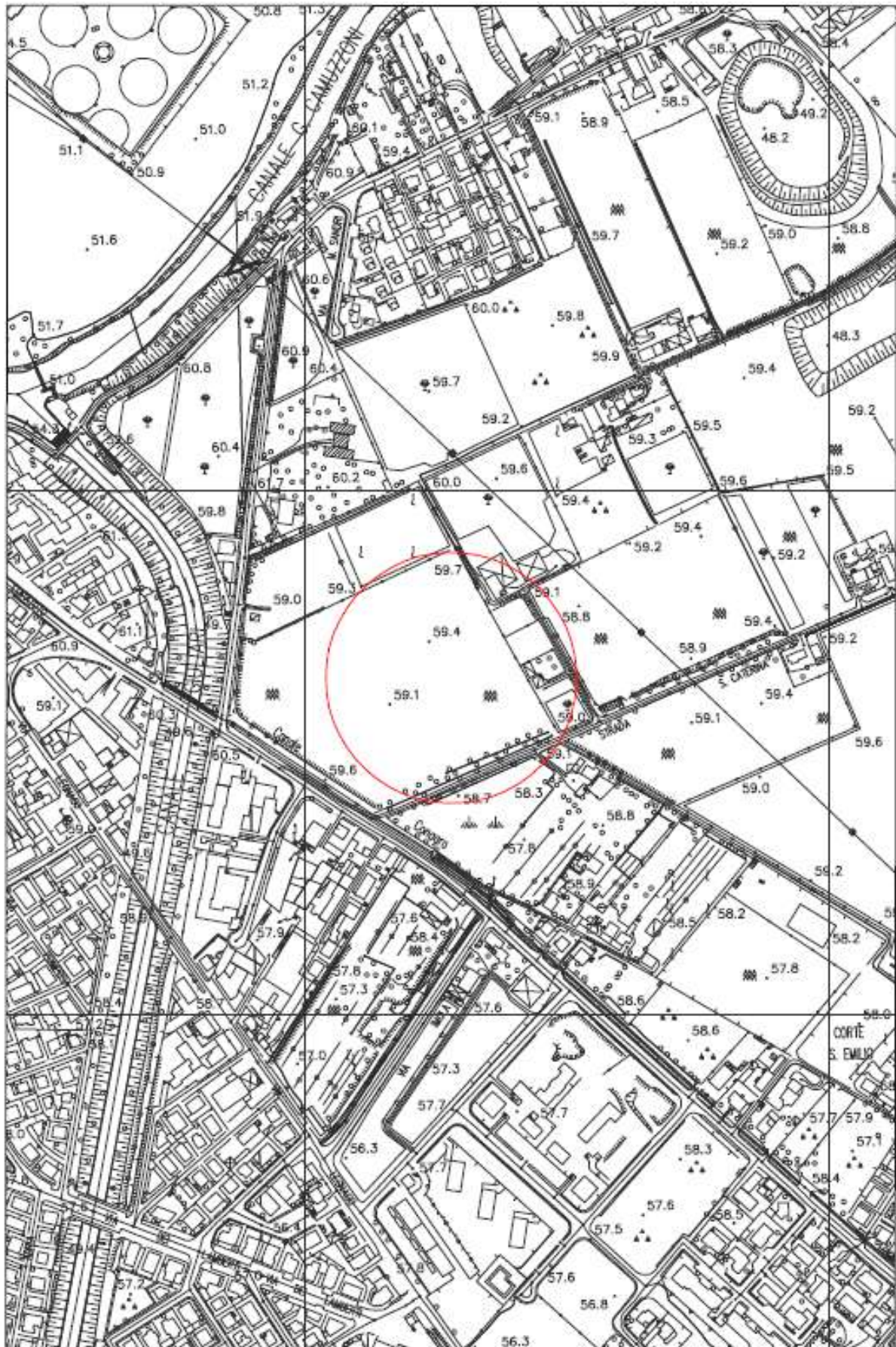
Dott. Ing. Paolo Crescini



Via L. Pancaldo, 70 - 37138 Verona
Tel. 045-8104077

web: www.ingegnosrl.it e-mail: nuoviorizzonti@ingegnosrl.it

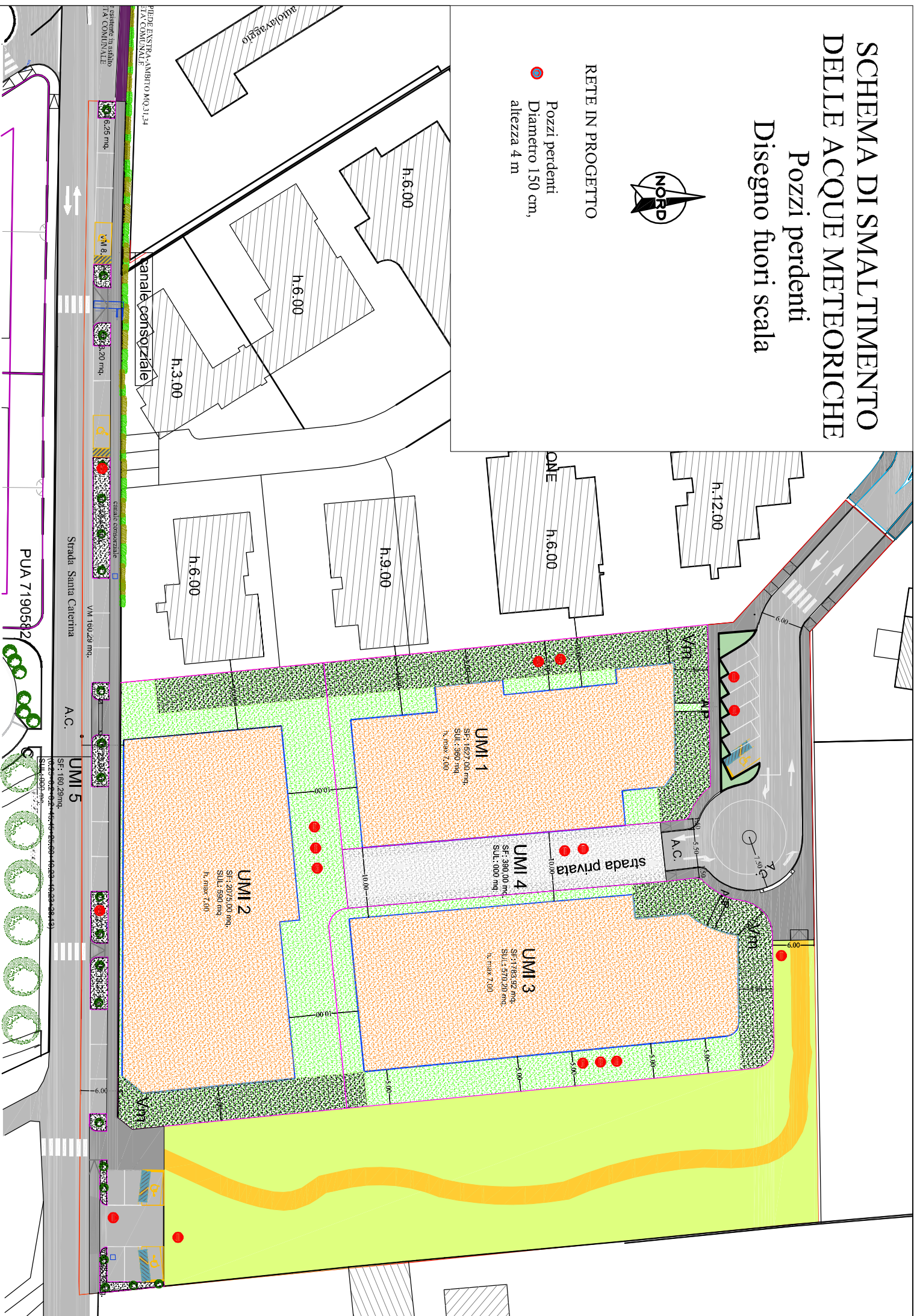
SCALA 1:5000



Pozzi perdenti Disegno fuori scala



Pozzi perdenti
Diametro 150 cm,
altezza 4 m



Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE: PUA Borgo Roma - Strada Santa Caterina - Verona
 COMMITTENTE: Società Agricola Aspes di Trentarossi Paola & C.
 DATA: 18/02/2022

Profondità (cm) 100
 Lato maggiore L (cm) 170
 Lato minore A (cm) 140
 Natura del terreno : ghiaia con ciottoli sabbiosa

POZZETTO PP1

Hm(cm) = 14 h1 (cm) = 28,5
 b (cm) = 154 h2 (cm) = 0,0
 Δt (sec) = 630

Calcolo coefficiente di permeabilità

$$K \text{ (cm/sec)} = \frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)} \cdot \frac{1 + (2Hm/b)}{(27Hm/b) + 3} = 9,76E-03$$

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
28,5	0	1	0,0
28,0	15	1,96	0,5
27,0	30	1,89	1,0
25,0	60	1,75	2,0
24,0	90	1,68	1,0
22,0	120	1,54	2,0
21,0	150	1,47	1,0
19,0	180	1,33	2,0
16,0	210	1,12	3,0
15,0	240	1,05	1,0
14,0	270	0,98	1,0
13,0	300	0,91	1,0
12,5	330	0,88	0,5
11,0	360	0,77	1,5
10,0	390	0,70	1,0
9,0	420	0,63	1,0
8,0	450	0,56	1,0
6,5	480	0,46	1,5
5,0	510	0,35	1,5
4,0	540	0,28	1,0
3,0	570	0,21	1,0
2,0	600	0,14	1,0
0,0	630	0,00	2,0

