

P.U.A. RELATIVO AL RECUPERO
DELL'AREA EX OPIFICIO TIBERGHEN,
SITO IN VERONA, VIA UNITÀ D'ITALIA

SCHEDA NORMA RA28



ELABORATO	<p>RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA (D.M. 17.01.2018)</p>					
COMMITTENTE	<p>VERONA 2007 – ASPIAG SPA – VERONA INVEST SRL</p>					
TECNICO/I INCARICATO/I	<p>Dott.ssa Geol. Ilaria Merici</p> 		<p>Dott. Geol. Alberto Cò</p> 			
	 <p>Alberto Cò – Ilaria Merici Geologi – Tecnici Ambientali infocogeologi@gmail.com via g.camuzzoni, 1 – 37138 verona p.iva 04383630235</p>		<p><i>Collaboratrice: Dott.ssa Erika Rodo</i></p>			
2			Cò	Merci	Cò	16/12/25
1	modifiche progetto		Rodo	Cò	Cò	02/08/23
0			Rodo	Cò	Cò	25/01/22
REV	Descrizione		elaborato	verificato	approvato	data
CODICE	GS	838	NUM. ELABORATO - 01		File: GS838 – Relazione di fattibilità.docx	



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	DESCRIZIONE PROGETTO.....	5
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	7
5	INQUADRAMENTO VINCOLISTICO.....	8
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	12
7	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO.....	19
8	INQUADRAMENTO TETTONICO – STRUTTURALE.....	25
9	SISMICITÀ DELL'AREA E PERICOLOSITÀ SISMICA.....	27
10	CAMPAGNA INDAGINI.....	32
10.1	trincee esplorative.....	33
10.2	sondaggi geognostici.....	34
10.2.1	prove penetrometriche dinamiche SPT in foro di sondaggio.....	36
10.2.2	prove di permeabilità in foro di sondaggio.....	37
10.3	indagine sismica.....	40
11	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	42
12	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....	46
12.1	caratterizzazione sismica del sito progettuale.....	48
13	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	50
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	52

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5000
ALLEGATO 2:	PLANIMETRIA CON UBICAZIONI INDAGINI
ALLEGATO 3:	DOCUMENTAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE
ALLEGATO 4:	DOCUMENTAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI
ALLEGATO 5:	DOCUMENTAZIONE PROVE DI PERMABILITÀ
ALLEGATO 6:	INDAGINE SISMICA
ALLEGATO 7:	SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE



Codice di Rif.: GS838

Verona, 16 dicembre 2025

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto di riqualificazione, mediante Piano Urbanistico Attuativo (Scheda Norma RA28), di un'area industriale dismessa denominata "ex Opificio Tiberghien" ubicata lungo Via Unità d'Italia nel Comune di Verona, è stato condotto il presente studio geologico e geotecnico ai sensi del D.M. 17/01/2018, finalizzato:

- all'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area d'interesse progettuale;
- alla ricostruzione del modello litostratigrafico 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 sulla base di un'accurata raccolta di informazioni bibliografiche e d'archivio, alla luce di quanto emerso a seguito di una mirata campagna indagini condotta *in situ*, nonché sulla base dell'esperienza maturata dagli scriventi nell'ambito di studi svolti nello stesso contesto ed in zone limitrofe al sito d'interesse progettuale.

Nella redazione del presente elaborato si è fatto inoltre specifico riferimento agli esiti di una campagna indagini già eseguita con finalità di carattere ambientale a supporto di una precedente fase progettuale (cfr. " *Riqualificazione area ex Lanificio Tiberghien (Vr) – Indagine Ambientale preliminare*", dott.ssa Geol. L. Benedetti - marzo 2016).



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

<p>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.</p>
<p>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.</p>
<p>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".</p>
<p>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.</p>
<p>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.</p>
<p>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.</p>
<p>D.M. 14.01.2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni.</p>
<p>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.</p>
<p>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.</p>
<p>D.M. 17.01.2018 - . Aggiornamento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni".</p>
<p>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.</p>
<p>DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE DEL VENETO 09.03.2021 N. 244 <i>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.</i></p>

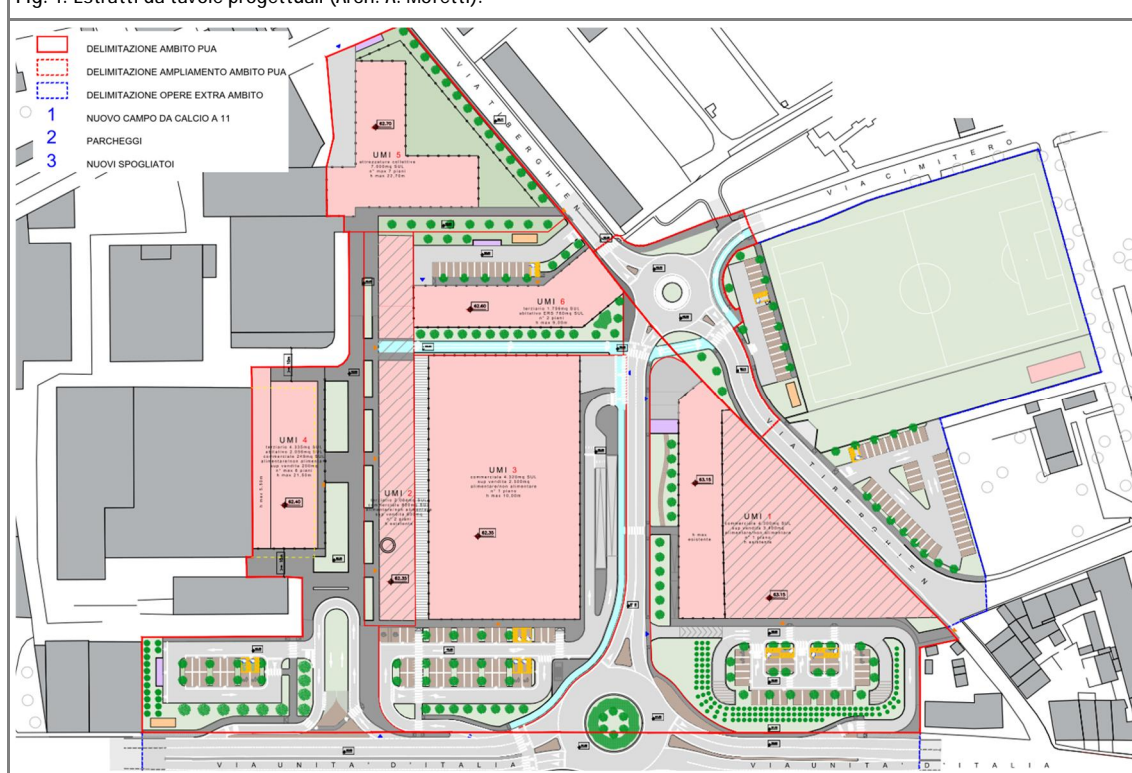


3 DESCRIZIONE PROGETTO

Con riferimento alla documentazione fornita (v. estratti nelle figure seguenti), il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo in applicazione alla scheda norma RA 28 con finalità di riqualificazione dell'area industriale dismessa "Ex Opificio Tiberghien". Di superficie complessiva pari a 5 ha ca., lo sviluppo dell'ambito in esame si compone di:

- "area ambito PUA" a destinazione privata (per uso residenziale, commerciale e terziario) e comprensiva di una porzione in cessione a destinazione pubblica;
- "ampliamento ambito PUA" e "opere extra – ambito", ove è previsto il recupero di una porzione di territorio a destra dell'ex opificio mediante la realizzazione di viabilità, parcheggi e strutture sportive pubbliche.

Fig. 1. Estratti da tavole progettuali (Arch. A. Moretti).



Più nel dettaglio, l'area definita "ambito PUA" risulterà suddivisa in n. 06 unità minime d'intervento con destinazione residenziale, commerciale e terziaria come meglio specificato nella tabella di cui alla pagina seguente.

Tra gli interventi di riqualificazione è inoltre prevista:

- la sistemazione e integrazione della viabilità interna attraverso la realizzazione di una strada di collegamento tra Via Unità d'Italia e Via Tiberghien;
- la realizzazione di un percorso pedonale e ciclabile che partendo da Via Unità d'Italia si svilupperà all'interno dell'ambito del PUA;
- spazi verdi e aree destinate a parcheggio.



	DESTINAZIONE
UMI 1	commerciale
UMI 2	terziario
	commerciale
UMI 3	commerciale
UMI 4	terziario
	abitativo
	commerciale
UMI 5	attrezzature collettive
UMI 6	terziario
	abitativo
UMI STRADA	-

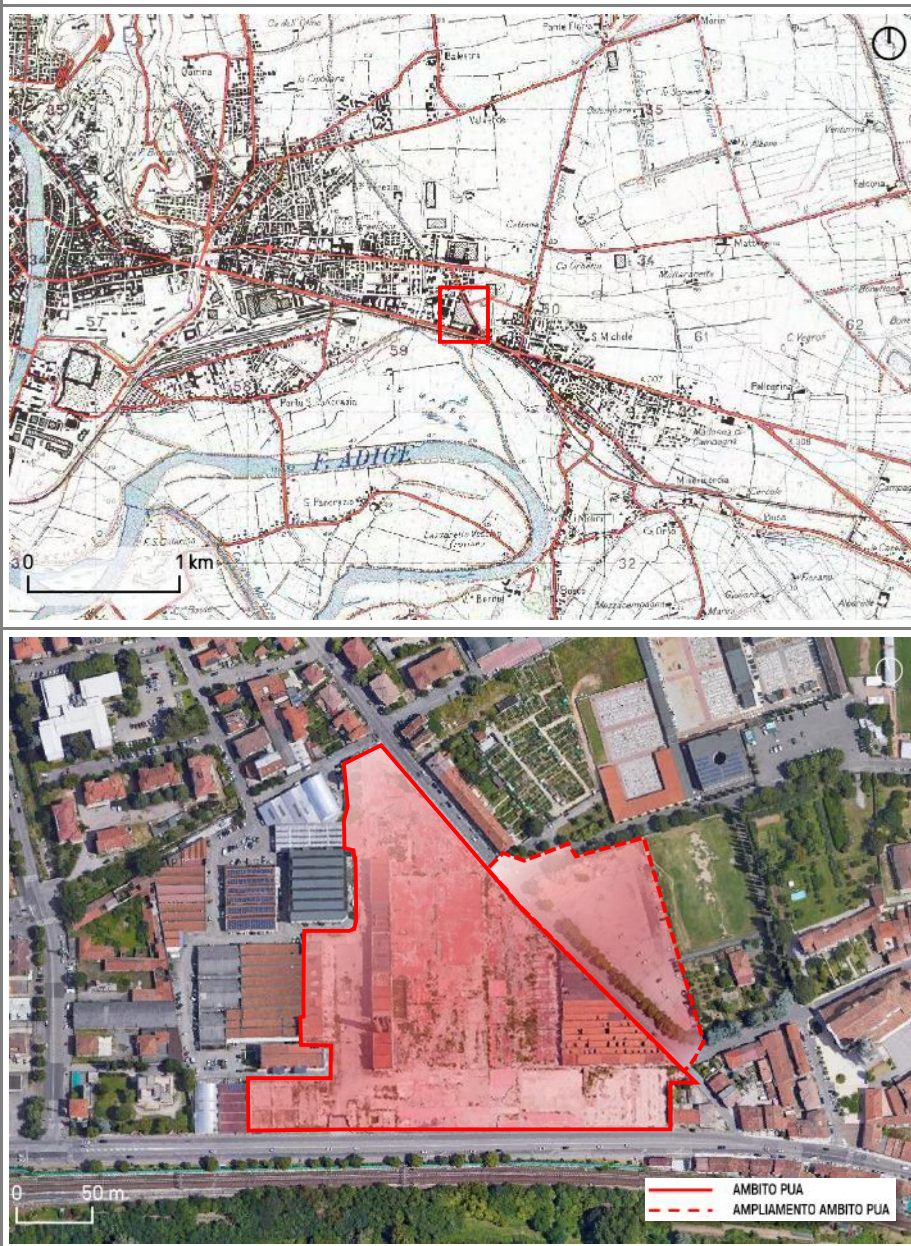
Porzione di superficie di proprietà comunale inglobata nell'ambito di progetto al fine di conformare lo stesso alle esigenze di sviluppo dell'area, la superficie denominata "ampliamento PUA" sarà interessata dal rifacimento del campo da calcio esistente, ingrandendo l'attuale, e dalla sistemazione di parte dei parcheggi esistenti, il tutto come opera di sostenibilità, così come riportato sulla Scheda Norma approvata. A tal fine si prevede di interessare anche un'adiacente area denominata "extra ambito PUA" in modo da inglobare l'intera area del campo da calcio oggetto di sistemazione.



4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito in esame si colloca nella porzione centro orientale del territorio comunale di Verona, precisamente nell'ambito del quartiere di San Michele. Di forma pseudo - triangolare ed attualmente accessibile da Via Unità d'Italia, l'ambito del P.U.A. risulta nello specifico inserito in un contesto a destinazione mista produttivo-residenziale, nonché delimitato verso Ovest da un'area ad uso prevalentemente artigianale e direzionale, sul (breve) lato Nord da Via Berbera, sul lato Nord Est da Via Tiberghien e sul confine Sud dalla già citata Via Unità d'Italia.

Fig. 2 Inquadramento geografico su base I.G.M. (sotto) e foto aerea (in basso) del lotto destinato alla costruzione dell'edificio (in rosso).



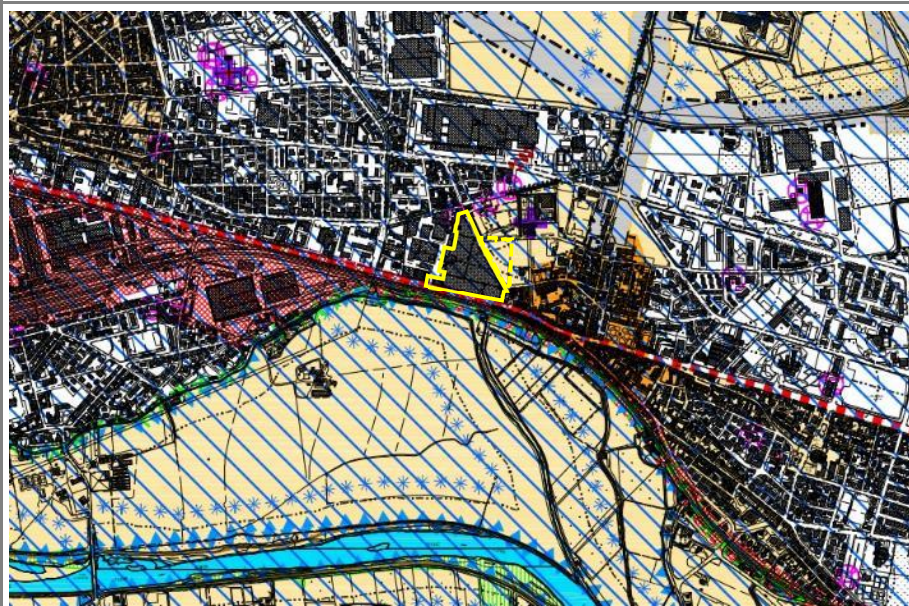
Per quanto riguarda la cartografia generale di riferimento, la porzione di territorio considerato ricade nel Foglio 49 III NO tavoletta "Verona" dell'IGM alla scala 1:25.000 e nell' Elemento n. 124134 ("Verona Est") della Carta Tecnica Regionale del Veneto in scala 1:5.000 (v. All.1).



5 INQUADRAMENTO VINCOLISTICO

Con specifico riferimento alle tematiche di natura geologica – geotecnica, idrogeologica e sismica connesse con la realizzazione del progetto in esame, l'analisi del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona (adottato con D.G.R.V. n. 4148 del 18.12.2007) ed in particolare delle tavole e delle "norme tecniche" ad esso allegate, ha evidenziato quanto segue:

Fig. 3 Estratto dalla "Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale" del P.A.T. (TAV. 1 – Q4), con evidenziato *in giallo* il sito in esame.



----- vincolo sismico D.C.R. 37/03 (art. 8) – intero territorio comunale


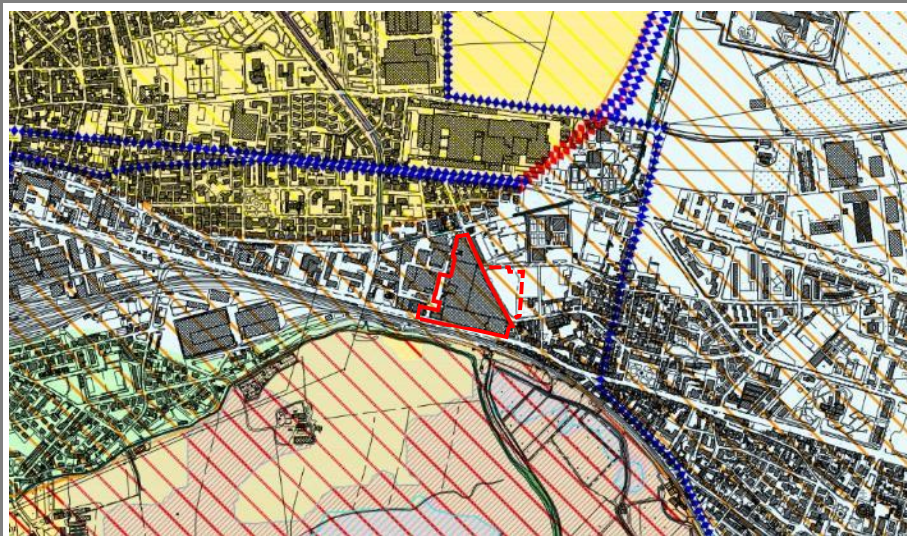
 aree di ricarica degli acquiferi (art. 32)



Fig. 4 Estratto dalla "Carta delle Invarianti" del P.A.T. (TAV. 2 – Q4), con indicato *in blu* il sito in esame.





Fig. 5 Estratto dalla "Carta delle Fragilità" del P.A.T. (TAV. 3 – Q4), con indicato *in rosso* il sito in esame.



-  PENALITÀ AI FINI EDIFICATORI (art. 37): terreno ottimo
-  VULNERABILITÀ INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI (art. 38) - unità "A": vulnerabilità intrinseca alta

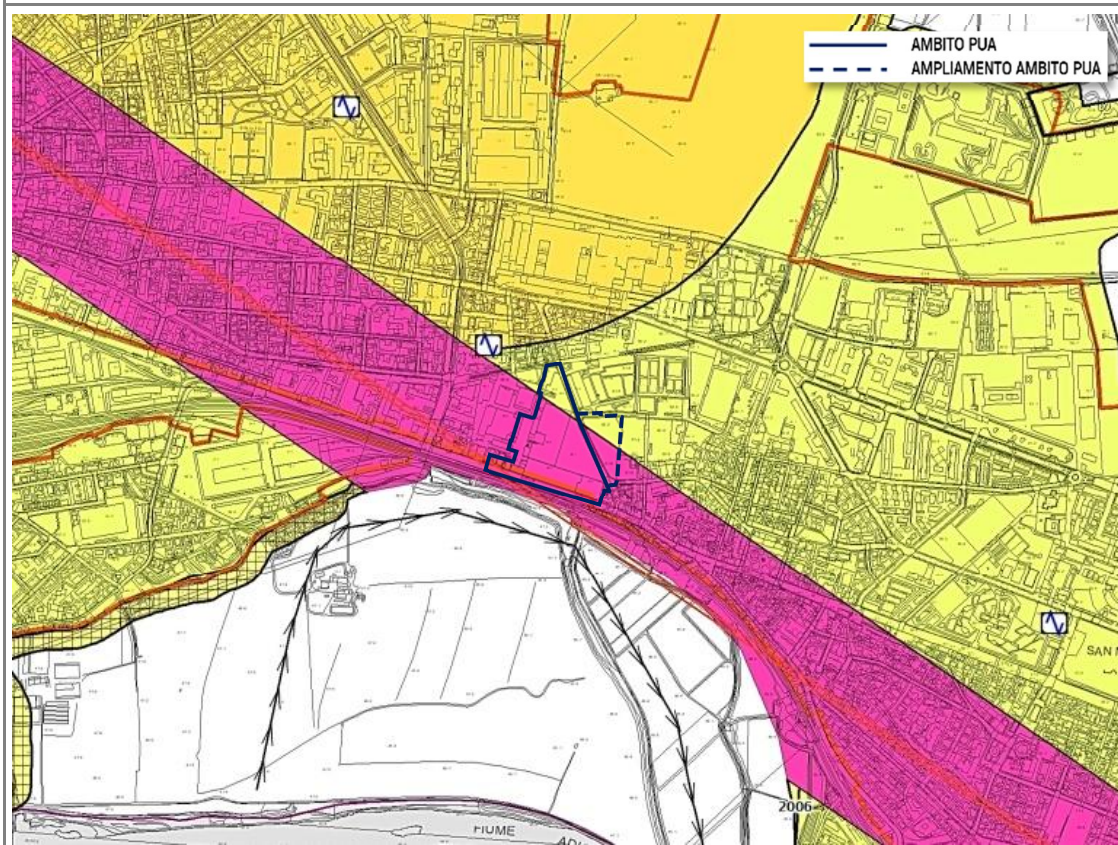
TAV.	NORMA / ANALISI
1	<p>Vincolo sismico (art. 8): con riferimento alle recenti modifiche apportate dalla D.G.R. 244/2021, l'intero territorio comunale di Verona rientra in zona sismica 2. Gli interventi in progetto dovranno pertanto rispettare le specifiche prescrizioni in termini di progettazione 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". Di ciò e soprattutto della presenza di elementi di discontinuità tettonica di significativa importanza si dovrà tener conto nel corso delle successive fasi di progettazione antisismica.</i></p> <p>Aree di ricarica degli acquiferi (art. 32): 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. 152/2006 e dal Piano regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.). <i>L'intervento in esame non prevede soluzioni che possano influire negativamente sulla qualità delle acque di falda. Acque reflue e meteoriche verranno gestite nel rispetto della normativa vigente.</i></p>
2	<p><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></p>
3	<p>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.</p> <p><i>Trattandosi nello specifico di P.U.A., 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></p> <p>Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (art. 38) – Unità "A" vulnerabilità intrinseca alta: <i>il progetto in esame non andrà ad incidere in alcun modo sul chimismo e sulla qualità delle acque sotterranee.</i></p>

→ Alla luce delle caratteristiche dell'intervento in esame si ritiene che, in ragione di quanto previsto dal P.A.T. comunale, non esistano vincoli o limitazioni di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico in relazione alla fattibilità dell'intervento in progetto.



In merito al rischio sismico già nel 2017 il Comune si era dotato di "Microzonazione Sismica di 1 livello". Con riferimento quindi alla "Carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica" (v. estratto nella figura seguente) redatta nell'ambito di tale studio, l'area in esame ricadrebbe per una porzione significativa entro la fascia che rappresenta la zona di attenzione per faglie attive e capaci (ZA – FAC) e per una porzione secondaria in "zona 5" ossia zona stabile suscettibile di amplificazione locale.

Fig. 6. Estratto dalla "Carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica" della Microzonazione Sismica (TAV. 3 – SE), con indicato in blu l'ambito del PUA e la relativa area in ampliamento.



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

2005

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 scarpa e di terrazzi fluviali.

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

3060

ZA – FAC: zona di attenzione per faglie attive e capaci.

FAGLIE ATTIVE E CAPACI

==== Faglia con cinematisma non definito attiva e capace (certa)

Per una descrizione della faglia capace denominata "Adige Line", lineamento tettonico generatore della "ZA – FAC", collocabile indicativamente fra Alta Pianura e Monti Lessini e caratterizzato da attività anche in epoca storica (< 3.000 anni), si rimandando al Cap. 9.



Come già in precedenza detto, nel 2017 il Comune di Verona si dotava di "Microzonazione Sismica di Livello 1" secondo le Linee Guida espresse dalla Regione con DGR 1572/2013; recentemente una serie di passaggi normativi a carattere Regionale hanno rivisto i criteri che di fatto regolamentano la definizione del rischio sismico:

- con la nuova zonazione sismica introdotta dalla DGR 244/2021 il territorio comunale risulta riclassificato da zona 3 a zona 2;
- con la DGR 1381/2021 la Regione Veneto ha inteso ampliare l'elenco dei comuni vincolati all'applicazione delle succitate Linee Guida a tutti i territori comunali classificati in zona 1 e 2 con la DGR 244/2021;
- il Comune di Verona, rientrante in zona 2, è pertanto stata ricompresa tra i comuni vincolati all'applicazione delle linee guida regionali e quindi ad un approfondimento di Microzonazione Sismica di livello 2 esteso all'intero territorio comunale, per le zone suscettibili di amplificazione individuate nel precedente studio ed in cui si prevedono trasformazioni urbanistiche (quali l'area in esame);
- in ragione di quanto sopra, il Comune di Verona ha recentemente provveduto alla realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica con approfondimento ad un Livello 3, attualmente in fase di validazione in Regione ma i cui elaborati sono già stati concessi in visione.

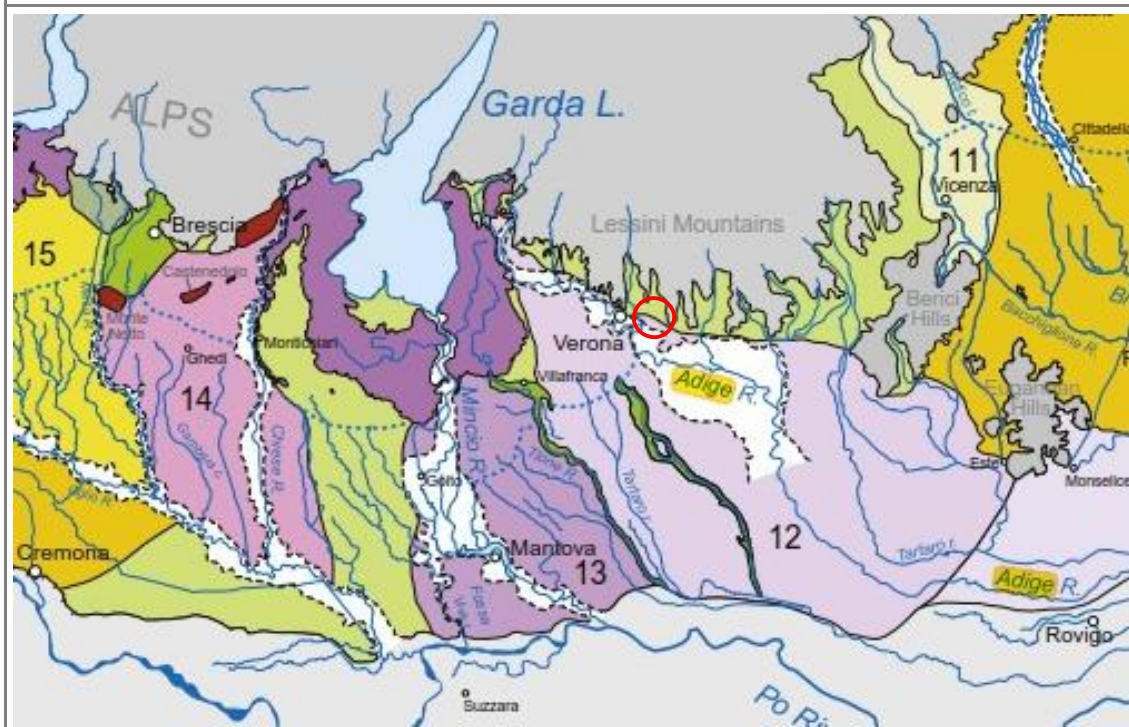
Rifacendosi all'elenco puntato di cui sopra ed a quanto riportato nella nota "*Chiarimenti sulle modalità di applicazione delle Linee guida regionali per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica nel territorio regionale*" redatta dalla Regione Veneto in data 16/02/2022 (prot. 71886), nel mese di febbraio 2023 gli scriventi hanno predisposto e protocollato presso gli Enti preposti un'attestazione sismica ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/2021, della D.G.R. 1572/2013 e D.G.R. 1381/2021 al fine di richiedere il rilascio del parere sismico, considerando che:

- l'area del PUA rientra interamente in tutti gli elaborati prodotti nella rivisitazione del Livello 1 e nelle nuove cartografie del Livello 3 di Microzonazione Sismica;
 - non sussistono criticità sismiche tali da rendere incompatibili gli interventi previsti
 - la zona appartiene ad una MOPS stabile suscettibile di amplificazione sismica locale;
 - i fattori di amplificazione calcolati sono $FA=1.5 (0.1-0.5s)$ – $FA=1.6 (0.4-0.8s)$ – $FA=1.7 (0.7-1.1s)$.
- Tutto ciò premesso, per una più esaustiva trattazione dell'argomento di cui sopra si rimanda alla citata "*Attestazione sismica*" allegata al progetto in esame.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'evoluzione geomorfologica e geologica dell'area in esame è legata principalmente all'interferenza fra le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata e trasporto solido del Fiume Adige e dei principali torrenti lessinesi. Posta nello specifico al passaggio tra il settore collinare - montuoso e la pianura alluvionale del Fiume Adige, l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di depositi di fondovalle generati dai torrenti lessinesi e da forme dovute al dilavamento dei versanti, che sfumano senza significative evidenze morfologiche nelle alluvioni dell'Antico Conoide *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. figura seguente).

Fig. 7 Estratto da "Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps" (Fontana A., Mozzi P., Marchetti M., 2014) con indicata in rosso l'ubicazione del sito di studio e con il n. 12 il megafan dell'Adige.



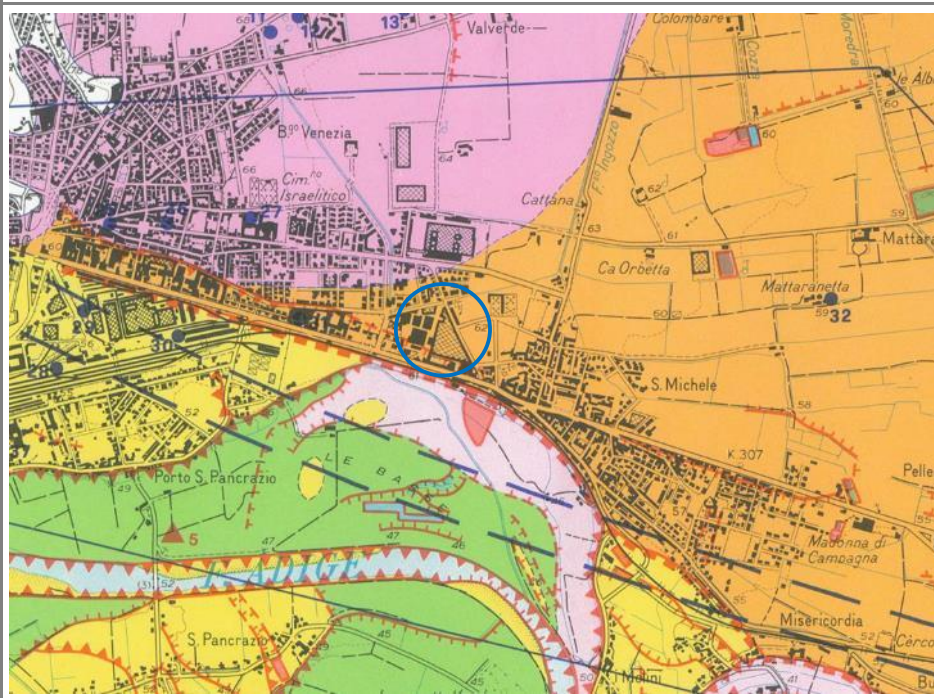
A causa della minor capacità di trasporto solido del fiume detto sistema deposizionale ha avuto un'evoluzione complessa a partire da 15.000 anni fa con l'inizio del ritiro glaciale nell'area alpina ed è stato progressivamente inciso nella porzione apicale e solo nella porzione distale esso ha continuato 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 sedimentari, 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 carbonatica.

L'agente morfogenetico che caratterizza la porzione di territorio in esame è rappresentato in particolare dal fiume Adige con la sua grande conoide ed il suo piano di divagazione, scavato e terrazzato all'interno della conoide stessa. La porzione di territorio in esame risulta caratterizzata da una morfologia pianeggiante ove gran parte delle evidenze morfologiche sono riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), benché tali segni risultino spesso celati dalla sempre crescente urbanizzazione del territorio.



Posto come detto in un contesto marginale e di passaggio tra l'ambito vallivo delle ultime propaggini lessinee a Nord e quello prettamente di Alta Pianura veronese, il sito di studio (61 ÷ 63 m ca. s.l.m.) ricade in sinistra Adige, in corrispondenza della superficie terrazzata dell'antica conoide atesina di età rissiana e ad una distanza di poche centinaia di metri dalla scarpata morfologica che la separa dal piano di divagazione dell'Adige posto a quota inferiore (v. figura seguente).


Fig. 8. Estratto fuori scala dalla "Carta Geomorfológica della porzione a Sud - Est della Pianura di Verona" (Sorbini L. et alii, 1984), con indicata in blu l'ubicazione del sito di studio.




CONOIDE DELL'ADIGE (Riss – attuale)

 alluvioni prevalentemente ghiaiose del conoide dell'Adige


PIANO DI DIVAGAZIONE DELL'ADIGE (Würm – attuale)


 alluvioni prevalentemente ghiaiose del piano di divagazione dell'Adige


 alluvioni prevalentemente sabbiose


 alluvioni prevalentemente limose


CONOIDI DEI TORRENTI LESSINEI (Würm – attuale)


 alluvioni prevalentemente limose dei torrenti lessinei


 orlo di terrazzo tra il conoide e il piano di divagazione maggiore di 3 m

 orlo di terrazzo di altezza superiore a 3 m


 orlo di terrazzo e limite di dosso di altezza inferiore a 3 m


 orlo di terrazzo e limite di dosso poco evidente

 fondo cava

 cava inattiva utilizzata a scopo agricolo

 cava con presenza di acqua sul fondo

 cava utilizzata come discarica - discarica

 fascia di deformazione presunta



Sebbene il contesto morfologico generale risulti subpianeggiante, blandamente degradante verso Sud (in direzione del ciglio del terrazzo), l'ambito d'interesse progettuale risulta in tal senso in parte alterato dall'azione antropica condotta in passato per la realizzazione del polo produttivo. Oggetto recentemente (2017) di parziali attività di demolizione, l'area d'ambito del PUA, pur presentandosi sostanzialmente pianeggiante, risulta allo stato attuale caratterizzato dalla presenza di gradini morfologici di entità metrica legati per l'appunto alla demolizione dei manufatti preesistenti (v. figura seguente).

Fig. 9. Foto aerea dell'Ex Opificio Tiberghien, sito oggetto di studio (*in rosso*), *ante* (in basso) e *post* demolizione (*in basso*).









Per un inquadramento geologico generale della porzione di territorio in cui ricade l'area d'interesse progettuale, si fa innanzitutto riferimento alla "Carta Geologica d'Italia" - Foglio n. 49 "Verona" (v. Fig. 10 alla pagina seguente) dalla quale emerge la presenza di depositi fluvio-glaciali dell'anti conoide atesina.



Fig. 10. Estratto dalla "Carta Geologica d'Italia" in scala originaria 1:100.000 – Foglio n. 49 "Verona". In rosso il sito di studio.



-  a³: alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti, dell'Adige (*Olocene*)
-  a¹⁻²: alluvioni terrazzate grossolane e minute dell'Adige e alluvioni dei corsi d'acqua sbarrati dalla antica conoide dell'Adige (*Olocene*)
-  fg^w: alluvioni fluvioglaciali e fluviali prevalentemente sabbiose, con strato di alterazione brunastro (*Würm*)
-  fg^r: alluvioni fluvioglaciali e fluviali da ciottolose a ghiaiose dell'antica conoide dell'Adige (*Riss*)
-  M³: molasse, arenarie calcaree e calcari arenacei giallastri (*Elveziano*)
-  E²: calcari nummulitici e calcareniti (*Eocene medio – Eocene inferiore*)

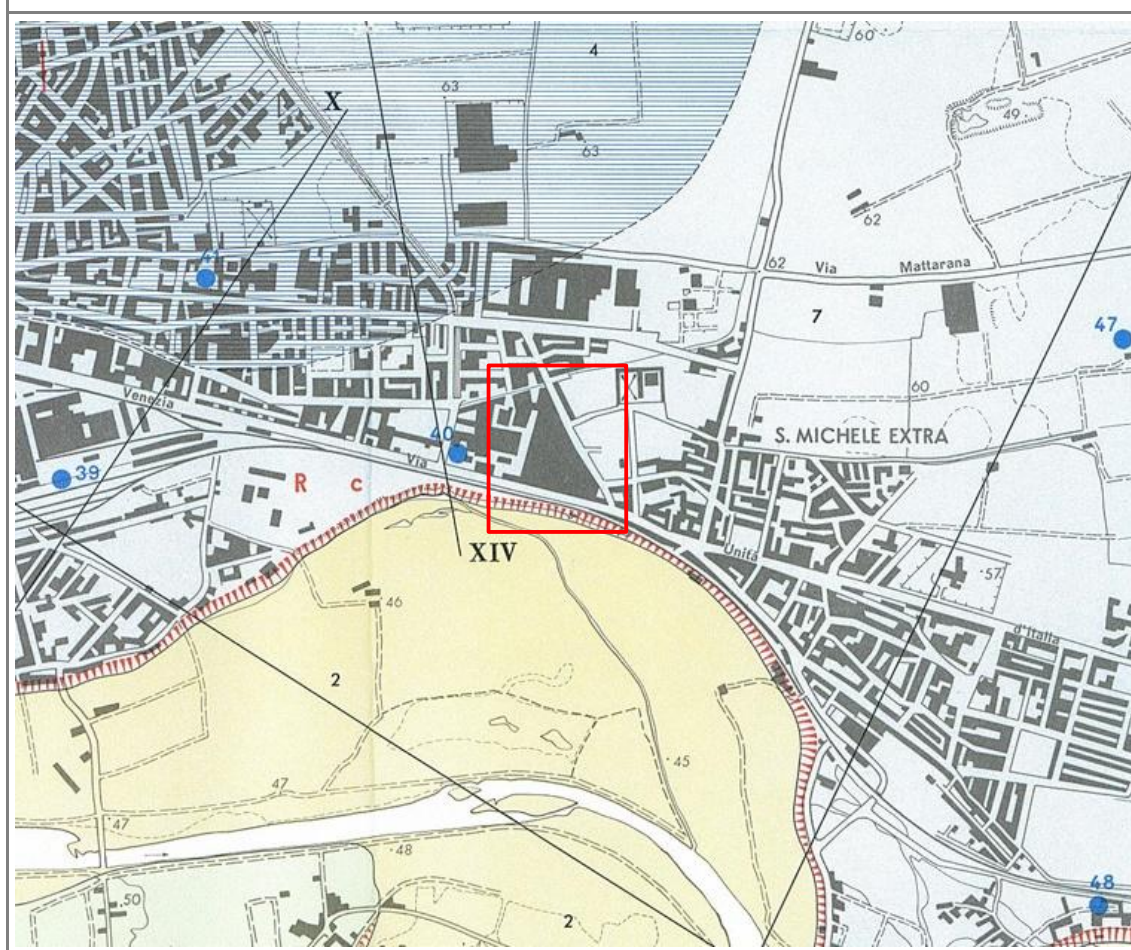
Sotto l'aspetto litostratigrafico l'Alta Pianura veronese, ambito in cui ricade il sito di interesse progettuale, deriva come già detto dall'accumulo di grandi quantitativi di materiali granulari (ghiaie, ciottoli, sabbie e limi) la cui successione stratigrafica riflette le variazioni climatiche e, con 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 ingenti quantità di sedimenti prevalentemente grossolani. Il passaggio ai depositi prevalentemente fini della Medio - Bassa Pianura non è netto ma avviene in modo graduale: procedendo verso Sud, lenti e livelli coesivi diventano maggiormente continui e potenti fino a differenziare i depositi granulari dell'Alta Pianura in più orizzonti sovrapposti che passano contestualmente da una granulometria prevalentemente ghiaiosa a sabbiosa.










Come già detto in precedenza, l'area in esame si sviluppa tuttavia al margine settentrionale del conoide dell'Adige, al piede delle propaggini lessinee centro meridionali. Lungo tutto il margine meridionale dell'ambito lessineo, come anche in corrispondenza della porzione di pianura in esame, i depositi del conoide atesino risultano interdigitati a quelli delle alluvioni dei torrenti lessinei. Lo sbarramento operato dai depositi dell'Adige alle valli lessinee ha permesso il deposito, assieme alle ghiaie, di sedimenti a granulometria fine, limosa e argillosa, da cui ne deriva un'alternanza di litologie miste.

Per maggior dettaglio si rimanda quindi all'estratto della "Carta geologica del territorio del Comune di Verona" (v. figura seguente) che conferma la presenza di alluvioni fluvioglaciali e fluviali di età rissiana dell'antica conoide dell'Adige, costituite da ghiaie e sabbie ciottolose di spessore pluridecamentrico con livello superficiale di alterazione.

Fig. 11. Estratto fuori scala dalla "Carta geologica del territorio del Comune di Verona" in scala originaria 1:20.000, con indicato in rosso il sito di studio.



-  2 alluvioni prevalentemente sabbioso – limose, attuali e recenti, dell'Adige modellate nell'alveo wurmiano.
-  4 alluvioni di fondovalle prevalentemente: limose (l), ghiaiose e ciottolose (c).
-  6 alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, limose (l), sabbiose (s)ghiaiose e ciottolose (c) con limitata alterazione superficiale. Wt₁ = terrazzo alto; Wt₂ = terrazzo basso; lo = copertura di loess. WURM (W).
-  7 alluvioni fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, sabbiose (s) ghiaiose e ciottolose (c), superficialmente alterate. Rt₁ = terrazzo alto; Rt₂ = terrazzo basso; RISS (R).
-  orlo di terrazzo in depositi fluvioglaciali o fluviali
-  3 pozzo per acqua
-  traccia di sezione



Detto quanto sopra, per una ricostruzione dell'assetto stratigrafico in profondità si è fatto iniziale riferimento a quanto consultabile su base bibliografica e nello specifico alla sezione geologica "XIV" (v. Fig. 12) la cui traccia è riportata nella figura precedente ed alla sezione "E-E'" (v. Fig. 13) passante per il sito d'interesse progettuale, tratta dalla pubblicazione "Ricerche idrologiche e litostratigrafiche nell'alta pianura alluvionale del fiume Adige" (Istituto di Ricerca sulle Acque - Dal Prà e Antonelli, 1977).

Fig. 12. Estratto della "Sezione XIV" tratta dalla pubblicazione "Geologia del territorio del Comune di Verona" (De Zanche et alii, 1977), con indicato *in rosso* l'ubicazione del sito d'interesse progettuale.

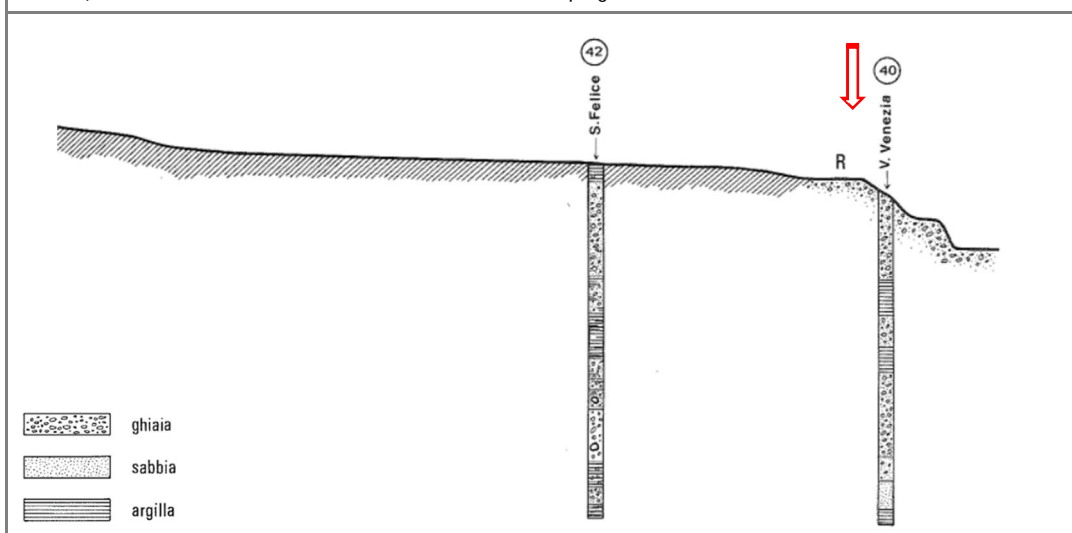
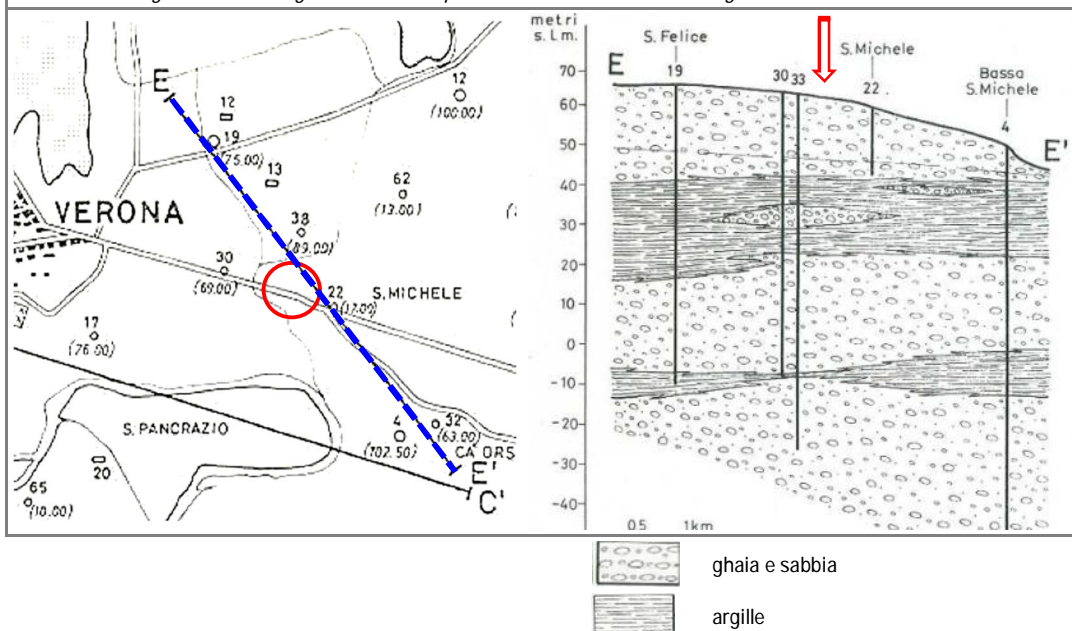


Fig. 13. Sotto: l'ubicazione della sezione (*in blu*) e del luogo oggetto di studio (*in rosso*). In basso: sezione E - E' tratta da "Ricerche idrologiche e litostratigrafiche nell'alta pianura alluvionale del fiume Adige".



Alla luce di quanto fin qui esposto emerge quindi chiaramente come per una profondità stimata di circa cento metri, il sottosuolo in corrispondenza dell'ambito d'interesse progettuale risulti di natura prevalentemente granulare; a partire da una profondità di circa 20 ÷ 25 m la continuità verticale dei materiali ghiaiosi appare interrotta da orizzonti coesivi di potenza da metrica a pluridecametrica con presenza di intercalazioni, talora lentiformi, di natura ghiaiosa. Tale assetto litostratigrafico è riconducibile, come detto in precedenza, all'azione dei corsi d'acqua lessinei che hanno depositato materiali più fini, interdigitatisi con le alluvioni grossolane messe in posto dal Fiume Adige.



Per completezza, si riporta infine l'analisi dei dati stratigrafici relativi ad un pozzo terebrato a scopo idrico (ISPRA codice 166316) all'interno del sito in esame (v. figura e tabella seguenti). Tali dati permettono di confermare la natura prevalentemente grossolana del sottosuolo in corrispondenza del sito d'interesse progettuale.

Fig. 14. Foto aerea (sotto) con ubicazione dei dati stratigrafici (in basso) consultati sul sito dell' "Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo". In rosso l'ambito in esame.



POZZO N. 166316

PROFONDITÀ (m da p.c.)	LITOLOGIA
0,00 ÷ 2,00	SUOLO
2,00 ÷ 22,00	GHIAIA
22,00 ÷ 26,00	ARGILLA
26,00 ÷ 32,00	GHIAIA E SABBIA
32,00 ÷ 37,00	ARGILLA
37,00 ÷ 68,50	GHIAIA E SABBIA

Dalla stratigrafia di cui sopra si evince come il corpo sedimentario granulare (ghiaia e sabbia in proporzioni reciproche variabili) risulti caratterizzato da una potenza complessiva pluridecimetrica e da una buona omogeneità composizionale, con intercalazioni coesive (argille – argille limose) di spessore metrico a partire da una profondità minima di 22 m, ad interromperne la continuità verticale.

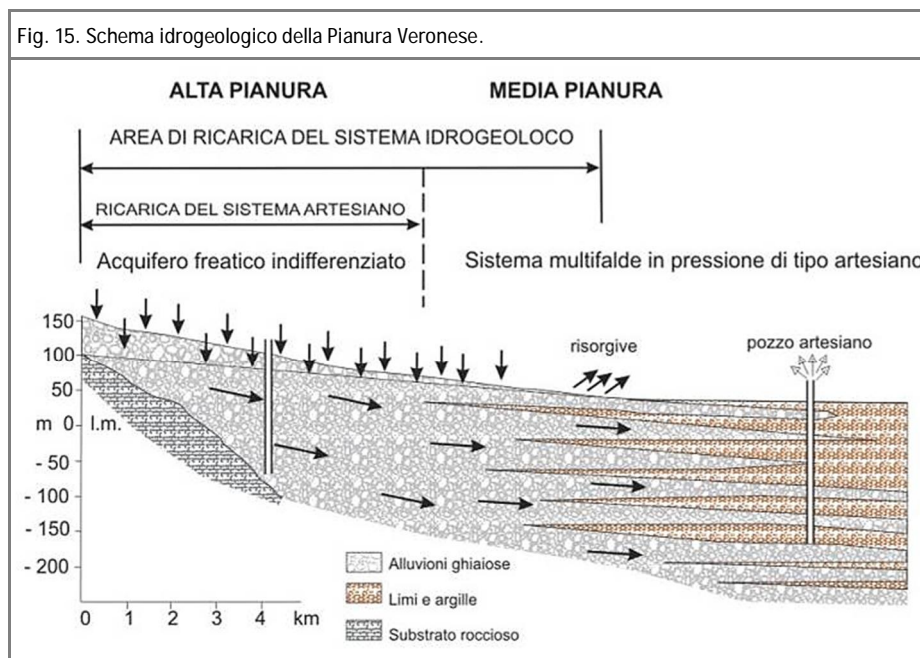
Partendo da quanto ricostruito su base bibliografica e cartografica, il presente studio ha visto l'esecuzione di una specifica campagna indagini funzionale a ricostruire l'assetto geologico di dettaglio (cfr. Cap. 10).

→ In corrispondenza del sito di studio non si riscontrano evidenze di carattere geologico e geomorfologico che indichino situazioni di particolare criticità, né sussistono fenomeni di dissesto in atto, quiescenti o in evoluzione. I processi morfogenetici che agiscono nel territorio sono attualmente conservativi e legati ad azioni antropiche. Pur rimandando le specifiche valutazioni alle successive fasi progettuali, sulla base delle previsioni d'intervento che interesseranno l'ambito del PUA, si ritiene possibile escludere modifiche tali da incidere sulla stabilità locale e globale dei luoghi.



7 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

La schematizzazione della porzione di territorio già trattata nel precedente paragrafo viene di seguito riproposta da un punto di vista idrogeologico (v. figura seguente):



- settore collinare - 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.
- alta pianura - L'Alta pianura, "area di ricarica" degli acquiferi, è sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso circa Nord Ovest – Sud Est.
fra l'Alta e la Medio - Bassa Pianura, vi è una fascia (detta "delle risorgive") ove il livello della superficie freatica interseca la superficie topografica con conseguente venuta a giorno della falda in una serie di scaturigini, fosse o risorgive di origine naturale
- medio - bassa pianura - Ambiente litologicamente caratterizzato da alternanze di orizzonti continui limo – argillosi e strati permeabili prevalentemente sabbiosi, e per questo caratterizzato dalla sovrapposizione di *acquiclude* e di falde idriche in pressione.

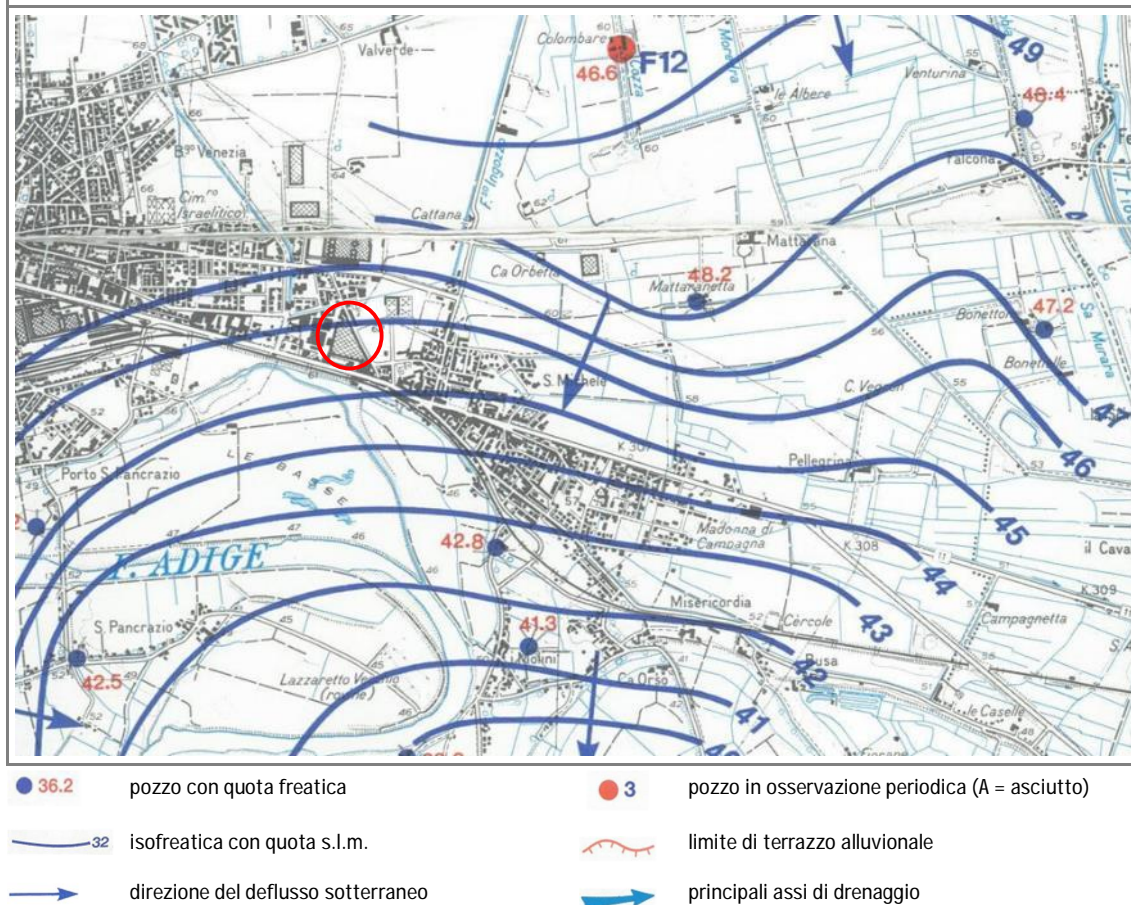
Il sito di studio ricade in corrispondenza dell'Alta Pianura, ove depositi ghiaioso-sabbiosi rappresentano un importante acquifero freatico che ospita una falda di elevata potenzialità, la cui tavola d'acqua si trova a profondità variabile dal piano campagna in ragione della topografia dei luoghi e del gradiente della falda stessa; in linea generale la profondità della falda diminuisce da Nord – occidentale verso la porzione Sud – orientale della città. In corrispondenza dell'area di studio s'individua un generale deflusso sotterraneo locale con direzione Nord Ovest - Sud Est.

In corrispondenza del sito di studio (quota altimetrica minima di riferimento pari a 61 m ca. s.l.m.) la "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Orientale" (v. Fig. 16 alla pagina seguente) colloca la superficie della falda freatica in periodo di morbida ad una quota compresa fra 45,5 e 46,5 m ca. s.l.m. (soggiacenza minima da piano campagna pari a 14,5 m ca.).



Come visibile dall'analisi dell'estratto di cui alla figura seguente emerge inoltre come il deflusso in corrispondenza della porzione di territorio in esame risente dell'influenza degli apporti provenienti dagli ambiti di fondovalle dei Lessini producendo una direzione di deflusso principale NNO – SSE.

Fig. 16. Estratto fuori scala dalla "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura veronese orientale" (Dal Prà e De Rossi, 1996) relativa alle letture freatiche del settembre 1993. In rosso l'ubicazione del sito di intervento.



Per un dettaglio alla scala sito-specifica si riporta in Fig. 18 alla pagina seguente un estratto dell'elaborazione freaticometrica prodotta nella già citata "Indagine ambientale preliminare" del 2016 (cfr. "Riquilificazione area ex Lanificio Tiberghien (VR)", dott.ssa Geol. L. Benedetti) da cui emerge, anche in questo caso, una soggiacenza minima della falda pari a 15 m ca. in corrispondenza del limite meridionale dell'area d'interesse progettuale. Sulla base dei dati piezometrici si può inoltre confermare anche la direzione di deflusso sotterraneo ad andamento NNO – SSE. Va altresì debitamente evidenziato il valore assolutamente indicativo di tali dati in ragione del fatto che la citata elaborazione si riferisce ad un unico dato misurato e non può quindi certamente dirsi rappresentativa dell'intero anno idrologico.

→ In ragione dell'assetto idrogeologico che vede garantito un franco decametrico rispetto alla superficie della falda freatica, si ritiene che lo sviluppo edilizio all'interno del comparto del PUA non interferirà direttamente con la falda stessa né andrà ad influire sulle attuali dinamiche di deflusso sotterraneo.

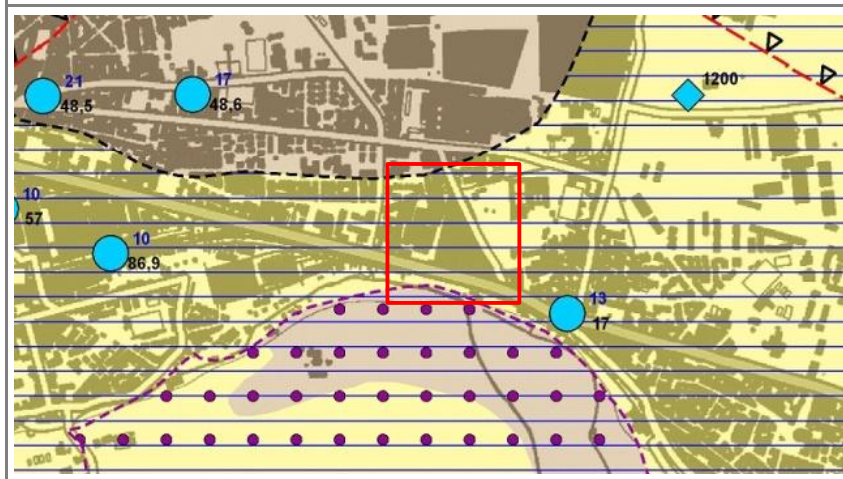
Per quanto riguarda le caratteristiche di permeabilità dei terreni che costituiscono il primo sottosuolo, dall'analisi della "Carta delle Particolarità Idrogeologiche" del P.T.P. (v. Fig. 18 alla pagina seguente), emerge come in corrispondenza dell'area d'intervento i sedimenti prevalentemente ghiaiosi presenti in giacitura naturale siano dotati di permeabilità per porosità generalmente alta.






Fig. 17. Estratto da "Allegato 5 – Planimetria di sintesi dei risultati: acque sotterranee" relativa alla modellazione idrogeologica proposta nell'ambito dell'"Indagine ambientale preliminare".



Fig. 18. Estratto dalla "Carta delle Particolarità Idrogeologiche" (Tav. "124 S0") del P.T.P. della Provincia di Verona, con indicato in rosso il sito di studio.



-  permeabilità generalmente alta per porosità
-  pozzo freatico e/o sondaggio [profondità falda e profondità pozzo / sondaggio (m)]
-  ambiti di pianura ad elevata vulnerabilità idrogeologica

Va peraltro debitamente evidenziato come, alla luce del modello litostratigrafico locale ricostruito (cfr. Cap. 11), sia tuttavia ragionevole attendersi in termini di permeabilità un certo grado di variabilità per l'accertata nonché diffusa presenza di materiale riportato e di spessore plurimetrico.



A breve distanza dal confine Nord di proprietà si segnala la presenza del canale Fiumicello (v. figura seguente), corso d'acqua interrato negli anni '50 ca., rispetto al quale non sono state registrate negli anni situazioni di particolare criticità. Oltre al canale Fiumicello, dal punto di vista idrografico, si evidenzia come il sito di futuro intervento si collochi alle distanze minime di 840 m ca. a Nord dal Fiume Adige, principale elemento idrografico, 100 m ca. a Sud e 257 m ca. ad Ovest dal Progno di Valpantena.

Fig. 19. Estratto da Google Earth con indicazione degli elementi idrografici principali (in blu e azzurro) presenti in corrispondenza del sito oggetto di intervento (in rosso).



Da un punto di vista amministrativo la porzione di territorio entro cui ricade il sito di studio rientra nell'ambito territoriale del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali e dell'Autorità di Bacino de Fiume Adige. Dall'analisi dell'ultima cartografia del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni approvata il 21 dicembre 2021, parte del lotto in esame ricade in ambito perimetrato: di tale porzione quasi interamente a pericolosità e rischio idraulico moderati (rispettivamente "P1" e "R1") una limitata parte nella porzione Ovest del lotto rientra in area a rischio idraulico medio ("R2"). In merito a ciò si riporta di seguito l'analisi delle "Norme tecniche di Attuazione" di cui all'All. V dell'Aggiornamento e Revisione del P.G.R.A:

TAV.	NORMA / ANALISI
AG10	<p><u>Aree classificate a pericolosità idraulica moderata (P1) – art. 14:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Nelle aree classificate a pericolosità moderata P1 possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3A (demolizione senza possibilità di ricostruzione), P3B (manutenzione ordinaria e straordinaria di edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, impianti produttivi artigianali o industriali, impianti di depurazione delle acque reflue urbane), P2 secondo le disposizioni di cui agli articoli 12 e 13, nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia di edifici;2. L'attuazione degli interventi e delle trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia previsti dai piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano e diversi da quelli di cui agli articoli 12 e 13 e dagli interventi di ristrutturazione edilizia, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2) solo nel caso in cui sia accertato il superamento del rischio specifico medio R2;3. Le previsioni contenute nei piani urbanistici attuativi che risultano approvati alla data di adozione del Piano si conformano alla disciplina di cui al comma 2.4. Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica e edilizia che comportano la realizzazione di nuovi edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, infrastrutture, devono in ogni caso essere collocati a una quota di sicurezza idraulica pari ad almeno 0,5 m sopra il piano campagna. Tale quota non si computa ai fini del calcolo delle altezze e dei volumi previsti negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano.



Fig. 20. Estratto della "Carta delle Pericolosità idraulica" (TAV. AG10) del P.G.R.A. (approvato il 21 dicembre 2021), con indicato *in blu* il sito di studio.

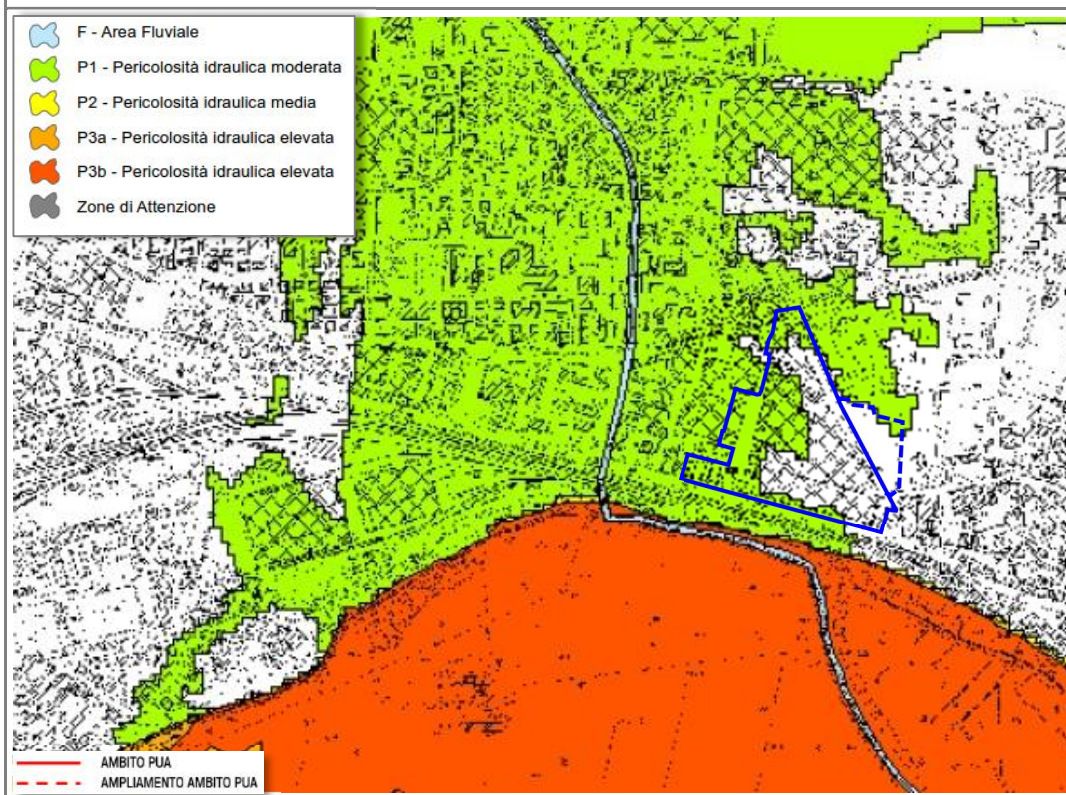
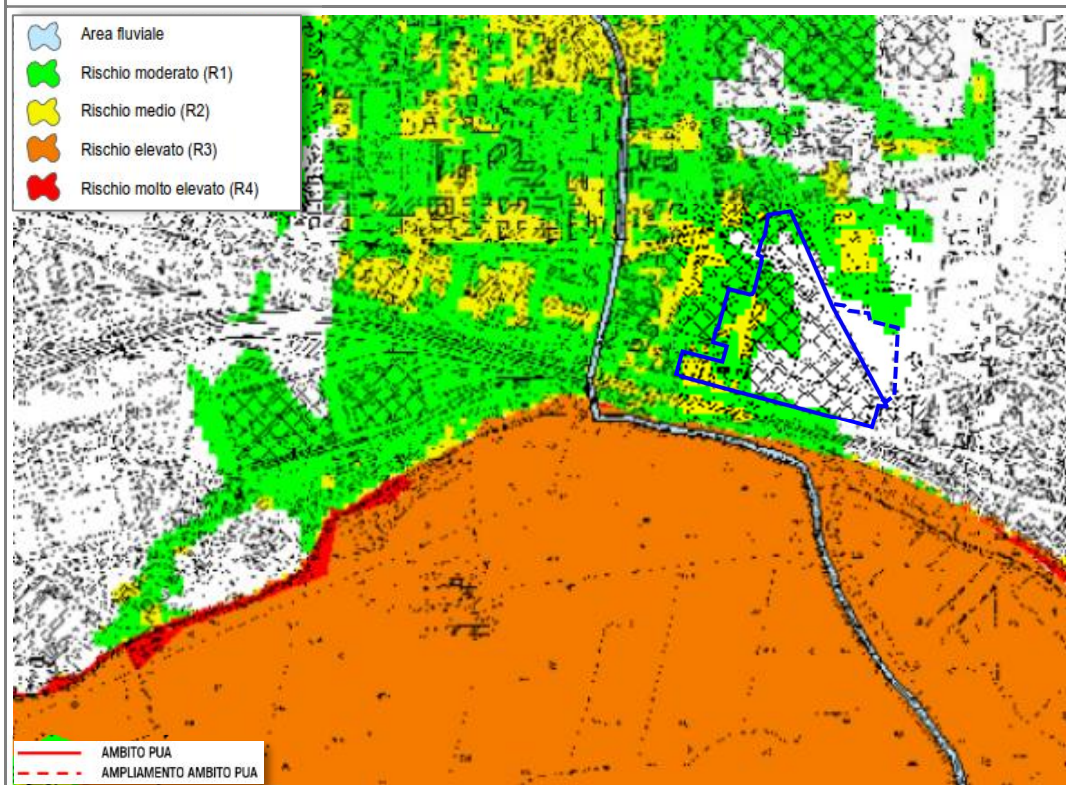


Fig. 21. Estratto della "Carta del Rischio Idraulico" (TAV. AG10) del P.G.R.A. (approvato il 21 dicembre 2021), con indicato *in blu* il sito di studio.



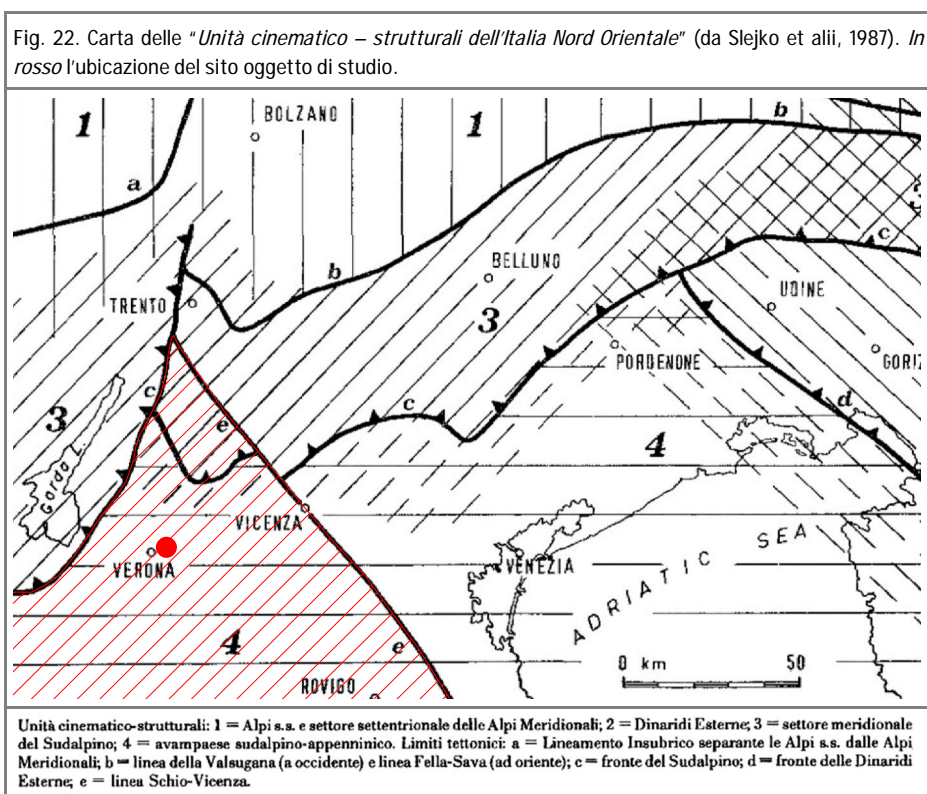


- Il sito d'intervento non si inserisce entro vallecicole o zone di concentrazione privilegiata delle acque meteoriche. Tuttavia, pur in assenza di riscontri diretti, si ritiene che in corrispondenza del sito di studio il deflusso superficiale delle acque di corrivazione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa senza la formazione di specifiche direzioni di scorrimento, ristagni idrici o difficoltà di drenaggio. Premesso ciò, non è ragionevolmente possibile escludere che gli interventi antropici che hanno interessato l'area in passato in termini di parziali e localizzate modifiche morfologiche funzionali all'edificazione della stessa abbiano al contempo influenzato le condizioni di permeabilità del primo sottosuolo mediante apporto di sedimenti eterogenei dall'esterno o rimaneggiamento di quelli presenti.
- Detto quanto sopra, in ragione della fase progettuale in esame è stata condotta una specifica "Valutazione di Compatibilità Idraulica" al fine di valutare in via preliminare l'incidenza dell'intervento in progetto sulle condizioni attuali nell'ottica di garantire l'invarianza idraulica.

8 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. 22):

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

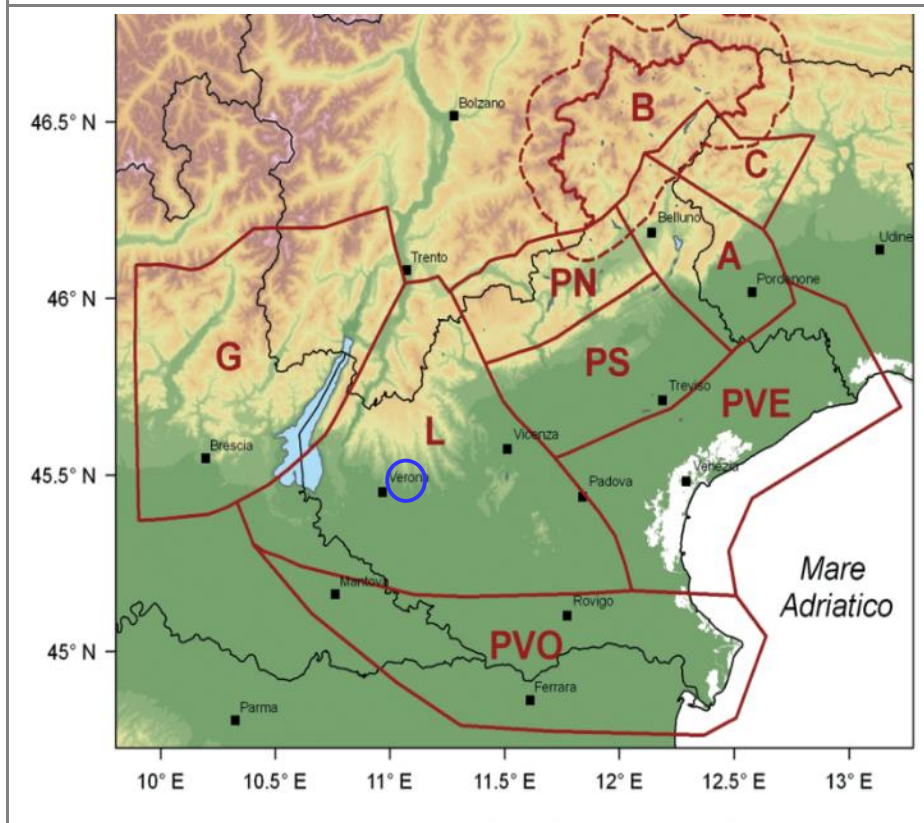


Il sito in esame ricade nell'*Avampaese sudalpino - appenninico*, più precisamente nel *settore lessineo meridionale*, una sorta di apofisi padana interposta nel Sudalpino e sovrascorsa ad occidente dai sistemi di embricazione dell'area Garda – Trento. L'area è delimitata ad Est dalla linea Schio – Vicenza che funge da svincolo trascorrente rispetto alle unità alloctone orientali; in corrispondenza di tale unità si raggiungono profondità ipocentrali superiori ai 20 km.

Con riferimento alla più recente suddivisione del Veneto in Distretti Sismici (v. Fig. 24 alla pagina seguente), il sito d'intervento ricade all'interno dell'unità denominata "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. La transizione al dominio pedo- 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 alla pagina precedente, un settore poco deformato, caratterizzato da immersione verso Sud.

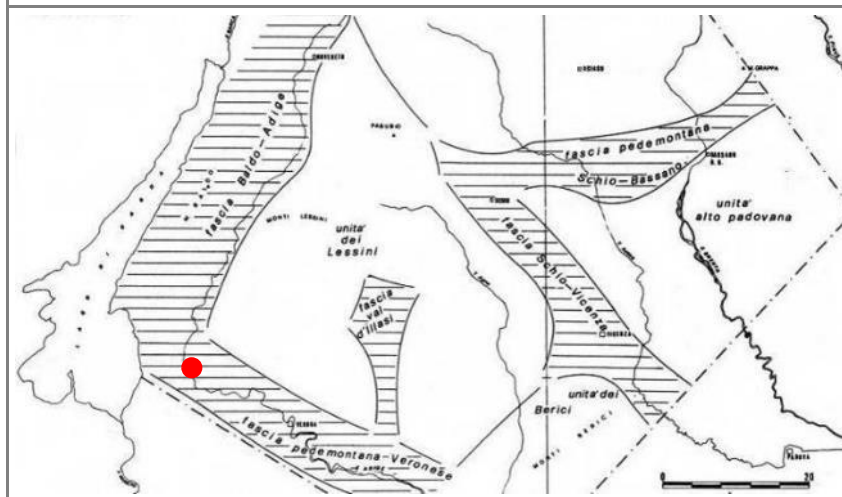


Fig. 23. Estratto cartografico da "Distretti sismici del Veneto" (Sugan M. & Peruzza L., 2011) con indicata in blu l'ubicazione approssimativa del sito di studio.



Con riferimento alla figura seguente è inoltre possibile distinguere le principali unità strutturali e le fasce sismotettoniche della regione. Le unità strutturali sono caratterizzate da una propria omogeneità geologico – strutturale e presentano un'attività neotettonica prevalentemente di tipo areale con sismicità ridotta. Solo lungo le fasce sismotettoniche, che coincidono e comprendono i limiti fra le unità strutturali di cui sopra, l'attività è di tipo lineare con una certa frequenza di attività sismica. L'area in esame ricade nella *fascia pedemontana veronese*, al margine fra l'unità dei Lessini (a Nord) e l'area della pianura mantovano - veronese (a Sud).

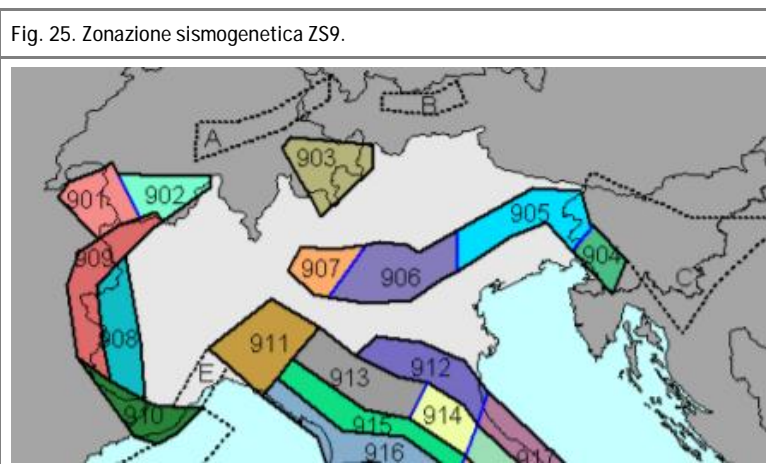
Fig. 24. Estratto dal "Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa" (Panizza et alii., 1981). In rosso l'ubicazione del sito oggetto di studio.



9 SISMICITÀ DELL'AREA E PERICOLOSITÀ SISMICA

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 nella figura 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. figura seguente) a tale zona sismogenetica è associata una magnitudo massima M_{wmax} pari a 6,6.

Fig. 26. Tabella 2.8-1 "Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004).

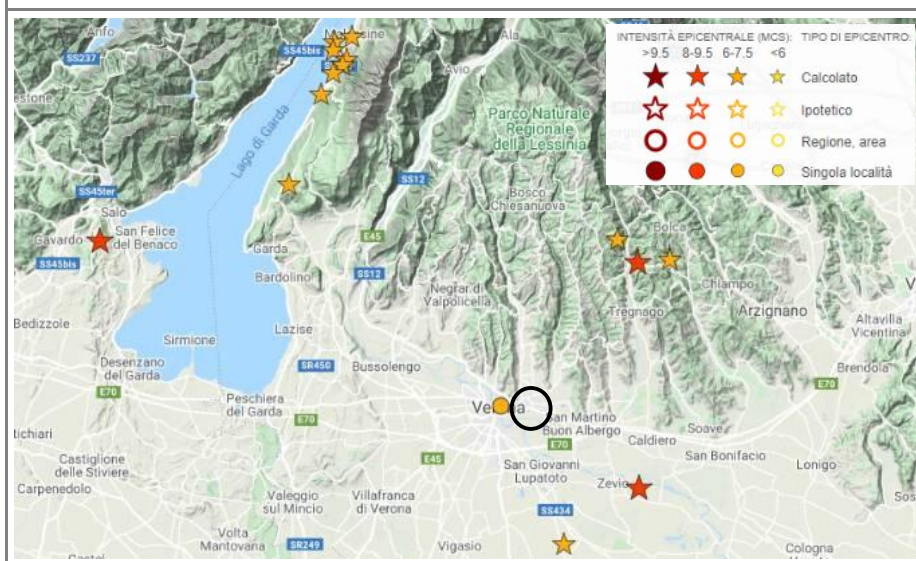
Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, 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 ai seguenti *database* tematici:

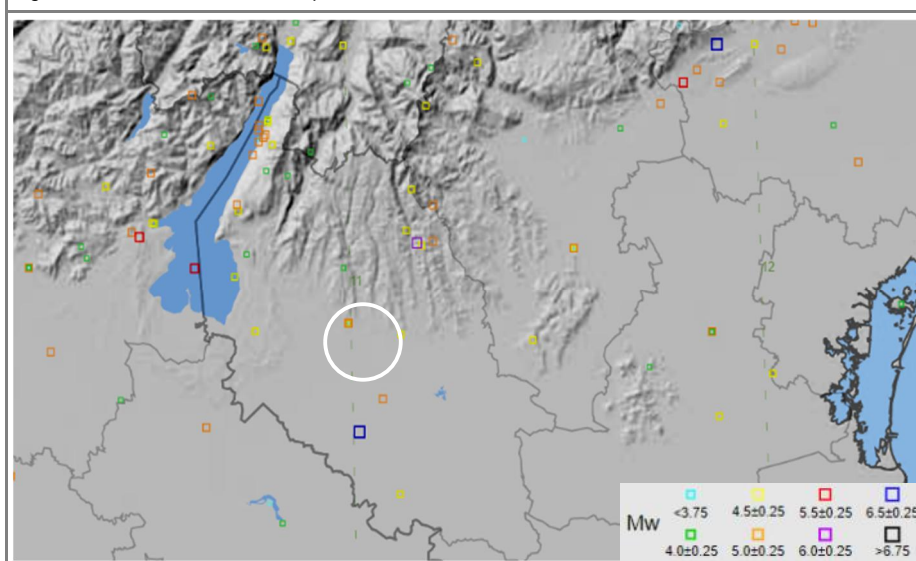
1. "*CFTI5 Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500).*" redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e consultabile all'indirizzo <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>: in corrispondenza della porzione di territorio in esame (v. figura seguente) si riportano sismi storici con magnitudo equivalente fino a circa 6,8 (evento del Veronese, anno 1117), 5,9 (evento della Val d'Ilasi, anno 1891) e 5,7 (evento di Salò, anno 1901);

Fig. 27. 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 nero l'ubicazione dell'area di studio.



2. "*CPTI15 Catalogo parametrico dei Terremoti Italiani 2015*" dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo $\geq 4,0$ d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020 (v. figura seguente);

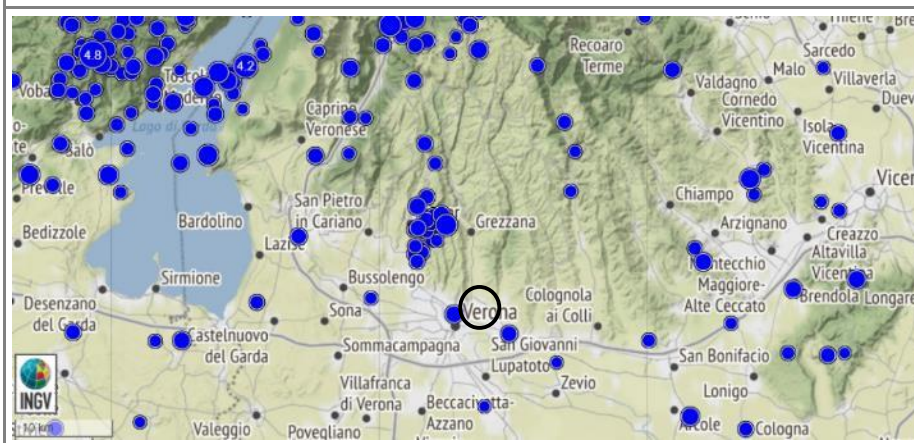
Fig. 28. Ubicazione dei sismi nella porzione di territorio entro cui s'inserisce il sito di studio (in bianco).





- portale dati del "Centro Nazionale Terremoti", sismi registrati dal 1985 ad oggi (da <http://cnt.rm.ingv.it>): in corrispondenza della regione esaminata sono stati registrati sismi di magnitudo massima fino a 4,8 nella zona del medio Garda e di magnitudo pari a 3,8 concentrati principalmente nei territori comunali di Negrar e Grezzana (v. figura seguente).

Fig. 29. Ubicazione dei sismi con magnitudo superiore a 2 registrati dal 1985 ad oggi nella porzione di territorio esaminata (fonte: *Centro Nazionale Terremoti – I.N.G.V.*). In rosso il sito di studio.



Detto quanto sopra, in termini di neotettonica si fa innanzitutto riferimento al "*Catalogo delle faglie capaci - ITHACA*" redatto dall'ISPRA, nella porzione di territorio in esame si riconoscono in particolare alcune strutture tettoniche dette "faglie capaci", discontinuità che, secondo quanto riportato in bibliografia, hanno sicuramente causato deformazione in superficie o in prossimità di essa nell'intervallo Pleistocene superiore – Presente e che, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, potrebbero determinare una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa, lungo un piano di rottura (*fault displacement/offset*) o distribuita (*warping*). In particolare, si segnalano (v. Fig. 31 alla pagina seguente):

- "*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 250 m ca. a Sud rispetto al sito d'intervento; risulta caratterizzato da attività anche in epoca storica (< 3.000 anni); - *continua* -
- *segue* - "*Sant'Ambrogio di Valpolicella*": faglia trascorrente destra di lunghezza pari a 39,4 km ca. con andamento NO – SE, anch'essa collocata indicativamente in corrispondenza della *fascia pedemontana veronese*. Posta ad una distanza minima di 2,0 km ca. in direzione Sud Ovest, risulta caratterizzata da ultima attività nel Pleistocene;
- "*North Verona*": faglia normale di lunghezza abbastanza contenuta (1,9 km ca.) posta ad una distanza di circa 3,6 km ca. a Nord Ovest del sito oggetto di studio per la quale sono indicati segni di ultima attività nell'Olocene.

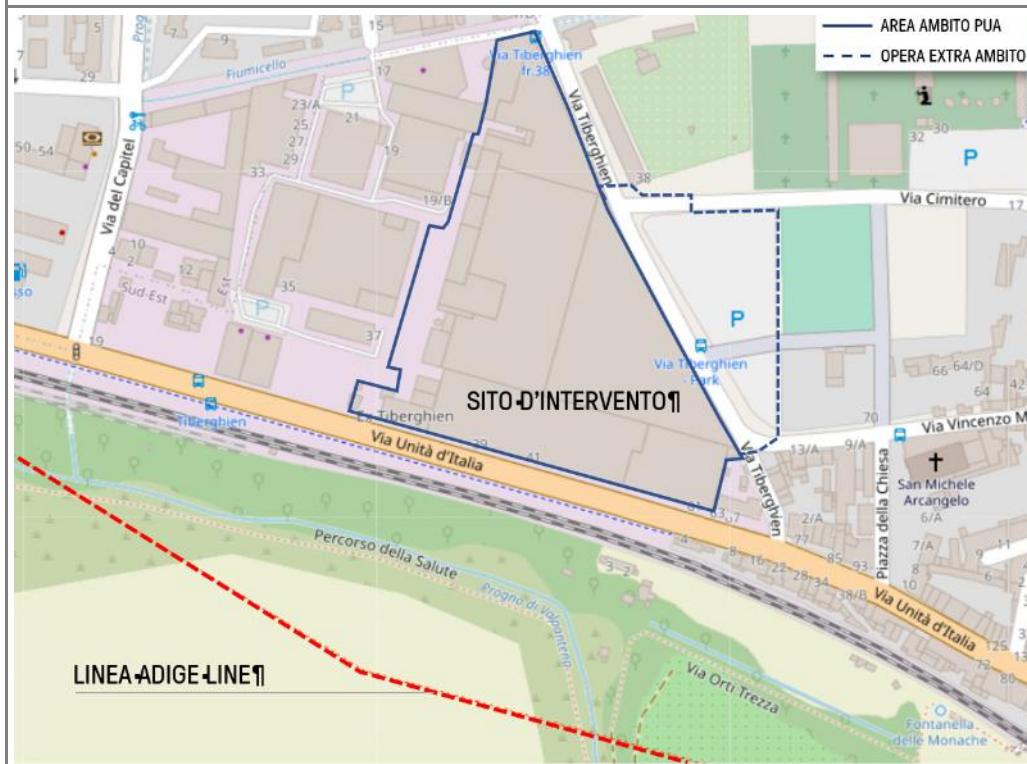
Nonostante le faglie capaci possano essere anche strutture sismogenetiche, il catalogo ITHACA non può essere utilizzato per una caratterizzazione della sorgente sismogenetica in termini di scuotimento, come indicato dagli stessi redattori del catalogo. Per completezza si fa quindi riferimento "*Database of Individual Seismogenic Sources*" (DISS, v. 3.3.0) che riporta l'ubicazione delle sorgenti sismogenetiche così come definite sulla base di studi e dati a carattere geologico e sismico (v. Fig. 33 a pagina 31).



Fig. 30. Mappa delle "faglie capaci" presenti nella porzione di territorio considerata (estratto dal "Catalogo delle faglie capaci - ITHACA" redatto dall'ISPRA).

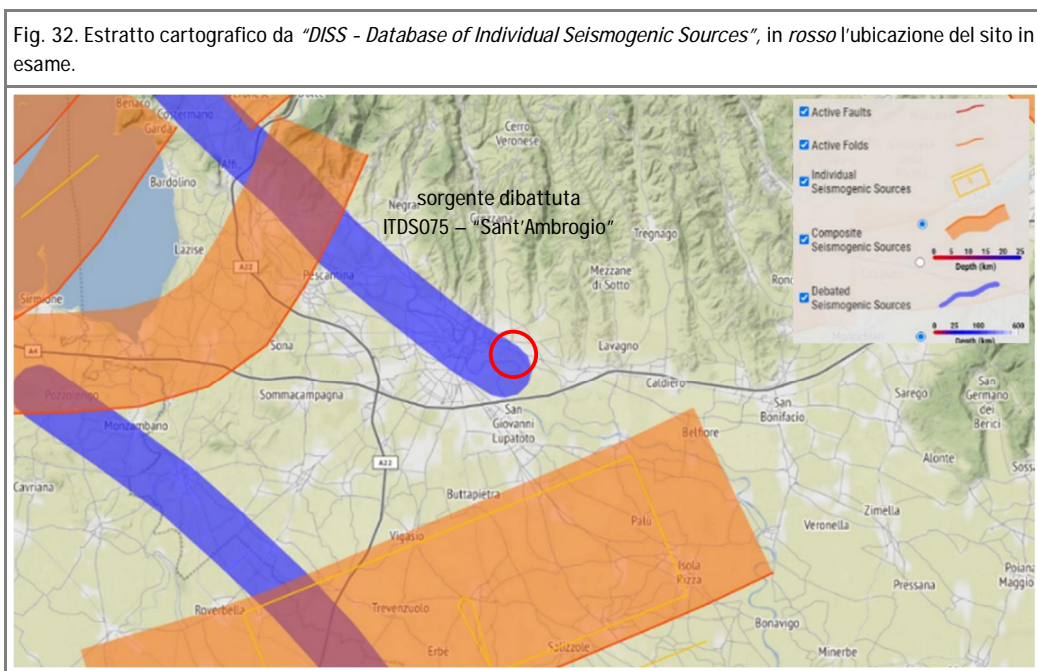


Fig. 31. Dettaglio dell'ubicazione della faglia capace "Adige Line" rispetto al sito di studio (in blu).





Come visibile nella figura seguente, il sito di studio risulta ricadere nell'ambito della fascia di territorio individuata come relativa alla sorgente dibattuta ITDS075 – “Sant’Ambrogio”, inizialmente proposta da Scardia et al. (2015) su dati geofisici ed evidenze geologiche di superficie. Si precisa come una sorgente dibattuta sia una faglia capace proposta in letteratura come potenziale sorgente sismogenetica le cui caratteristiche e parametri a disposizione non la rendono riconducibile alle categorie di sorgente sismogenetica individualo o composita.



Detto quanto sopra, si ricorda come in generale, 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 acustica;
- 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).

→ Nella porzione di territorio in esame si osserva la presenza della faglia capace “Adige Line” che potrebbe comportare criticità tettonico e/o strutturali alla scala sito specifica. Per questo motivo, data la fase preliminare del presente studio di fattibilità si ribadisce la necessità di eseguire, a supporto delle future fasi progettuali, una mirata campagna indagini sismica d'approfondimento finalizzata all'individuazione dei parametri sismici locali nonché ad evidenziare potenziali elementi d'amplificazione e loro eventuali interferenze con quanto previsto da progetto.



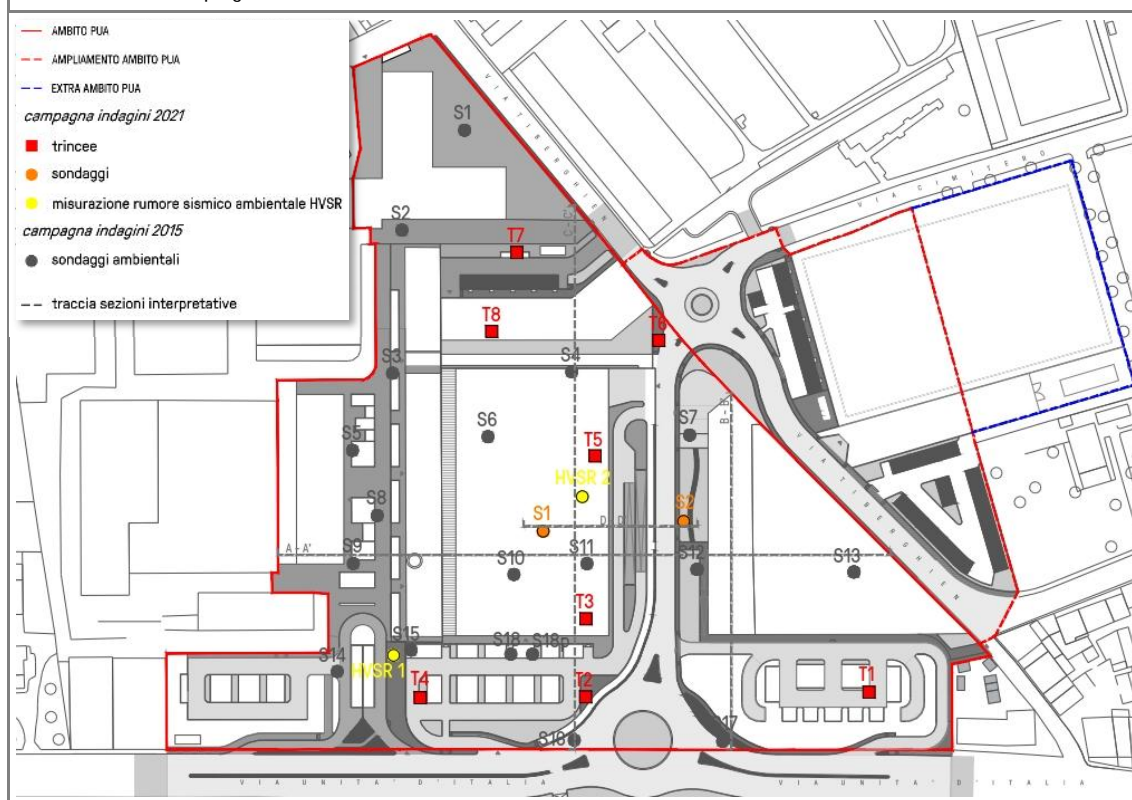
10 CAMPAGNA INDAGINI

Come già anticipato in premessa, per ricostruire il modello geologico locale il presente studio si è basato su di un'accurata raccolta di informazioni bibliografiche e d'archivio, sulle risultanze di una precedente fase geognostica (cfr. " *Riqualificazione area ex Lanificio Tiberghien (VR)*", dott.ssa Geol. L. Benedetti - marzo 2016) e soprattutto su quanto emerso a seguito di una mirata campagna indagini condotta *in situ* attraverso l'esecuzione di:

- n. 08 trincee esplorative;
- n. 02 sondaggi geognostici;
- n. 02 prove di permeabilità in foro di sondaggio;
- n.02 indagini sismiche passive a stazione singola HVSR.

Per meglio comprendere la tipologia, la distribuzione e la numerosità delle indagini svolte in corrispondenza del sito d'interesse progettuale a seguito delle campagne geognostiche condotte rispettivamente nel 2015 e nel 2021 si riportano a seguire una planimetria d'insieme (v. All. 2) con ubicazione indagini quindi una serie di tabelle sinottiche.

Fig. 33. Ubicazione delle indagini realizzate in corrispondenza dell'ambito del PUA nel corso del presente studio e di quello a carattere ambientale pregresso.





ANNO 2015

SONDAGGI	19
TRINCE ESPLORATIVE	-
PROVE PERMEABILITÀ	-
INDAGINI SISMICHE	-

ANNO 2021

SONDAGGI	2
TRINCE ESPLORATIVE	8
PROVE PERMEABILITÀ	2
INDAGINI SISMICHE	2

INDAGINE	ID. INDAGINE	PROF. (m da p.c.)
SONDAGGIO	S1	25,00
	S2	10,00
	S3	5,00
	S4	5,00
	S5	10,00
	S6	5,00
	S7	5,00
	S8	10,00
	S9	5,00
	S10	5,00
	S11	5,00
	S12	5,00
	S13	5,00
	S14	22,70
	S15	5,00
	S16	5,00
	S17	21,00
	S18	5,00
S18P	7,00	

INDAGINE	ID. INDAGINE	PROF. (m da p.c.)
SONDAGGIO	S1	20,00
	S2	20,00
TRINCEA	T1	1,50
	T2	3,30
	T3	3,00
	T4	2,30
	T5	2,30
	T6	3,00
	T7	3,70
	T8	2,10
PROVA PERMEABILITA'	PP1	-
	PP2	-
SISMICA	H/V1	-
	H/V2	-

Nel seguito ci si soffermerà in particolare a descrivere i risultati della campagna indagini condotta nel 2021, rimandando alla già citata *"Indagine Ambientale Preliminare"* (redatta nell'anno 2016 e già agli atti degli Enti) per quanto riguarda nello specifico i risultati delle indagini condotte in tale fase di studio.

10.1 trincee esplorative

La campagna indagini condotta nella presente fase di studio ha visto l'esecuzione di n. 08 scavi geognostico esplorativi ("T1" ÷ "T8") realizzati con escavatore meccanico. Spinti sino alla profondità massima di 3,7 m da attuale piano campagna tali scavi 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'All. 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
P	Pavimentazione e soletta.
R1	RIPORTO di color marrone, costituito da sabbia e ciottoli in rapporti reciproci variabili nonché da elementi di natura antropica come resti di laterizi. Gli elementi lapidei, per lo più di dimensioni inferiori ai 5 cm eccetto qualche sparso trovante ($\phi \leq 15$ cm), appaiono caratterizzati da medio grado di sfericità e bassa e medio-bassa angolosità.
RA	RIPORTO di cenere nera riconducibile ad asfalto con resti di laterizi.
R2	RIPORTO limo argilloso ciottoloso di color marrone con sparsi resti di laterizi. Eterogranulari ($3 \text{ cm} \leq \phi \leq 15 \text{ cm}$), i ciottoli mostrano medio grado di sfericità e medio-alta angolosità.
R3	GHIAIA CON LIMO ciottolosa di color marrone scuro. Gli elementi lapidei, di dimensioni comprese fra 3 e 15 cm con qualche raro trovante ($\phi \leq 20$ cm), appaiono caratterizzati da elevato grado di sfericità e bassa angolosità. Orizzonte non in giacitura naturale.
G	GHIAIA ciottolosa in matrice sabbiosa in giacitura naturale, ben classata, presenta ciottoli poligenici e di dimensioni anche superiori ai 10 cm ben arrotondati e con medio – bassa angolosità.

UN.	T1 PROF. (m da p.c.)	T2 PROF. (m da p.c.)	T3 PROF. (m da p.c.)	T4 PROF. (m da p.c.)	T5 PROF. (m da p.c.)	T6 PROF. (m da p.c.)	T7 PROF. (m da p.c.)	T8 PROF. (m da p.c.)
P	0,00 ÷ 0,30	0,00 ÷ 0,15	0,00 ÷ 0,30	0,00 ÷ 0,15	0,00 ÷ 0,20	0,00 ÷ 0,30	0,00 ÷ 0,30	0,00 ÷ 0,15
R1	-	0,15 ÷ 1,55	0,30 ÷ 0,60	0,15 ÷ 0,50	0,20 ÷ 0,60	0,30 ÷ 0,70	0,30 ÷ 0,70	0,15 ÷ 0,30
RA	-	-	-	-	-	-	0,70 ÷ 0,90	-
R2	-	1,55 ÷ 2,30	0,60 ÷ 1,50	0,50 ÷ 1,10	0,60 ÷ 1,00	0,70 ÷ 1,50	0,90 ÷ 1,50	0,30 ÷ 0,60
R3	-	2,30 ÷ 2,75	1,50 ÷ 2,60	1,10 ÷ 1,70	1,00 ÷ 1,40	1,50 ÷ 2,00	1,50 ÷ 2,20	0,60 ÷ 1,20
G	0,30 ÷ 1,50 *	2,75 ÷ 3,30 *	2,60 ÷ 3,00 *	1,70 ÷ 2,30 *	1,40 ÷ 2,30 *	2,00 ÷ 3,00 *	2,20 ÷ 3,70 *	1,20 ÷ 2,10 *

* massima profondità raggiunta in fase d'indagine

10.2 sondaggi geognostici

Nel corso della campagna indagini condotta nell'ambito del presente studio sono stati eseguiti n. 02 sondaggi a carotaggio continuo ("S1" e "S2") spinti entrambi alla profondità di 20 metri da p.c. (v. ubicazione e postazione nelle Fig.e 35 e 36 alla pagina seguente.)

La perforazione è stata eseguita mediante sonda gommata dotata di torre di spinta alta 6 m, su cui una testa di rotazione a velocità regolabile imprime un movimento rotatorio ad una batteria di aste della lunghezza di 1,5 m o 3 m ciascuna. Si è fatto uso nel caso specifico di carotiere semplice da $\phi = 127$ mm fino a 4,5 m di profondità da p.c. quindi, a seguire, da $\phi = 101$ mm. Il sostegno delle pareti dei fori di sondaggio è stato ottenuto lasciando in sito durante la perforazione tubazioni metalliche di rivestimento iniziale da $\phi = 152$ mm e da $\phi = 127$ mm a seguire, per tutta la durata del sondaggio.

Le campionature continue rimaneggiate sono state adeguatamente sistemate in apposite cassette catalogatrici e fotografate a fine sondaggio, procedendo a prove speditive sulle stesse mediante penetrometro tascabile. Si fa infine presente come in fase di perforazione sia stata usata acqua a partire dalla profondità di 15,5 m da p.c. nel sondaggio S1 e di 15 m da p.c. nel sondaggio S2.



Si specifica infine come le prove speditive con penetrometro tascabile condotte sulle carote, ove il materiale sia risultato a composizione prevalentemente fine, abbiano dato riscontri con valori sempre a fondo scala, mentre per quanto riguarda le prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (SPT) si rimanda al Par. seguente.

Fig. 34. Immagine panoramica con ubicazione (*in arancione*) dei sondaggi a carotaggio continuo realizzati in corrispondenza dell'area d'intervento.



Fig. 35. Postazione sondaggio S1 (a sx) ed S2 (a dx).





Pur rimandando all'Al. 4 per un maggior grado di dettaglio, nella tabella di seguito riportata si descrive l'assetto stratigrafico emerso dall'esecuzione dei sondaggi.

PROF. (m da p.c.)		SPESSORE (m)		DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ GEOLOGICHE
S1	S2	S1	S2		
0,00 ÷ 0,60	0,00 ÷ 0,50	0,60	0,50	RIPORTO di color marrone, costituito da sabbia e ciottoli in rapporti reciproci variabili nonché da elementi di natura antropica come resti di laterizi in abbondante numero. Gli elementi lapidei, poligenici ed eterogranulari ($\phi \leq 5$ cm), appaiono caratterizzati da medio grado di sfericità e bassa e medio-bassa angolosità.	R1
0,60 ÷ 1,50	0,50 ÷ 1,00	0,90	0,50	RIPORTO costituito da LIMO argilloso debolmente ghiaioso di color marrone/nocciola, molto compatto, con rari resti di laterizi. Nel presente orizzonte stratigrafico è possibile individuare una porzione superficiale prevalentemente grossolana ed una inferiore ove la frazione ghiaiosa diminuisce a favore della componente limosa. Gli elementi lapidei, poligenici ed eterogranulari ($3 \text{ cm} \leq \phi \leq 9 \text{ cm}$), mostrano medio grado di sfericità e medio-alta angolosità.	R2
1,50 ÷ 1,90	1,00 ÷ 2,00	0,40	1,00	GHIAIA LIMOSA di color marrone tendente al grigio. Gli elementi lapidei, poligenici e di dimensioni comprese fra 3 e 5 cm, appaiono caratterizzati da medio alto grado di sfericità e media angolosità. Orizzonte non in giacitura naturale.	R3
1,90 ÷ 20,00	2,00 ÷ 20,00	18,10*	18,00*	GHIAIA ciottolosa in matrice sabbiosa in giacitura naturale, ben classata, presenta ciottoli poligenici e di dimensioni anche superiori ai 10 cm ben arrotondati e con medio – bassa angolosità. Limo presente solo a profondità superiori a 19,50 m.	G

* massimo spessore rilevate in fase d'indagine

10.2.1 prove penetrometriche dinamiche SPT in foro di sondaggio

La prova SPT (*Standard Penetration Test*) consiste nell'infiggere a percussione nel terreno, mediante un apposito maglio e per un dato avanzamento, uno speciale campionatore o una punta conica (a seconda della granulometria del materiale testato), valutando così la resistenza meccanica del terreno alla penetrazione e subordinatamente anche di prelevarne piccoli campioni. Per la descrizione dell'attrezzatura e della prova si rimanda alle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (Raccomandazioni per le Indagini Geotecniche, 1977) e dell'Associazione Geotecnica Internazionale (ISSMFE).

Nel corso della prova vengono annotati i seguenti valori:

- N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento della punta conica o del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione della punta conica nei successivi 15 cm;
- N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Come resistenza alla penetrazione si assume il valore: $N_{SPT} = N_2 + N_3$



In entrambi i sondaggi "S1" ed "S2" sono state eseguite n. 2 prove S.P.T. in foro:

S1	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. (N ₁ / N ₂ / N ₃)	PUNTA
	1	1,50	R3	no	26/15/18	chiusa
	2	3,00	G	no	50/rif. (*)	chiusa

S2	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. (N ₁ / N ₂ / N ₃)	PUNTA
	1	1,00	R2	no	22/17/13	chiusa
	2	4,50	G	no	50/rif. (*)	chiusa

*: le norme codificate A.G.I. fissano un limite massimo di 50 colpi per i primi 15 cm e di 100 colpi per gli altri 30; superati detti limiti la prova va a rifiuto (rif.).

Fig. 36. Esecuzione di una delle prove SPT nel sondaggio "S1".



Con riferimento a quanto emerso in fase d'indagine si specifica come i risultati ottenuti indichino un buon grado di addensamento dei materiali testati per quanto riguarda le unità "R2" ed "R3", nonché un elevato addensamento per quanto riguarda invece i depositi in giacitura naturale riconducibili all'unità "G".

10.2.2 prove di permeabilità in foro di sondaggio

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 m³) che attraversa con moto laminare nell'unità di tempo (1 s) un'unità di sezione (1 m²) 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 dalla seguente tabella, 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 . 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.

Le prove di permeabilità in foro di sondaggio del tipo "Lefranc" vengono generalmente realizzate in terreni al di sotto del livello di falda e, se al di sopra, preventivamente saturati. Si possono eseguire *a carico costante*, in cui si misura la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro, o *a carico variabile*, secondo le seguenti due modalità:

- abbassando il livello d'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita (*prove di risalita*);
- oppure, riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (*prove di abbassamento*), come nel caso in esame.

Attraverso formule specifiche per ciascuna tipologia di prova, si risale al valore di permeabilità valutato in funzione di un coefficiente di forma che dipende dalla geometria della sezione filtrante e dalle condizioni stratigrafiche.

Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti della perforazione siano rivestite con una tubazione per tutto il tratto non direttamente interessato dalla prova stessa. Nella zona da testare si realizza un tratto di foro scoperto (od eventualmente riempito di materiale drenante per il sostegno delle pareti) di forma cilindrica, avente rapporto L/D (lunghezza/diametro) tanto maggiore quanto più ci si vuole avvicinare alla misura della permeabilità orizzontale (k_h). Si considera determinato il coefficiente k_h quando si realizza la condizione: $L/D \geq 1,2$ (Hvorslev, 1951). Quando il rapporto L/D è compreso fra 0 e 1,2 il coefficiente misurato (k_{av}) è intermedio fra k_h e k_v .

$$k_{av} = \sqrt{k_h \cdot k_v}$$

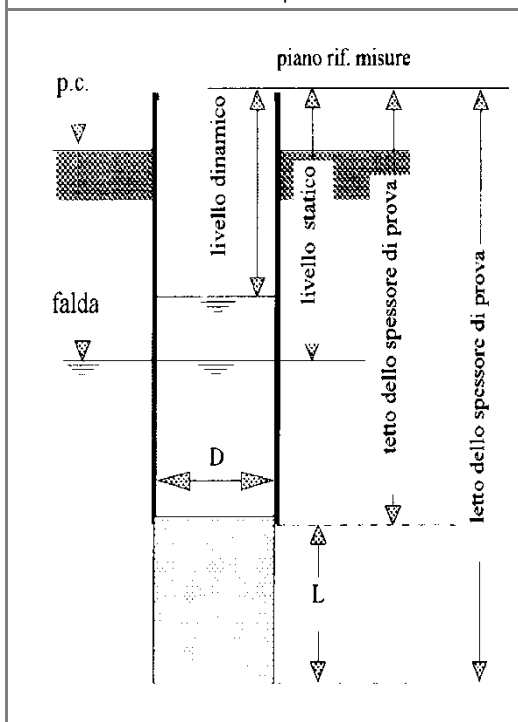
Come già in precedenza anticipato, durante la campagna indagini condotta in corrispondenza del lotto di futuro intervento e con la specifica finalità di verificare le caratteristiche di permeabilità dei terreni costituenti il primissimo sottosuolo, sono state realizzate:

- n. 1 prova di permeabilità del tipo "Lefranc" nel foro di sondaggio S1 ("PP1");
- n. 1 prova di permeabilità del tipo "Lefranc" nel foro di sondaggio S2 ("PP2");

Raggiunta l'unità ghiaiosa in giacitura naturale "G" alla profondità rispettivamente di 4,0 m da p.c. in S1 e 3,50 m da p.c. in S2, in entrambi i casi alla luce delle caratteristiche dei materiali direttamente interessati dalle verifiche di permeabilità, è stata realizzata una "tasca" di profondità pari a 0,2 m, quindi saturato preventivamente il terreno ed infine riempito d'acqua il foro prima di procedere con la prova misurando l'abbassamento a intervalli di tempo prestabiliti.



Fig. 37. Rappresentazione schematica della geometria del tratto di foro interessato dalla prova.



Per la misura del coefficiente di permeabilità verticale (k_v) si richiede invece che il rivestimento venga inserito nel terreno naturale per una profondità (L) non inferiore al diametro (D) del rivestimento stesso, mantenendo il riempimento di terreno all'interno del tubo ed utilizzando quindi come sezione filtrante solo la base del foro.

La preparazione del tratto di foro dove eseguire la misura è la fase più difficile di questo genere di prove, in quanto il livello di disturbo del terreno nell'area di filtrazione è il fattore che maggiormente influenza la valutazione del coefficiente di permeabilità. Per questo in ogni caso le determinazioni presentano incertezze ed i valori ricavati devono essere accettati cautelativamente considerando un certo margine di approssimazione.

Fig. 38. Particolare della fase di esecuzione della prova "PP1" di permeabilità in foro di sondaggio con prova di abbassamento.



Pur rimandando all'All. 5 per un maggior approfondimento nel merito delle prove condotte, si evidenzia come i dati misurati in fase di prova abbiano permesso di calcolare un valore del *coefficiente di permeabilità* k nell'ordine di $1,0 \div 5,0 \times 10^{-4}$ m/s corrispondente ad un medio grado di permeabilità e ad una buona proprietà di drenaggio (v. Fig. 39 alla pagina seguente).



Fig. 39. 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 sabbie 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							

10.3 indagine sismica

La campagna indagini condotta ha visto l'esecuzione di due registrazioni di sismica passiva a stazione singola di tipo HVSR ("HVSR 1", "HVSR 2") con acquisizione mediante tromometro digitale modello "Tromino" (v. All. 6). Tale metodologia di indagine consente di ricostruire l'assetto sismostratigrafico del sito di studio, individuare un valore di frequenza di risonanza di sito significativo ai fini ingegneristici, nonché la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ e definire la Categoria di Sottosuolo di fondazione.

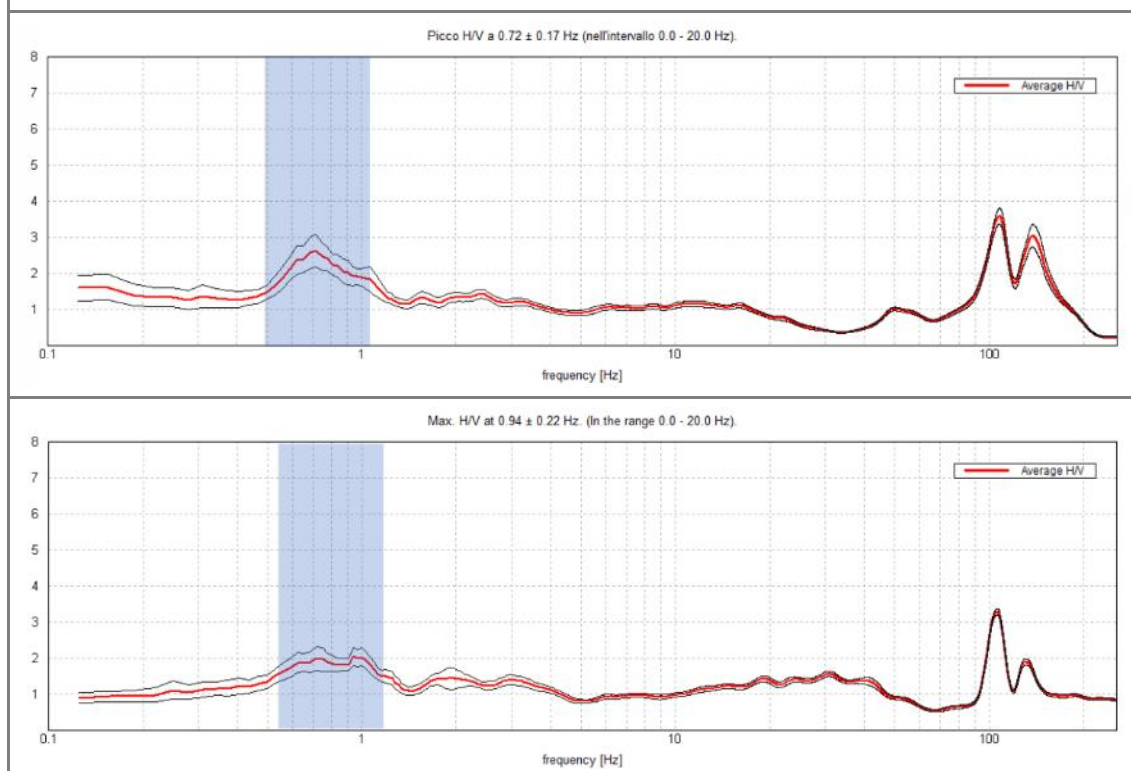
Nel caso specifico, ai fini della presente relazione di fattibilità del sito in esame, con l'esecuzione di queste due indagini sismiche si è cercato di correlare i valori di picco dello spettro di risposta HVSR con le frequenze fondamentali di risonanza di sito, rimandando alle successive fasi progettuali ulteriori e mirate indagini volte alla determinazione dei parametri sismici locali nonché ad evidenziare potenziali elementi d'amplificazione e loro eventuali interferenze con quanto previsto da progetto.

In particolare, in Fig. 40 alla pagina seguente è possibile osservare le curve del rapporto spettrale H/V derivanti dall'elaborazione dei dati acquisiti ("HVSR 1", "HVSR 2"). Le indagini hanno permesso di determinare le frequenze fondamentali, individuabili rispettivamente nel picco a frequenza pari a $0,72 \pm 0,17$ Hz ($T=1,38$ s) per "HVSR 1" e nel picco a frequenza $0,94 \pm 0,22$ Hz ($T=1,06$ s) per "HVSR 2", in quanto risultano soddisfatti i criteri del protocollo SESAME per un picco chiaro ed isolato (passaggio litologico posizionato a profondità maggiori di circa 100 m di profondità, dovuto verosimilmente alla presenza del substrato roccioso).

→ I valori di frequenza di sito sono del tutto coerenti tra loro e prossimi a 0,7 – 1,0 Hz. Si evidenzia come tale risultato dovrà essere considerato nelle future fasi di progettazione poiché ricadente nel *range* di interesse ingegneristico per strutture ordinarie.



Fig. 40. Rapporto spettrale "HVSr 1" (*sotto*) e rapporto spettrale "HVSr 2" (*in basso*) frutto dell'elaborazione dei dati acquisiti in fase d'indagine. La curva spettrale *rossa* rappresenta l'andamento sismico medio registrato mentre le curve *blu* rappresentano l'intervallo di confidenza.





11 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Alla luce di quanto precedentemente esposto, facendo quindi specifico riferimento ai risultati delle campagne geognostiche eseguite *in situ* è stato possibile ricostruire il seguente modello geologico di riferimento:

UNITÀ GEOLOGICA	PROF. MAX (m da p.c.)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
"P"	0,30	0,00 ÷ 0,30	PAVIMENTAZIONE E SOLETTA
"R"	5,60	0,00 ÷ 5,60	RIPORTO costituito da orizzonti a composizione eterogenea e spessore da decimetrico a metrico generalmente rappresentati da un primo strato sabbioso e ciottoloso, sottendente un orizzonte limo argilloso debolmente ghiaioso ed infine ghiaia limosa. Gli orizzonti a composizione coesiva appaiono generalmente di medio – alta consistenza, mentre quelli granulari risultano addensati. Non si rileva presenza d'acqua.
"G"	25,0 *	1,20 ÷ 22,7 **	GHIAIA ciottolosa in matrice sabbiosa in giacitura naturale, ben classata, presenta ciottoli poligenici e di dimensioni anche superiori ai 10 cm ben arrotondati e con medio – bassa angolosità. Limo presente localmente sotto forma di isolate lenti decimetriche. Depositi da addensati a molto addensati.

* massima profondità raggiunta in fase d'indagine

** massimo spessore individuato in fase d'indagine

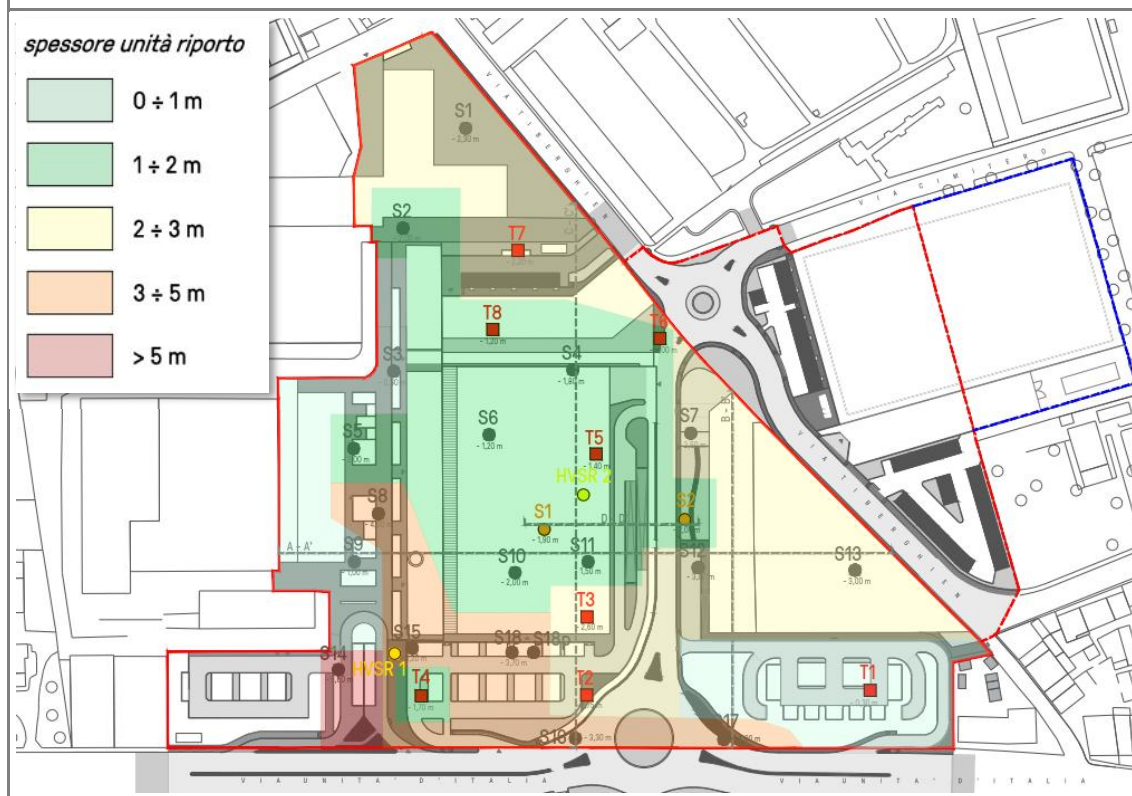
Con riferimento al modello di cui sopra si specifica quanto segue:

- al di sotto di un decimetrico strato di pavimentazione che ricopre pressoché tutta l'area d'interesse progettuale si rileva un deposito di materiale riportato, dotato di continuità laterale, di potenza significativamente variabile (da assente sino a 5,60 m) e costituito da orizzonti distinguibili per composizione e comportamento prevalente: in particolare si distinguono i riporti "R1" costituito da ghiaia con sabbia e abbondanti resti di laterizi, "R2" formato da limo argilloso debolmente ghiaioso molto compatto con ciottoli e rari resti di laterizi, "R3" caratterizzato da ghiaia debolmente limosa ed infine il riporto "RA" intercettato, va detto, nella sola trincea "T7" (v. Par. 10.1) composto da cenere nera riconducibile a materiale bituminoso con resti di laterizi;
- in ragione della configurazione architettonica venutasi a determinare nel corso degli anni e delle recenti (2017) attività di demolizione, lo spessore dello strato riportato sull'area dell'Ex Opificio risulta, come già detto, variabile o del tutto assente seppur nella sola porzione Sud Est del lotto ribassata di alcuni metri in quanto inizialmente occupata da un locale seminterrato;
- lo strato di riporto di cui ai punti precedenti sottende, un deposito granulare in giacitura naturale ("G") dotato di potenza decametrica e continuità laterale, costituito da ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa;
- dal punto di vista idrogeologico in corrispondenza del sito d'intervento progettuale la massima quota della falda in periodo di morbida è stimata in 46,5 m s.l.m. cui corrisponde una soggiacenza minima, rispetto alla quota di 61 m s.l.m., di 14,5 m di profondità da piano campagna;
- sulla base delle prove di permeabilità condotte i materiali riconducibili all'unità in giacitura naturale "G" risultano dotati di un *coefficiente di permeabilità k* nell'ordine di $1,0 \div 5,0 \times 10^{-4}$ m/s, corrispondente ad un medio grado di permeabilità e ad una buona proprietà di drenaggio.



Alla luce di quanto emerso è stato possibile, seppur in forma indicativa visto il carattere puntuale delle indagini condotte, suddividere l'area d'interesse progettuale in settori sulla base dello spessore di materiale di riporto individuato in corrispondenza dei diversi punti d'indagine (v. figura seguente).

Fig. 41. Planimetria generale dell'ambito del PUA con indicazione delle indagini condotte nel 2021 e di quelle di riferimento del 2015 utilizzate al fine di delimitare aree con differente spessore dell'orizzonte di riporto.

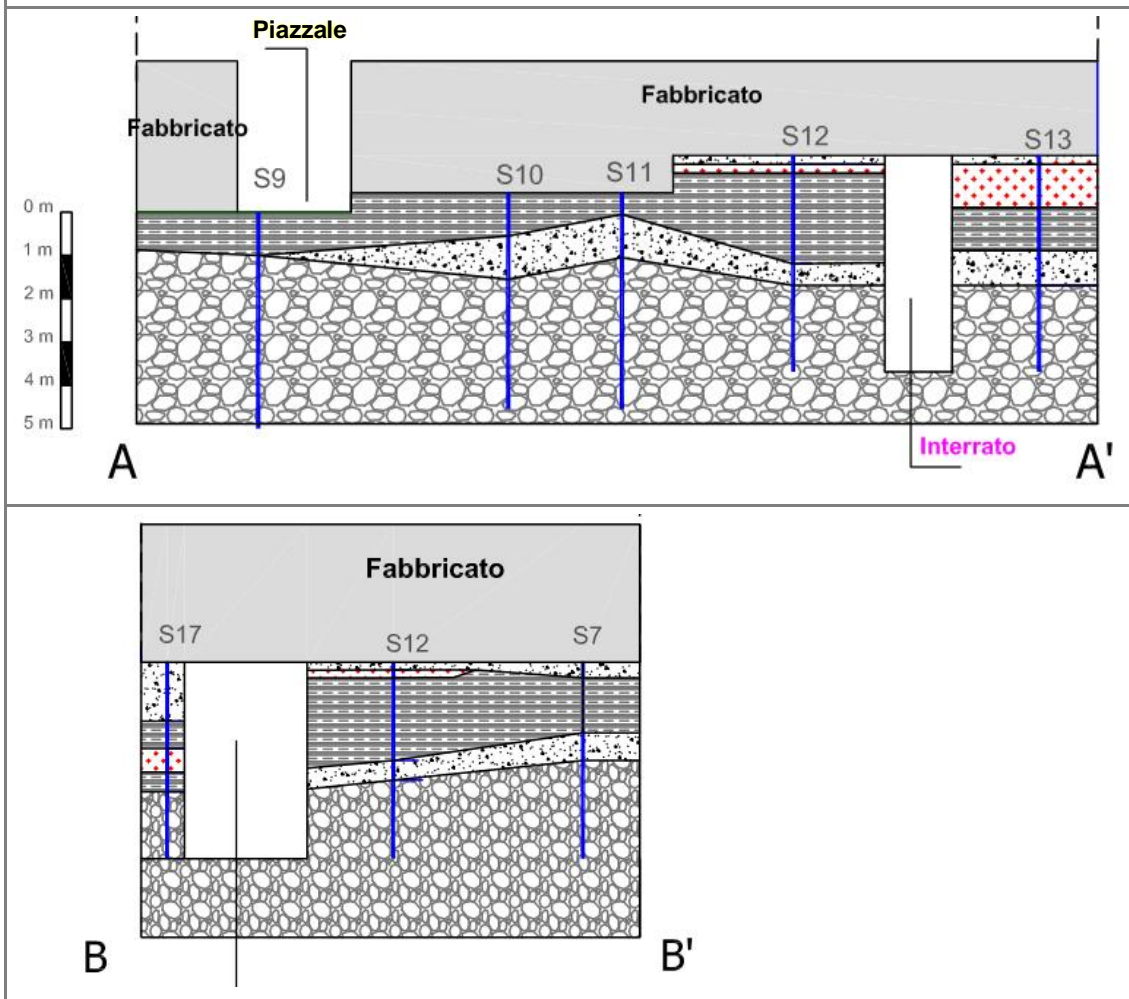


Alle pagine seguenti sono state inoltre riprodotte alcune sezioni geologiche interpretative (A-A' ÷ D-D') finalizzate ad una miglior comprensione dell'assetto litostratigrafico locale con presa visione in particolare dell'orizzonte superficiale di materiale di riporto (unità "R") presente come detto, con spessori differenti, sostanzialmente in tutta l'area d'interesse progettuale.

Si fa presente come le sezioni "A-A'" e "B-B'" siano tratte dallo studio "Riqualificazione area ex lanificio Tiberghien (VR)" (Geol. L. Benedetti, 2016) e che le sezioni "C-C'" e "D-D'" (riportate peraltro in All. 7 in calce al presente elaborato) non tengano conto del profilo morfologico dei luoghi assunto, per semplicità in assenza di rilievo, pianeggiante.



Fig. 42. Sezioni A – A' e B – B' (da studio 2016). Per le tracce di sezioni v. Fig. 42.



LEGENDA






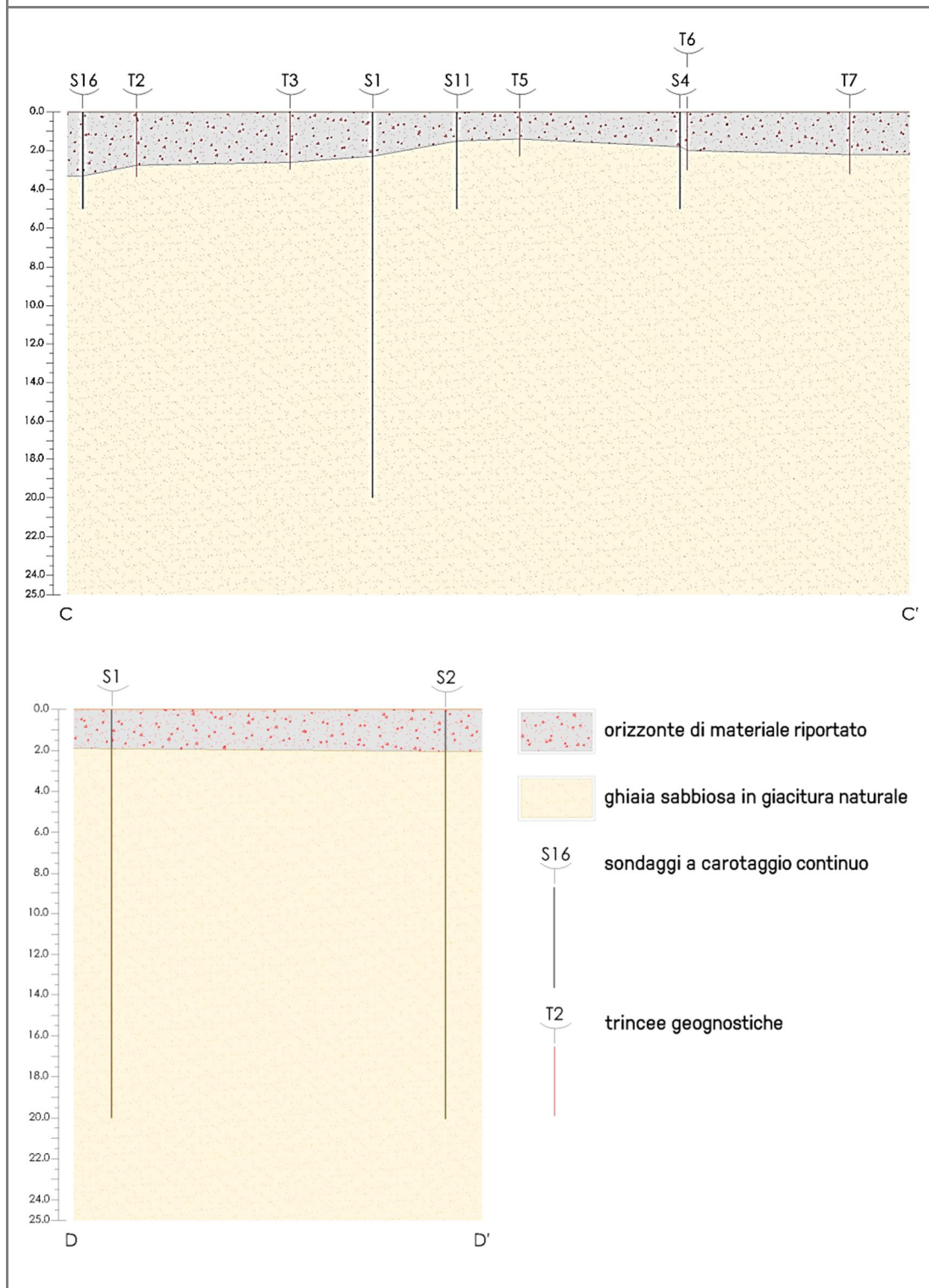
-  FABBRICATI
-  RIPORTI GRANULARI/TERROSI
-  RIPORTI COSTITUITI DA CENERI E POLVERI NERE
-  RIPORTO LIMOSO COMPATTO
-  DEPOSITI GHIAIOSI IN GIACITURA NATURALE



Fig. 43. Sezioni C – C' e D – D' redatte nell'ambito del presente studio. Per le tracce di sezioni v. Fig. 41





12 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Alla luce del modello geologico di riferimento precedentemente ricostruito (cfr. Par. 11), seppur non specificatamente previsto in fase di fattibilità e ribadendo la necessità di redigere studi geologici e geotecnici di approfondimento a supporto delle successive fasi progettuali, tutto ciò debitamente premesso si fornisce di seguito il modello geotecnico locale con parametrizzazione dei terreni costituenti il primo sottosuolo, distinguendo nello specifico le varie tipologie di riporto individuate in fase d'indagine.

UNITÀ GEOTECNICA	DESCRIZIONE	COMP.	γ_{nat} (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	E_y (Mpa)
P	PAVIMENTAZIONE E SOLETTA	-	-	-	-	-
R1	RIPORTO misto	granulare	18,0 ÷ 18,5	-	-	-
R2	RIPORTO misto	misto	18,0 ÷ 19,0	32 ÷ 34	-	30 ÷ 40
R3	GHIAIA debolmente limosa	granulare	18,0 ÷ 18,5	33 ÷ 35	-	35 ÷ 42
G	GHIAIA in matrice sabbiosa	granulare	19,0 ÷ 20,0	36 ÷ 38	0 ÷ 5	50 ÷ 100

γ_{nat} peso di volume; φ' angolo d'attrito, c' coesione drenata, E_y modulo elastico.

In merito a quanto sopra si specifica come nel parametrizzare le unità "R2", "R3" e "G" ci si sia potuti avvalere dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT condotte in foro di sondaggio e precedentemente illustrate nel Par. 10.2.1, nonché riportate nuovamente per semplicità d'esposizione nella tabella seguente.

S1	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. (N ₁ / N ₂ / N ₃)	PUNTA
	1	1,50	R3	no	26/15/18	chiusa
	2	3,00	G	no	50/rif. (*)	chiusa

S2	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. (N ₁ / N ₂ / N ₃)	PUNTA
	1	1,00	R2	no	22/17/13	chiusa
	2	4,50	G	no	50/rif. (*)	chiusa

*: le norme codificate A.G.I. fissano un limite massimo di 50 colpi per i primi 15 cm e di 100 colpi per gli altri 30: superati detti limiti la prova va a rifiuto (rif.).

Le uniche prove non andate a rifiuto e pertanto elaborabili risultano essere la prova "1" del sondaggio S1 e la prova "1" del sondaggio S2, condotta a partire rispettivamente da una profondità di 1,50 m e 1,00 m da piano campagna in corrispondenza di materiale riferibile all'unità "R3" di natura prevalentemente ghiaiosa e comportamento granulare nel caso del sondaggio "S1" e "R2" nel caso del sondaggio "S2".

Ai valori di N_{SPT} ottenuti con l'infissione di una punta chiusa (conica), è stata apportata una prima riduzione del 10%, così da assimilarli a dati ottenuti con prove standardizzate a punta aperta, e successivamente un'ulteriore correzione C_N per tenere conto dell'influenza del sovraccarico litostratigrafico: nel caso specifico si è ritenuto opportuno utilizzare la formula di normalizzazione "Jamiolkowski - Tokimatsu" in relazione alla pressione litostatica efficace alla profondità della prova (σ'_0).

$$C_N = 1 / (\sigma'_0)^{0.56} \quad (\text{Jamiolkowski M. et alii, 1985; Tokimatsu K., 1988})$$



Infine, attraverso le seguenti correlazioni, scelte in funzione della natura, del comportamento prevalente del materiale testato e della profondità di esecuzione della prova, si è potuto risalire ad una serie di parametri geotecnici quali l'angolo di attrito (ϕ'), la densità relativa (D_r) ed il modulo elastico (E).

PARAMETRO	CORRELAZIONE
Angolo d'attrito (ϕ)	<i>Japanese National Railways</i>
Densità relativa (D_r)	<i>Skempton</i>
Modulo di Young (E)	<i>D'Appolonia et al.</i>

Nella tabella che segue sono riportati i valori di N_{SPT} raccolti in fase di indagine e corretti, nonché i parametri geotecnici da essi dedotti:

SOND.	N° SPT	PROF.	UNITÀ	N_{SPT}	$N_{-10\%}$	N_{CORR}	ϕ' (°)	D_r (%)	E (MPa)
S1	1	1,50	R3	33	30	30	35	92	42
S2	1	1,00	R2	30	27	27	34	79	40

Con riferimento al modello di cui alla pagina precedente si evidenzia quanto segue:

- in fase geognostica le tre unità "R" sono apparse caratterizzate da una certa continuità laterale e da medio – elevato grado di addensamento/consistenza. Tuttavia, stante una possibile eterogeneità compositiva frequente nei materiali di riporto, non si è ritenuto di esprimere considerazioni univoche e rappresentative in termini di composizione, proprietà geotecniche e grado d'addensamento;
- in ragione di quanto al punto precedente laddove esposti i parametri relativi alle unità "R", seppur cautelativi, vanno assolutamente intesi come indicativi nonché necessariamente da verificare con adeguata cura ed attenzione in fase esecutiva;
- l'unità "R3" sottende un deposito in giacitura naturale costituito da ghiaia in matrice sabbioso – limosa (unità "G"), di spessore decametrico, comportamento granulare e buone proprietà geotecniche in termini di resistenza al taglio e bassa deformabilità;
- in ragione dell'assetto idrogeologico che vede garantito un franco decametrico rispetto alla superficie della falda freatica, si ritiene che lo sviluppo edilizio all'interno del comparto del PUA non interferirà direttamente con la falda stessa né andrà ad influire sulle attuali dinamiche di deflusso sotterraneo;
- il sito di futura progettazione potrebbe risultare potenzialmente soggetto a fenomeni di amplificazione sismica sia di tipo stratigrafico per la presenza nel primo sottosuolo di terreni diversi da suoli di categoria "A" che per la presenza nella porzione di territorio in esame di alcuni lineamenti tettonici di significativa importanza (faglie capaci). Data la fase preliminare del presente studio di fattibilità si ribadisce la necessità di eseguire, a supporto delle future fasi progettuali, una mirata campagna indagini sismica d'approfondimento finalizzata all'individuazione dei parametri sismici locali nonché ad evidenziare potenziali elementi d'amplificazione e loro eventuali interferenze con quanto previsto da progetto;



12.1 caratterizzazione sismica del sito progettuale

Come già precedentemente detto (cfr. Cap. 5), in riferimento alle recenti modifiche alla zonizzazione sismica introdotte dalla D.G.R. 244/2021, il Comune di Verona rientra in zona 2. Ciò detto, 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 $S_e(T)$, 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: $S_T = 1,00$ (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 geotecniche. Queste categorie, correlate alla specifica accelerazione orizzontale su suolo di categoria A (a_g) definiscono le azioni sismiche di progetto.

Come già anticipato (cfr. Par. 9.3), ai fini della presente relazione di fattibilità, dall'indagine sismica di tipo HVSR sono stati determinati i valori di picco dello spettro di risposta H.V.S.R. con le frequenze fondamentali di risonanza di sito, rimandando alle successive fasi progettuali ulteriori e mirate indagini volte a determinare la Categoria di Sottosuolo di fondazione. Tuttavia, da indagini svolte dagli scriventi nell'ambito del medesimo contesto ed in zone limitrofe al sito di studio si ipotizza che l'area d'interesse s'inscriva nella categoria di sottosuolo di fondazione denominata "B" e così definita: "*Rocce tenere e depositi di terreni 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*", da cui un parametro $S_s = 1,20$.



In via puramente indicativa, ribadito come il presente elaborato rappresenti lo studio di fattibilità del PUA, con lo scopo di fornire una parametrizzazione in termini di pericolosità sismica di base del sito d'interesse progettuale, sono stati calcolati i parametri spettrali caratteristici considerando con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

- vita nominale $V_N \geq 50$ anni;
- classe d'uso II (*costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali [...]*) da cui un coefficiente d'uso $C_U = 1,00$ e classe d'uso III (*costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi [...]*) da cui un coefficiente d'uso $C_U = 1,50$, nonché i rispettivi valori del tempo di ritorno T_R pari a 475 anni e 712 anni considerando una probabilità di superamento Pv_R del 10% nel periodo di riferimento V_R .

classe d'uso	II	III
T_R (anni)	475	712
a_g [g]	0,157	0,181
F_o	2,431	2,453
T_c^* [s]	0,277	0,278



13 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- Il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo in applicazione alla scheda norma RA 28 con finalità di riqualificazione dell'area industriale dismessa "Ex Opificio Tiberghien".
- In corrispondenza del sito di studio non si riscontrano evidenze di carattere geologico e geomorfologico che indichino situazioni di particolare criticità, né sussistono fenomeni di dissesto in atto, quiescenti o in evoluzione. I processi morfogenetici che agiscono nel territorio sono attualmente conservativi e legati ad azioni antropiche. Pur rimandando le specifiche valutazioni alle successive fasi progettuali, sulla base delle previsioni d'intervento che interesseranno l'ambito del PUA, si ritiene possibile escludere modifiche tali da incidere sulla stabilità locale e globale dei luoghi.
- Al di sotto di un decimetrico strato di pavimentazione che ricopre pressoché tutta l'area d'interesse progettuale si rileva un deposito di materiale riportato, dotato di continuità laterale, di potenza significativamente variabile (da assente sino a 5,60 m) e costituito da orizzonti distinguibili per composizione e comportamento prevalente: in particolare si distinguono i riporti "R1" costituito da ghiaia con sabbia e abbondanti resti di laterizi, "R2" formato da limo argilloso debolmente ghiaioso molto compatto con ciottoli e rari resti di laterizi, "R3" caratterizzato da ghiaia debolmente limosa ed infine il riporto "RA" intercettato, va detto, nella sola trincea "T7" composto da cenere nera riconducibile a materiale bituminoso con resti di laterizi.
- In ragione della configurazione architettonica venutasi a determinare nel corso degli anni e delle recenti (2017) attività di demolizione, lo spessore dello strato riportato sull'area dell'Ex Opificio risulta, come già detto, variabile o del tutto assente seppur nella sola porzione Sud Est del lotto ribassata di alcuni metri in quanto inizialmente occupata da un locale seminterrato.
- In fase geognostica le tre unità "R" sono apparse caratterizzate da una certa continuità laterale e da medio – elevato grado di addensamento/consistenza. L'orizzonte di riporto sottende un deposito granulare in giacitura naturale ("G") dotato di potenza decametrica e continuità laterale, costituito da ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa nonché dotata di comportamento granulare e buone proprietà geotecniche in termini di resistenza al taglio e bassa deformabilità.
- Dal punto di vista idrogeologico in corrispondenza del sito d'intervento progettuale la massima quota della falda in periodo di morbida è stimata in 46,5 m s.l.m. cui corrisponde una soggiacenza minima, rispetto alla quota di 61 m s.l.m., di 14,5 m di profondità da piano campagna.
- 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 superficiale delle acque di corrivazione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa senza la formazione di specifiche direzioni di scorrimento, ristagni idrici o difficoltà di drenaggio.
- In ragione dell'assetto idrogeologico che vede garantito un franco decametrico rispetto alla superficie della falda freatica, si ritiene che lo sviluppo edilizio all'interno del comparto del PUA non interferirà direttamente con la falda stessa ne andrà ad influire sulle attuali dinamiche di deflusso sotterraneo. Sulla base delle prove di permeabilità condotte i materiali riconducibili all'unità in giacitura naturale "G" risultano infine dotati di un medio grado di permeabilità con valori del coefficiente di permeabilità k nell'ordine di $1,0 \div 5,0 \times 10^{-4}$ m/s. Ciò detto, va altresì debitamente evidenziato come gli interventi antropici che hanno interessato l'area in passato, con specifico riferimento agli apporti di materiale riportato, abbiano certamente modificato le condizioni di permeabilità del primo sottosuolo.
- Il sito di futura progettazione potrebbe risultare potenzialmente soggetto a fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico sia per la presenza nel primo sottosuolo di terreni diversi da suoli di categoria "A" che per la presenza nella porzione di territorio in esame di alcuni lineamenti tettonici di significativa importanza (faglie capaci). – *continua* –



- *continua* - Data la fase preliminare del presente studio di fattibilità si evidenzia la necessità di eseguire, a supporto delle future fasi progettuali, una mirata campagna indagini sismica d'approfondimento finalizzata all'individuazione dei parametri sismici locali nonché ad evidenziare potenziali elementi d'amplificazione e loro eventuali interferenze con quanto previsto da progetto.
- Ai fini della presente relazione di fattibilità, dall'indagine sismica di tipo HVSR sono stati determinati i valori di picco dello spettro di risposta H.V.S.R. con le frequenze fondamentali di risonanza di sito, rimandando alle successive fasi progettuali ulteriori e mirate indagini volte a determinare la Categoria di Sottosuolo di fondazione. Da indagini svolte dagli scriventi nell'ambito del medesimo contesto ed in zone limitrofe al sito di studio si può ragionevolmente ipotizzare che l'area d'interesse s'inscriva nella categoria di sottosuolo di fondazione denominata "B". In termini di pericolosità sismica di base è stato possibile calcolare i seguenti valori con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV). Per classe d'uso II: $a_g [g] = 0,157$, $F_0 = 2,431$ e $T_c^* [s] = 0,277$. Per classe d'uso III: $a_g [g] = 0,181$, $F_0 = 2,453$ e $T_c^* [s] = 0,278$.
 - Le indagini sismiche del tipo HVSR hanno permesso di valori di frequenza di sito del tutto coerenti tra loro e prossimi a 0,7 – 1,0 Hz. Si evidenzia come tale risultato dovrà essere considerato nelle future fasi di progettazione poiché ricadente nel *range* di interesse ingegneristico per strutture ordinarie.
 - Con specifico riferimento al P.A.T. del Comune di Verona non si individua infine alcun vincolo o limitazione di carattere geologico, idrogeologico e/o geotecnico tale da precludere la fattibilità dell'intervento in progetto. Va comunque evidenziato che dalla carta Pericolosità Idraulica e dalla carta del Rischio Idraulico del P.G.R.A (approvato il 21 dicembre 2021) il territorio in esame si pone per una piccola parte, all'interno di aree a pericolosità idraulica moderata e rischio alluvioni moderato.
 - Per concludere si ricorda che la presente indagine è stata finalizzata alla fattibilità generale del Piano Urbanistico Attuativo in oggetto e non delle singole opere che completeranno tale piano, per le quali andranno predisposti gli elaborati specialistici e di approfondimento previsti da Normativa in chiave geologica – geotecnica e sismica, prevedendo eventuali approfondimenti d'indagine qualora necessari alla progettazione dei singoli interventi. A tal proposito sarà opportuno indagare anche l'area di proprietà comunale che costituisce la porzione di "ampliamento ambito PUA", non oggetto di attività geognostica nella presente fase di studio, al fine di verificarne l'idoneità alla realizzazione degli interventi in essa previsti.
 - Alla luce del modello geologico ricostruito si può ragionevolmente ipotizzare che le opere di urbanizzazione insisteranno su sedime riconducibile a materiale riportato (unità "R"). Sebbene le indagini condotte ne abbiano comunque rilevato proprietà geotecniche in prima analisi quanto meno discrete, stante una possibile eterogeneità composizionale del terreno che andrà a costituire sedime di fondazione, in fase esecutiva sarà necessario verificarne con necessaria cura ed attenzione la corrispondenza di quanto indicato nel presente studio, ovvero natura, spessore, omogeneità nonché grado di compattazione ed addensamento.

Fatto salvo quanto considerato, a norma del D.M. 17/01/2018 non si ravvisano impedimenti o limitazioni di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico alla fattibilità degli interventi in progetto.

Verona, 16 dicembre 2025

Dott.ssa Geol. Ilaria Mercì



Dott. Geol. Alberto Cò





BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

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.)
CASTALDINI D. - PANIZZA M. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (1991)
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100.000 Foglio n. 49 "Verona"
COLOMBO P. & COLLESELLI F. Elementi di geotecnica – Zanichelli (1996)
TANZINI M. L'indagine geotecnica. Dario Flaccovio Editore (2002)
COMUNE DI VERONA Piano di Assetto del Territorio (P.A.T.) e Piano degli Interventi (P.I.)
DE ZANCHE V., SORBINI L., SPAGNA V. Carta geologica del territorio del Comune di Verona in scala 1:20.000 (1977)
SORBINI L. ET ALII Carta Geomorfologica della porzione a Sud - Est della Pianura di Verona (1984)
FONTANA A. ET ALII Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps (2014)
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.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.)
ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (EDS) CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15 (2016)
ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P., ANTONUCCI A., (EDS). Italian Parametric Earthquake Catalogue (CPTI15), version 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4 (2022)
ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984. https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y . (2020)
SCARDIA G. ET ALII Evidence for late Alpine tectonics in the Lake Garda area (northern Italy) and seismogenic implications (2015)
SLEJKO D. ET ALII Modello Sismotettonico dell'Italia Nord Orientale – Trieste (1987)
SUGAN M. & PERUZZA L. Distretti sismici del Veneto (2011)