

TITOLO

PUA - SCHEDA 418

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO IN VARIANTE AL PI
PER URBANIZZAZIONE DI AREA
SITA IN ATO 3 - VERONA - Corso Milano**

FASCICOLO

ANALISI GEO - IDROGEOLOGICA**4**

ELABORATI

- 4.1** ANALISI GEO - IDROGEOLOGICA
- 4.2** COMPATIBILITA' IDRAULICA

GRUPPO DI LAVORO

Soggetto Attuatore:

ELLE IMMOBILIARE s.p.a
Strada La Rizza n.50
Verona

EDILZAMBO s.n.c
Corso Porta Nuova 74

Progettista del PUA:

Arch. Paolo Richelli - Collaboratore: Arch. Lucia Giavina
Lungadige Panvinio, 17 - Verona - Tel. 045 - 590050
e-mail : studio@architettorichelli.it pec : paolo.richelli@archiworldpec.it
Iscrizione Ordine Architetti PPC di Verona : N° 499

Progettista Opere Stradali e Studio del traffico:

INFRATEC consulting engineering s.r.l.
Ing. Maurizio Fabbiani

Progettista impianti:

IN.TEC tecnologie integrate s.r.l.
P.I. Stefano Maggiotto

Ingegneria, Geologia, Ambiente:

Ing. Alessia Canteri

VAS, VINCA:

STUDIO PROGETTAZIONE AMBIENTALE
Dott.ssa Paola Modena

Relazione Acustica:

iTekne Studio Associato
Ing. Spellini Giovanni

AGGIORNAMENTI

Data : GENNAIO 2024**Num. rev:**

PUA – SCHEDA 418
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER URBANIZZAZIONE
DI AREA SITA IN ATO 3 – VERONA – CORSO MILANO

ELABORATO	RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA (D.M. 17.01.2018)
COMMITTENTE	ELLE IMMOBILIARE S.P.A. – EDILZAMBO S.N.C.
TECNICO/I INCARICATO/I	Ing. Alessia Canteri  Geol. Alberto Cò  Alberto Cò – Ilaria Mercì Geologi – Tecnici Ambientali infocogeologi@gmail.com via g.camuzzoni, 1 – 37138 verona p.iva 04383630235



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE PROGETTO	5
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E VINCOLISTICO	6
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	10
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO	15
7	INQUADRAMENTO TETTONICO - STRUTTURALE	18
8	SISMICITÀ DELL'AREA	20
9	CAMPAGNA INDAGINI	22
9.1.	trincee esplorative	22
9.2.	sondaggi geognostici	24
9.2.1.	prove penetrometriche dinamiche (SPT)	26
9.3.	prova di permeabilità in pozzetto	28
9.4.	indagine sismica di superficie (Re.Mi e HVSR)	30
10	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	33
11	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	35
12	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO PROGETTUALE	36
13	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	38
14	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	39
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	41

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000
ALLEGATO 2:	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI
ALLEGATO 3:	DOCUMENTAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE
ALLEGATO 4:	DOCUMENTAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI
ALLEGATO 5:	DOCUMENTAZIONE PROVA DI PERMEABILITÀ
ALLEGATO 6:	REPORT INDAGINE SISMICA (Re.Mi. e HVSR)
ALLEGATO 7:	SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE
ALLEGATO 8:	RAPPORTO DI PROVA ANALISI AMBIENTALI



Codice di Rif.: GS742

Verona, 17 luglio 2023

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto di urbanizzazione, mediante Piano Urbanistico Attuativo (Scheda Norma n. 418), di un'area compresa tra Corso Milano, Via Pietro Gobetti e Via Lionello Fiumi in Comune di Verona, è stato condotto il presente studio di fattibilità geologico e geotecnico ai sensi del D.M. 17/01/2018 e finalizzato:

- all'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area di 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, idrogeologico e geotecnico connesse all'esecuzione dell'intervento.

Lo studio è stato condotto avvalendosi di informazioni provenienti dalla bibliografia e dalla cartografia geologica esistenti, dell'esperienza maturata dagli scriventi in studi svolti precedentemente nel medesimo contesto geologico e di quanto emerso nel corso di una mirata campagna indagini condotta *in situ*.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

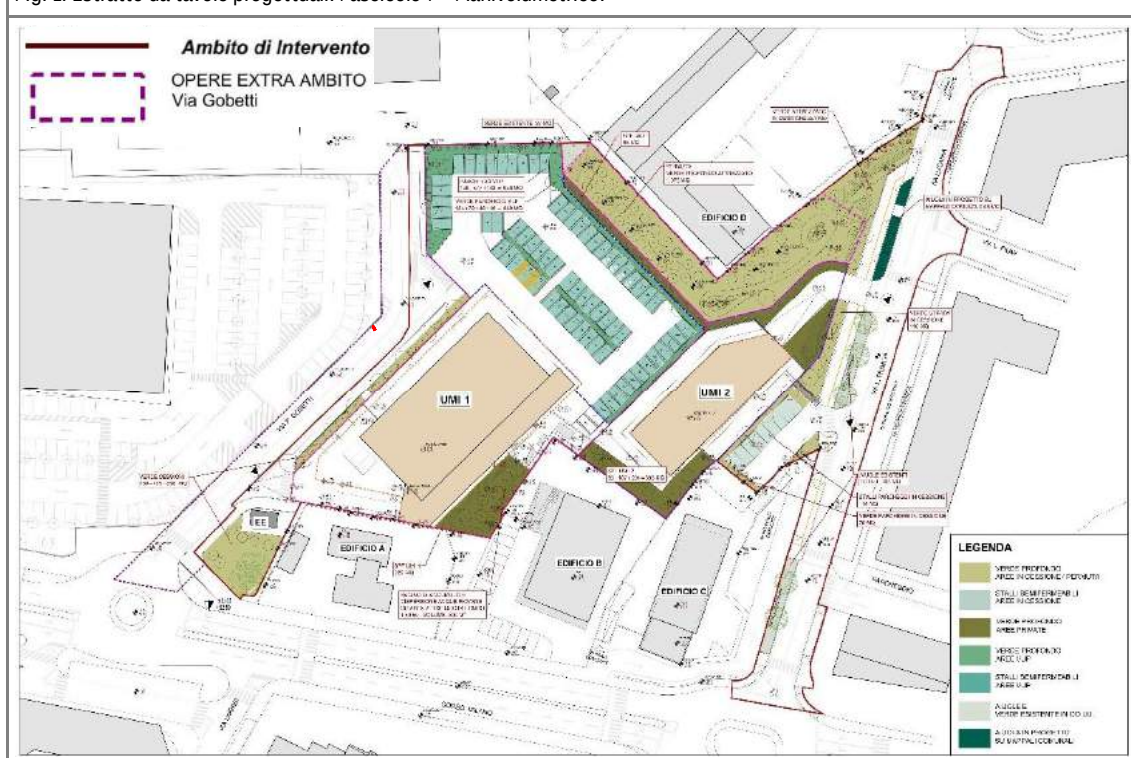
CIRC. REGIONE VENETO 30.01.1990 N. 2 Osservanza della normativa vigente sull'uso del sottosuolo ai fini edificatori e, in particolare, dell'obbligo, nei casi previsti, della Relazione geologica e della Relazione geotecnica.
ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 20.03.2003 N. 3274 (G.U.08.05.2003 N.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

3 DESCRIZIONE PROGETTO

Con riferimento alla documentazione fornita (v. estratto riportato nel seguito), il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo in applicazione alla Scheda Norma n. 418 con finalità di urbanizzazione di un'area sita in ATO n. 3 nel comune di Verona, precisamente tra Via P. Gobetti e Via L. Fiumi/Via Lucania. Di superficie complessiva pari a 13.481 m² ca., lo sviluppo dell'ambito in esame si compone di:

- “area ambito PUA” (12.387 m² ca.) comprensiva di ripериметrazioni di aree pubbliche e private;
- “area extra ambito” (1.094 m² ca.), ove è previsto il rifacimento della porzione di Via P. Gobetti confinante con l'area d'intervento.

Fig. 1. Estratto da tavole progettuali: Fascicolo 7 - Planivolumetrico.



Come raffigurato nella figura di cui sopra, l'area risulterà suddivisa in due unità minime d'intervento:

- UMI 1: interesserà la porzione occidentale del lotto ove si prevede l'edificazione di un fabbricato a destinazione commerciale con un massimo di n. 02 piani fuori terra;
- UMI 2: ubicata nella porzione orientale del lotto, sarà interessata dalla realizzazione di una palazzina residenziale con interrato ed un massimo di n. 04 piani fuori terra nonché di aree verdi di pertinenza.

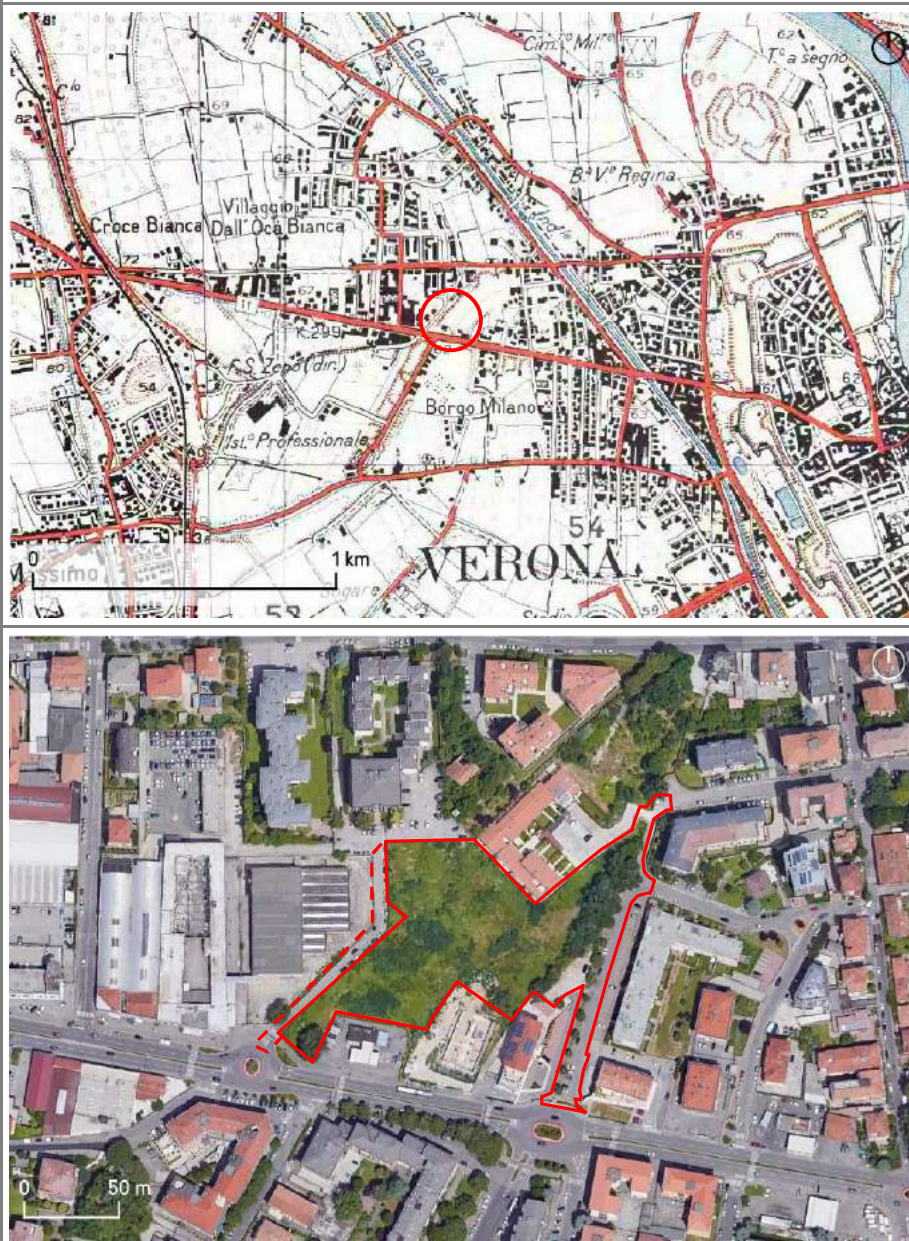
Completano l'intervento il parcheggio vincolato ad uso pubblico adiacente alla UMI 1, nella porzione centrale del lotto, un'altra zona parcheggio adiacente alla UMI 2 con accesso da via Fiumi, alcune aree in cessione, funzionali alla sistemazione di via Gobetti e di via Fiumi con la realizzazione di aree verdi e di un percorso pedonale e ciclabile, ed infine un'area verde con percorso pedonale in permuta lungo il limite Nord dell'ambito.



4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E VINCOLISTICO

Il sito di studio ricade nella porzione Nord occidentale del territorio comunale di Verona nell'ambito del quartiere cittadino di Borgo Milano, in un contesto fortemente antropizzato ed edificato a destinazione prevalentemente residenziale e commerciale. Il lotto d'interesse progettuale risulta delimitato a Nord da fabbricati residenziali, a Sud da Corso Milano, attività commerciali ed edifici residenziali, ad Ovest da Via Pietro Gobetti e ad Est da Via Lionello Fiumi.

Fig. 2. Inquadramento geografico (sotto) e foto aerea dell'area di studio (in basso).

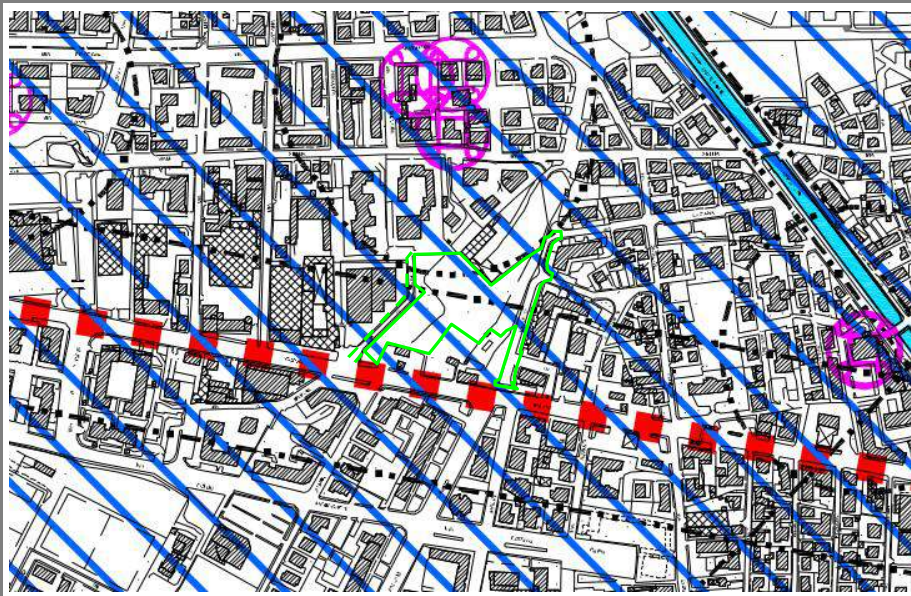


Per quanto riguarda la cartografia generale di riferimento, la porzione di territorio considerato ricade nel Foglio 49 III NO tavoletta "Verona" dell'IGM alla scala 1:25.000 e negli elementi n. 123161 ("Verona Nord - Ovest") e n. 123122 ("Quinzano") della Carta Tecnica Regionale del Veneto in scala 1:5.000 (v. All. 1).



Con specifico riferimento alle tematiche di natura geologica, geomorfologica ed idrogeologica connesse con la realizzazione del progetto in esame, l'analisi del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona, delle tavole e delle norme tecniche ha evidenziato quanto segue.

Fig. 3. Estratto dalla “Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale”, con ubicazione del sito in esame *in blu*.



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

 area di ricarica degli acquiferi (art. 32)

Fig. 4. Estratto dalla “Carta delle Invarianti”, con indicato *in rosso* il sito in esame.

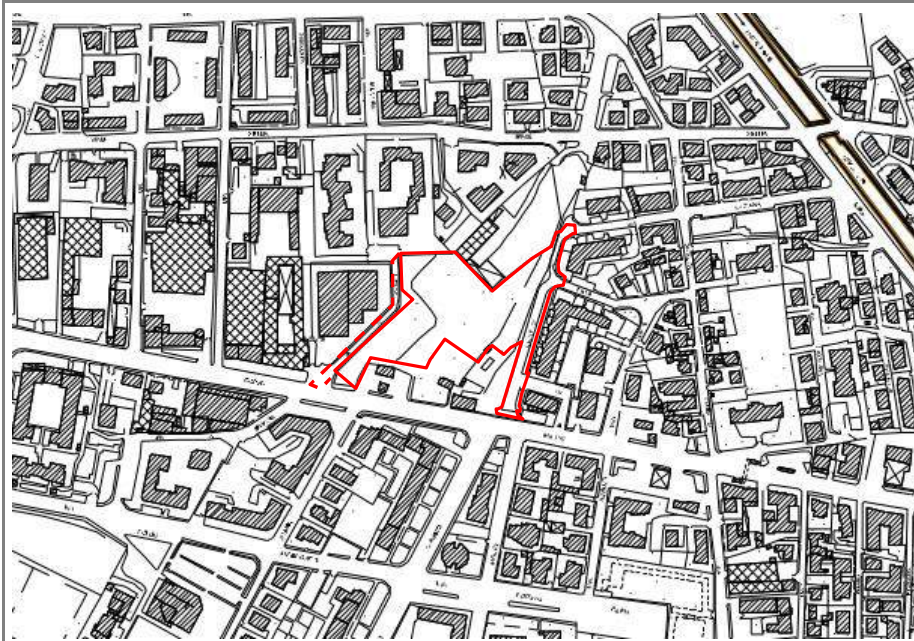
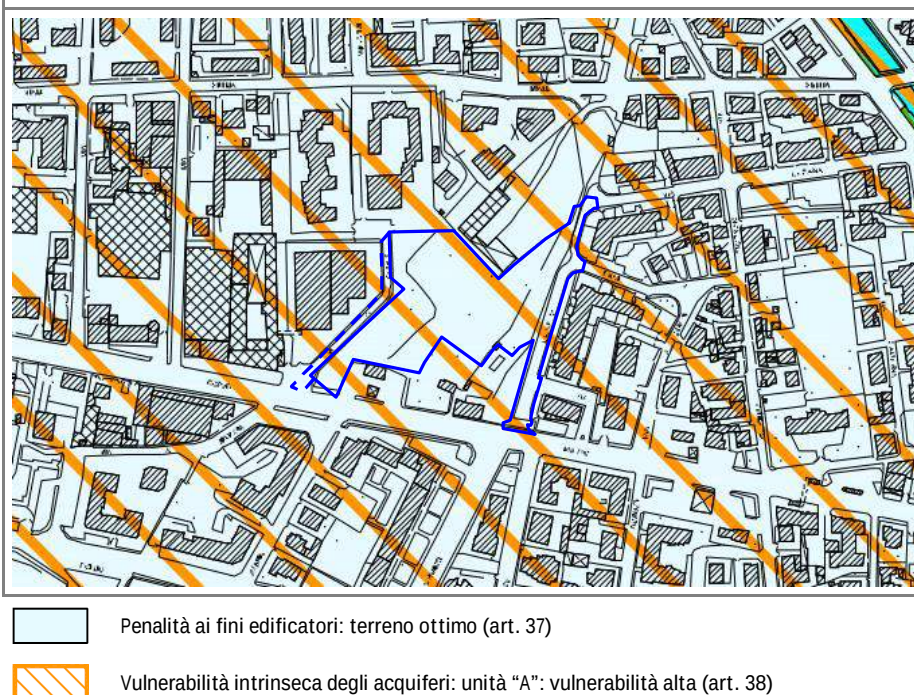




Fig. 5. Estratto dalla "Carta delle Fragilità", con in blu il sito oggetto di studio.



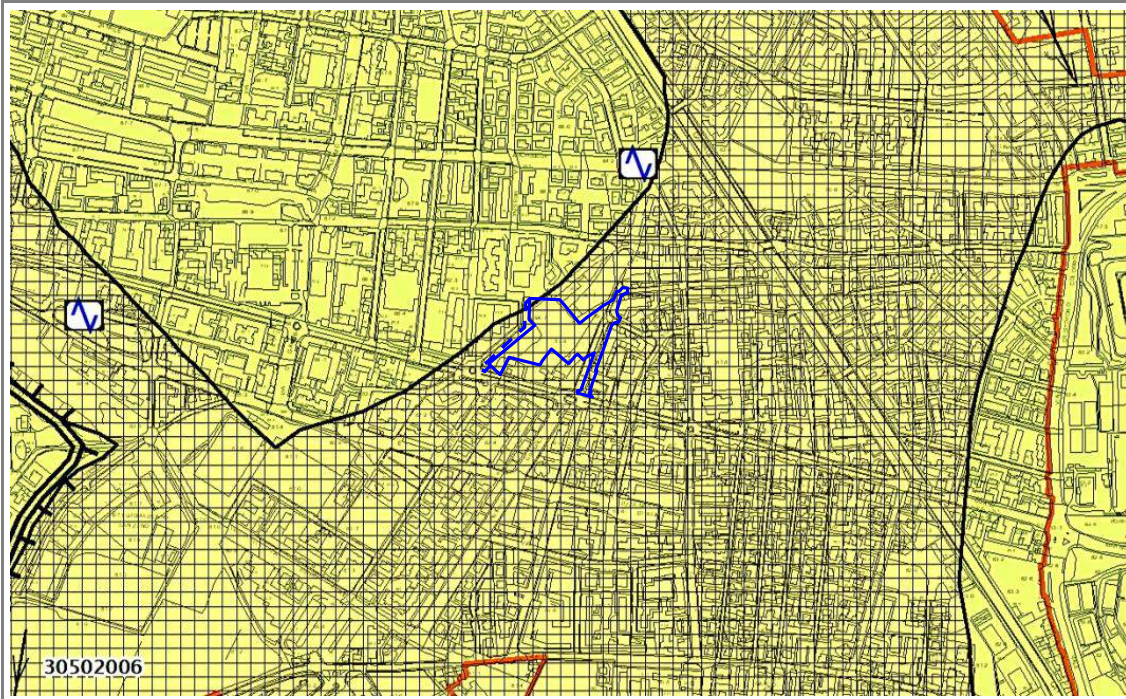
TAV.	NORMA / ANALISI
1	<u>Vincolo sismico</u> (art. 8): con riferimento alle modifiche alla zonizzazione sismica introdotte dalla D.G.R. n. 244/2021, l'intero territorio comunale sia classificato in zona sismica 2. In tal senso si ricorda che gli interventi in progetto dovranno rispettare le specifiche prescrizioni in termini di progettazione antisismica. <i>Nell'ottica di un'analisi "sito specifica" si ritiene in prima analisi che l'area di progetto risulti potenzialmente soggetta a fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico vista la presenza nel primo sottosuolo di terreni diversi da suoli di categoria "A". Di ciò si tratterà nello specifico nel Cap. 12.</i> <u>Area di ricarica degli acquiferi</u> (art. 32): l'appartenenza del sito a tale ambito comporta la prevenzione nei riguardi della falda freatica ed il rispetto di quanto previsto dal Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.). <i>A tal riguardo si ritiene che l'intervento in esame non influisca negativamente sulla qualità delle acque di falda, prevedendo un'adeguata gestione delle acque reflue e meteoriche secondo quanto previsto da normativa.</i>
2	<i>Nel sito in esame non vi sono invarianti di tipo geologico, geomorfologico e idrogeologico, né ambiti territoriali caratterizzati da particolari evidenze ed unicità geologiche.</i>
3	<u>Penalità ai fini edificatori – terreno ottimo</u> (art. 37): all'interno di tale ambito non vi è alcun limite all'edificabilità, fermo restando il rispetto delle norme generali di tutela dal rischio geologico e idraulico nonché la necessità di uno specifico studio geologico e geotecnico ai sensi del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018). <i>Trattandosi nello specifico di un PUA, il presente studio di fattibilità è finalizzato ad analizzare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico, sismico, e geotecnico al fine di verificare la compatibilità dell'intervento in esame con l'assetto locale.</i> <u>Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi – unità "A" vulnerabilità intrinseca alta</u> (art. 38): i progetti di PUA e gli interventi edilizi di cui alle lett. d), e) ed f), comma 1, art. 3 del D.P.R. 380/2001 potranno essere autorizzati e/o assentiti a condizione che rispettino le previsioni del Piano Regionale di Tutela delle Acque, adottato con D.G.R. 29 dicembre 2004, n° 4453. <i>Come già detto in precedenza, si ritiene che il progetto in esame non andrà ad incidere in alcun modo sul chimismo e sulla qualità delle acque sotterranee.</i>

→ Alla luce delle indicazioni fornite dal Piano di Assetto del Territorio, non si ravvisano impedimenti di carattere geologico - idrogeologico in relazione alla fattibilità dell'intervento in progetto.



In merito al rischio sismico, il Comune si è dotato nel 2017 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 ricade in zona 6 ed in particolare in particolare entro una zona di attenzione per liquefazione (ZA-LQ).

Fig. 6. Estratto dalla “*Carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica*” della Microzonazione Sismica (TAV. 3 – NO), con indicato in blu l'ambito del PUA.



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

2006 Zona 6: presenza di sabbie per uno spessore dai 2 ai 15 m circa che sovrastano i materiali fluvioglaciali della conoide dell'Adige. Possibili amplificazioni litostratigrafiche per presumibili contrasti di impedenza sismica. Per la presenza di terreni sabbiosi in falda nei primi 15 metri, l'area potrebbe essere suscettibile al fenomeno della liquefazione. Sono inoltre possibili cedimenti differenziali al contatto con depositi alluvionali con diverso comportamento meccanico.

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

30502006 ZA – LQ: zona di attenzione per Liquefazione, zona 6

→ Pur rimandando al seguito per maggiore dettaglio (cfr. Cap. 13) non si ravvedono vincoli o limitazioni alla realizzazione dell'intervento edilizio proposto.



5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico - geomorfologico generale il sito di studio s'inserisce nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura veronese, tra le ultime propaggini lessinee a Nord (Settore collinare - montuoso) e la linea delle risorgive che la delimita verso Sud rispetto all'area della Medio - Bassa Pianura (v. figura seguente).

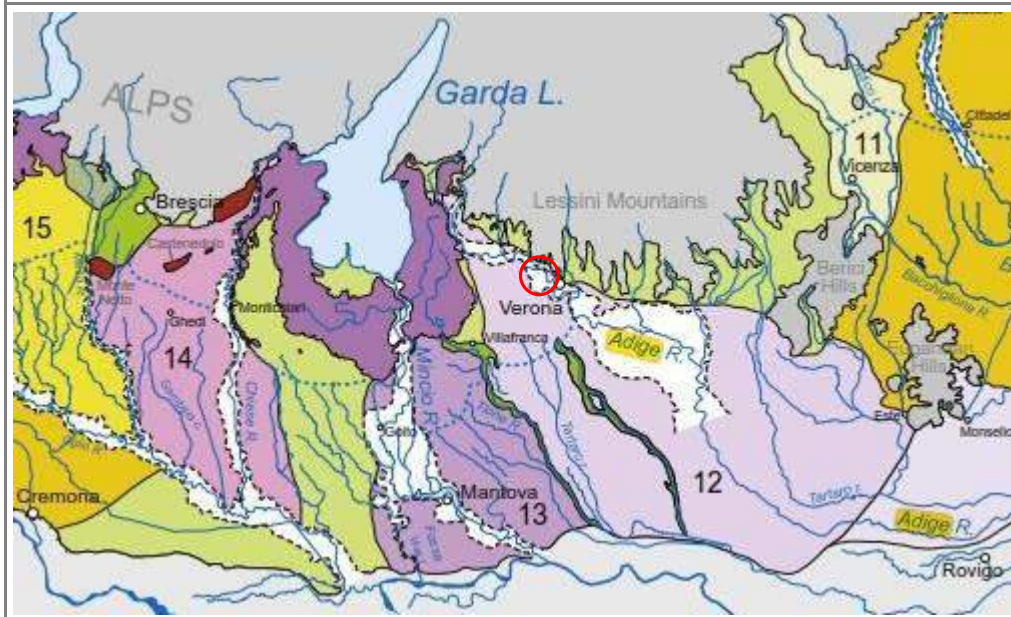
Fig. 7. Posizione dei tre contesti geomorfologici e geolitologici principali: I) Settore collinare - montuoso, II) Alta Pianura Veronese, III) Medio - Bassa Pianura (da Etsch, Adige - Il fiume gli uomini la storia, 1997).



L'evoluzione geomorfologica e geologica della Pianura veronese è legata principalmente all'interferenza fra il Fiume Adige, le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvioglaciale. Durante il Quaternario l'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni di flusso idrico e di trasporto solido, hanno determinato la formazione del *megafan* (o conoide) dell'Adige, un complesso sistema deposizionale che si estende, con forma a ventaglio, dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago (v. Fig. 8 alla pagina seguente). Questo sistema ha avuto un'evoluzione complessa a partire da 15.000 anni fa, ossia con l'inizio del ritiro glaciale nell'area alpina: a causa della minor capacità di trasporto solido del fiume, il *megafan* è stato progressivamente inciso nella porzione apicale determinando la formazione di una valle e solamente nella porzione distale esso ha continuato a svilupparsi seppur con scarsi apporti sedimentari.

Fra la parte apicale (Alta Pianura) e quella più distale (Media e Bassa Pianura) della conoide si determina una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi 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 è carbonatica.

Fig. 8. Estratto da "Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps" (fontaa A. et alii, 2014) con indicata in rosso l'ubicazione del sito di studio rispetto al megafan dell'Adige.



Con riferimento alla figura di cui sopra, emerge come il principale elemento morfogenetico della porzione di territorio in esame sia rappresentato dal Fiume Adige con la sua grande conoide fluvioglaciale, scavata e terrazzata dall'azione erosiva degli alvei rissiani, würmiani ed attuali del fiume, posti a quote altimetriche differenti e separati tra loro da orli di terrazzo di altezza metrica. In corrispondenza della porzione di territorio in esame le principali evidenze morfologiche sono pertanto riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi fluviali, orli di scarpata, dossi, etc.), benché tali segni risultino oggi significativamente celati dall'intensa urbanizzazione cittadina.

Posto in un contesto blandamente degradante da Nord Ovest verso Sud Est e caratterizzato da una quota altimetrica di riferimento compresa tra 61,5 m e 65,5 m ca. s.l.m.m., il sito di studio presenta un peculiare andamento topografico, frutto dell'interferenza tra preesistenti elementi morfologici di origine naturale e successivi interventi antropici.

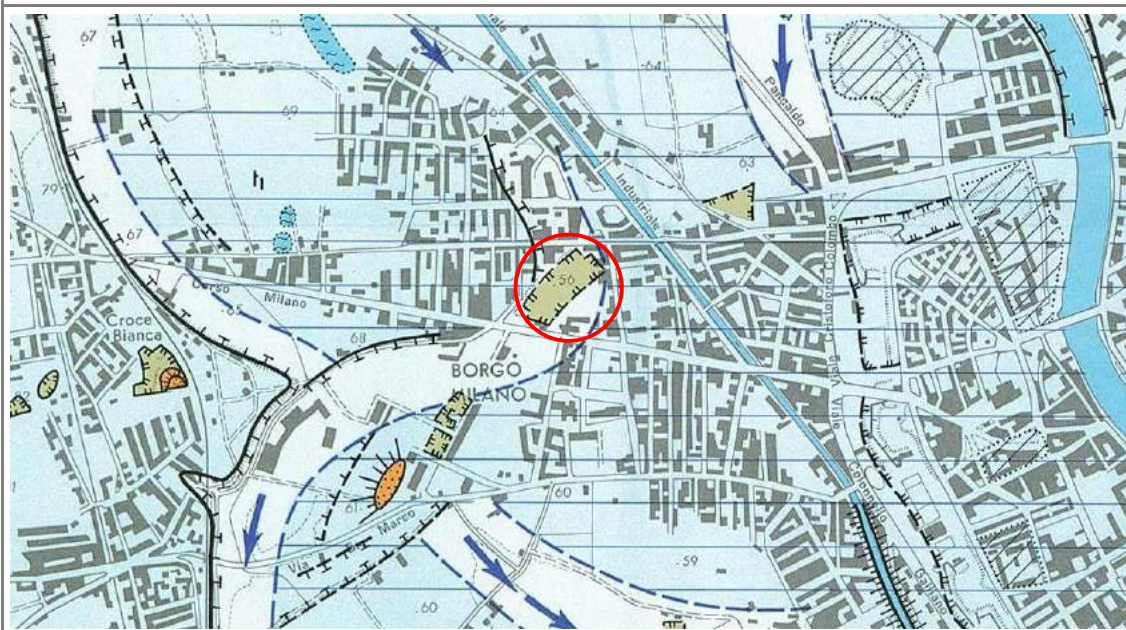
Per maggior chiarezza in merito a tale aspetto si rimanda all'estratto cartografico dalla "Carta di Morfoconservazione a Indirizzo Geotecnico del territorio del Comune di Verona" riportato in Fig. 9 alla pagina seguente, dall'analisi del quale emerge come il sito d'interesse progettuale si sviluppi in corrispondenza di una traccia di divagazione fluviale abbandonata e successivamente interessata nel recente passato da attività antropica sotto forma di cava di prestito per materiale granulare.

In ragione di quanto sopra, l'area di futuro intervento presenta un profilo morfologico variabile, con quote altimetriche che si sviluppano tra un massimo di 65,4 m ca. s.l.m.m. nella porzione Ovest del lotto e 57,5 m ca. s.l.m.m. nell'area Est. Tali due aree risultano separate da una scarpata di dislivello di 3 ÷ 5 m ca. in diminuzione dalla porzione settentrionale verso quella meridionale del lotto.

Alla luce di quanto ricostruito si ritiene pertanto che l'area d'intervento, già naturalmente ribassata, sia stata interessata da attività di escavazione (cava di prestito di materiali granulari) e successivamente in colmata con la stesa di materiale di natura mista di spessore variabile, maggiormente significativo in corrispondenza della porzione Ovest (v. Fig. 10 alla pagina seguente).



Fig. 9. Estratto dalla “Carta di Morfoconservazione a Indirizzo Geotecnico del territorio del Comune di Verona”. In rosso l'ubicazione dell'area di studio.



- | | | | |
|--|--|--|--|
| | alluvioni terrazzate fluvio – glaciali e fluviali antiche del F. Adige (t_3 , t_2) | | direzioni di deflusso sotterraneo più o meno certe |
| | alluvioni recenti e attuali del F. Adige (t_1 , t_0) | | discarica di riporto |
| | tracce di divagazione fluviale abbandonata | | id., abbandonata |
| | cava di materiali granulari | | bordo dei terrazzi fluviali |

Fig. 10. Rilievo topografico dell'area su base catastale con indicata *in rosso* la porzione Ovest (quota grossomodo coincidente con quella di Via Pietro Gobetti) ed *in verde* la porzione Est.

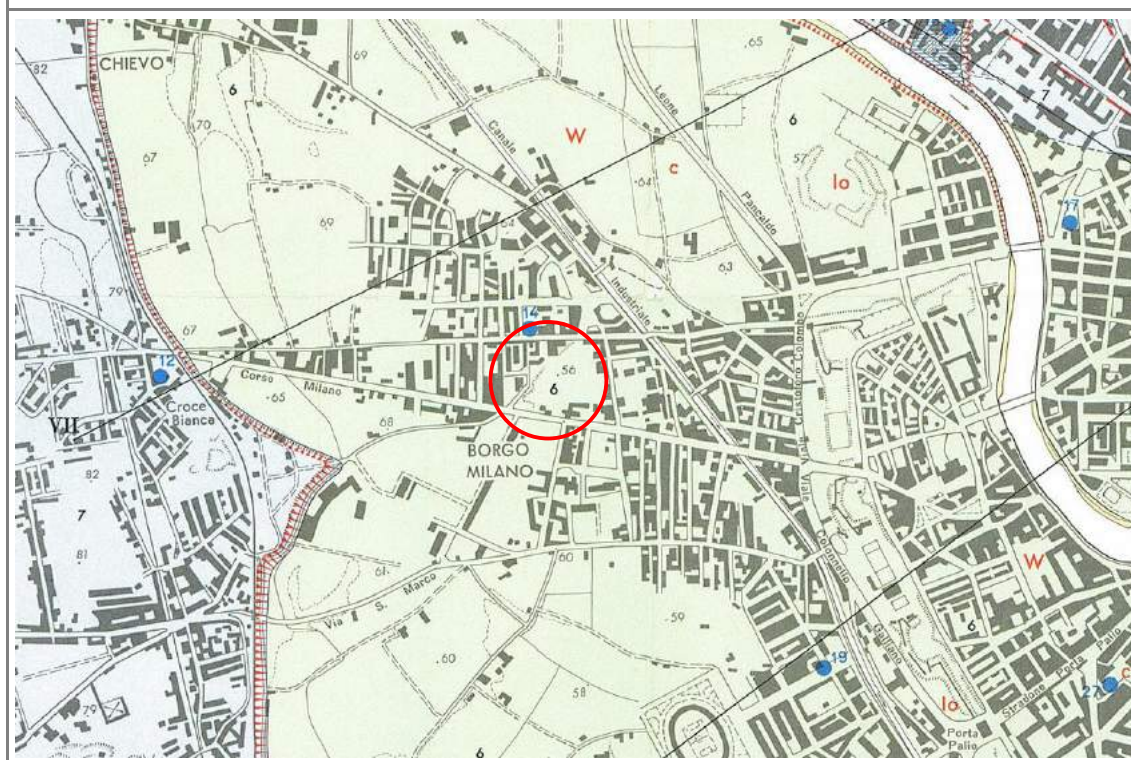




Sotto l'aspetto geolitologico, l'Alta Pianura Veronese, ambito in cui ricade il sito d'interesse progettuale, deriva come già detto dall'accumulo di grandi quantitativi di materiali granulari (ghiaie, ciottoli, sabbie e limi) la cui successione stratigrafica riflette le variazioni climatiche e, con esse, la capacità di trasporto della rete idrografica. Nel periodo 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.

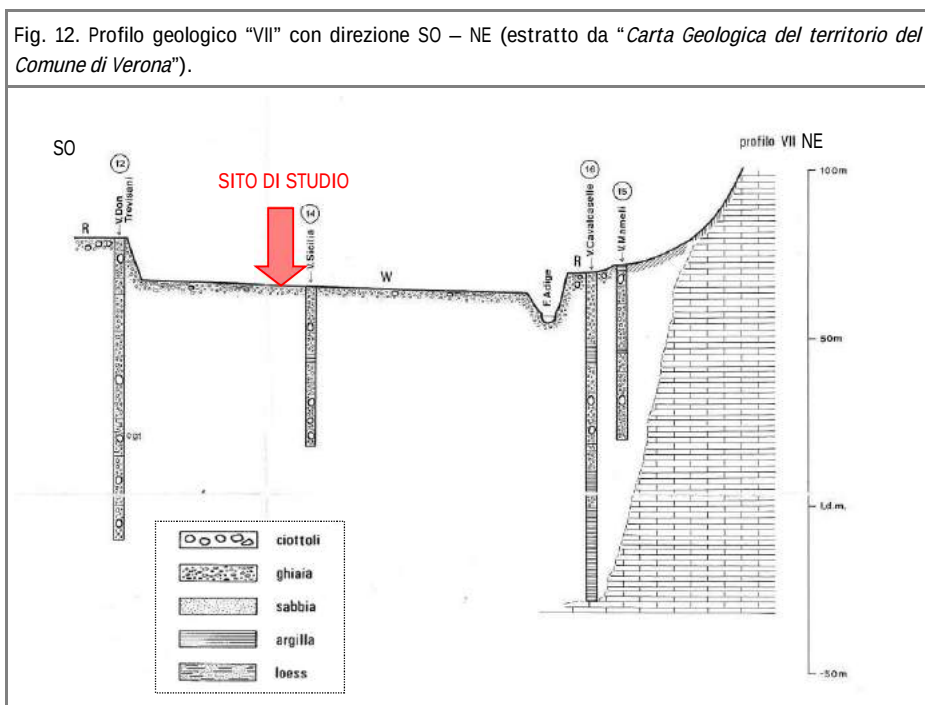
Con specifico riferimento alla “*Carta Geologica del territorio del Comune di Verona*” di cui si riporta un estratto nella figura seguente, i depositi in giacitura naturale costituenti il primo sottosuolo in corrispondenza dell'ambito deposizionale in cui ricade il sito di studio sono rappresentati da alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali würmiane dell'antica conoide dell'Adige, a composizione prevalentemente ghiaiosa e ciottolosa.

Fig. 11. Estratto dalla “*Carta geologica del territorio del Comune di Verona*” in scala 1:20.000 (De Zanche V. e Sorbini L., 1977). In rosso l'ubicazione del lotto di studio.



-  6 - Alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose (c); copertura di loess (lo). Würm (W)
-  7 - Alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige, sabbiose (s), ghiaiose e ciottolose (c) Riss (R)
-  orlo di terrazzo in depositi fluvio-glaciali o fluviali
-  faglie accertate e presunte
-  pozzo per acqua
-  traccia di sezione geologica

Per ricostruire l'assetto stratigrafico in profondità si è fatto quindi iniziale riferimento alla sezione geologica interpretativa "VII" (v. figura seguente) tratta dalla "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona" (v. traccia di sezione in Fig. 11 alla pagina precedente) dall'analisi della quale emerge la presenza di un sottosuolo a prevalentemente composizione grossolana (ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa).



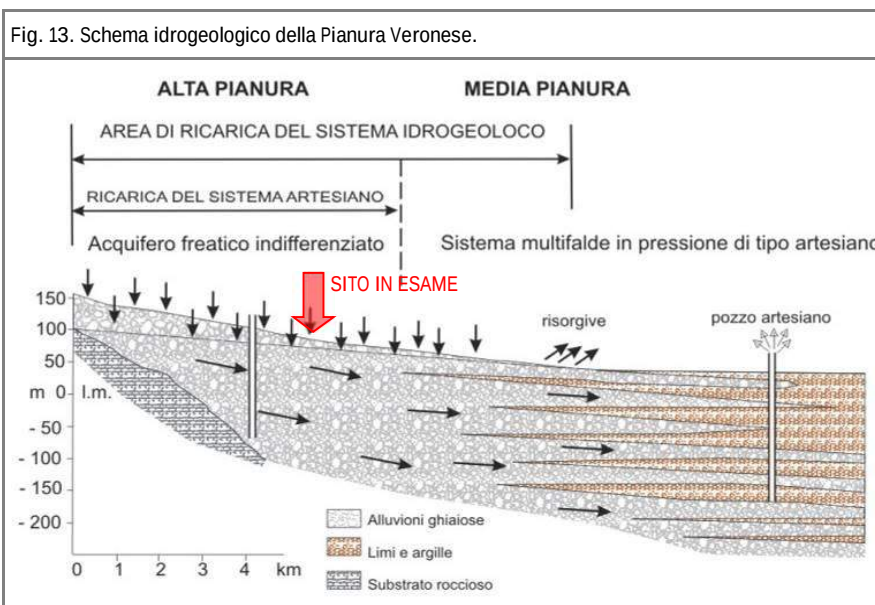
Pur caratterizzato da una sostanziale omogeneità composizionale, tale corpo sedimentario presenta un certo grado di stratificazione legato a locali variazioni granulometriche, risultando inoltre interrotto dalla presenza di alcuni livelli fini legati all'interferenza tra la deposizione di sedimenti da parte dell'Adige e quella dei torrenti di provenienza lessinea. Trattasi di orizzonti di natura prevalentemente limoso – argillosa, di spessore generalmente metrico e rinvenibili, nella porzione di territorio in esame, a partire da una quota minima di 15 ÷ 20 m ca. dal piano campagna.

Pur rimandando al seguito per una descrizione di quanto specificatamente emerso a seguito della campagna indagini condotta *in situ* (cfr. Cap. 9), si segnala come, concordemente a quanto sopra esposto, il sito di studio risulta interessato dalla presenza di materiale di riempimento di natura mista a spessore plurimetrico, seppur di potenza maggiormente significativa in corrispondenza della porzione occidentale del lotto.

→ In corrispondenza del sito di studio non si rilevano evidenze di carattere geologico e geomorfologico che indichino situazioni di particolare criticità in atto, quiescenti o in evoluzione. I processi morfogenetici che agiscono sul territorio sono attualmente conservativi e legati soprattutto ad interventi antropici.

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico (v. figura seguente), la Pianura Veronese può essere suddivisa fra Alto e Medio – Bassa Pianura, due ambiti geologici ed idrogeologici distinti sebbene collegati tra loro.



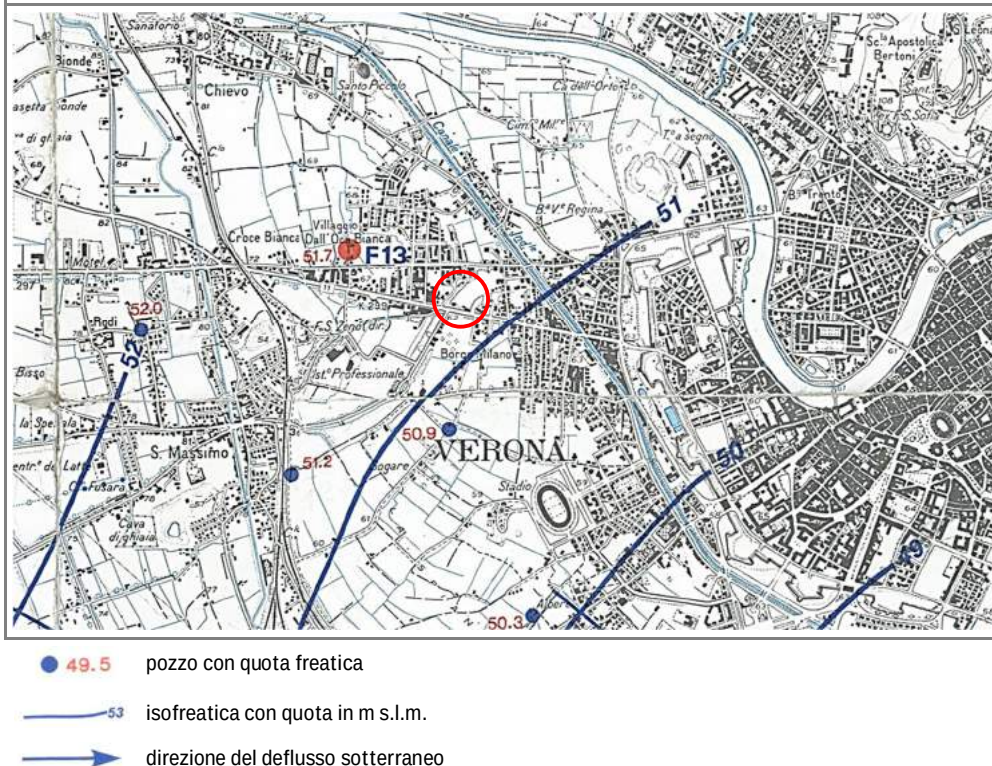
- SISTEMA DELLA PIANURA ALLUVIONALE - ALTA PIANURA: tale unità, compresa fra i Monti Lessini a Nord, le colline moreniche dell'anfiteatro gardesano ad Ovest e la fascia delle risorgive a Sud, rappresenta una delle più cospicue riserve idriche sotterranee del Veneto. L'Alta Pianura è infatti sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso approssimativamente Nord Ovest – Sud Est. L'elevata permeabilità e l'omogeneità del sottosuolo permettono l'infiltrazione delle acque superficiali e fanno di questo territorio "area di ricarica" degli acquiferi;
- SISTEMA DELLA PIANURA ALLUVIONALE — MEDIA E BASSA PIANURA: a partire dal limite inferiore della fascia delle risorgive prende inizio il tipico ambiente di Medio – Bassa Pianura caratterizzato dall'affioramento di terreni da fini a molto fini. Il sottosuolo, costituito da alternanze di orizzonti continui limo - argillosi e strati permeabili, è caratterizzato dalla sovrapposizione di *acquicludi* e di falde idriche in pressione. In questa porzione di territorio prevalgono pertanto depositi a permeabilità medio bassa, utili come protezione delle acque di qualità profonde.

Il limite fra l'Alta e la Medio – Bassa Pianura è segnato dal limite superiore della fascia delle risorgive, cioè la zona entro cui la superficie piezometrica intercetta quella topografica con conseguente venuta a giorno della falda freatica. In corrispondenza di tale fascia si origina un fitto sistema idrografico costituito dai fiumi di risorgiva che, nel corso del Quaternario, hanno contribuito alla formazione della struttura sedimentaria della Media e Bassa Pianura.

Nello specifico, il sito di studio ricade in corrispondenza dell'Alta Pianura, dove lo spesso materasso alluvionale costituito da depositi ghiaiosi e sabbiosi rappresenta 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 dalla porzione Nord – occidentale verso quella Sud – orientale della città. In corrispondenza dell'area di studio si individua un generale deflusso sotterraneo locale con direzione Nord Ovest - Sud Est e gradiente idraulico valutabile in un 1‰ ca.

Con riferimento alla “*Carta idrogeologica dell’Alta Pianura dell’Adige*” (v. figura seguente), è possibile dedurre come in corrispondenza del sito d’interesse progettuale (quota altimetrica minima di 57,5 m ca. s.l.m.m.) la superficie della falda freatica si collochi in periodo di morbida ad una quota prossima a 51 m s.l.m.m., tale da non interferire in alcun modo con l’intervento edificatorio proposto.

Fig. 14. Estratto dalla “*Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura dell’Adige*” (Dal Prà A. e De Rossi P., 1989). La profondità della falda è stata misurata nel 1986. In rosso l’ubicazione del sito di studio.



→ Alla luce del contesto idrogeologico locale e delle informazioni bibliografiche raccolte si ritiene che lo sviluppo edilizio all’interno del comparto del PUA in esame non interferirà direttamente con la falda freatica e con le attuali dinamiche di deflusso delle acque sotterranee.

Dall’analisi dell’estratto dalla “*Carta delle Particolarità Idrogeologiche*” del P.T.P. (v. Fig. 15 alla pagina seguente) emerge come l’area oggetto di studio ricada in un ambito a permeabilità generalmente elevata per porosità che determina una vulnerabilità idrogeologica elevata. In merito a tale aspetto, pur rimandando al Cap. 9 per maggior dettaglio, va detto come i depositi in giacitura naturale riscontrati in fase d’indagine risultino in generale caratterizzati da un buon grado di permeabilità in virtù della composizione prevalentemente grossolana che li caratterizza. Dotati di composizione e grado di addensamento/consistenza eterogenei i materiali di riempimento risultano dotati di un grado di permeabilità variabile seppur (alla luce di quanto emerso puntualmente in fase d’indagine) tendenzialmente basso.

Dal punto di vista idrografico (v. Fig. 16 alla pagina seguente), il più significativo corso d’acqua naturale che scorre nelle vicinanze del sito di studio è rappresentato dal Fiume Adige, la cui sponda destra dista oltre 1,4 km in direzione Est dall’area di intervento. Ad una distanza minima di 320 m a Nord Est rispetto al lotto d’interesse si segnala inoltre il Canale Camuzzoni, corso d’acqua artificiale ad andamento NO - SE che scorre pensile regimato fra argini artificiali.



Fig. 15. Estratto dalla “Carta delle Particolarità Idrogeologiche” del P.T.P. della Provincia di Verona. In rosso l'ubicazione del sito di studio.

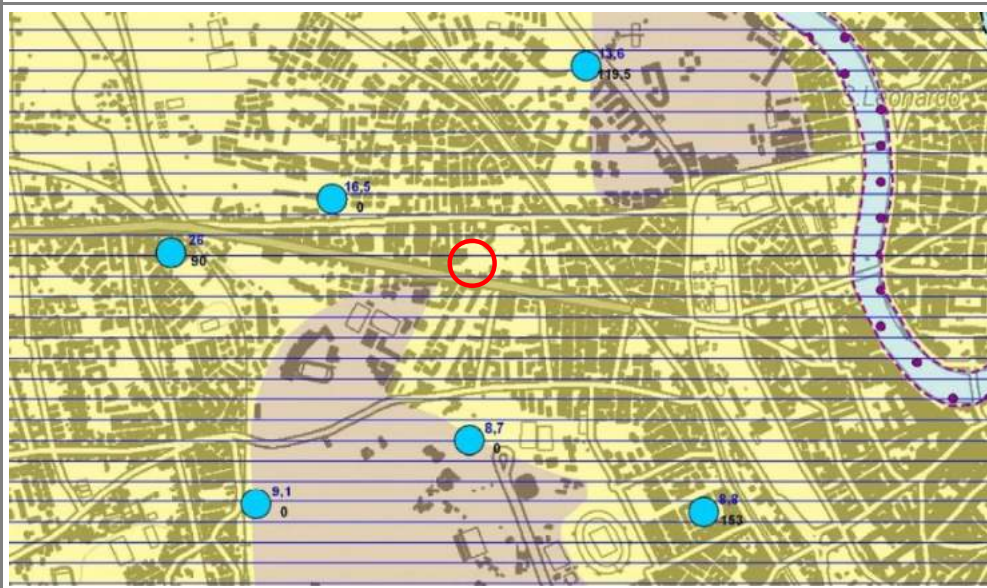
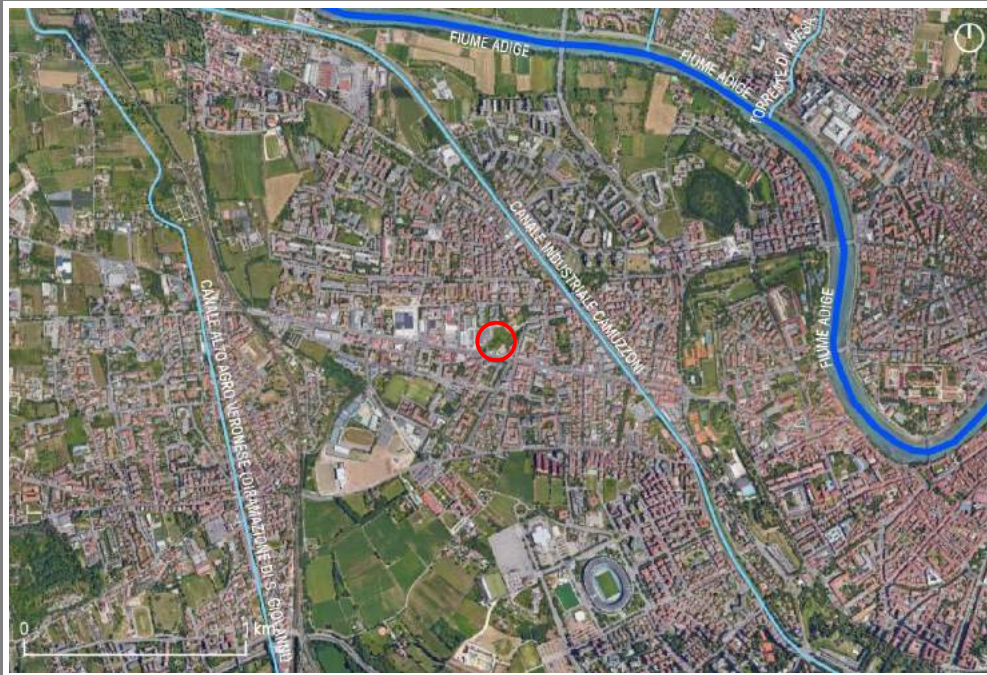


Fig. 16. Estratto da Google Earth con evidenziata la rete idrografica principale (in blu ed azzurro) presente in corrispondenza del sito oggetto di intervento (in rosso).





Dal punto di vista amministrativo, il sito di studio rientra nell'ambito territoriale del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali e dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige e dall'analisi della cartografia prodotta nei rispettivi Piano di Gestione del Rischio Alluvionale (P.G.R.A.) e Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) non ricade fra le aree a pericolosità idraulica né fra quelle a dissesto idrogeologico in esse individuate.

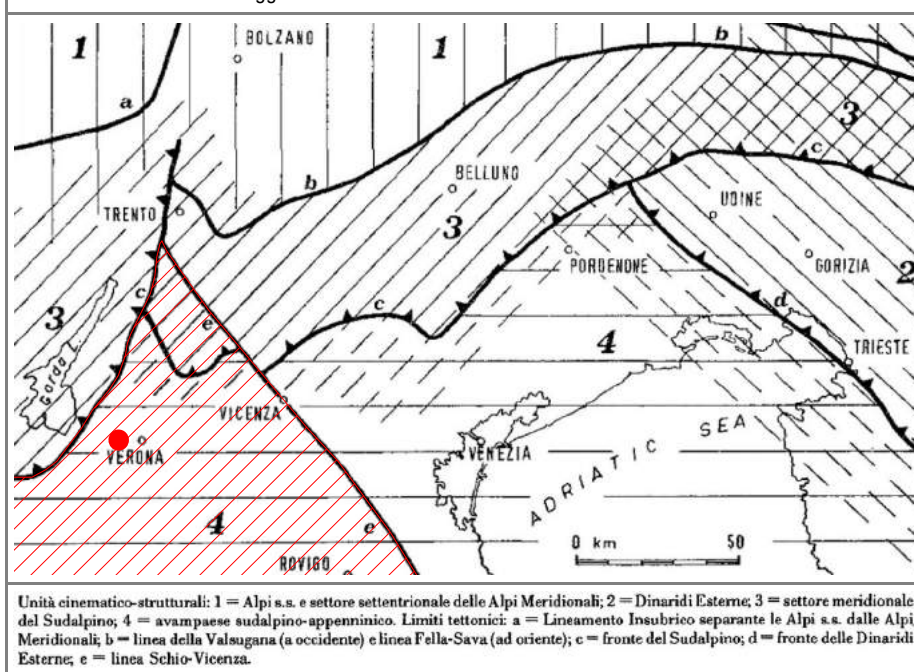
→ L'area di studio si pone al di fuori di aree potenzialmente inondabili e caratterizzate da concentrazione privilegiata delle acque di corrivazione superficiale. Pur in assenza di riscontri diretti in concomitanza di eventi meteorici di una certa intensità, si ritiene che in corrispondenza del sito di studio il deflusso superficiale delle acque di corrivazione avvenga in modo apparentemente uniforme ed in maniera diffusa, seguendo l'andamento morfologico del lotto e senza dar luogo a situazioni caratterizzate da significative difficoltà di drenaggio superficiale e ristagno idrico. Detto ciò, si rimanda all'elaborato *"Tavola 4.2 - Relazione di Compatibilità Idraulica"*, specificatamente redatto al fine di valutare le misure compensative necessarie a garantire l'invarianza idraulica dei luoghi a seguito degli interventi previsti da progetto.

7 INQUADRAMENTO TETTONICO - STRUTTURALE

Sulla base della cinematica, della geodinamica e dell'evoluzione tettonica verificatesi nel Pleistocene medio - Olocene, l'Italia nord - orientale è suddivisibile in quattro unità cinematico - strutturali (Slejko et. alii. 1987 - v. Fig. 17):

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

Fig. 17. Carta delle "Unità cinematico - strutturali dell'Italia Nord Orientale" (da Slejko et alii, 1987). In rosso l'ubicazione del sito oggetto di studio.



Il sito in esame ricade nell'*Avampaese sudalpino – appenninico* (v. Fig. 17 alla pagina precedente), più precisamente nel *settore lessineo meridionale*, una sorta di apofisi padana interposta nel Sudalpino e sovrascorsa ad occidente dai sistemi di embricazione dell'area Garda – Trento. L'area è delimitata ad Est dalla linea Schio – Vicenza che funge da svincolo trascorrente rispetto alle unità alloctone orientali; in corrispondenza di tale unità si raggiungono profondità ipocentrali superiori ai 20 km. L'area denuncia sollevamenti e deformazioni non accentuate con blando basculamento verso Sud. Risultano in attività le faglie dirette.

Con riferimento 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 in particolare nella *fascia pedemontana veronese*, al margine fra l'unità dei Lessini (a Nord) e l'area della pianura mantovano - veronese (a Sud).



In termini di neotettonica, con riferimento al "*Catalogo delle faglie capaci - ITHACA*" redatto dall'ISPRA (v. figura seguente), nella porzione di territorio in cui ricade il sito oggetto di studio si riconoscono alcuni lineamenti tettonici identificabili come "faglie capaci", ossia strutture che hanno generato fagliazione superficiale negli ultimi 125.000 anni e ritenute, pertanto, potenzialmente in grado di creare nuove deformazioni in superficie. In particolare, si segnalano:

- "*Sant'Ambrogio di Valpolicella*": di lunghezza pari a 39,4 km e posta ad una distanza di circa 880 m ca. dall'area d'intervento, è una faglia trascorrente destra orientata in senso NO – SE e risulta caratterizzata da ultima attività nel Pleistocene;
- "*Adige Line*": lineamento tettonico di lunghezza pari a 30 km, orientato in senso NO – SE e collocato indicativamente lungo il margine settentrionale della *fascia pedemontana veronese* definita in precedenza, ad una distanza di 2,0 km ca. rispetto al sito di interesse progettuale. Risulta caratterizzata da attività fino in epoca storica (< 3.000 anni fa).



Fig. 19. Mappa delle “faglie capaci” presenti nella porzione di territorio in esame (estratto dal “*Catalogo delle faglie capaci - ITHACA*”). In giallo l'ubicazione del sito di studio.



- Sebbene in corrispondenza della porzione di territorio in esame si riconosca la presenza di alcuni lineamenti tettonici anche significativi (faglie capaci), si ritiene che questi non interferiscano in modo diretto con l'area d'interesse progettuale in corrispondenza della quale non si rilevano peraltro criticità di carattere tettonico e/o strutturale.

8 SISMICITÀ DELL'AREA

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

- “*CFTI5 Med, Catalogo dei forti terremoti d'Italia (461 a.C. - 1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C. - 1500)*” redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile all'indirizzo <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>: in corrispondenza della porzione di territorio in esame (v. Fig. 20 alla pagina seguente) si riportano sismi storici con magnitudo equivalente sino a 6,8 (evento del veronese, 117), 5,9 (Valle d'Ilasi, 1891) e 5,7 (Salò, 1901) (v. figura seguente);
- portale “*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 3,2 concentrati principalmente nei territori comunali di Negrar e Grezzana (v. Fig. 21 alla pagina seguente).

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

- presenza di faglie o fratture maggiori collegate alle faglie principali;
- instabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica;
- marcate linee di cresta o bruschi cambiamenti di pendenza;
- contatti geologici che mettono a contatto terreni a differente impedenza sismica;
- presenza sui versanti di coltri detritiche o di accumuli franosi (sia attivi che quiescenti);
- vicinanza a scarpate di grande altezza soggette a fenomeni di crollo e/o rotolamento;
- presenza di falda freatica a bassa profondità con sottosuolo costituito da terreni granulari soggetti a liquefazione (sabbie fini o limi sabbiosi poco addensati).

Fig. 20. Estratto dal "CFTI5 Med, *Catalogo dei forti terremoti d'Italia*" che riporta ubicazione e magnitudo dei maggiori sismi registrati nella regione esaminata (I.N.G.V.). In blu l'ubicazione del sito di studio.

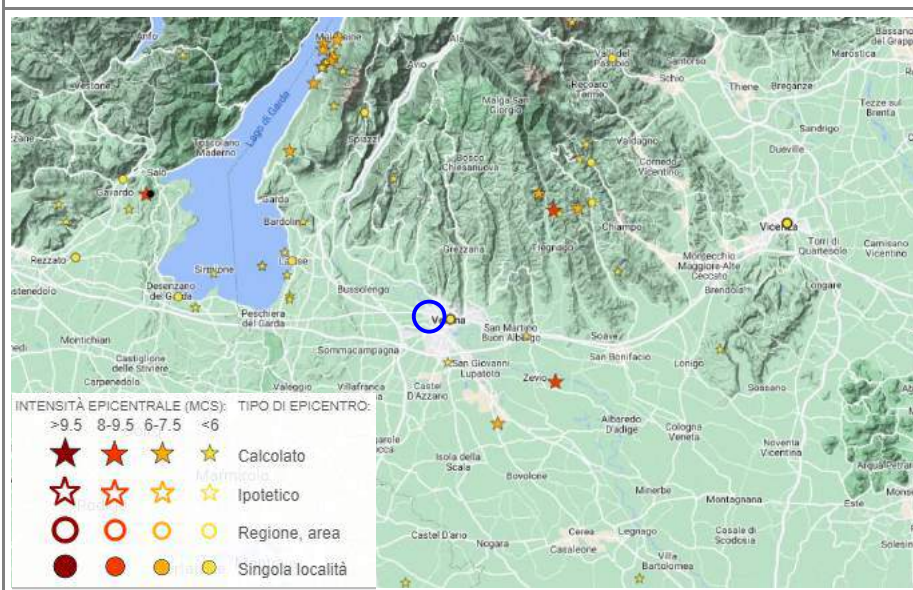


Fig. 21. Ubicazione dei sismi con superiore a 2 registrati dal 1985 ad oggi nella porzione di territorio esaminata (fonte: *Centro Nazionale Terremoti – I.N.G.V.*). In rosso l'ubicazione del sito di studio.



- Con riferimento all'elenco puntato di cui alla pagina precedente si ritiene che l'area di interesse progettuale risulti potenzialmente soggetta a fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico vista la presenza nel primo sottosuolo di terreni diversi da suoli di categoria "A", di cui si dovrà tener conto nel corso della progettazione antisismica.

9 CAMPAGNA INDAGINI

Come già anticipato (cf. Cap. 1), il presente studio si è basato sull'esecuzione di una mirata campagna indagini (v. figura seguente e All. 2 in calce al presente elaborato) finalizzata alla ricostruzione dei modelli geologico, geotecnico e sismico di sito. A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

- n. 06 trincee esplorative;
- n. 05 sondaggi geognostici con prove penetrometriche dinamiche S.P.T. in foro di sondaggio;
- n. 01 prova di permeabilità in pozzetto;
- n. 01 indagine sismica passiva con stendimento di tipo Re.Mi;
- n. 01 indagine sismica passiva a stazione singola HVSR.

Fig. 22. Ubicazione delle indagini condotte in corrispondenza dell'area d'intervento: scavi esplorativi (*in rosso*), sondaggi geognostici (*in arancione*), stendimento sismico Re.Mi. (*in magenta*) e dell'indagine a stazione sigola HVSR (*in giallo*).



9.1. trincee esplorative

Eseguiti con escavatore meccanico e spinti fino alla profondità massima di 3,5 m da piano campagna, gli scavi esplorativi hanno permesso di:

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



Pur rimandando all'Al. 3 in calce al presente elaborato per una dettagliata descrizione delle trincee esplorative effettuate, si riportano di seguito alcune tabelle sinottiche con descrizione litologica delle diverse unità individuate in fase di scavo e le relative profondità rilevate in ciascuna trincea:

UNITÀ	DESCRIZIONE LITOLOGICA
Tv	TERRENO VEGETALE
R ₁	LIMO SABBIOSO di color marrone CON CIOTTOLI, resti di apparati radicali e materiale antropico prevalentemente da demolizione. Orizzonte non in giacitura naturale, asciutto e scarsamente addensato.
R ₂	SABBIA di color avana DEBOLMENTE LIMO – ARGILLOSA con sparsi ciottoli, locali lenti limo – ghiaiose di color marrone e resti antropici misti. Orizzonte non in giacitura naturale, asciutto e scarsamente addensato.
R ₃	SABBIA di color avana CON GHIAIA E CIOTTOLI, presente materiale antropico prevalentemente da demolizione ed elementi lapidei anche di grandi dimensioni.
R ₄	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola con apparati radicali e rari resti di demolizione. Deposito non in giacitura naturale, asciutto e poco addensato, comprensivo dell'orizzonte superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.
R ₅	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO di color marrone con rari trovanti decimetrici. Deposito non in giacitura naturale, da asciutto a debolmente umido, poco consistente.
R ₆	LIMO ARGILLOSO di color marrone con sparsi ciottoli e rari resti di materiale antropico. Deposito non in giacitura naturale, da mediamente consistente a consistente, da asciutto a debolmente umido.
G	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola CON CIOTTOLI. Poligenici ed eterogranulari gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche con trovanti pluridecimetrici, medio bassa sfericità e buon arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, asciutto e mediamente addensato.
S	SABBIA color nocciola. Deposito in giacitura naturale, asciutto, da poco a mediamente addensato.

UNITÀ	PROFONDITÀ (m da p.c.)					
	T1 (63,8 m s.l.m.m.)	T2 (64,2 m s.l.m.m.)	T3 (64,2 m s.l.m.m.)	T4 (58,0 m s.l.m.m.)	T5 (58,2 m s.l.m.m.)	T6 (59,2 m s.l.m.m.)
R ₁	0,0 ÷ 0,8	0,0 ÷ 0,7	0,0 ÷ 1,1	-	-	-
R ₂	0,8 ÷ 3,3*	0,7 ÷ 1,7	-	-	-	-
R ₃	-	1,7 ÷ 3,3*	1,1 ÷ 3,2*	-	-	-
R ₄	-	-	-	0,0 ÷ 0,4	0,0 ÷ 0,4	0,0 ÷ 0,4
R ₅	-	-	-	0,4 ÷ 2,0	1,1 ÷ 2,8 *	1,7 ÷ 2,3
R ₆	-	-	-	-	0,4 ÷ 1,1	0,4 ÷ 1,7
G	-	-	-	2,0 ÷ 3,3	-	2,3 ÷ 3,6*
S	-	-	-	3,3 ÷ 3,5*	-	-

* massima profondità raggiunta in fase di scavo

Alla luce di quanto emerso in fase di scavo è inoltre possibile evidenziare quanto segue:

- in corrispondenza della zona ribassata del lotto comprendente, come visto, le porzioni centrale e orientale (trincee di riferimento T4, T5 e T6), un livello di materiale non in giacitura naturale, spessore metrico e composizione da ghiaioso - sabbioso (unità R₄) a prevalentemente limosa (unità R₅ e R₆) sottende depositi naturali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa;
- *continua* –

- segue -

- in corrispondenza della porzione occidentale del lotto (trincee di riferimento: T1, T2 e T3) sono stati rinvenuti depositi non in giacitura naturale a composizione prevalentemente limosa e sabbiosa, sino alla massima profondità raggiunta;
- le pareti delle trincee hanno mantenuto una buona verticalità per tutta la durata degli scavi, senza mostrare segni di scavamento;
- non è stata rilevata alcuna venuta d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo sino alla massima profondità raggiunta (pari a 3,5 m ca. da p.c. in corrispondenza della trincea T4).

9.2. sondaggi geognostici

Come già anticipato in precedenza, nel corso della campagna indagini condotta nell'ambito del presente studio sono stati eseguiti n. 05 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di 10 m da p.c.

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 $\varnothing = 101$ mm. Il sostegno delle pareti dei fori di sondaggio è stato ottenuto lasciando in sito durante la perforazione tubazioni metalliche di rivestimento da $\varnothing = 127$ mm per tutta la durata del sondaggio. Le campionature continue rimaneggiate sono state adeguatamente sistemate in apposite cassette catalogatrici e fotografate a fine sondaggio.

Si specifica infine come durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove speditive sulle carote, laddove possibile in relazione alle caratteristiche dei materiali rinvenuti ed un totale n. 20 prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (S.P.T.) la cui analisi è riportata al Par. 9.2.1.

Fig. 23. Particolari delle fasi di esecuzione del sondaggio S1 (a sx) e delle relative prove SPT (a dx).





Pur rimandando all'All. 4 per maggior dettaglio, nelle tabelle riportate a seguire si descrive l'assetto stratigrafico emerso dall'esecuzione di ciascun sondaggio.

S1 - prof.: 10,0 m da p.c. - quota piano campagna: 63,6 m s.l.m.m.

UNITÀ	PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R	0,0 ÷ 0,2	0,2	SABBIA LIMOSA di color marrone. Presenti elementi di origine antropica (laterizi e frammenti di plastica) di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito sciolto.
	0,2 ÷ 0,8	0,6	SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA con sparsa ghiaia. Presenti elementi di natura antropica (laterizi e vetro). Deposito asciutto, sciolto e non in giacitura naturale.
	0,8 ÷ 1,0	0,2	LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO CON GHIAIA. Presenti elementi di natura antropica (laterizi). Deposito da poco consistente a consistente, non in giacitura naturale.
	1,0 ÷ 1,5	0,5	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA. Presenti rari elementi di natura antropica (laterizi). Deposito asciutto, poco addensato, non in giacitura naturale.
	1,5 ÷ 6,0	4,5	LIMO DEBOLMENTE SABBIOSO CON RARA GHIAIA. Presenti elementi di natura antropica (laterizi e plastica). Da 3,0 m da p.c. la percentuale di componente antropica diminuisce. Deposito debolmente umido, poco consistente e non in giacitura naturale.
	6,0 ÷ 7,3	1,3	SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIA. Presenti elementi di natura antropica (laterizi e plastica). Deposito asciutto, da sciolto a mediamente addensato, non in giacitura naturale.
	7,3 ÷ 9,0	1,7	ARGILLA LIMOSA. Presenti rari elementi di natura antropica (laterizi) e lapidei. Deposito da consistente a molto consistente, non in giacitura naturale.
S	9,0 ÷ 9,5	0,5	SABBIA FINE GHIAIOSA. Deposito poco umido, mediamente addensato e in giacitura naturale.
G	9,5 ÷ 10,0*	0,5*	GHIAIA CON SABBIA. Deposito granosostenuto, molto addensato, asciutto e in giacitura naturale.

* massima profondità raggiunta e spessore rilevato in fase d'indagine

S2 - prof.: 6,0 m da p.c. - quota piano campagna: 64,2 m s.l.m.m.

UNITÀ	PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R	0,0 ÷ 0,4	0,4	SABBIA FINE LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA con apparati radicali nella parte superficiale. Presenti vari elementi di natura antropica (laterizi). L'orizzonte si presenta da asciutto a debolmente umido, molto sciolto e non in giacitura naturale.
	0,4 ÷ 3,5	3,1	SABBIA FINE LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA Presenti rari elementi di natura antropica (laterizi, mattonelle e vetro). Il deposito si presenta da asciutto a debolmente umido, molto sciolto e non in giacitura naturale.
	3,5 ÷ 4,6	1,1	LIMO SABBIOSO GHIAIOSO. Presenti elementi di natura antropica (laterizi). Deposito debolmente umido, poco consistente e non in giacitura naturale.
	4,6 ÷ 6,0	1,4	SABBIA FINE LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA. Presenti rari inclusi di argilla limosa compatta e sparsi elementi vegetali. Deposito da asciutto a debolmente umido, da sciolto a mediamente addensato e non in giacitura naturale.
	1,5 ÷ 6,0*	4,5*	LIMO DEBOLMENTE SABBIOSO CON RARA GHIAIA. Presenti elementi di natura antropica (laterizi e plastica) di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Da 3,0 m da p.c. locale la percentuale di componente antropica diminuisce. Deposito debolmente umido, poco consistente e non in giacitura naturale.

* massima profondità raggiunta e spessore rilevato in fase d'indagine



S3 - prof.: 3,0 m da p.c. - quota piano campagna: 65,0 m s.l.m.m.

UNITÀ	PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R	0,0 ÷ 1,4	1,4	SABBIA LIMOSO - GHIAIOSA. Presenti resti di natura antropica (laterizi). Deposito asciutto, mediamente addensato e non in giacitura naturale.
	1,4 ÷ 1,7	0,3	ARGILLA LIMOSA. Presenti rari elementi di natura antropica (laterizi) e rari ciottoli. Deposito da consistente a molto consistente, non in giacitura naturale.
G	1,7 ÷ 3,0*	1,3*	GHIAIA CON SABBIA. Deposito granosostenuto, asciutto, molto addensato e in giacitura naturale.

* massima profondità raggiunta e spessore rilevato in fase d'indagine

S4 - prof.: 6,6 m da p.c. - quota piano campagna: 59,5 m s.l.m.m.

UNITÀ	PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R	0,0 ÷ 0,5	0,5	GHIAIA CON SABBIA. Deposito sciolto, non in giacitura naturale.
	0,5 ÷ 1,0	0,5	LIMO ARGILLOSO CON GHIAIA. Presenti resti di origine antropica. Deposito da poco a mediamente consistente, non in giacitura naturale.
	1,0 ÷ 3,1	2,1	LIMO CON ARGILLA. Presenti rari elementi antropici (laterizi) ed isolati ciottoli. Con l'aumentare della profondità la percentuale di componente antropica diminuisce mentre la componente limosa aumenta a discapito di quella argillosa. Orizzonte da mediamente a ben consistente, da asciutto a debolmente umido, non in giacitura naturale.
S	3,1 ÷ 6,3	3,2	SABBIA FINE DEBOLMENTE GHIAIOSA. Deposito poco umido, da sciolto a mediamente addensato e in giacitura naturale.
G	6,3 ÷ 6,6*	0,3*	GHIAIA CON SABBIA. Deposito granosostenuto, asciutto, ben addensato e in giacitura naturale.

* massima profondità raggiunta e spessore rilevato in fase d'indagine

S5 - prof.: 4,5 m da p.c. - quota piano campagna: 58,0 m s.l.m.m.

UNITÀ	PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R	0,0 ÷ 0,05	0,05	LIMO ARGILLOSO con apparati radicali. Depositi poco consistente, non in giacitura naturale.
	0,05 ÷ 0,5	0,45	GHIAIA CON SABBIA. Orizzonte poco addensato, asciutto, non in giacitura naturale.
	0,5 ÷ 1,0	0,5	LIMO con frustoli di legno e rari frammenti di vetro. Orizzonte consistente, asciutto, non in giacitura naturale.
	1,0 ÷ 1,4	0,4	ARGILLA. Orizzonte mediamente consistente, debolmente umido, non in giacitura naturale.
G	1,4 ÷ 3,0	1,6	GHIAIA IN MATRICE SABBIOSA. Deposito mediamente addensato, asciutto, in giacitura naturale.
S	3,0 ÷ 3,6	0,6	SABBIA FINE LIMOSA CON GHIAIA medio - fine. Deposito da asciutto a debolmente umido, mediamente addensato ed in giacitura naturale.
G	3,6 ÷ 4,5*	0,9*	GHIAIA CON SABBIA. Deposito granosostenuto, mediamente addensato, asciutto e in giacitura naturale.

* massima profondità raggiunta e spessore rilevato in fase d'indagine

9.2.1. prove penetrometriche dinamiche (SPT)

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 campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio.



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: $N_{SPT} = N_2 + N_3$

Le prove S.P.T. sono state eseguite ad intervalli regolari di 1,5 m di profondità sino alla massima profondità raggiunta per ciascun foro di sondaggio ad esclusione della verticale "S1" ove le ultime due prove sono state eseguite a distanza di un metro l'una dall'altra. Nelle tabelle a seguire si riportano, per foro di sondaggio, numero e profondità delle prove eseguite nonché, per ciascuna prova, litologia interessata e valore di S.P.T. registrato.

S1	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. ($N_1 / N_2 / N_3$)	N_{SPT}	PUNTA
	1	1,50	R	no	5/5/6	11	chiusa
	2	3,00	R	no	6/7/5	12	chiusa
	3	4,50	R	no	8/10/8	18	chiusa
	4	6,0	R	no	6/7/18	25	chiusa
	5	7,5	R	no	8/11/14	25	chiusa
	6	9,0	S	no	14/14/13	27	chiusa
	7	10,0	G	no	50/-/-	rif.*	chiusa

S2	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. ($N_1 / N_2 / N_3$)	N_{SPT}	PUNTA
	1	1,50	R	no	4/3/2	5	chiusa
	2	3,00	R	no	50/-/-	rif. *	chiusa
	3	4,50	R	no	9/26/14	40	chiusa
	4	6,00	R	no	4/8/5	13	chiusa

S3	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. ($N_1 / N_2 / N_3$)	N_{SPT}	PUNTA
	1	1,50	R	no	9/6/8	14	chiusa
	2	3,00	G	no	50/-/-	rif. *	chiusa

S4	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. ($N_1 / N_2 / N_3$)	N_{SPT}	PUNTA
	1	1,50	R	no	4/3/10	13	chiusa
	2	3,00	S	no	6/7/10	17	chiusa
	3	4,50	S	no	6/7/7	14	chiusa
	4	6,00	S/G	no	9/11/30	41	chiusa

S5	N. PROVA	PROFONDITÀ	UNITA'	FALDA	S.P.T. ($N_1 / N_2 / N_3$)	N_{SPT}	PUNTA
	1	1,50	G	no	35/>100	rif. *	chiusa
	2	3,00	S	no	9/10/11	21	chiusa
	3	4,50	G	no	17/17/13	30	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.).



Pur rimandando al Cap. 11 per una più completa trattazione delle tematiche di carattere geotecnico, nel seguito vengono brevemente riportate le indicazioni in termini di grado di addensamento dei depositi testati, desunte dall'analisi dei dati raccolti facendo specifico riferimento alle correlazioni di vari autori (v. tabella seguente – Terzaghi e Peck, 1967; Gibbs e Holtz, 1957; parzialmente inclusa nelle raccomandazioni AGI).

NSPT	ADDENSAMENTO	DENSITÀ RELATIVA
0 ÷ 4	molto sciolti	0 ÷ 15 %
4 ÷ 10	sciolti	15 ÷ 35 %
10 ÷ 30	mediamente addensati	35 ÷ 65 %
30 ÷ 50	addensati	65 ÷ 85 %
> 50	molto addensati	85 ÷ 100 %

Con riferimento a quanto emerso in fase d'indagine si specifica che:

- i materiali non in giacitura naturale si presentano tendenzialmente da sciolti a mediamente addensati. Il rifiuto strumentale rilevato in corrispondenza della verticale di sondaggio "S2" risulta imputabile alla presenza di materiale antropico di dimensioni tali da non consentire l'avanzamento;
- riconducibili a litologie prevalentemente ghiaiose e sabbiose, i depositi in giacitura naturale si presentano invece da mediamente addensati ad addensati.

9.3. prova di permeabilità in pozzetto

La permeabilità (o *conducibilità idraulica*) è l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico. La resistenza offerta dal materiale al deflusso dell'acqua viene misurata col *coefficiente di permeabilità* k , che rappresenta il volume di liquido (in 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 dallo schema riportato nella figura seguente, passando da valori di 10⁻¹ m/s per terreni a granulometria grossolana a valori fino a 10⁻¹¹ m/s per argille omogenee.

Fig. 24. Classi di permeabilità dei terreni.

k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						



Tale significativa 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.

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

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

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

dove:

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

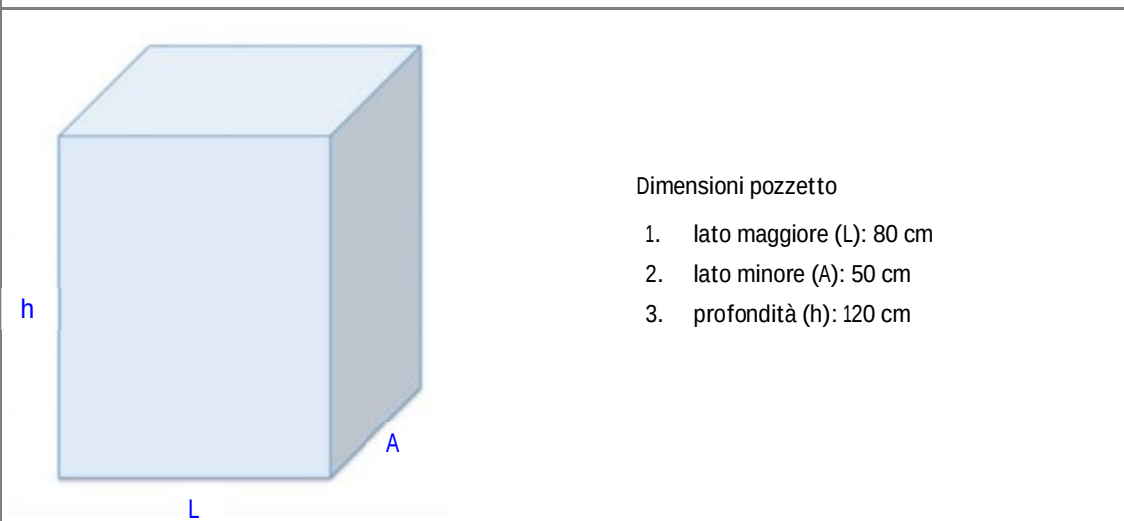
La prova di permeabilità è stata condotta nella porzione Nord occidentale dell'area d'intervento (v. ubicazione in Fig. 22 a pagina 22 ed in All. 2 in calce al testo, nonché postazione riportata nella figura seguente), realizzando un pozzetto di forma regolare secondo le dimensioni riportate nella tabella alla pagina seguente.

Fig. 25. Postazione di realizzazione del pozzetto per l'esecuzione della prova di permeabilità.





Fig. 26. Schema rappresentativo del pozzetto della prova PP e relative caratteristiche dimensionali.



Nella tabella seguente viene quindi schematizzata la stratigrafia rilevata all'apertura dello scavo da cui emerge come l'orizzonte testato in fase di prova sia riconducibile a materiale non in giacitura naturale ed a composizione prevalentemente sabbiosa.

PP - prof.: 1,2 m da p.c. - quota piano campagna: 65,1 m s.l.m.m.

PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
0,0 ÷ 1,2	SABBIA LIMOSO - GHIAIOSA di color marrone. Presenza di resti antropici di natura mista. Deposito debolmente umido, da poco a mediamente addensato.

- L'elaborazione dei dati acquisiti (cfr. All. 5 in calce al presente elaborato) ha consentito di ricavare un valore del coefficiente di permeabilità k dell'ordine di 2×10^{-4} m/s, un dato compatibile con la natura prevalentemente sabbioso limosa dei terreni costituenti il primo sottosuolo e dal medio – basso grado di addensamento che li caratterizza.
- In ragione dell'assetto stratigrafico rilevato, si suggerisce di considerare tale dato in via cautelativa in quanto derivante dall'esecuzione di un'indagine puntuale.

9.4. indagine sismica di superficie (Re.Mi e HVSR)

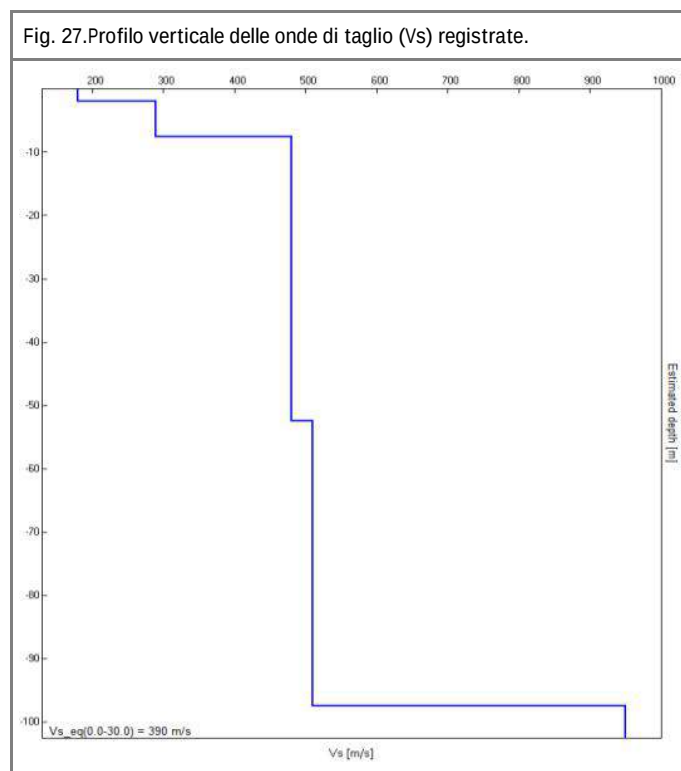
Come già detto, il presente studio ha visto l'esecuzione di una campagna indagini a carattere sismico (v. All. 6 in calce al presente elaborato) sviluppatasi attraverso l'esecuzione di:

- n. 01 prospezione sismica con tecnica passiva Re.Mi;
- n. 01 registrazione del rumore sismico ambientale a stazione singola con tecnica H.V.S.R.

L'indagine Re.Mi (*Refraction Microtremors*), sviluppata in un *array* lineare con n. 16 geofoni posti ad una distanza reciproca costante di 3 m per una lunghezza complessiva di 45 m, ha permesso di ricostruire l'assetto sismo - stratigrafico del sottosuolo e calcolare i valori di $V_{s, \text{equivalente}}$ a partire dal profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s) per la determinazione della Categoria del Sottosuolo di fondazione.



Il modello sismo - stratigrafico ricostruito permette di riconoscere un primo sismo – strato superficiale caratterizzato da materiali moderatamente addensati fino a 2 m da p.c. locale ($V_s \approx 180$ m/s), segue un incremento delle velocità delle onde di taglio ($V_s \approx 180$ m/s) con l'aumentare della profondità sino ad attestarsi ($V_s \approx 510$ m/s) ad una profondità di 7,5 m da p.c. Sottende un ulteriore incremento delle velocità ($V_s \approx 180$ m/s) sino a raggiungere una profondità di 53 m da p.c. Ad una profondità di 98 m da p.c. è stato evidenziato il substrato roccioso ($V_s \approx 950$ m/s) cui le velocità delle onde di taglio raggiungono valori superiori agli 800 m/s (v. figura seguente).



SISMOSTRATI	PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	V_s (m/s)
I sismostrato	0,0 ÷ 2,0	2,0	180
II sismostrato	2,0 ÷ 7,5	5,5	290
III sismostrato	7,5 ÷ ≈ 53	45	480
IV sismostrato	≈ 53 ÷ ≈ 98	45	510
V sismostrato	≈ 98 ÷ inf.	semisp.	950

Dai risultati delle indagini condotte è stato infine possibile ricavare la Categoria di Sottosuolo attraverso il calcolo della velocità equivalente ($V_{s,eq}$) di propagazione delle onde di taglio, definita secondo quanto indicato nel D.M. 17/01/2018 dalla seguente relazione.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore (in m) dell' i esimo strato;
 $V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s (*bedrock* sismico). Nel caso di fondazioni superficiali tale profondità va riferita al piano di imposta delle stesse.



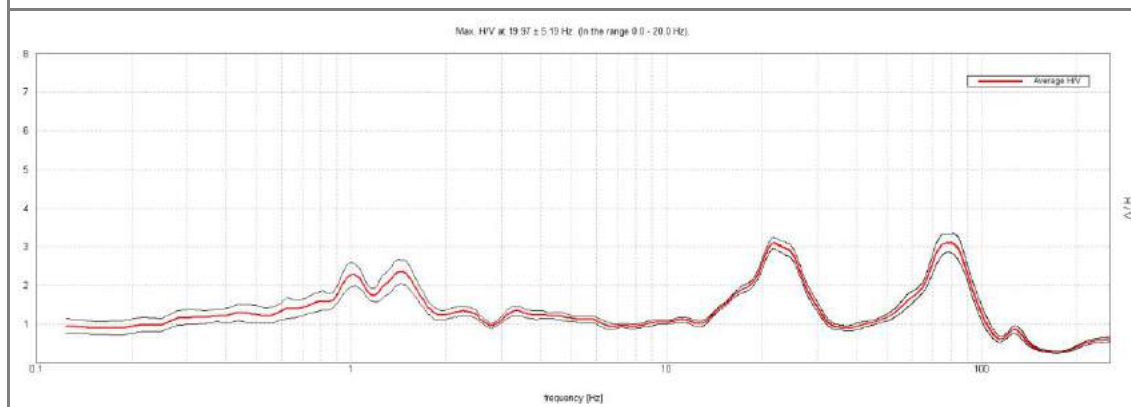
Per quanto riguarda specificatamente il sito di studio va detto come l'indagine sismica sia stata realizzata in corrispondenza della porzione Nord occidentale del lotto, ad una quota altimetrica compresa tra 64,5 e 65,4 m s.l.m.m. Nella tabella seguente si riportano quindi i valori di $V_{s,eq}$ calcolati a partire da differenti profondità del piano di fondazione rispetto alla quota di esecuzione dell'indagine.

PROFONDITÀ PIANO DI POSA DELLE FONDAZIONI	$V_{s,eq}$ (m/s)	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
0,0 m dal p.c.	$V_s (0 - 30) \approx 390$	B
- 1,0 m dal p.c.	$V_s (1 - 31) \approx 408$	B
- 2,0 m dal p.c.	$V_s (2 - 32) \approx 429$	B
- 3,0 m dal p.c.	$V_s (3 - 33) \approx 437$	B
- 4,0 m dal p.c.	$V_s (4 - 34) \approx 446$	B
- 5,0 m dal p.c.	$V_s (5 - 35) \approx 455$	B
- 6,0 m dal p.c.	$V_s (6 - 36) \approx 465$	B

- Alla luce di quanto emerso dall'elaborazione dei dati acquisiti e sulla base di quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, il sottosuolo del sito d'indagine è pertanto ascrivibile alla categoria di sottosuolo "B": *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."*

Per quanto riguarda la misura del rumore sismico ambientale, dall'analisi della curva del rapporto spettrale H/V (v. figura seguente) emerge la presenza di due picchi rispettivamente centrati a 20 Hz ca. e 1 Hz ca.

Fig. 28. Rapporto spettrale H/V misurato dall'indagine H.V.S.R.: curva spettrale media (in rosso), e intervallo di confidenza (in nero).

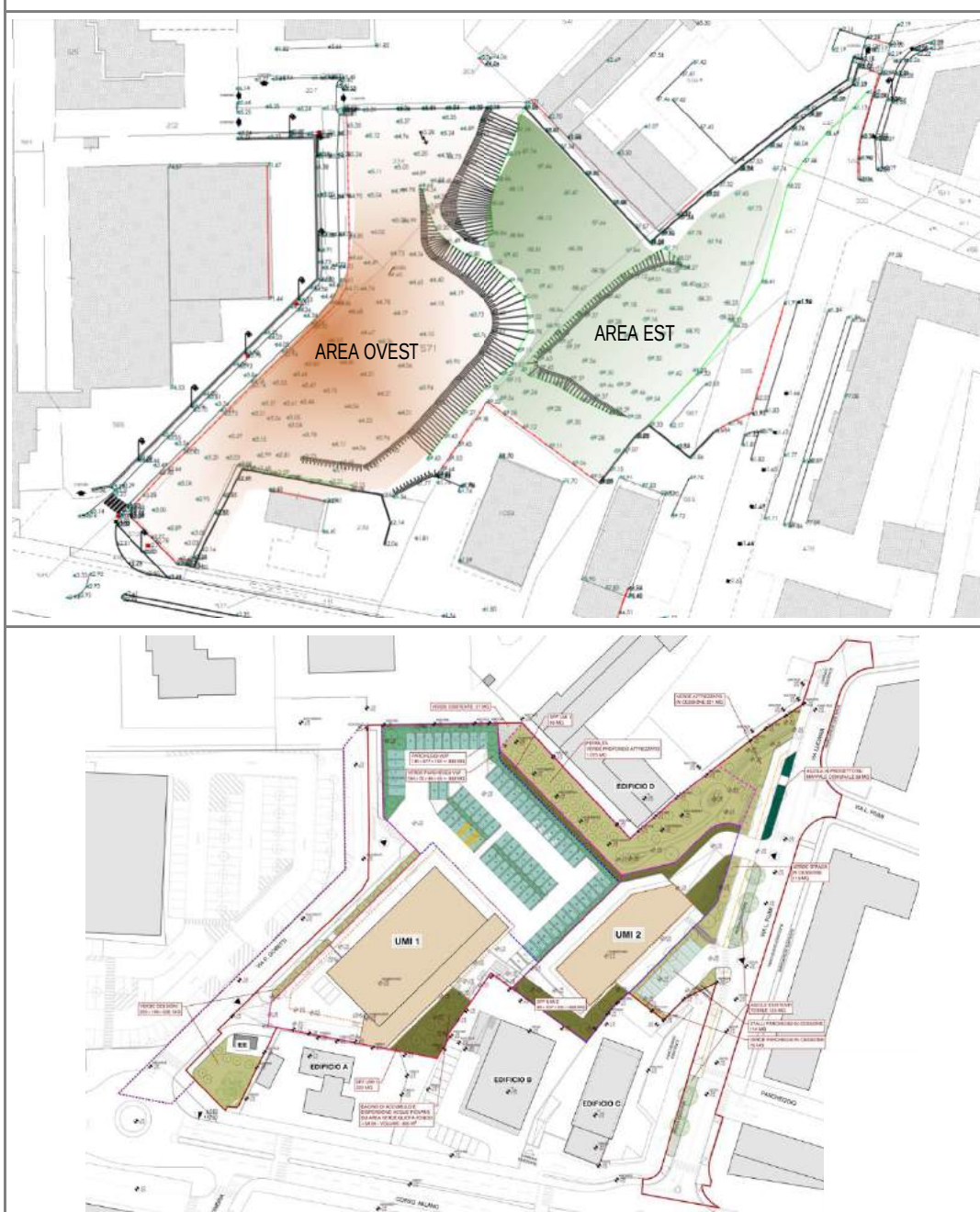


- Alla luce di quanto emerso si ritiene di considerare la frequenza pari a 20 Hz ca. come frequenza fondamentale di sito (f_0). Nel caso specifico il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.

10 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Alla luce delle fonti bibliografiche, cartografiche e d'archivio consultate nonché di quanto specificatamente emerso nel corso delle indagini condotte ed in precedenza descritte, è stato possibile ricostruire il modello geologico di riferimento per il sito in esame. In particolare, con riferimento alla suddivisione areale già indicata nel Cap. 5 e riportata per chiarezza di esposizione nella figura seguente, è possibile fornire due distinti modelli geologici attribuibili rispettivamente alla porzione occidentale del lotto ("area Ovest") ed oggetto di significative attività di riempimento ed a quella centro – orientale ("area Est") interessata da più modesti interventi di riprofilatura.

Fig. 29. *Sotto*: rilievo topografico dell'area su base catastale con indicata *in rosso* la porzione Ovest (quota grossomodo coincidente con quella di Via Pietro Gobetti) ed *in verde* la porzione Est. *In basso*: estratto da tavole progettuali del "Fascicolo 7 – Planivolumetrico".





MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO "AREA OVEST"

UNITÀ GEOLOGICA	SPESSORE (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R OVEST	1,7 ÷ 9,0	Orizzonte non in giacitura naturale rappresentato da prevalenti SABBIA LIMOSA ÷ LIMO SABBIOSO CON GHIAIA da poco a mediamente addensati. Seppur eterogeneo, presenta una certa stratificazione legata alle fasi di riprofilatura e riempimento operate per cui si riconoscono in profondità ORIZZONTI LIMOSI dotati di buona consistenza nonché caratterizzati da scarsa continuità laterale. Presenti elementi antropici di natura mista, in tendenziale diminuzione con la profondità. Tale orizzonte risulta comprensivo di uno strato superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.
S	0,0 ÷ 0,5	SABBIA FINE GHIAIOSA. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche e centimetriche, bassa - media sfericità, medio arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, mediamente addensato.
G	0,3* ÷ -	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola CON CIOTTOLI. Poligenici ed eterogranulari gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche con trovanti pluridecimetrici, medio bassa sfericità e buon arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da mediamente a ben addensato.

* massimo spessore rinvenuto in fase d'indagine

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO "AREA EST"

UNITÀ GEOLOGICA	SPESSORE (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
R EST	1,4 ÷ 3,1	Orizzonte non in giacitura naturale rappresentato da uno strato superficiale di GHIAIA SABBIOSA poco addensato sottostante LIMO DA SABBIOSO AD ARGILLOSO con grado di consistenza in aumento con la profondità. Presenti elementi antropici di natura mista, in tendenziale diminuzione con la profondità. Tale orizzonte risulta comprensivo di uno strato superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.
G	0,0 ÷ 1,3	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola CON CIOTTOLI. Poligenici ed eterogranulari gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche con trovanti pluridecimetrici, medio bassa sfericità e buon arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da mediamente a ben addensato.
S	0,6 ÷ 3,2	SABBIA LIMOSA di color nocciola DEBOLMENTE GHIAIOSA. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche e centimetriche, bassa - media sfericità, medio arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da sciolto a mediamente addensato.
G	0,9* ÷ -	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola CON CIOTTOLI. Poligenici ed eterogranulari gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche con trovanti pluridecimetrici, medio bassa sfericità e buon arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, da mediamente a ben addensato.

* massimo spessore rinvenuto in fase d'indagine

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

- il modello stratigrafico locale rispecchia quanto ricostruito sulla base delle fonti bibliografiche e cartografiche consultate, nonché ipotizzabile dall'analisi morfologica dei luoghi;
- depositi a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa dotati di un buon grado di addensamento si presentano sottesi da un orizzonte di materiale non in giacitura naturale caratterizzato da composizione mista e spessore significativamente variabile tra 3 m ca. in corrispondenza della porzione orientale sino a 9 m ca. in corrispondenza di quella occidentale. Tale orizzonte risulta caratterizzato dalla presenza di materiale antropico di natura mista, in tendenziale diminuzione con la profondità;
- alla luce dell'assetto idrogeologico ricostruito, si ritiene che la falda freatica si collochi a profondità tali da non interferire con il previsto sviluppo edilizio.



11 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Alla luce dei dati raccolti nel corso della fase geognostica condotta e sulla base dell'esperienza maturata dallo scrivente in lavori svolti nel medesimo contesto geolitologico, si fornisce di seguito una parametrizzazione geotecnica delle unità individuate.

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO "AREA OVEST"

UNITÀ GEOTECNICA	PROF. (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	COMP.	γ_{nat} (kN/m ³)	φ' (°)	E _y (MPa)
R OVEST	0,0 ÷ 1,7/9,0	sabbia limosa ÷ limo sabbioso con ghiaia non in giacitura naturale	incoerente	17 ÷ 18	28 ÷ 34	20 ÷ 40
Gs	> 1,7/9,0	ghiaia e sabbia	incoerente	19 ÷ 20	34 ÷ 38	30 ÷ 45

γ_{nat} = peso di volume; φ' = angolo d'attrito, E_y = modulo elastico

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO "AREA EST"

UNITÀ GEOTECNICA	PROF. (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	COMP.	γ_{nat} (kN/m ³)	φ' (°)	E _y (MPa)
R EST	0,0 ÷ 2,3/3,1	ghiaia sabbiosa e limo da sabbioso ad argilloso, non in giacitura naturale	incoerente	17 ÷ 18	28 ÷ 30	25 ÷ 30
Gs	> 2,3/3,1	ghiaia e sabbia	incoerente	19 ÷ 20	34 ÷ 38	30 ÷ 45

γ_{nat} = peso di volume; φ' = angolo d'attrito, E_y = modulo elastico

Con riferimento a quanto sopra si specificano i seguenti aspetti:

- analogamente a quanto proposto nella ricostruzione del modello geologico di riferimento, la parametrizzazione geotecnica dei materiali non in giacitura naturale è stata condotta distinguendo quelli riscontrati nella porzione occidentale del lotto rispetto a quelli individuati nella porzione centro – orientale; i depositi in giacitura naturale, ascrivibili alle unità geologiche "S" e "G" sono stati invece riuniti in un'unica unità geotecnica denominata "Gs";
- i parametri geotecnici sono stati derivati dall'elaborazione dei dati rilevati in fase geognostica (prove penetrometriche dinamiche S.P.T. in foro di sondaggio). Escludendo le prove andate a rifiuto, ai valori di N_{SPT} relativi a tali prove 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 (unicamente per i parametri di densità relativa e angolo d'attrito) 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, sono state applicate le seguenti correlazioni, scelte in funzione della natura, del comportamento prevalente del materiale testato e della profondità di esecuzione della prova:

PARAMETRO	CORRELAZIONE
Angolo d'attrito (φ)	<i>Meyerhof – De Mello</i>
Modulo di Young (E _y)	<i>D'Appolonia et al.</i>

- continua -



- segue -

- pur evidenziando la validità di quanto sopra esposto in termini di parametrizzazione geotecnica, si sottolinea come i valori ottenuti derivino dall'esecuzione di prove puntuali. In ragione di ciò, con specifico riferimento ai materiali non in giacitura naturale, si ritiene di evidenziare la necessità (nel corso delle successive fasi progettuali una volta definite le caratteristiche degli specifici interventi edilizi) di un approfondimento d'indagine volto a mettere in luce l'eventuale variabilità laterale della parametrizzazione finora ricostruita.

12 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO PROGETTUALE

Con specifico riferimento alle recenti modifiche alla zonizzazione sismica introdotte dalla D.G.R.V. n. 244/2021, il Comune di Verona rientra in zona sismica 2.

Detto ciò, la normativa nazionale definisce la *pericolosità sismica di base* del sito di costruzione in termini di accelerazione massima orizzontale attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido ($V_s > 800$ m/s) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, 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.

Considerato l'effetto topografico sulla risposta sismica locale, alla luce della morfologia del territorio entro cui si colloca l'area di studio il coefficiente di amplificazione topografica si ritiene pari a $S_T = 1,00$ (categoria "T1": *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

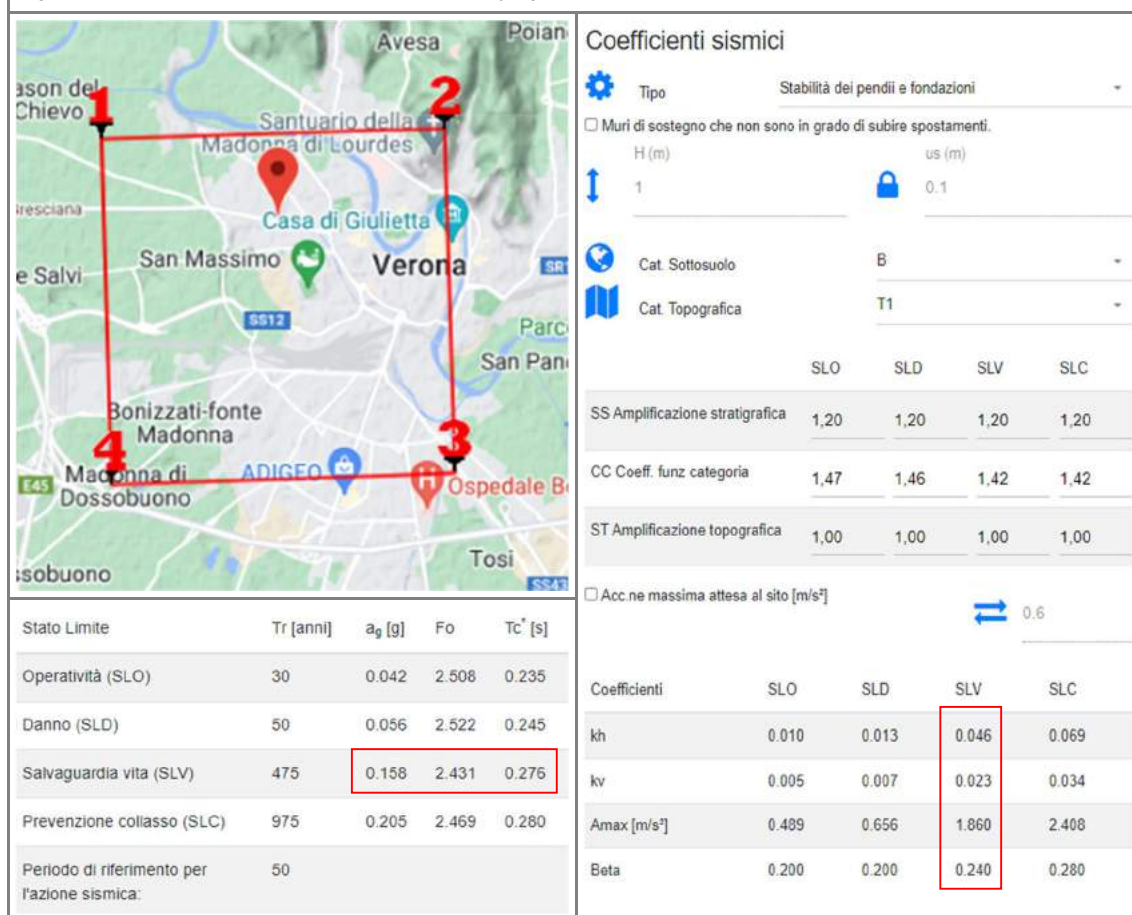
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la normativa definisce varie categorie di "sottosuolo di fondazione" secondo cui il sottosuolo locale viene classificato sulla base delle specifiche caratteristiche geotecniche. Le indagini geofisiche condotte in sito (v. Par. 9.4 e All. 6 in calce al presente elaborato) consentono di inserire il sito di progetto nella categoria di sottosuolo di fondazione "B": *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s*, da cui un parametro $S_s = 1,20$.



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

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

Fig. 30. Parametrizzazione sismica del sito d'interesse progettuale.

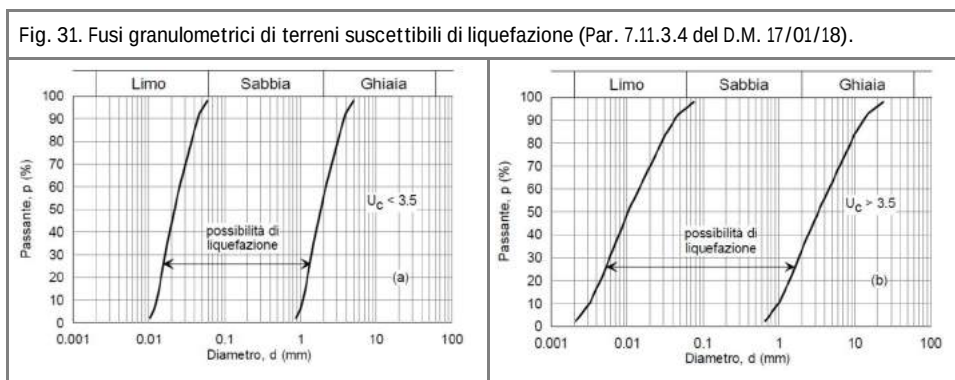


13 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Facendo riferimento a quanto indicato nel D.M. 17/01/2018 il sito di intervento deve risultare stabile nei confronti della liquefazione. L'analisi della suscettibilità alla liquefazione di un sito dipende sostanzialmente dalle caratteristiche dell'azione sismica (intensità e durata), dalla profondità della falda, dalle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni. La liquefazione di un deposito è dunque il risultato dell'effetto combinato di due principali fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante).

Ciò premesso la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (S.P.T. - Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (C.P.T. - Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel Par. 7.11.3.4 del D.M. 17/01/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$ (v. figura seguente).



- Nel caso specifico, alla luce della natura compositiva dei depositi costituenti il primo sottosuolo in corrispondenza dell'area d'intervento, nonché dell'assetto idrogeologico ricostruito si ritiene di poter escludere fenomeni di liquefazione in presenza di sisma per quanto riguarda i terreni che caratterizzano il sito di interesse progettuale.



14 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- Il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo in applicazione alla Scheda Norma n. 418 con finalità di urbanizzazione di un'area sita in ATO n. 3 nel comune di Verona, precisamente tra Via P. Gobetti e Via L. Fiumi/Via Lucania. Di superficie complessiva pari a 13.481 m² ca., lo sviluppo dell'ambito in esame si compone di: i) "area ambito PUA" (12.387 m² ca.) comprensiva di ripermetrazioni di aree pubbliche e private; ii) "area extra ambito" (1.094 m² ca.), ove è previsto il rifacimento della porzione di Via P. Gobetti confinante con l'area d'intervento.
- In corrispondenza del sito di studio non si rilevano evidenze di carattere geologico e geomorfologico che indichino situazioni di particolare criticità in atto, quiescenti o in evoluzione. I processi morfogenetici che agiscono sul territorio sono attualmente conservativi e legati soprattutto ad interventi antropici.
- Il sito di studio presenta un peculiare andamento topografico, frutto dell'interferenza tra preesistenti elementi morfologici di origine naturale e successivi interventi antropici. Dall'analisi della documentazione bibliografica a disposizione emerge come il sito d'interesse progettuale si sviluppi in corrispondenza di una traccia di divagazione fluviale abbandonata e successivamente interessata nel recente passato da attività antropica sotto forma di cava di prestito per materiale granulare. Alla luce di quanto ricostruito si ritiene pertanto che l'area d'intervento, già naturalmente ribassata, sia stata interessata da attività di escavazione (cava di prestito di materiali granulari) e successivamente in colmata con la stesa di materiale di natura mista di spessore variabile, maggiormente significativo in corrispondenza della porzione Ovest.
- Il modello geologico ricostruito a seguito di quanto specificatamente emerso in fase d'indagine mette in luce la presenza di depositi a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa dotati di un buon grado di addensamento sottesi da un orizzonte di materiale non in giacitura naturale, caratterizzato da composizione mista e spessore significativamente variabile tra 3 m ca. in corrispondenza della porzione orientale del lotto sino a 9 m ca. in corrispondenza di quella occidentale. Tale orizzonte risulta caratterizzato dalla presenza di materiale antropico di natura mista, in tendenziale diminuzione con la profondità.
- Alla luce del contesto idrogeologico locale e delle informazioni bibliografiche raccolte si ritiene che lo sviluppo edilizio all'interno del comparto del PUA in esame non interferirà direttamente con la falda freatica e con le attuali dinamiche di deflusso delle acque sotterranee.
- L'elaborazione dei dati acquisiti in fase d'indagine ha inoltre consentito di ricavare un valore del coefficiente di permeabilità (k) dei materiali non in giacitura naturale presenti nella porzione Nord occidentale dell'area dell'ordine di 2×10^{-4} m/s, un dato compatibile con la natura prevalentemente sabbioso limosa dei terreni costituenti il primo sottosuolo e dal medio – basso grado di addensamento che li caratterizza. In ragione dell'assetto stratigrafico rilevato, si suggerisce di considerare tale dato in via cautelativa in quanto derivante dall'esecuzione di un'indagine puntuale.
- L'area di studio si pone al di fuori di aree potenzialmente inondabili e caratterizzate da concentrazione privilegiata delle acque di corrivazione superficiale. Pur in assenza di riscontri diretti in concomitanza di eventi meteorici di una certa intensità, 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, seguendo l'andamento morfologico del lotto e senza dar luogo a situazioni caratterizzate da significative difficoltà di drenaggio superficiale e ristagno idrico. Detto ciò, si rimanda all'elaborato "Tavola 4.2 - Relazione di Compatibilità Idraulica", specificatamente redatto al fine di valutare le misure compensative necessarie a garantire l'invarianza idraulica dei luoghi a seguito degli interventi previsti da progetto.



- Sulla base di quanto emerso a seguito delle indagini sismiche sitospecifiche condotte, il sito d'interesse progettuale ricade nella categoria di sottosuolo di fondazione "B". Ai fini della caratterizzazione sismica, sono stati calcolati i seguenti parametri con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): $ag [g] = 0,158$, $F_0 = 2,431$ e $T^*c [s] = 0,276$. Coefficiente topografico: $ST = 1,00$ e coefficiente stratigrafico: $SS = 1,20$.
- I dati acquisiti in fase d'indagine hanno consentito di parametrizzare sia i materiali non in giacitura naturale che le alluvioni ghiaiose e sabbiose da essi sottese. Pur evidenziando la validità della parametrizzazione geotecnica fornita, si sottolinea come i valori ottenuti derivino dall'esecuzione di prove puntuali. In ragione di ciò, con specifico riferimento ai materiali non in giacitura naturale, si ritiene di evidenziare la necessità (nel corso delle successive fasi progettuali una volta definite le caratteristiche degli specifici interventi edilizi) di un approfondimento d'indagine volto a mettere in luce l'eventuale variabilità laterale della parametrizzazione finora ricostruita.
- La porzione del lotto in cui è prevista la realizzazione del parcheggio a servizio dell'UMI 1 dovrà essere riportata in quota con apporto di materiale. Premesso che per il riempimento dovranno essere adottate le buone norme costruttive utilizzate per la realizzazione dei rilevati, sarà opportuno posare uno strato di regolarizzazione in materiale granulare di ottime qualità geotecniche (tipo A1-a ex CNR-UNI 10006), adeguatamente compattato, su tutta l'area in cui è prevista la realizzazione di manufatti. Tale intervento unito ad una serie di verifiche preliminari del livello di addensamento e deformabilità del piano di posa dei manufatti potrà infatti consentire di adottare idonee misure correttive della variabilità del materiale non in giacitura naturale presente nell'area.
- In termini ambientali, l'analisi effettuata (allegata al presente elaborato) in via preliminare sul campione medio rappresentativo del materiale non in giacitura naturale, ha confermato l'idoneità ambientale dello stesso in relazione ai limiti di CSC indicati nel D.Lgs 152/2006. Detto ciò, in ragione delle specificità del sito d'intervento, le successive fasi progettuali dovranno prevedere l'esecuzione di una campagna indagini a carattere ambientale volta all'analisi dei materiali di risulta degli scavi nell'ottica di definire idonea destinazione.

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, 17 luglio 2023

Ing. Alessia Canteri

Geol. Alberto Cò





BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

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

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"
COMUNE DI VERONA Piano di Assetto del Territorio (P.A.T.) e Piano degli Interventi (P.I.)
DAL PRÀ A. - DE ROSSI P. Carta idrogeologica dell'Alta pianura dell'Adige (1989)
DE ZANCHE V. - SORBINI L. Carta Geologica del territorio del Comune di Verona (1977) Carta di Morfoconservazione a Indirizzo Geotecnico del territorio del Comune di Verona (1977)
DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)
FONTANA A. ET ALII Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps (2014)
I.N.G.V. - ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA Catalogo dei Forti Terremoti d'Italia
I.S.P.R.A. - ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE Catalogo delle Faglie capaci (ITHACA)
PANIZZA M. ET ALII Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa (1981)
PROVINCIA DI VERONA Piano Territoriale Provinciale (P.T.P.)
REGIONE VENETO Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.)
SERVA L. Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN) (1990)
SLEJKO D. ET ALII Modello Sismotettonico dell'Italia Nord Orientale – Trieste (1987)



ALLEGATO 1

COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000





ALLEGATO 2

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI



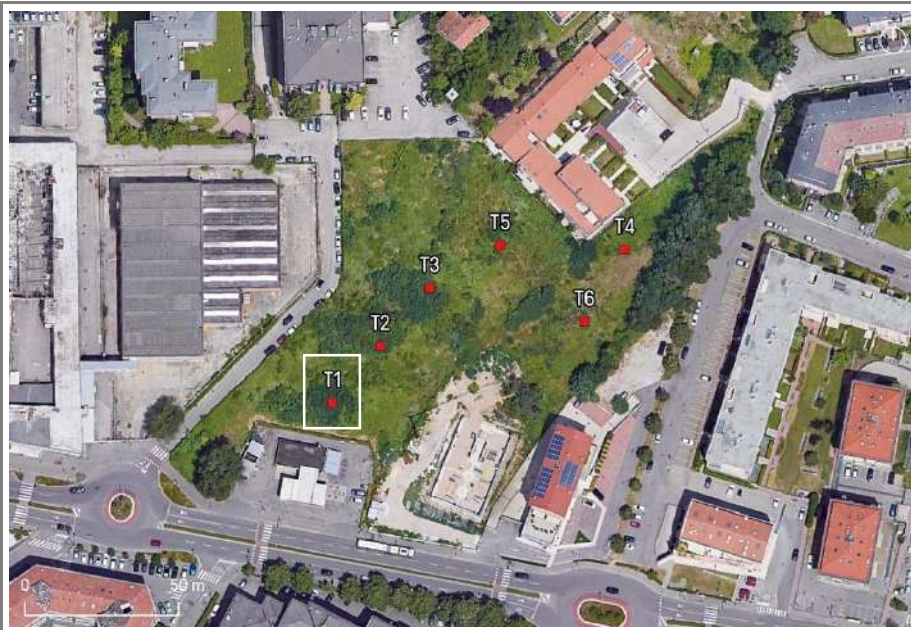


ALLEGATO 3

DOCUMENTAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE



<i>trincea</i>	T1 –
<i>data</i>	18 gennaio 2022
<i>luogo</i>	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano – Comune di Verona (VR)
<i>profondità</i>	3,3 m da p.c.
<i>quota</i>	63,8 m s.l.m.m.



UBICAZIONE



POSTAZIONE



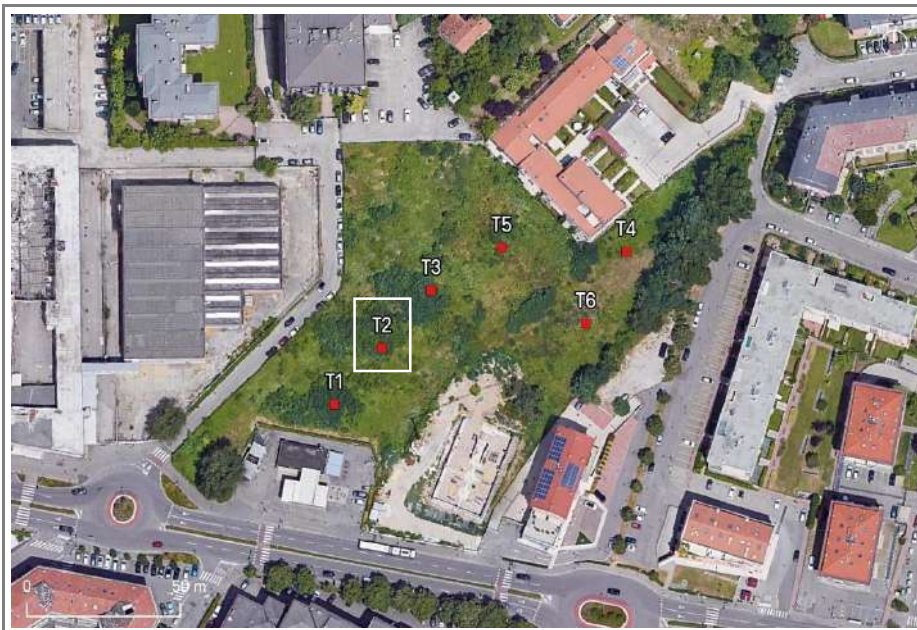
PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,8	LIMO SABBIOSO di color marrone CON CIOTTOLI, presenti resti di apparati radicali e materiale antropico prevalentemente da demolizione. Orizzonte non in giacitura naturale, asciutto e scarsamente addensato.	R ₁
0,8 ÷ 3,3	SABBIA di color avana DEBOLMENTE LIMO – ARGILLOSA con sparsi ciottoli e locali lenti limo – ghiaiose di color marrone ove si riscontrano resti antropici misti. Orizzonte non in giacitura naturale, asciutto e scarsamente addensato.	R ₂
<u>falda</u> <u>stabilità</u>	non si segnala la presenza di venute d'acqua. le pareti della trincea non hanno mostrato segni di scavamento.	

PARETE DI SCAVO





<i>trincea</i>	T2
<i>data</i>	18 gennaio 2022
<i>luogo</i>	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano – Comune di Verona (VR)
<i>profondità</i>	3,3 m da p.c.
<i>quota</i>	64,2 m s.l.m.m.



UBICAZIONE



POSTAZIONE



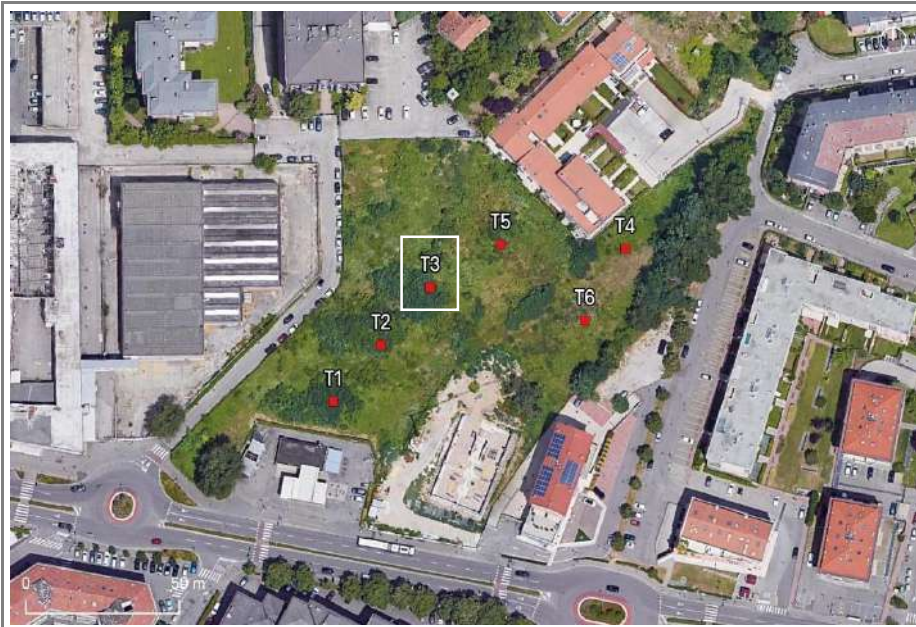
PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,7	LIMO SABBIOSO di color marrone CON CIOTTOLI, presenti resti di apparati radicali e materiale antropico prevalentemente da demolizione. Deposito non in giacitura naturale, asciutto e sacramento addensato.	R ₁
0,7 ÷ 1,7	SABBIA di color avana DEBOLMENTE LIMO – ARGILLOSA con sparsi ciottoli e locali lenti limo – ghiaiose di color marrone ove si riscontrano resti antropici misti. Orizzonte non in giacitura naturale, asciutto e scarsamente addensato.	R ₂
1,7 ÷ 3,3	SABBIA di color avana CON GHIAIA E CIOTTOLI, presente materiale antropico prevalentemente da demolizione e blocchi lapidei.	R ₃
<u>falda</u> <u>stabilità</u>	non si segnala la presenza di venute d'acqua. le pareti della trincea non hanno mostrato segni di scavernamento.	

PARETE DI SCAVO





<i>trincea</i>	T3
<i>data</i>	18 gennaio 2022
<i>luogo</i>	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano – Comune di Verona (VR)
<i>profondità</i>	3,2 m da p.c.
<i>quota</i>	64,2 m s.l.m.m.



UBICAZIONE



POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 1,1	LIMO SABBIOSO di color marrone CON CIOTTOLI, presenti resti di apparati radicali e materiale antropico prevalentemente da demolizione. Orizzonte non in giacitura naturale, asciutto e scarsamente addensato e comprensivo di uno strato superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.	R ₁
1,1 ÷ 3,2	SABBIA di color avana CON GHIAIA E CIOTTOLI, presente materiale antropico prevalentemente da demolizione e blocchi lapidei.	R ₃

falda
stabilità

non si segnala la presenza di venute d'acqua.
le pareti della trincea non hanno mostrato segni di scavamento.

PARETE DI SCAVO





<i>trincea</i>	T4
<i>data</i>	18 gennaio 2022
<i>luogo</i>	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano – Comune di Verona (VR)
<i>profondità</i>	3,5 m da p.c.
<i>quota</i>	58,0 m s.l.m.m.



UBICAZIONE



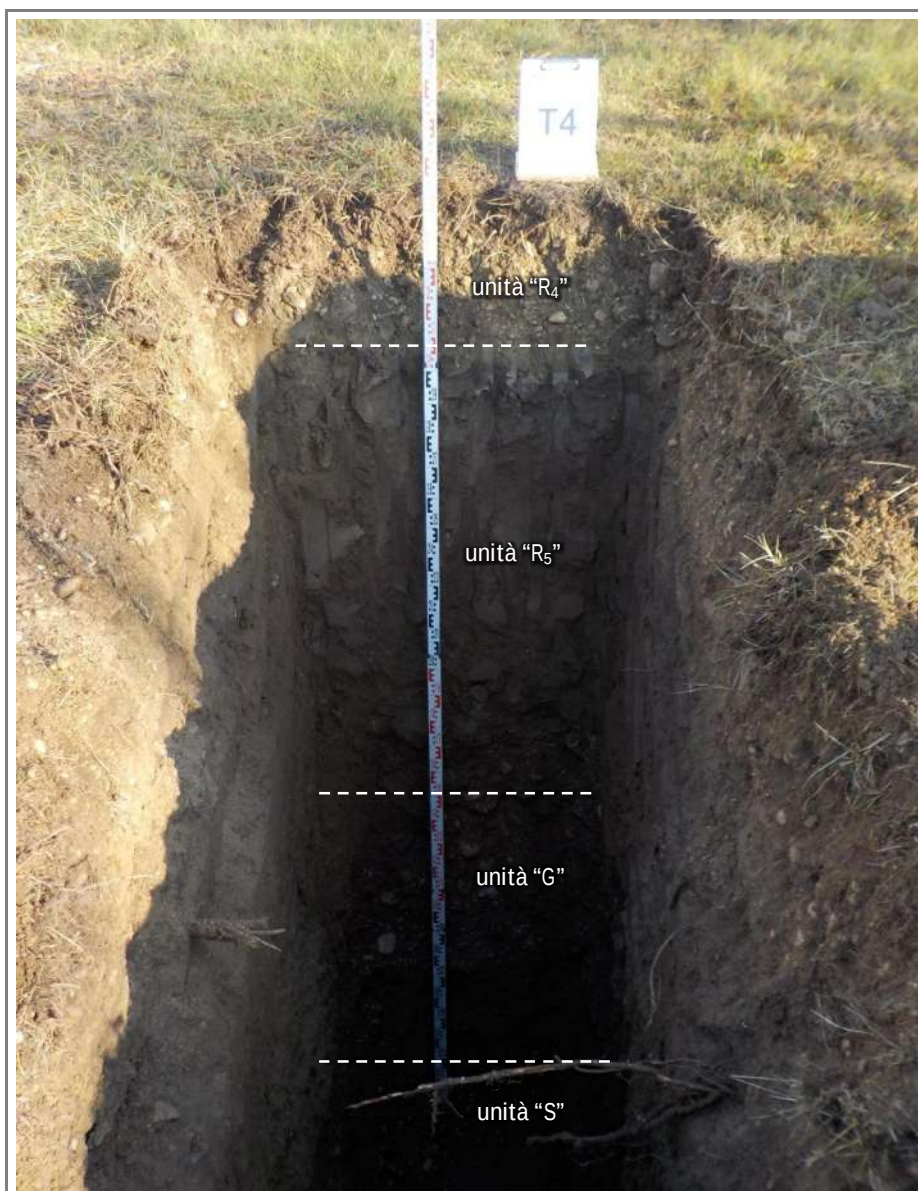
POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,4	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola con apparati radicali e rari resti di demolizione. Deposito non in giacitura naturale, asciutto e poco addensato, comprensivo dell'orizzonte superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.	R ₄
0,4 ÷ 2,0	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO di color marrone con rari trovanti decimetrici. Deposito non in giacitura naturale, da asciutto a debolmente umido, poco consistente.	R ₅
2,0 ÷ 3,3	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola CON CIOTTOLI. Poligenici ed eterogranulari gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche con trovanti pluridecimetrici, medio bassa sfericità e buon arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, asciutto e mediamente addensato.	G
3,3 ÷ 3,5	SABBIA color nocciola. Deposito in giacitura naturale, asciutto, da poco a mediamente addensato.	S

falda non si segnala la presenza di venute d'acqua.
stabilità le pareti della trincea non hanno mostrato segni di scavamento.

PARETE DI SCAVO





<i>trincea</i>	T5
<i>data</i>	18 gennaio 2022
<i>luogo</i>	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano – Comune di Verona (VR)
<i>profondità</i>	2,8 m da p.c.
<i>quota</i>	58,2 m s.l.m.m.



UBICAZIONE

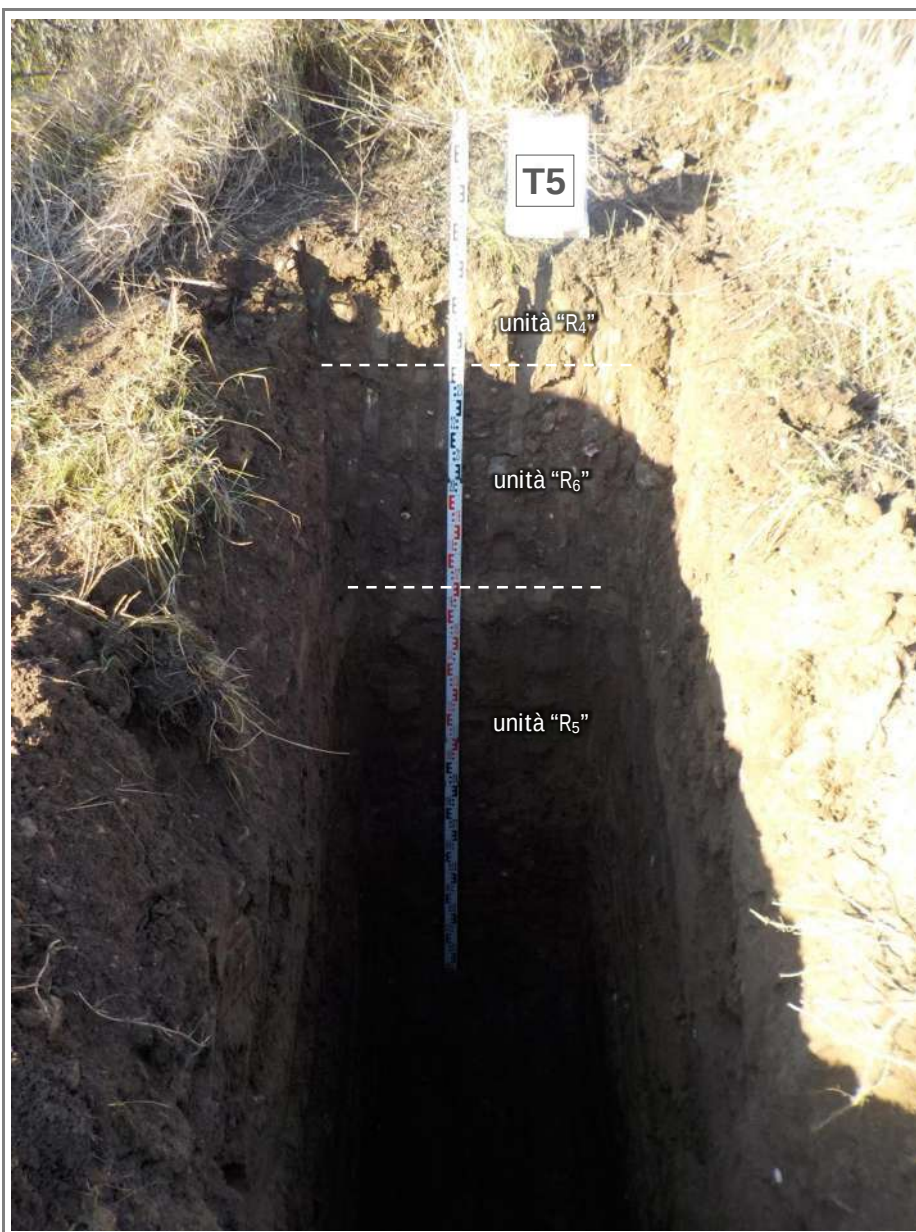


POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,4	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola con apparati radicali e rari resti di demolizione. Deposito non in giacitura naturale, asciutto e poco addensato, comprensivo dell'orizzonte superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.	R ₄
0,4 ÷ 1,1	LIMO ARGILLOSO di color marrone con sparsi ciottoli e rari resti di materiale antropico. Deposito non in giacitura naturale, da mediamente consistente a consistente, da asciutto a debolmente umido.	R ₆
1,1 ÷ 2,8	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO di color marrone con rari trovanti decimetrici. Deposito non in giacitura naturale, da asciutto a debolmente umido, poco consistente.	R ₅
<u>falda</u> <u>stabilità</u>	non si segnala la presenza di venute d'acqua. le pareti della trincea non hanno mostrato segni di scavamento.	

PARETE DI SCAVO





<i>trincea</i>	T6
<i>data</i>	18 gennaio 2022
<i>luogo</i>	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano – Comune di Verona (VR)
<i>profondità</i>	3,6 m da p.c.
<i>quota</i>	59,2 m s.l.m.m.



UBICAZIONE

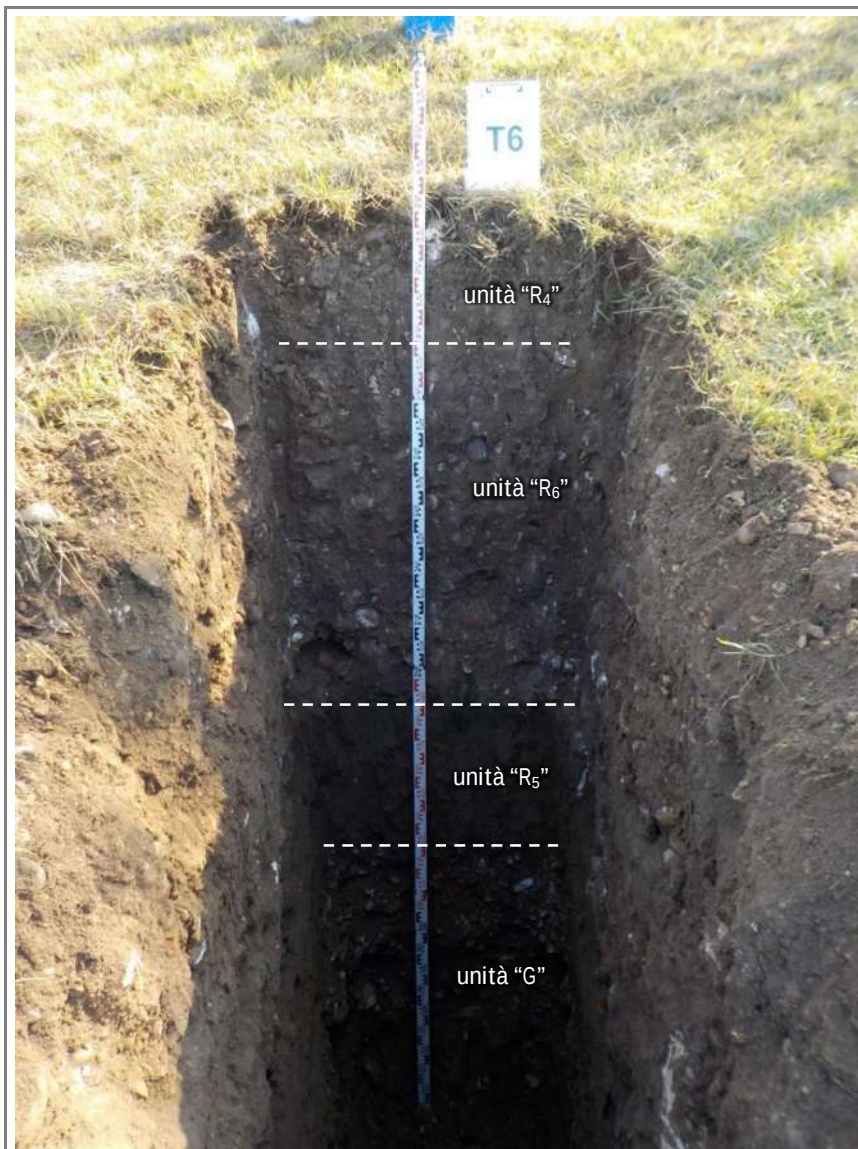


POSTAZIONE



PROFONDITÀ (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	UNITÀ
0,0 ÷ 0,4	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola con apparati radicali e rari resti di demolizione. Deposito non in giacitura naturale, asciutto e poco addensato, comprensivo dell'orizzonte superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.	R ₄
0,4 ÷ 1,7	LIMO ARGILLOSO di color marrone CON SPARSI CIOTTOLI E TROVANTI PLURIDECIMETRICI, presenti resti di materiale antropico. Deposito non in giacitura naturale, da mediamente consistente a consistente, da asciutto a debolmente umido.	R ₆
1,7 ÷ 2,3	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO di color marrone con rari trovanti decimetrici. Deposito non in giacitura naturale, da asciutto a debolmente umido, poco consistente.	R ₅
2,3 ÷ 3,6	GHIAIA SABBIOSA di color nocciola CON CIOTTOLI. Poligenici ed eterogranulari gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche con trovanti pluridecimetrici, medio bassa sfericità e buon arrotondamento. Deposito in giacitura naturale, asciutto e mediamente addensato.	G
<u>falda</u>	non si segnala la presenza di venute d'acqua.	
<u>stabilità</u>	le pareti della trincea non hanno mostrato segni di scavamento.	

PARETE DI SCAVO





ALLEGATO 4

DOCUMENTAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI



DATI CANTIERE

committente: ELLE IMMOBILIARE S.P.A.
EDILZAMBO S.N.C.
ubicazione: Corso Milano, Verona (VR)
data: 04/03/2022
Direttrice dei Lavori: Geol. Alberto Cò
Ditta esecutrice: Pergeo s.r.l.

DATI ESECUTIVI

quota piano campagna: 63,6 m s.l.m.
profondità: 10,0 m
mezzo meccanico: autocarro gommato
metodo perforazione: carotaggio continuo a rotazione
diametro perforazione: carotiere semplice 101 mm (0,0 ÷ 10,0 m da p.c.).
rivestimento: Ø = 127 mm

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA		S.P.T. (N1/N2/N3)	POCKET PENETROMETER (Kg/cm ²)	falda
0,2	SABBIA LIMOSA di color marrone. Presenti elementi di origine antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito sciolto.				
0,8	SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA di color nocciola - grigio con sparsa ghiaia da millimetrica a centimetrica poco sferica e mediamente arrotondata. Presenti elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche.				
1,0	Deposito asciutto, sciolto e non in giacitura naturale.				
1,5	LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO CON GHIAIA di color grigio. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa sfericità e basso - medio arrotondamento. Presenti elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito da poco consistente a consistente, non in giacitura naturale.		5/5/6 (1,50 ±1,95)		
2	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA di color grigio chiaro. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei si presentano di dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa sfericità e medio arrotondamento. Presenti rari elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito asciutto, poco addensato, non in giacitura naturale.				
3	LIMO DEBOLMENTE SABBIOSO CON RARA GHIAIA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa sfericità, da basso a medio arrotondamento. Presenti elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Da 3,0 m da p.c. locale la dimensione della frazione di componente antropica diminuisce. Deposito debolmente umido, poco consistente e non in giacitura naturale.		6/7/5 (3,00 ±3,45)		
4					
5					
6					
6,0					
7	SABBIA FINE DEBOLMENTE LIMOSA CON GHIAIA di color nocciola chiaro. Presenti vari elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da centimetriche a decimetriche, da bassa a media sfericità, basso arrotondamento. Deposito asciutto, da sciolto a mediamente addensato, non in giacitura naturale.		7/7/18 (6,00 ±6,45)		
7,3					
8	ARGILLA LIMOSA di color marrone. Presenti rari elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche e rari elementi lapidei, mediamente arrotondati, di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito da consistente a molto consistente, non in giacitura naturale.		8/11/14 (7,50 ±7,95)		
9					
9,0					
9,5	SABBIA FINE GHIAIOSA di color marron chiaro. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa - media sfericità e medio arrotondamento. Deposito poco umido, mediamente addensato e in giacitura naturale.		14/14/13 (9,00 ±9,45)		
10	GHIAIA CON SABBIA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa - media sfericità, buon arrotondamento. Deposito granosostenuto, molto addensato, asciutto e in giacitura naturale.		50 Rif (10,00 ±10,01)		

fine sondaggio



POSTAZIONE VISTA DA EST



POSTAZIONE VISTA DA NORD









DATI CANTIERE

committente: ELLE IMMOBILIARE S.P.A.
EDILZAMBO S.N.C.
ubicazione: Corso Milano, Verona (VR)
data: 04/03/2022
Direttrice dei Lavori: Geol. Alberto Cò
Ditta esecutrice: Pergeo s.r.l.

DATI ESECUTIVI

quota piano campagna: 64,2 m s.l.m.
profondità: 6,0 m
mezzo meccanico: autocarro gommato
metodo perforazione: carotaggio continuo a rotazione
diametro perforazione: carotiere semplice 101 mm (0,0 ÷ 6,0 m da p.c.).
rivestimento: Ø = 127 mm

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA		SPT	POCKET	falda
0,4	SABBIA FINE LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA di color nocciola con apparati radicali nella parte superficiale. Presenti elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. L'orizzonte si presenta da asciutto a debolmente umido, molto sciolto e non in giacitura naturale.				
1	SABBIA FINE LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA di color grigio chiaro. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, poco sferici e mediamente arrotondati. Presenti rari elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Il deposito si presenta da asciutto a debolmente umido, molto sciolto e non in giacitura naturale.		4/3/2 (1,50 ±1,95)		
2					
3					
3,5			50 Rif (3,00 ±3,10)		
4	LIMO SABBIOSO GHIAIOSO color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, poco sferici e mediamente arrotondati. Presenti anche elementi di natura antropica di dimensioni centimetriche. Deposito debolmente umido, poco consistente e non in giacitura naturale.		9/24/14 (4,50 ±4,95)		
4,6					
5	SABBIA FINE LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA di color marrone. Presenti rari inclusi di argilla limosa compatta e sparsi elementi vegetali. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei si presentano poco sferici, da poco a mediamente arrotondati e di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito da asciutto a debolmente umido, da sciolto a mediamente addensato e non in giacitura naturale.				
6			4/8/5 (6,00 ±6,45)		
6,0	<i>fine sondaggio</i>				
7					
8					
9					
10					



POSTAZIONE VISTA DA EST



POSTAZIONE VISTA DA OVEST









DATI CANTIERE

committente: ELLE IMMOBILIARE S.P.A.
EDILZAMBO S.N.C.
ubicazione: Corso Milano, Verona (VR)
data: 04/03/2022
Direttore dei Lavori: Geol. Alberto Cò
Ditta esecutrice: Pergeo s.r.l.

DATI ESECUTIVI

quota piano campagna: 65,0 m s.l.m.
profondità: 3,0 m
mezzo meccanico: autocarro gommato
metodo perforazione: carotaggio continuo a rotazione
diametro perforazione: carotiere semplice 101 mm (0,0 ÷ 3,0 m da p.c.).
rivestimento: Ø = 127 mm

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA		SPT	POCKET	falda
1	SABBIA LIMOSA GHIAIOSA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei risultano da poco a mediamente sferici e mediamente arrotondati e con una dimensione da millimetriche a decimetriche. Presenti resti di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito asciutto, mediamente addensato e non in giacitura naturale.				
1,4					
1,7	ARGILLA LIMOSA di color marrone. Presenti rari elementi di natura antropica di dimensioni da millimetriche a centimetriche e rari ciottoli, poco arrotondati, di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Deposito da consistente a molto consistente, non in giacitura naturale.		9/6/8 (1,50 ±1,95)		
2					
3	GHIAIA CON SABBIA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a decimetriche, da bassa a media sfericità, buon arrotondamento. Deposito granosostenuto, asciutto, molto addensato e in giacitura naturale.		50 Rif (3,00 ±3,05)		
3,0					
	<i>fine sondaggio</i>				
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					



POSTAZIONE VISTA DA EST



POSTAZIONE VISTA DA SUD







DATI CANTIERE

committente: ELLE IMMOBILIARE S.P.A.
EDILZAMBO S.N.C.
ubicazione: Corso Milano, Verona (VR)
data: 04/03/2022
Direttrice dei Lavori: Geol. Alberto Cò
Ditta esecutrice: Pergeo s.r.l.

DATI ESECUTIVI

quota piano campagna: 59,5 m s.l.m.
profondità: 6,6 m
mezzo meccanico: autocarro gommato
metodo perforazione: carotaggio continuo a rotazione
diametro perforazione: carotiere semplice 101 mm (0,0 ÷ 6,6 m da p.c.).
rivestimento: Ø = 127 mm

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA		SPT	POCKET	falda
0,5	GHIAIA CON SABBIA di color nocciola. Eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa - media sfericità, medio - buon arrotondamento. Deposito sciolto, non in giacitura naturale.				
1,0	LIMO ARGILLOSO CON GHIAIA di color marrone. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni millimetriche, bassa sfericità e medio arrotondamento. Presenti resti di origine antropica di dimensioni millimetriche. Deposito da poco a mediamente consistente, non in giacitura naturale.		4/3/10 (1,50 ± 1,95)		
2,0	LIMO CON ARGILLA di color marrone. Presenti rari elementi antropici di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Con l'aumentare della profondità la frazione di componente antropica diminuisce mentre la componente limosa aumenta a discapito di quella argillosa. Presenti anche isolati ciottoli di dimensioni centimetriche, mediamente sferici e ben arrotondati. Orizzonte da mediamente a ben consistente, da asciutto a debolmente umido, non in giacitura naturale.		6/7/10 (3,00 ± 3,45)		
3,1	SABBIA FINE DEBOLMENTE GHIAIOSA di color marrone chiaro. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche e centimetriche, bassa - media sfericità, medio arrotondamento. Deposito poco umido, da sciolto a mediamente addensato e in giacitura naturale.		6/7/7 (4,50 ± 4,95)		
4,0					
5,0					
6,0			9/11/30 (6,00 ± 6,45)		
6,3					
6,6	GHIAIA CON SABBIA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa - media sfericità, buon arrotondamento. Deposito granosostenuto, asciutto, molto addensato e in giacitura naturale.				
7,0	<i>fine sondaggio</i>				
8,0					
9,0					
10,0					



POSTAZIONE VISTA DA OVEST



POSTAZIONE VISTA DA SUD SUD-EST









DATI CANTIERE

committente: ELLE IMMOBILIARE S.P.A.
EDILZAMBO S.N.C.
ubicazione: Corso Milano, Verona (VR)
data: 04/03/2022
Direttore dei Lavori: Geol. Alberto Cò
Ditta esecutrice: Pergeo s.r.l.

DATI ESECUTIVI

quota piano campagna: 58,0 m s.l.m.
profondità: 4,5 m
mezzo meccanico: autocarro gommato
metodo perforazione: carotaggio continuo a rotazione
diametro perforazione: carotiere semplice 101 mm (0,0 ÷ 4,5 m da p.c.).
rivestimento: Ø = 127 mm

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA		SPT	POCKET	falda
0,05	LIMO ARGILLOSO di colore marrone con apparati radicali. Depositi poco consistente, non in giacitura naturale.				
0,5	GHIAIA CON SABBIA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, media sfericità e buon arrotondamento il quale diminuisce con la profondità. Componente ghiaiosa in aumento a discapito di quella sabbiosa. Orizzonte poco addensato, asciutto, non in giacitura naturale.				
1,0	LIMO di color nero con frustoli di legno e rari frammenti di natura antropica. Orizzonte consistente, asciutto, non in giacitura naturale.				
1,4	ARGILLA di color marrone. Presenti ciottoli poligenici ed eterogranulari, di dimensioni da millimetriche a centimetriche, mediamente sferici e mediamente arrotondati. Orizzonte mediamente consistente, debolmente umido, non in giacitura naturale.		35/50 Rif (1,50 ± 1,76)		
2,0	GHIAIA IN MATRICE SABBIOSA di color grigio - nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, media - bassa sfericità, buon arrotondamento. Deposito mediamente addensato, asciutto, in giacitura naturale.				
3,0	SABBIA FINE LIMOSA CON GHIAIA MEDIO - FINE di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa - media sfericità, medio arrotondamento. Deposito da asciutto a debolmente umido, mediamente addensato e in giacitura naturale.		9/10/11 (3,00 ± 3,45)		
3,6	GHIAIA CON SABBIA di color nocciola. Poligenici ed eterogranulari, gli elementi lapidei presentano dimensioni da millimetriche a centimetriche, bassa - media sfericità, buon arrotondamento. Deposito granosostenuto, mediamente addensato, asciutto e in giacitura naturale.				
4,5	<i>fine sondaggio</i>		17/17/13 (4,50 ± 4,95)		
5,0					
6,0					
7,0					
8,0					
9,0					
10,0					



POSTAZIONE VISTA DA NORD - OVEST



POSTAZIONE VISTA DA SUD EST







ALLEGATO 5

DOCUMENTAZIONE PROVA DI PERMEABILITÀ IN POZZETTO

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE:	PUA Scheda Norma n. 418 - Corso Milano - Verona
COMMITTENTE:	ELLE IMMOBILIARE S.P.A. - EDILZAMBO S.N.C.
DATA:	18/02/2022

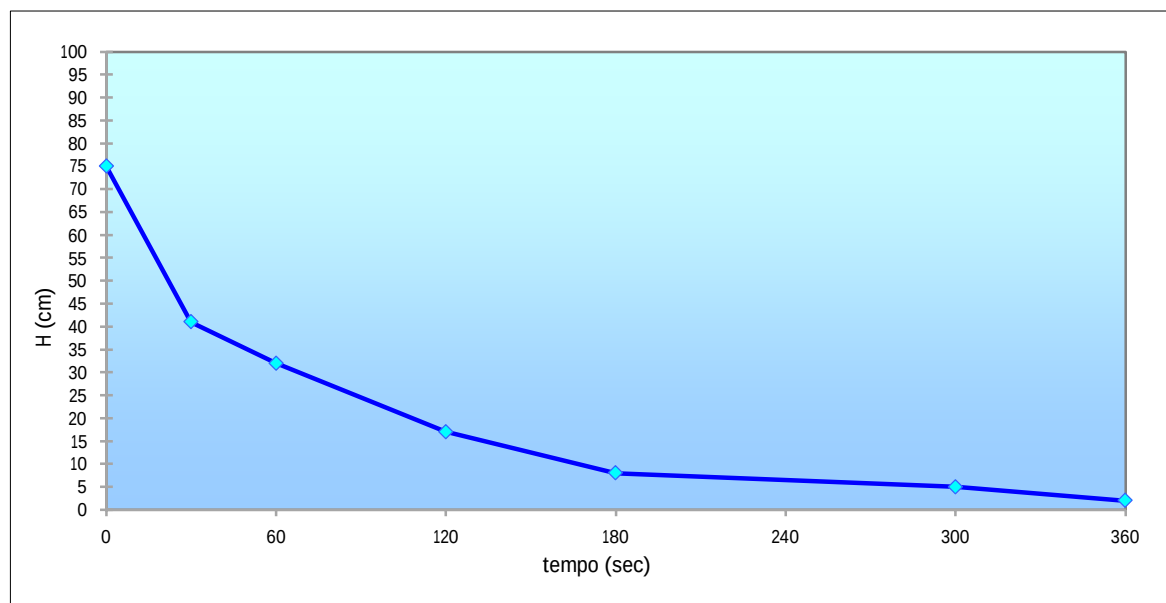
Profondità (cm)	120
Lato maggiore L (cm)	80
Lato minore A (cm)	50
Natura del terreno :	sabbia limosa non in giacitura naturale

POZZETTO PP1

Hm(cm) =	39	h1 (cm) =	75,0
b (cm) =	63	h2 (cm) =	2,0
		Δt (sec) =	360

Calcolo coefficiente di permeabilità			
K (cm/sec)=	$\frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)}$	$\cdot \frac{1+(2Hm/b)}{(27Hm/b)+3}$	= 2,31E-02

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
75,0	0	1,95	0,0
41,0	30	1,06	34,0
32,0	60	0,83	9,0
17,0	120	0,44	15,0
8,0	180	0,21	9,0
5,0	300	0,13	3,0
2,0	360	0,05	3,0





ALLEGATO 6

INDAGINE SISMICA (Re.Mi E HVSR)



REGIONE DEL VENETO

Provincia di Verona



**Indagine geofisica con metodi Re.Mi.e H.V.S.R. per la
caratterizzazione sismica dei terreni secondo la normativa
vigente (N.T.C. - D.M. 17 gennaio 2018)**

Corso Milano
Comune di Verona (VR)

Committente:
Dott. Geol. Alberto Cò

Data: gennaio 2022



STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL 0444/29662-3490567455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 - SDI USAL8PV

INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.1	Indagine sismica di tipo passivo in array lineare (Re.Mi.)	5
2.2	Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)	7
3.	EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA	8
4.	ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	9
4.1	Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate	9
4.2	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta	10
4.3	Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)	11
4.4	Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018	12

ALLEGATO

 Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Responsabile di Progetto	Autori	Collaboratori
M. Collareda	E. Mammoliti	-

1. PREMESSE

Il giorno 11 gennaio 2022 è stata condotta la presente campagna d'indagine geofisica in Corso Milano nel comune di Verona (VR), su incarico del **Dott. Geol. Alberto Cò**. Al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, il sottosuolo dell'area in esame sono state effettuate:

- **n° 1 prospezione sismica con tecnica passiva Re.Mi.** in array lineare con n° 16 geofoni a 4,5 Hz ad asse verticale per la ricostruzione sismo - stratigrafica del sottosuolo e per l'assegnazione della Categoria del sottosuolo di fondazione ($V_{s,eq}$) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni* - D.M. 17/01/2018);
- **n° 1 registrazione di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** per individuare le frequenze di risonanza del terreno al fine di eseguire una corretta progettazione sismica delle strutture.

Nella figura a seguire viene evidenziata l'area in oggetto di studio (*Fig. n° 1 - Estratto da ortofoto*).



Fig. n° 1 - Estratto da ortofoto.

Le coordinate dell'area sono specificate nella tabella sottostante. Nella figura seguente (*Fig. n° 2 - Ubicazione prove in sito*) sono invece riportate, in dettaglio, le posizioni di ogni misura effettuata.

Latitudine	Longitudine
45.445720° N (WGS 84)	10.962682 ° E (WGS 84)



Fig. n° 2 - Ubicazione prove in sito

2. CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 Indagine sismica di tipo passivo in array lineare (Re.Mi.)

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario, le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico - matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati con caratteristiche elastiche lineari.

La procedura Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001) e viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. I vantaggi promossi da questo metodo sono molteplici: è molto veloce e semplice da usare in fase di acquisizione, raggiunge una buona profondità e risoluzione d'indagine ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale - rumore.

Il rumore incoerente, cioè di tipo casuale, nel caso Re.Mi. rappresenta la fonte del segnale utile che si vuole registrare. I microtremori generati dall'ambiente si propagano nel suolo e di questi si cerca di distinguere il modo fondamentale di vibrazione dell'onda di Rayleigh da quelli superiori e dall'aliasing spaziale. C'è, in questo caso, la necessità di soddisfare la condizione di "omnidirezionalità" delle sorgenti, cioè si suppone che il rumore ambientale provenga sostanzialmente da tutte le direzioni.

I tempi di registrazione dei microtremori sono decisamente più elevati rispetto alle indagini di tipo attivo. La registrazione sarà analizzata in finestre temporali che variano dai 10 ai 30 secondi.

Sono da considerare la lunghezza dello stendimento L e la distanza intergeofonica Δx . Quest'ultima agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza. Supponendo, infatti, che il segnale arrivi da tutte le direzioni, maggiore è la spaziatura, minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa. Se la frequenza è più bassa aumenta la profondità d'indagine.

La fase più delicata è quella del *data processing*, che consiste nel trattamento dei dati acquisiti con l'obiettivo di stimare la velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r) che sono correlabili con le velocità V_s di propagazione delle onde S ($V_s \approx 1,1 V_r$).

Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio $x - t$ (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo allo scopo, attraverso lo spettro, di localizzare la densità di energia maggiore, alla quale sono di solito associate le onde di Rayleigh. Con procedura manuale vengono selezionati dei punti sullo spettro, che andranno a formare la curva di dispersione sperimentale. La scelta di questi valori, denominata *picking*, è condizionata da alcune indicazioni ma è imprescindibile dall'abilità e dall'esperienza dell'interprete anche in base ad altre conoscenze in merito al sito in esame.

Il *sampling rate* utilizzato è stato di 512 Hz in modo da ottenere un elevato dettaglio del segnale. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato è stato di circa 6 minuti. Il software utilizzato per l'analisi spettrale è [Grilla v.9.7 release 2020](#).

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 10 Hz), sono stati utilizzati n°16 geofoni verticali a 4,5 Hz uniti in un *array* lineare totalmente digitale (*SoilSpy Rosina*). Ogni geofono è munito di un digitalizzatore che converte il segnale e lo trasmette al sismografo tramite un'interfaccia USB. Tale sistema permette di avere elevati rapporti di rumore, un perfetto sincronismo e una estrema leggerezza. La spaziatura utilizzata tra i geofoni è stata di 3 m quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 45 m. Non sono presenti sostanziali variazioni di quota e quindi il sito può essere considerato orizzontale.



Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{v}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad [2.1]$$

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];

H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs30);

hi = spessore dello strato i - esimo [m];

vi = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i - esimo [m/s].

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

2.2 Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la $V_{s,eq}$ e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018*;
- la stratigrafia del sottosuolo con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

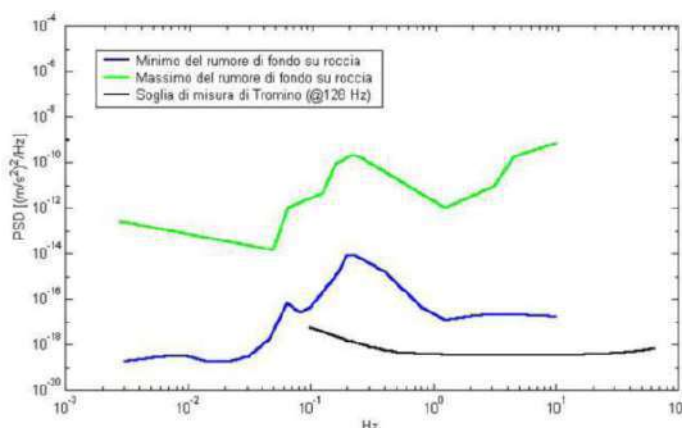
- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
- dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Moho S.r.l. modello "Tromino ENGY-PLUS" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra - leggeri e ultra - compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno una terna velocimetrica con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



3. EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA

La storia della classificazione sismica Italiana comincia dopo il terribile terremoto di Reggio Calabria e Messina del 1908 (XI grado MCS) che provocò la morte di circa 80.000 persone. In seguito a questo evento ci fu un deciso impegno dello Stato a tradurre in legge le conoscenze scientifiche e tecniche sulle costruzioni sino ad allora maturate. Fu così emanato il Regio decreto n°193 [1909] nel quale è contenuta la prima classificazione sismica del territorio Italiano. Negli anni a seguire si continuò ad aggiornare la normativa tecnica ampliando la classificazione in base alle zone colpite da eventi sismici. Nel 1962 fu pubblicata la Legge n°1684, in seguito ai terremoti di Carnia (1956), Valle del Velino (1961) e Irpinia (1962) dove, per la prima volta, si prescrisse l'applicazione delle norme sismiche ai comuni "soggetti a intensi movimenti sismici" e non solo a quelli colpiti dal terremoto. In seguito ai terremoti dei Monti Nebroli (1967), della Valle del Belice (1968) e di Tuscania (1971), fu emanata la Legge n°64 [1974], che costituisce una pietra miliare nel panorama della normativa sismica poiché stabilì che la classificazione sismica dovesse procedere sulla base di comprovate motivazioni tecniche scientifiche.

La promulgazione dell'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20/3/2003 e successive modifiche ed integrazioni ha determinato sul panorama nazionale un grande rinnovamento sul fronte della normativa tecnica in zona sismica, rappresentata fino ad allora dai contenuti del D.M. 16 gennaio 1996. La principale novità introdotta dall'O.P.C.M. n°3274 è l'abbandono del carattere puramente prescrittivo e convenzionale che caratterizzava le norme tecniche di vecchia concezione, come il D.M. 16/01/1996, per abbracciare un'impostazione puramente prestazionale, in cui gli obiettivi della progettazione e quindi il livello di sicurezza sono esplicitamente dichiarati, a seconda della risposta sismica attesa per la struttura e il sito di costruzione, per un prefissato livello di severità dell'azione sismica.

Le attuali norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. D.M. - 17 gennaio 2018) ereditano gran parte dei contenuti dell'O.P.C.M. n°3274 in merito alla progettazione in zone sismiche; tuttavia rispetto a quest'ultimo documento sono anche stati apportati importanti cambiamenti, di cui forse il più rilevante riguarda la definizione dell'**azione sismica**.

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) s'intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s \cdot (2n - 1)) / (4 \cdot H) \quad \text{con } n = 1, 2, \dots, \quad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di “**doppia risonanza**”, cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

$$freq. \text{ naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$freq. \text{ naturale edificio} \approx freq. \text{ fondamentale di risonanza del sito} \quad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

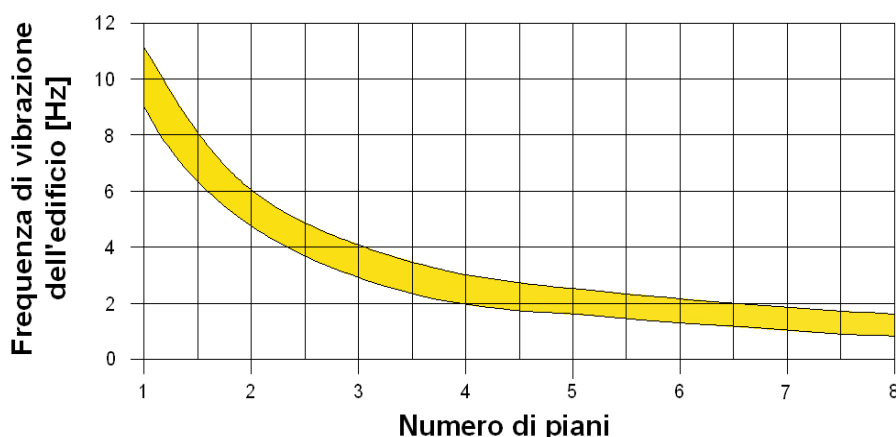


Figura - Frequenza di vibrazione degli edifici rapportata al numero di piani.

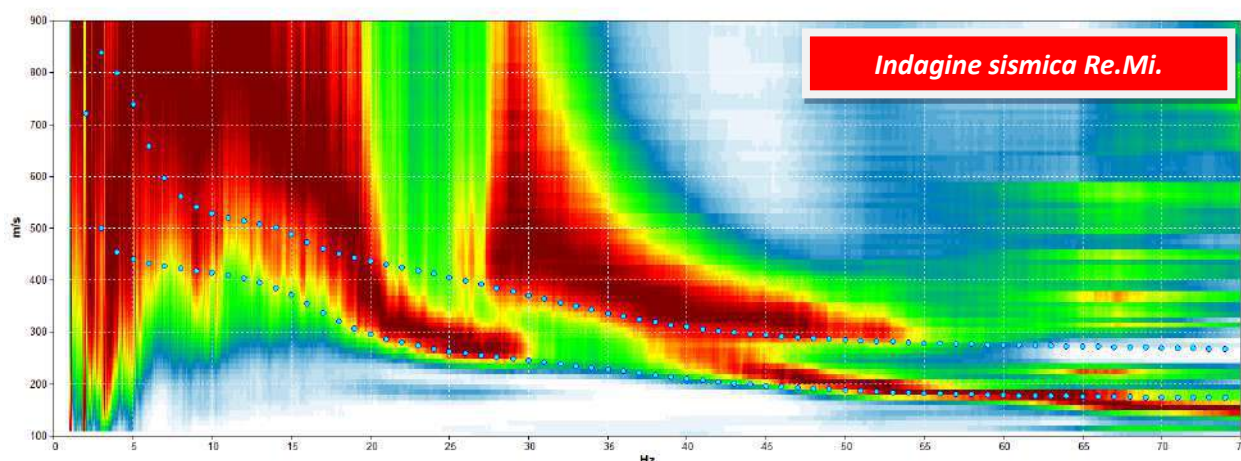
4. ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

4.1 Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate

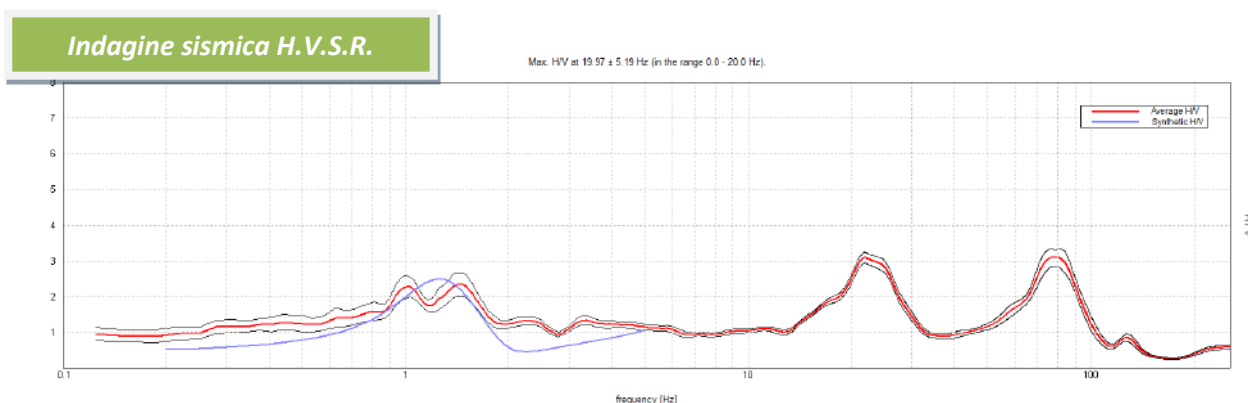
L'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismo - stratigrafico del sottosuolo robusto e affidabile in corrispondenza della zona d'interesse. L'indagine Re.Mi. ha individuato le discontinuità sismiche superficiali e stimato le velocità di propagazione delle onde S mentre la prospezione passiva a stazione singola (H.V.S.R.), tramite inversione congiunta, ha stimato il grado di rigidità della copertura e del substrato di riferimento. Inoltre, la misura H.V.S.R. ha determinato le frequenze di risonanza di sito cioè i valori di frequenza attesi in superficie in occasione di evento sismico.

L'attendibilità del modello sismo-stratigrafico desunto è da considerarsi elevata poiché la coerenza del segnale è buona e lo spettro di velocità è ben definito nel modo fondamentale per quasi tutte le frequenze campionate. Il programma di elaborazione utilizzato permette di considerare non solo il modo fondamentale ma, una volta individuati, anche i modi superiori per vincolare con maggior attendibilità la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo.

4.2 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente in tutte le frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu la curva sintetica creata da una modellizzazione diretta delle onde S.



La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

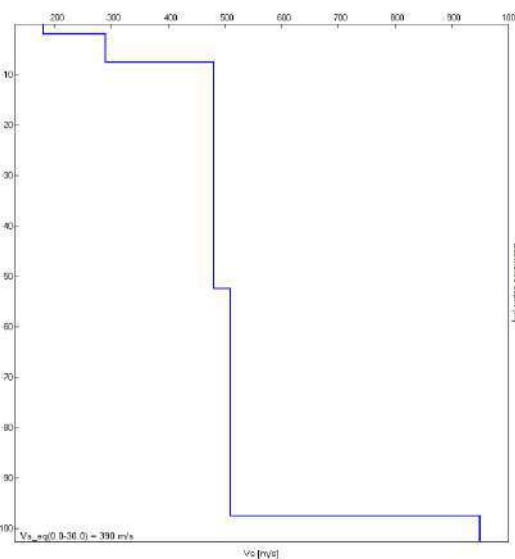
La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di materiali moderatamente addensati fino a circa 2 m dal p.c. locale caratterizzati da V_s di circa 180 m/s, per valori di profondità maggiori la V_s cresce fino a valori di circa 290 m/s.

Alla profondità di circa 7.5 m dal p.c. locale si evidenzia un aumento della V_s con valori di circa 480 m/s.

Un ulteriore incremento ($V_s \approx 510$ m/s) si raggiunge ad una profondità di circa 53 m dal p.c. locale.

Il *bedrock* sismico ($V_s \approx 950$ m/s), inteso come quel mezzo caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, è stato riconosciuto ad una profondità di circa 98 m dal p.c. locale.

Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):



Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	180	2	0,0 - 2,0
II SISMOSTRATO	290	5,5	2,0 - 7,5
III SISMOSTRATO	480	45	7,5 - ≈ 53
IV SISMOSTRATO	510	45	≈ 53 - ≈ 98
V SISMOSTRATO	950	Semisp.	≈ 98 - $\approx$ Semisp.

4.3 Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

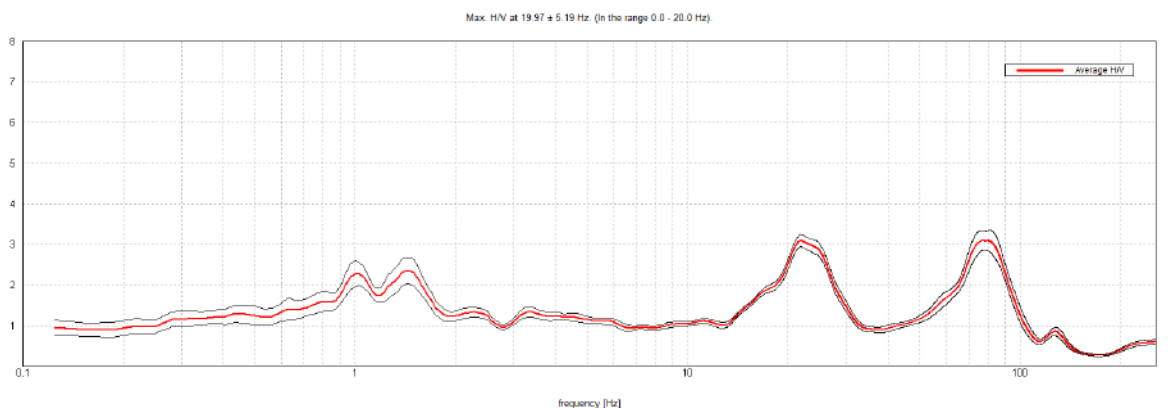
La frequenza fondamentale di risonanza di sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale ($H/V \approx 3$) nell'intervallo di interesse ingegneristico-strutturale (0,0 - 20,0 Hz), è di circa 20 Hz. Si segnala, tuttavia, la presenza di un ulteriore picco H/V di ampiezza rilevante a circa 1 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza

19.97 $\pm$ 5.19 Hz

È ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.

Si dovrà quindi porre attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione naturale del terreno. Nel caso specifico il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.

4.4 Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento.

Per definire le Categorie, il D.M. 17 gennaio 2018 prevede il calcolo del parametro $V_{s,eq}$, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s dei terreni posti al di sopra del substrato di riferimento ($V_{s,30}$ per depositi con profondità del substrato superiore a 30 m). La profondità del substrato è riferita al piano di posa delle fondazioni superficiali, alla testa dei pali per fondazioni indirette, al piano di imposta delle fondazioni per muri di sostegno di terrapieni o alla testa delle opere di sostegno di terreni naturali.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Dall'assetto sismo-stratigrafico desunto dalle indagini sismiche effettuate, è possibile constatare la presenza del substrato geofisico a profondità superiore a 30 m.

Pertanto, come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*), si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_{s,30}$), a partire da varie profondità dal piano campagna:

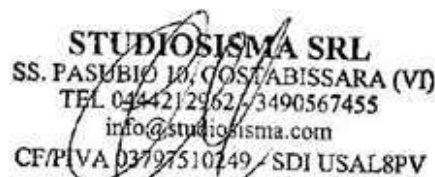
Profondità piano di posa delle fondazioni	$V_{s,30}$	Categoria di sottosuolo
0 m dal p.c.	$V_s (0 - 30) \approx 390$ m/s	Categoria B
1 m dal p.c.	$V_s (1 - 31) \approx 408$ m/s	Categoria B
2 m dal p.c.	$V_s (2 - 32) \approx 429$ m/s	Categoria B
3 m dal p.c.	$V_s (3 - 33) \approx 437$ m/s	Categoria B
4 m dal p.c.	$V_s (4 - 34) \approx 446$ m/s	Categoria B
5 m dal p.c.	$V_s (5 - 35) \approx 455$ m/s	Categoria B
6 m dal p.c.	$V_s (6 - 36) \approx 465$ m/s	Categoria B

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata B**.

Categoria B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina mediamente 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.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di Vs ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

Costabissara, gennaio 2022



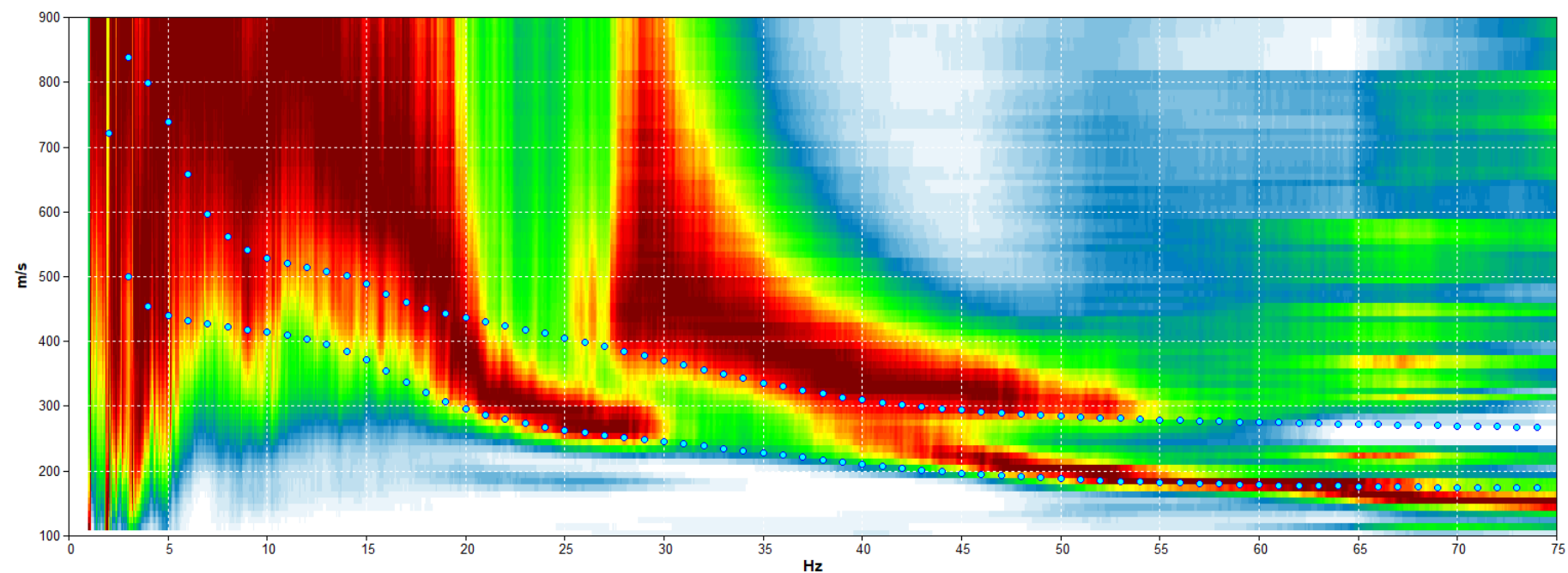
STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VT)
TEL 0444/212962 - 3490567455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 - SDI USAL8PV

ALLEGATO

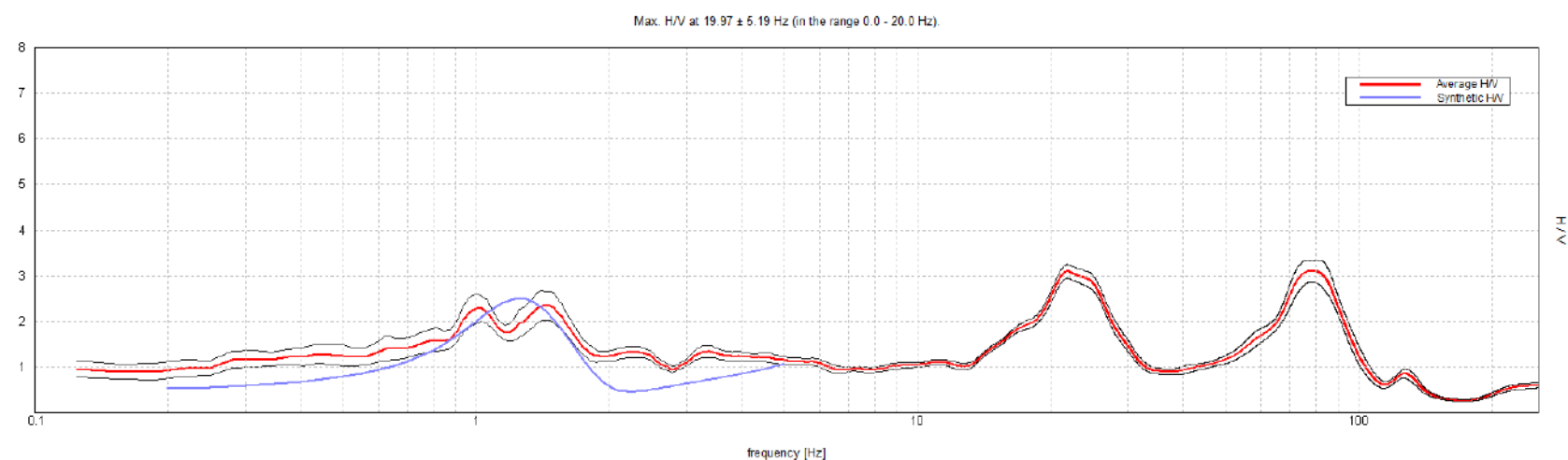
 Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ✓ Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, p. 665 - 666.
- ✓ Arai H. e Tokimatsu K., 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94, p. 53 - 63.
- ✓ Castellaro S., Mulargia F. Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica Regionale*, vol. 3.
- ✓ D'Amico V., Picozzi M., Albarello D., Naso G. e Tropenscovino S., 2004. Quick estimates of soft sediments thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southern Italy, *J. Eartq. Eng.*, 8, p. 895 - 908.
- ✓ Dal Moro G., 2008b, Rapporto sulla campagna Vs30 in Friuli Venezia Giulia, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, Università di Trieste.
- ✓ Dal Moro G & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curve and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, *J. Appl. Geophysics*, 61, 56-81.
- ✓ Gallipoli R., La Penna V., Lorenzo P. et al., 2000. Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in southern Italy, *European J. Environm. and Eng. Geophys.*, 4, p. 117 - 128.
- ✓ Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, 89, p. 250 - 290.
- ✓ Ivanov, J., Miller, R.D., Xia, J., Steeples, D., and Parck, C.B., 2006, Joint Analysis of Refractions with Surface Waves. An Inverse Refraction-Traveltime Solution: *Geophysics*, 71, R131-R138.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2001. A critical review of 10 Years of microtremor HVSR technique, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 42, P. 255 - 266.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2006. Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, *Conf. Eartq. Eng. And Seismol.*, Ginevra, 3-8 Sept. no 270.
- ✓ Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., 2007. Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica", *Il geologo - Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna*.
- ✓ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, 30, p. 25 - 30.
- ✓ Roth M. & Holliger K- 1999. Inversion of Sourcegenerated noise in high-resolution seismic data. *The Leading Edge*, 18, 1402-1406.
- ✓ [SESAME Project](#): "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.



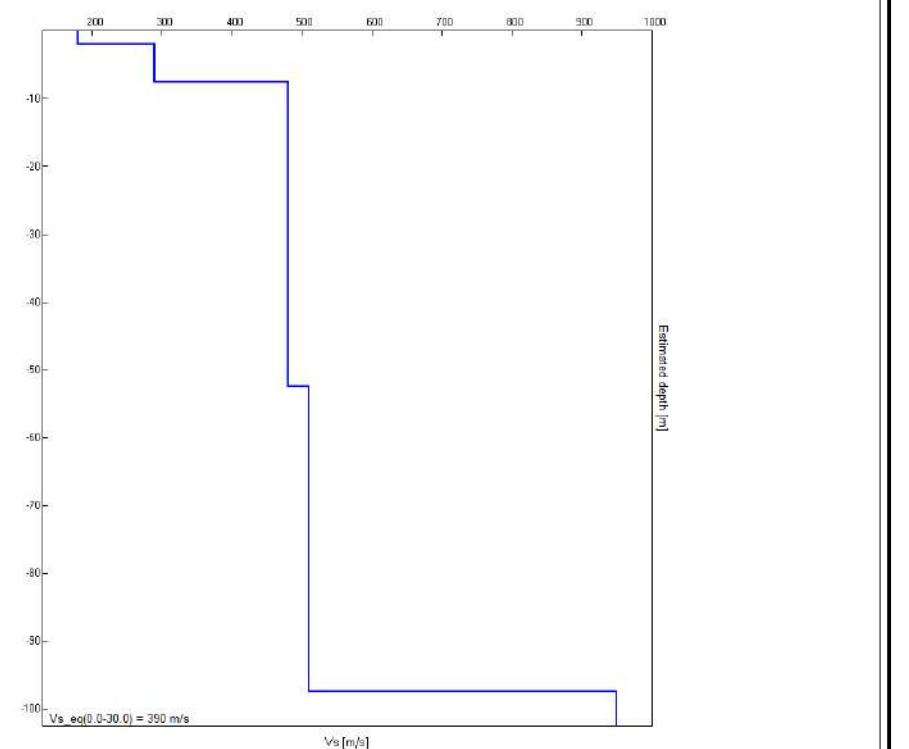
Spettro di velocità e curve sintetiche da indagine sismica in array (Re.Mi.)



Spettro sismico a curva sintetica da misura a stazione singola (H.V.S.R.)

Profondità piano di posa e Vs,30 calcolati

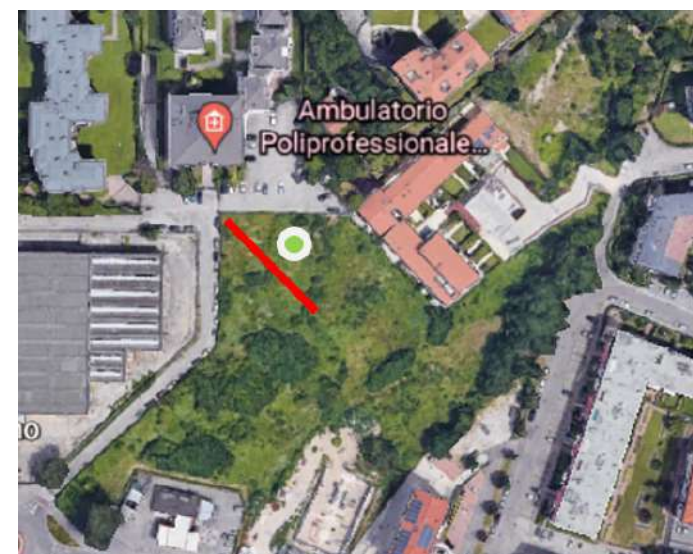
0 m dal p.c.	390 m/s	Categoria B
1 m dal p.c.	408 m/s	Categoria B
2 m dal p.c.	429 m/s	Categoria B
3 m dal p.c.	437 m/s	Categoria B
4 m dal p.c.	446 m/s	Categoria B
5 m dal p.c.	455 m/s	Categoria B
6 m dal p.c.	465 m/s	Categoria B



Profilo Verticale onde S (Vs)

Modello sismo-stratigrafico interpretativo

Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	180	2	0,0 - 2,0
II SISMOSTRATO	290	5,5	2,0 - 7,5
III SISMOSTRATO	480	45	7,5 - ≈53
IV SISMOSTRATO	510	45	≈53 - ≈98
V SISMOSTRATO	950	Semisp.	≈98 - ≈Semisp.



INDAGINE GEOFISICA

Ubi: Via Milano - Comune di Verona (VR)

Lat: 45.445720°N - Lon: 10.962682°E (WGS84)

Committente: Dott. Geol. Alberto Cò

**Indagine sismica
Re.Mi. e H.V.S.R.**

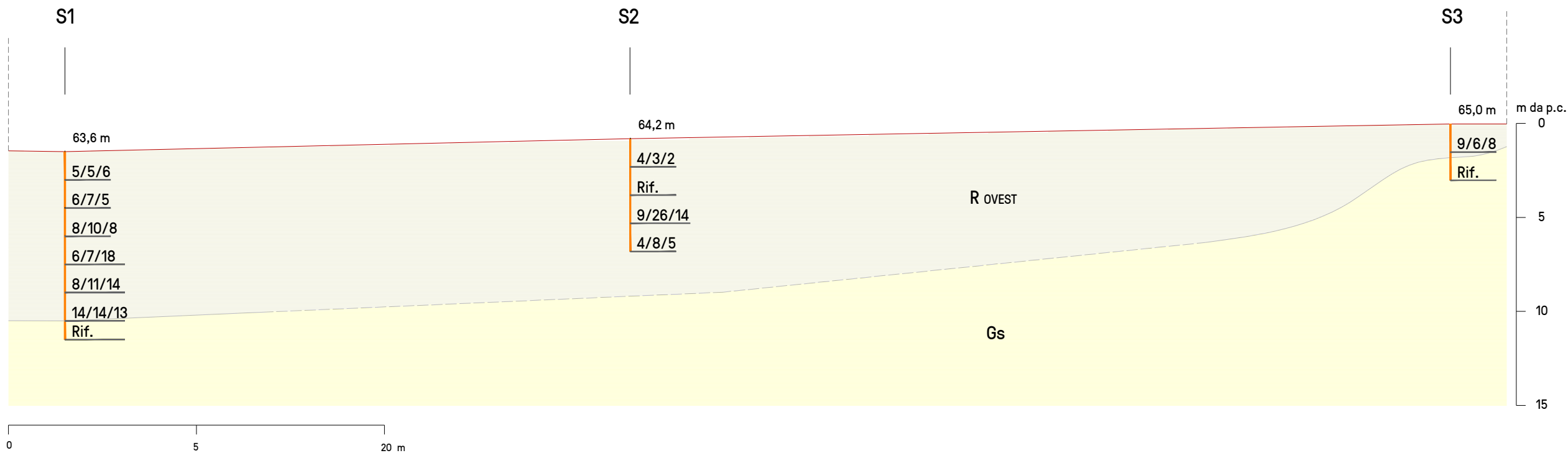
Gennaio 2022



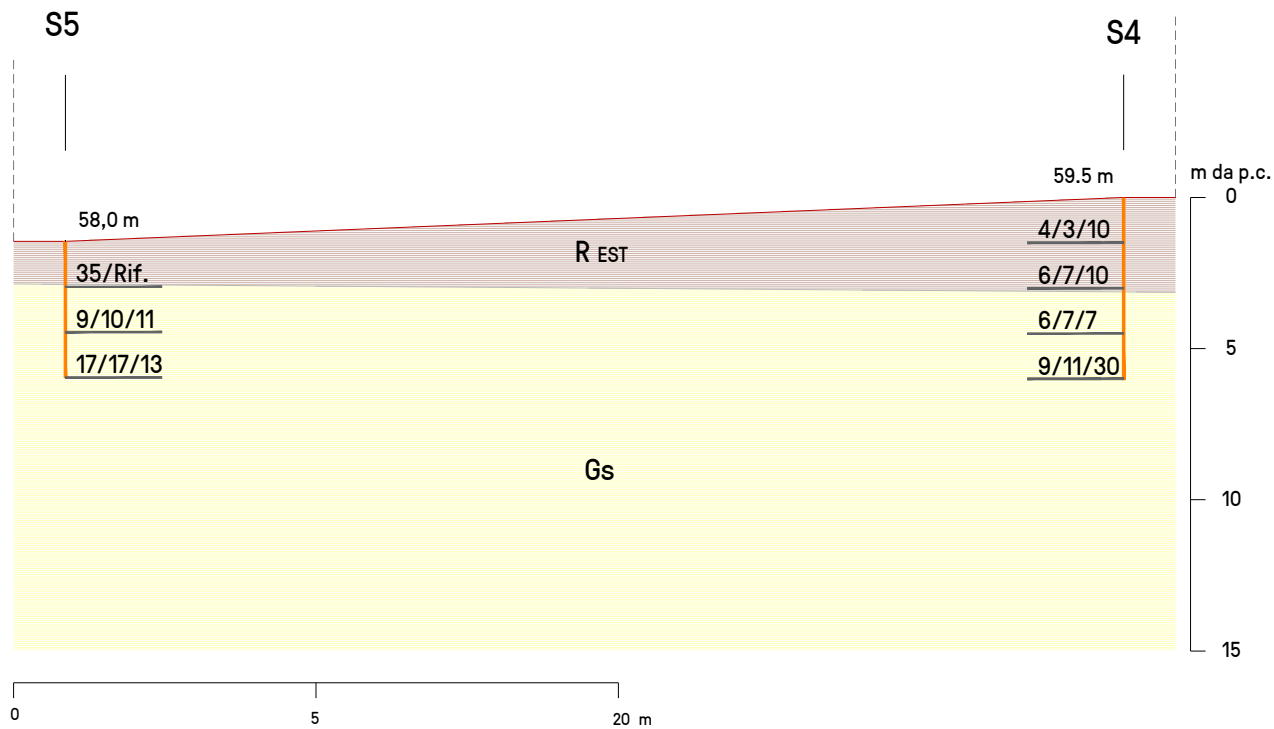
ALLEGATO 7

SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

sezione A-A'



sezione B-B'



unità "R OVEST":
Orizzonte non in giacitura naturale rappresentato da prevalenti SABBIA LIMOSA ÷ LIMO SABBIOSO CON GHIAIA da poco a mediamente addensati. Seppur eterogeneo, presenta una certa stratificazione legata alle fasi di riprofilatura e riempimento operate per cui si riconoscono in profondità ORIZZONTI LIMOSI dotati di buona consistenza nonchè caratterizzati da scarsa continuità laterale. Presenti elementi antropici di natura mista, in tendenziale diminuzione con la profondità. Tale orizzonte risulta comprensivo di uno strato superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.

unità "R EST":
Orizzonte non in giacitura naturale rappresentato da uno strato superficiale di GHIAIA SABBIOSA poco addensato sottendente LIMO DA SABBIOSO AD ARGILLOSO con grado di consistenza in aumento con la profondità. Presenti elementi antropici di natura mista, in tendenziale diminuzione con la profondità. Tale orizzonte risulta comprensivo di uno strato superficiale di terreno vegetale di esiguo spessore.

unità "Gs":
Ghiaia e sabbia. Deposito in giacitura naturale, dotato un buon grado di addensamento.

S2

Sondaggio a carotaggio continuo
con valori di SPT in foro.

4/3/2



ALLEGATO 8

RAPPORTO DI PROVA ANALISI AMBIENTALI

Spett.
Dott. Geol. Alberto Cò
Via G. Camuzzoni, 1
37138 VERONA VR

RAPPORTO DI PROVA 22LA01176

DATI CAMPIONE

Numero ordine: 22-000367

Data di ricevimento: 17/02/2022

Data emissione RDP: 03/03/2022

Matrice: terreni

Dati identificativi: terreno di riporto. Provenienza campione: Via Pietro Gobetti, Verona VR

DATI CAMPIONAMENTO

Campionamento a cura di: personale esterno - dott. geol. Alberto Cò

RISULTATI ANALITICI

Prova	Metodo di prova	Unità di misura	Valore	Limite ^(#1) massimo	Limite ^(#2) massimo	Inizio	Fine
* Residuo secco 105°C	D.M. 13.09.99 GU 248 21/10/99 met.II.2 int. D.M. 25.03.02	% p/p	97.0			17/02	23/02
* Frazione granulometrica < 2mm	D.M. 13.09.99 GU 248 21/10/99 met.II.1 int. D.M. 25.03.02	% p/p	87.4			17/02	23/02
Composti inorganici:							
Arsenico	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	9.7	20		17/02	23/02
Cadmio	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	< 0.5	2		17/02	23/02
Cobalto	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	7.5	20		17/02	23/02
Cromo totale	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	25.3	150		17/02	23/02
* Cromo esavalente (VI)	CNR IRSA 16 Q.64 Vol.3 1986	mg/Kg s.s.	< 0.1	2		17/02	23/02
Mercurio	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	< 0.1	1		17/02	23/02
Nichel	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	20.6	120		17/02	23/02
Piombo	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	54.6	100		17/02	23/02
Rame	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	62.5	120		17/02	23/02
Zinco	UNI EN 16173:2012 + UNI EN 16170:2016	mg/Kg s.s.	113	150		17/02	23/02
Idrocarburi:							
Idrocarburi C maggiore di 12	UNI EN ISO 16703:2011	mg/Kg s.s.	13.5	50		17/02	25/02

Segue rapporto di prova 22LA01176

RISULTATI ANALITICI

Prova	Metodo di prova	Unità di misura	Valore	Limite ^(#1) massimo	Limite ^(#2) massimo	Inizio	Fine
Eluizione secondo la norma UNI EN 12457-2 2004							
Arsenico	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	3.0		10	21/02	03/03
* Boro	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	12.3		1000	21/02	03/03
Bario	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	mg/l	0.018			21/02	03/03
Berillio	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 1		4	21/02	03/03
Cadmio	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 0.5		5	21/02	03/03
Cobalto	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 1		50	21/02	03/03
Cromo	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	1.0		50	21/02	03/03
* Cromo esavalente (VI)	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 3150C Man 29 2003	µg/l	< 1		5	21/02	03/03
Mercurio	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 0.1		1	21/02	03/03
Nichel	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 1		20	21/02	03/03
Piombo	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	2.2		10	21/02	03/03
Rame	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	4.0		1000	21/02	03/03
Selenio	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 1		10	21/02	03/03
Vanadio	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	3.6			21/02	03/03
Zinco	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016	µg/l	< 1		3000	21/02	03/03
Fluoruri	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	µg/l	392		1500	21/02	23/02
Nitrati	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	< 5			21/02	23/02
Nitriti	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	µg/l	< 100		500	21/02	23/02
Cloruri	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	< 5			21/02	23/02
Solfati	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l	< 5		250	21/02	23/02
* Cianuri	UNI EN 12457-2:2004 + MI 15 rev. 0 2012	µg/l	< 30		50	21/02	22/02
pH	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003		7.2			21/02	22/02

Informazioni richieste dalla Norma UNI EN 12457-2:2004

Preparazione campione

Metodo utilizzato per la riduzione delle dimensioni del campione

frantoio a mascelle

21/02 21/02

Segue rapporto di prova 22LA01176

RISULTATI ANALITICI

<u>Prova</u>	<u>Metodo di prova</u>	<u>Unità di misura</u>	<u>Valore</u>	<u>Limite^(#1) massimo</u>	<u>Limite^(#2) massimo</u>	<u>Inizio</u>	<u>Fine</u>
Frazione > 4mm		% p/p	< 5			21/02	21/02
Frazione di materiale non macinabile		% p/p	assente			21/02	21/02
Produzione dell'eluato							
Massa grezza MW della porzione di prova		Kg	0.10523			21/02	21/02
Rapporto del contenuto di umidità MC		%	14.2			21/02	21/02
Data inizio test			21/02			21/02	21/02
Volume dell'agente lisciviante		L	0.90			21/02	21/02
Procedimento di separazione liquido/solido			filtro MCE 0.45µm			21/02	22/02
Temperatura		°C	20.9			21/02	22/02
Conducibilità a 20°C	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003	µS/cm	113			21/02	22/02

(*): prova non accreditata da ACCREDIA

(#): 1) Colonna A, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006
2) Tabella 2, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006

Note al Rapporto di Prova: relativamente alle prove ai sensi della Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006 le analisi sono state eseguite sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e valori sono riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensivi dello scheletro, come previsto dall'Allegato 2 al Titolo V del D.Legislativo 152/2006.

Giudizio.

I parametri determinati rientrano nei limiti di riferimento riportati nella Colonna A, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006.

I parametri determinati rientrano nei limiti di riferimento riportati nella Tabella 2, Allegato 5 al Titolo V alla Parte Quarta del Decreto Legislativo 152/2006.

Segue rapporto di prova 22LA01176

L'incertezza, qualora riportata nel presente documento, se non diversamente indicato, è espressa come incertezza estesa ed è stata calcolata utilizzando un fattore di copertura $k=2$, ad un livello di fiducia del 95%.

Se non diversamente specificato le dichiarazioni di conformità/non conformità eventualmente riportate si riferiscono ai parametri analizzati e vengono formulate confrontando il valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza associata alla misura.

Se non diversamente specificato, le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.).

Il segno "<" nella colonna "Valore" indica che la sostanza analizzata non è quantificabile al di sotto del limite di quantificazione.

Le informazioni riportate nel campo "Dati identificativi" sono fornite dal Cliente e VeronaLab non se ne assume la responsabilità.

Nel caso in cui il campionamento non sia effettuato da VeronaLab, i risultati ottenuti si considerano riferiti al campione così come ricevuto. VeronaLab declina la propria responsabilità sui risultati calcolati considerando i dati di campionamento forniti dal Cliente.

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova sono riferiti esclusivamente al campione sottoposto a prova/e.

E' vietata la riproduzione parziale del presente rapporto, salvo autorizzazione scritta della VeronaLab s.r.l.

Il Direttore Tecnico
Dott.ssa Valentina Caliri



REGIONE VENETO – PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VERONA

PUA – SCHEDA 418
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER URBANIZZAZIONE
DI AREA SITA IN ATO 3 – VERONA – CORSO MILANO

ELABORATO

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

(D.G.R. n.1322/2006 e n.2948/2009)

COMMITTENTE

ELLE IMMOBILIARE S.P.A., EDILZAMBO S.N.C.

TECNICO/I INCARICATO/I

Ing. Alessia Canteri



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE PROGETTO	5
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
5	CARATTERISTICHE DEL SITO D'INTERVENTO	7
6	ANALISI REPERTORIO NORMATIVO P.I.	9
7	ANALISI IDROLOGICA	10
8	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO	11
8.1	impermeabilizzazione delle superfici.....	11
8.2	criticità idrauliche e portate di deflusso	14
9	PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	16

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	APPROFONDIMENTI IDRAULICI AI SENSI DELL'ART.8 DELLE NTA DEL PGRA
ALLEGATO 2:	TABULATI DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE PUA
ALLEGATO 3:	TABULATI DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE AREE

Codice di Rif.: AC064

Verona, 17 luglio 2023

1 PREMESSA

Nell'ambito del Piano Urbanistico Attuativo per la riqualificazione di un'area compresa tra Corso Milano e Via Pietro Gobetti in Comune di Verona (Scheda Norma – 418 ATO 3), viene redatto il presente elaborato in conformità a quanto indicato dalla Delibera della Giunta Regionale 13 dicembre 2002 n. 3637 successivamente integrata e aggiornata dalla Delibera Regionale n. 1322 del 10 maggio 2006, poi modificata dalla D.G.R. n. 2948 del 6 ottobre 2009, la quale prevede che per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti, generali o parziali o che, comunque, possano recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente, sia presentata una "Valutazione di compatibilità idraulica".

Scopo di tale elaborato è dimostrare l'ammissibilità degli interventi in progetto in relazione all'assetto idraulico dell'area verificando le possibili interazioni e interferenze e prospettando soluzioni atte a garantire il corretto regime idraulico.

In tal senso, il presente elaborato oltre a fornire una descrizione delle caratteristiche attuali dei luoghi interessati dal progetto, valuta le modifiche introdotte dall'intervento progettuale previsto, ne verifica l'ammissibilità e propone delle eventuali misure compensative secondo il principio dell'invarianza idraulica, allo scopo cioè di smaltire le acque meteoriche di dilavamento senza alterare il regime idraulico del territorio coinvolto.

Le valutazioni idrauliche di seguito riportate sono state ponderate, oltre che sulla base di quanto indicato dalla normativa di riferimento, anche tenendo conto delle indicazioni e prescrizioni a carattere idraulico contenute nella cartografia degli Enti preposti alla salvaguardia del territorio e nella pianificazione urbanistica con particolare riguardo allo Studio di compatibilità idraulica del PI comunale ed infine adeguando lo studio alle indicazioni emerse in Conferenza dei Servizi.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente Normativa di riferimento:

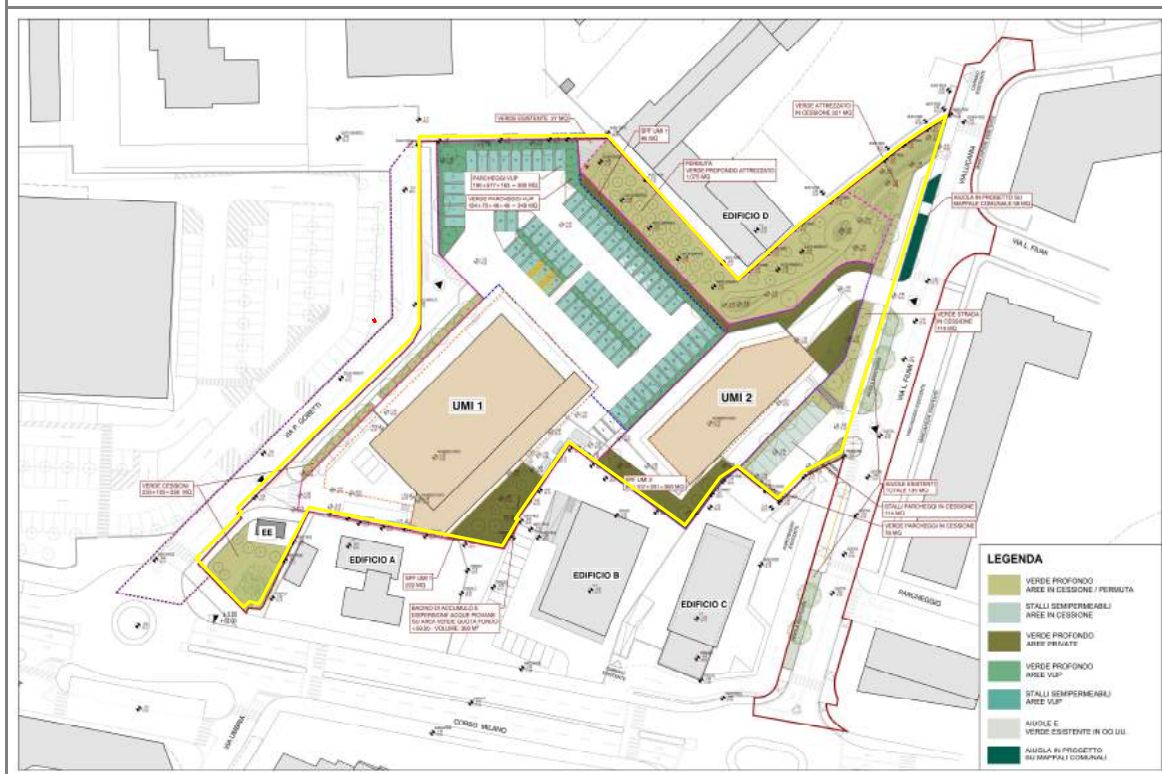
LEGGE 31.07.2002 N°179 Disposizioni in materia ambientale.
D.G.R.V. 13.12.2002 N° 3637 Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.
D.L. 03.04.2006 N°152 E S.M.I. Norme in materia ambientale.
D.G.R.V. 10.05.2006 N° 1322 Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.
ALLEGATO A ALLA D.G.R.V. 10.05.2006 N° 1322 Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.
D.G.R.V. 24.07.2007 N° 2267 Piano di Tutela delle Acque. Approvazione delle norme di salvaguardia.
D.G.R.V. 06.10.2009 N° 2948 Legge 3 Agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007, in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.
ALLEGATO A ALLA D.G.R.V. 06.10.2009 N° 2948 Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.
PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE VENETO (P.T.A.) D.G.R.V. 05.11.2009 N°107 Norme per il governo del territorio.
D.G.R.V. 27/01/2011 N° 80 Norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque - Linee guida applicative.
D.G.R.V. 15/05/2012 N° 842 Modifica e approvazione del testo integrato delle norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque.
D.G.R.V. 28/08/2012 N° 1770 Piano di Tutela delle Acque. Precisazioni.
DELIBERA CIP N° 3-SEDUTA 21/12/2021 Il ciclo Piani di Gestione Rischio Alluvioni. I aggiornamento – Art. 14, comma 3 Direttiva 2007/60/CE. Adozione dell'aggiornamento del PGRA ai sensi degli artt. 65 e 66 del D. Lgs. 152 del 2006 e corrispondenti misure di salvaguardia.

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 418 con finalità di urbanizzazione di un'area sita in ATO 3 nel comune di Verona, precisamente tra Via P. Gobetti e Via L. Fiumi/Via Lucania. L'estensione totale dell'ambito, comprensiva di ripерimetrazioni di aree pubbliche e private, è pari a 12.387 m² oltre a 1.094 m² di opere extra ambito, ove è previsto il rifacimento della porzione di Via P. Gobetti confinante con l'area d'intervento.

Poiché l'area extra ambito che include via Gobetti e quella ripерimetrata su via Fiumi (2.036 m²+73 m²) non subiranno modifiche sostanziali in termini di permeabilità e quindi non contribuiranno a modificare l'assetto idraulico esistente, si considera area effettiva di trasformazione una superficie di 10.278 m².

Fig. 1. Estratti da tavole progettuali (Fascicolo 7 – Planivolumetrico. Tav. 7.5-Permeabilità). In rosso scuro l'ambito PUA, in giallo l'area oggetto di trasformazione.



Più nel dettaglio, l'area risulterà suddivisa in n. 02 unità minime d'intervento:

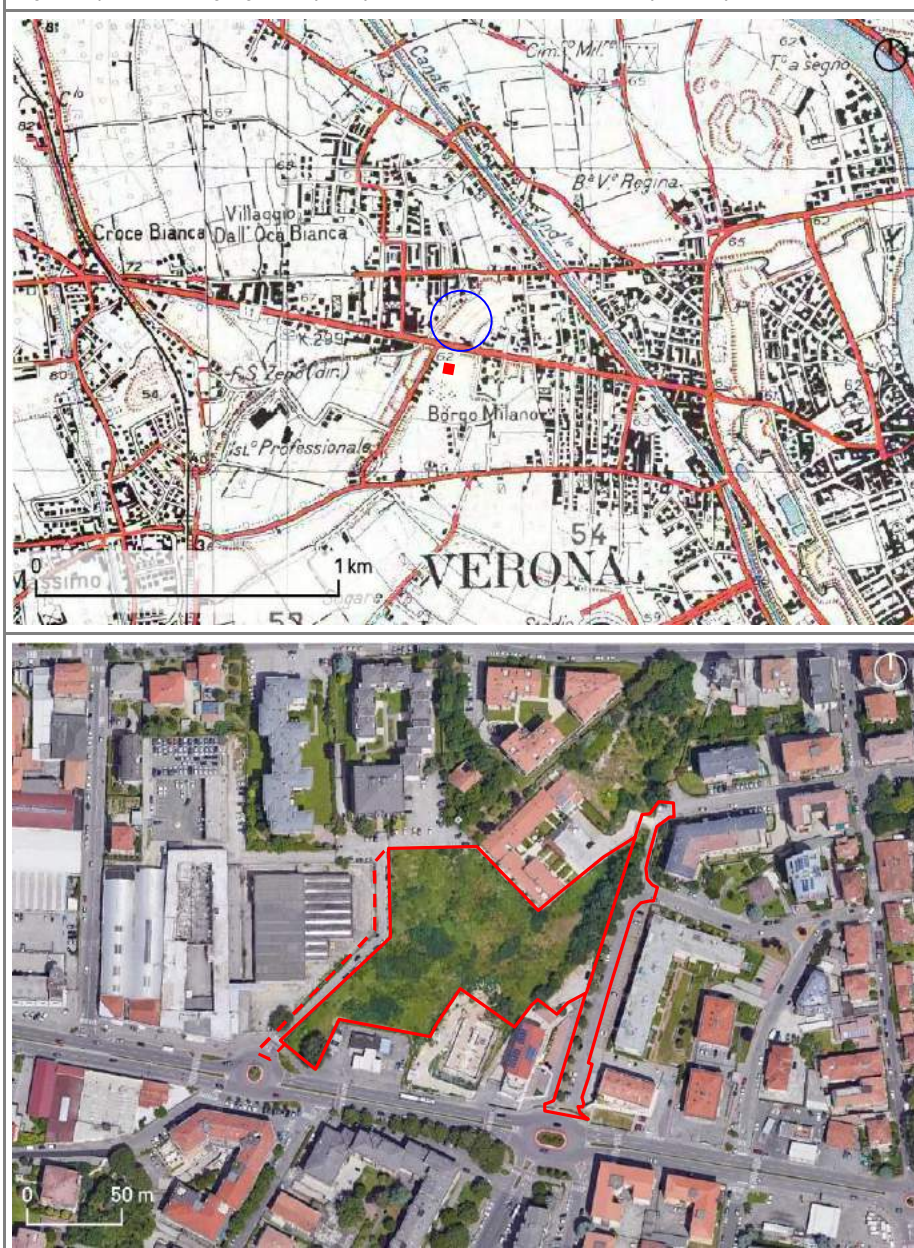
- “UMI 1”, ubicata nella porzione occidentale del lotto, a destinazione commerciale, composta dal fabbricato con un massimo di n. 02 piani fuori terra e dall'adiacente area di carico-scarico;
- “UMI 2”, ubicata nella porzione orientale del lotto, a destinazione residenziale, in cui è prevista la realizzazione di una palazzina con interrato ed un massimo di n. 04 piani fuori terra e di aree verdi.

Completano l'intervento il parcheggio vincolato ad uso pubblico adiacente alla UMI 1, nella porzione centrale del lotto, un'altra zona parcheggio adiacente alla UMI 2 con accesso da via Fiumi, alcune aree in cessione, funzionali alla sistemazione di via Gobetti e di via Fiumi con la realizzazione di aree verdi e di un percorso pedonale e ciclabile, ed infine un'area verde con percorso pedonale in permuta lungo il limite nord dell'ambito.

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito di studio ricade nella porzione Nord occidentale del territorio comunale di Verona nell'ambito del quartiere cittadino di Borgo Milano, precisamente in un'area compresa tra Corso Milano e le strade secondarie di Via Pietro Gobetti e Via Lionello Fiumi, in un contesto fortemente antropizzato ed edificato a destinazione prevalentemente residenziale e commerciale. Il lotto d'interesse progettuale risulta delimitato a Nord da fabbricati residenziali, a Sud da Corso Milano e da attività commerciali ed edifici residenziali, ad Ovest dalla succitata Via Pietro Gobetti e infine ad Est da Via Lionello Fiumi.

Fig. 2. Inquadramento geografico (sotto) e foto aerea dell'area di studio (in basso).



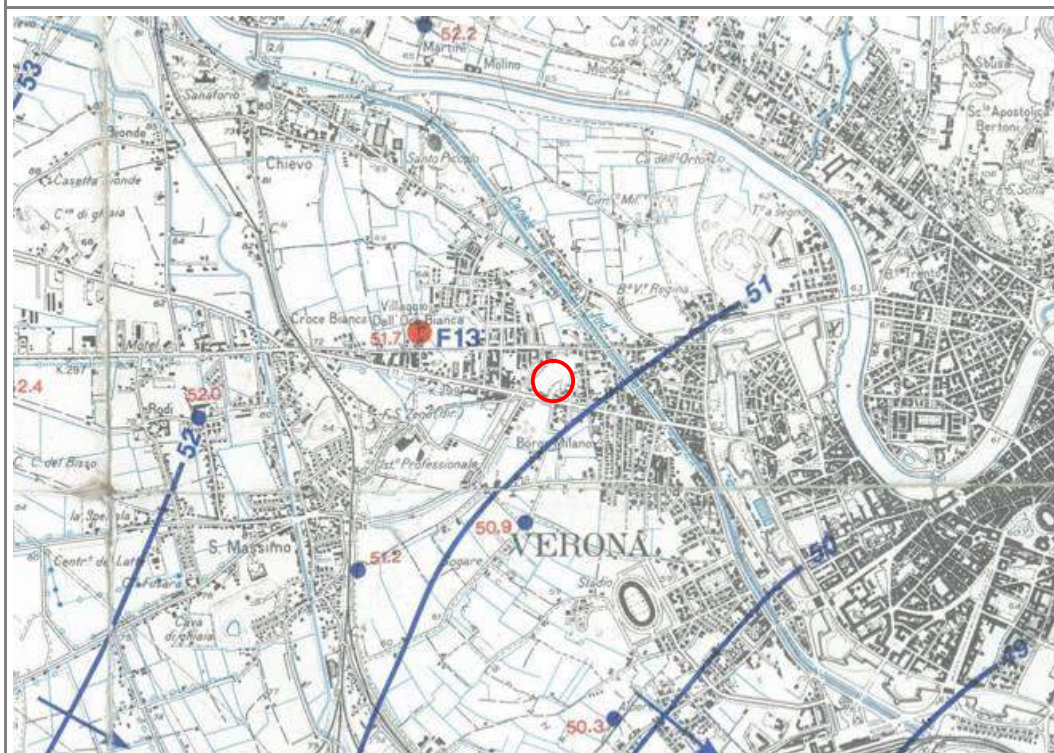
5 CARATTERISTICHE DEL SITO D'INTERVENTO

Il sito di studio, caratterizzato da un profilo morfologico variabile, con quote altimetriche da 57,5 m ca. s.l.m.m. sino a 65,4 m ca. s.l.m.m., si inserisce nel contesto del grande conoide fluvioglaciale dell'Adige, all'interno di una traccia di divagazione fluviale abbandonata. La porzione Ovest del lotto, posta alle quote altimetriche più elevate, risulta delimitata da una scarpata di altezza pari ad oltre 4,0 m, alla base della quale si sviluppa la porzione Est, morfologicamente ribassata rispetto al territorio circostante. Tale variabilità morfologica è imputabile alle intense attività antropiche che hanno interessato in passato l'area, caratterizzata dalla presenza di un sito estrattivo.

Sotto l'aspetto geolitologico, il sottosuolo naturale del sito di studio è costituito dai depositi grossolani delle alluvioni prevalentemente ghiaiose e ciottolose dell'antico conoide dell'Adige. La campagna indagini condotta ha rivelato, in particolar modo nella porzione Ovest del lotto, la presenza di un elevato spessore di materiale di riporto a comportamento prevalentemente granulare con abbondanti resti antropici, dovuto al parziale riempimento e rimodellamento di una cava estrattiva utilizzata in passato.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, il sito di studio ricade in corrispondenza dell'Alta Pianura, dove lo spesso materasso alluvionale costituito da depositi ghiaiosi e sabbiosi rappresenta 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 corrispondenza dell'area d'interesse progettuale la superficie della falda freatica si colloca in periodo di morbida ad una quota prossima a 51 m s.l.m. Considerando che il lotto di intervento si pone ad una quota altimetrica minima di 57,5 m ca. s.l.m.m., è possibile dedurre come anche in periodo di morbida la falda si trovi ad una profondità minima di 6,5 m dal piano campagna, tale da non interferire in alcun modo con le opere in progetto.

Fig. 3. Estratto dalla "Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige" (Dal Prà A. e De Rossi P., 1989). La profondità della falda è stata misurata nel 1986. In rosso l'ubicazione del sito di studio.



Con riferimento a quanto osservato nel corso dell'esecuzione degli scavi esplorativi all'interno dell'area di studio, è possibile evidenziare come in generale i terreni naturali costituenti il primo sottosuolo locale siano caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità generalmente elevata (con valori di k variabili tra 10^{-3} e 10^{-4} m/s) dovuta alla natura prevalentemente grossolana dei sedimenti presenti ed al medio - basso grado di addensamento che li contraddistingue.

Nel corso della campagna indagini condotta in corrispondenza del lotto d'interesse e con la specifica finalità di verificare le caratteristiche di conducibilità idraulica dei depositi superficiali, è stata realizzata in corrispondenza del materiale di riporto una prova di permeabilità in pozzetto ("PP1) a carico variabile secondo quanto indicato dalle Norme A.G.I. (*"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"*). L'elaborazione dei dati acquisiti ha consentito di ricavare un valore del coefficiente di permeabilità k dell'ordine di 10^{-4} m/s, un dato compatibile con la natura dei depositi costituenti il primo sottosuolo e dal medio – basso grado di addensamento che li caratterizza. Va debitamente sottolineato come le variazioni composizionali del terreno, possano comportare una lieve diversità nel valore sopra riportato, da ritenersi quindi in tal senso indicativo.

Dal punto di vista idrografico, il più significativo corso d'acqua naturale che scorre nelle vicinanze è rappresentato dal Fiume Adige (v. Fig. 4), la cui sponda destra dista oltre 1,4 km in direzione Est dall'area di intervento. Ad una distanza minima di 400 m ad Est rispetto al lotto d'interesse scorre inoltre il Canale Camuzzoni, corso d'acqua di origine artificiale ad andamento NO - SE che scorre pensile quasi completamente regimato fra argini artificiali, mentre ad Ovest scorre l'Alto Agro Veronese (diramazione S. Giovanni) il quale dista 1,2 km dall'area oggetto d'intervento.

Dal punto di vista amministrativo, il sito di studio rientra nell'ambito territoriale del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali e dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige e dall'analisi della cartografia prodotta nei rispettivi Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) e Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) non ricade fra le aree a pericolosità idraulica né fra quelle a dissesto idrogeologico in esse individuate. Con particolare riguardo a tale aspetto, la verifica delle condizioni di pericolosità idraulica effettuata ai sensi dell'art.8 delle Norme tecniche di attuazione del PGRA (Aggiornamento e revisione 2021-2027) conferma nell'area di intervento l'assenza di aree a pericolosità idraulica o soggette a dissesto idraulico (v. allegato 1).

Fig. 4. Estratto da Google Earth con evidenziata la rete idrografica principale (in azzurro) presente in corrispondenza del sito oggetto di intervento (in rosso).



6 ANALISI REPERTORIO NORMATIVO P.I.

Relativamente agli aspetti di interesse per la valutazione di compatibilità idraulica dell'area, il P.I. del Comune di Verona nel Repertorio Normativo (Allegato alle N.T.O. art.17 comma 5 lettera c), Sezione 8 - Impatto idraulico manifestazioni d'interesse (2° bando – ATO 3), indica le seguenti misure compensative per il lotto di progetto.

N° rep.	Superficie intervento (m²)	Volume invaso (m³)	Volume invaso da PAT (m³)	INVASO PREVALENTE				ASSEVERAZIONE
				vasca laminazione	sovradimensionamento condotte	bacino di ritenzione	bacino/fosso d'infiltrazione (2)	
418*	9.297	175,95	453,14	SI	SI	SI	SI	-

N° rep.	Superficie intervento (m²)	SMALTIMENTO PREVALENTE			
		accumulo e smaltimento in pozzi disperdenti (2)	immissione in corso d'acqua (1)	accumulo e immissione in trincee drenanti (2)	immissione nella rete acque bianche (1) (3) (5)
418*	9.297	si	no	si	no

N° rep.	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE				
	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	smaltimento con caditoie drenanti (4)	tetti verdi	parking grigliati
418*	si	si	si	si	si

* Scheda modificata in sede di approvazione della Variante 23. Si prescrive che in sede di PUA venga elaborata la verifica di compatibilità idraulica in quanto le carature urbanistiche sono state modificate in sede di approvazione.

- (1) Da richiedere autorizzazione all'Ente Gestore
- (2) Verificare il rischio di contaminazione dei corpi idrici sotterranei
- (3) Da verificare il rischio d'inquinamento dei corpi idrici superficiali
- (4) Solo in zone con elevata permeabilità e alta soggiacenza e verificando il rischio d'inquinamento dei corpi idrici sotterranei
- (5) In base all'art. 39 del Piano di Tutela delle Acque, il recapito delle acque meteoriche nella rete bianca è ammesso solo se si dimostra la non possibilità di utilizzo di altri metodi.

Per la scheda N°418 è quindi prevista in fase di PUA una nuova valutazione della compatibilità idraulica dell'intervento rispetto ai parametri urbanistici adottati in progetto.

Il calcolo del volume di laminazione necessario indicato dal PAT, pari a 487,4 m³/ha di superficie d'intervento (Parere del Genio Civile prot. N°290639 del 11/05/2008), considerando una superficie d'intervento di 9.297 m², riporta un volume d'invaso di 453,14 m³.

In relazione al contesto stratigrafico ed idrogeologico, fra le possibili misure di compensazione sono ammesse tutte le tipologie con prevalente carattere d'invaso (vasca di laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacino di ritenzione e bacino e fosso d'infiltrazione) e fra i sistemi a carattere prevalentemente di dispersione sono ammessi i pozzi perdenti e le trincee drenanti. E' infine sempre auspicabile l'adozione delle buone pratiche costruttive volte a mitigare le modifiche indotte sul regime idraulico dell'area.

7 ANALISI IDROLOGICA

Per la caratterizzazione idrologica dell'area, la normativa prescrive che sia fatto riferimento alle curve di possibilità pluviometrica, caratteristiche della zona di studio per diverse durate di precipitazione per eventi con un determinato tempo di ritorno T_r . I dati pluviometrici che definiscono il legame tra l'altezza di pioggia h e la durata di precipitazione t si esprimono in genere attraverso una curva di possibilità pluviometrica (CPP) monomia in forma:

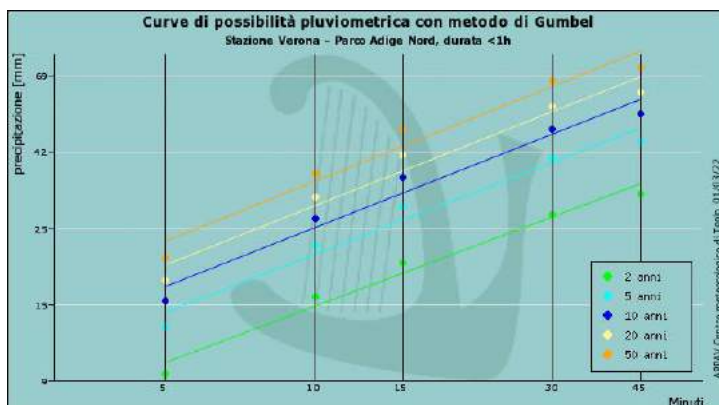
$$h = a t^n$$

h = altezza di pioggia (mm)

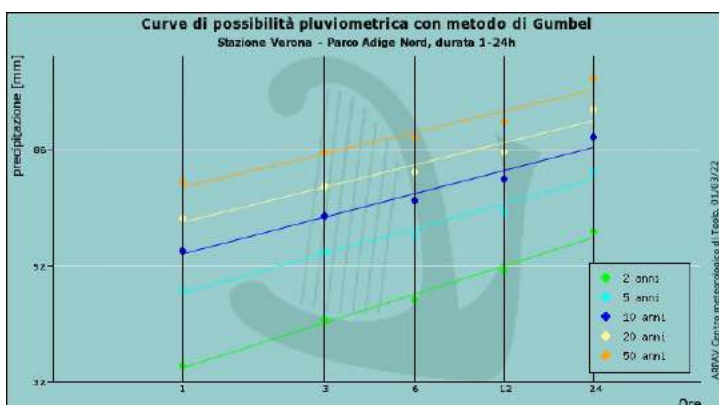
a, n = coefficienti

t = durata della precipitazione (ore)

Nel caso specifico sono state adottate le curve pluviometriche elaborate da ARPAV per la stazione di Verona – Parco Adige Nord (67 m s.l.m.) attiva dal 2009 e relative alle piogge brevi ed intense e di durata compresa tra 1 ora e 24 ore.



Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata <1h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	39.538	0.531
5 anni	57.476	0.550
10 anni	69.364	0.558
20 anni	80.773	0.563
50 anni	95.546	0.568



Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	33.686	0.178
5 anni	46.346	0.154
10 anni	54.731	0.145
20 anni	62.775	0.138
50 anni	73.188	0.131

8 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO

La valutazione degli effetti dell'intervento sull'area di progetto riguarda prima di tutto la trasformazione dell'uso del suolo da essa attuata. Nel seguito verranno quindi analizzate le variazioni in termini di impermeabilizzazione delle superfici e di criticità idraulica del territorio. Il modello di calcolo utilizzato per l'analisi afflussi-deflussi idraulici nell'area, ai fini della stima delle portate di piena, è il *metodo razionale*.

8.1 impermeabilizzazione delle superfici

Allo stato attuale l'area di progetto si presenta sostanzialmente verde incolta con una piccola porzione sterrata verso via Fiumi. A seguito dell'intervento verranno realizzati, come già descritto in precedenza, un fabbricato commerciale ed uno residenziale, parcheggi annessi, viabilità e sistemazioni a verde. Considerando l'area di trasformazione di 10.278 m², le porzioni di cui si compone l'intervento sono le seguenti:

TIPOLOGIA AREA	SUPERFICIE (m ²)
UMI 1 – AREA COMMERCIALE	2.707*
AREA PARCHEGGIO UMI 1 – VINCOLATA AD USO PUBBLICO	2.585
UMI 2 – AREA RESIDENZIALE	1.622*
AREA PARCHEGGIO UMI 2 – VINCOLATA AD USO PUBBLICO	365
AREA IN CESSIONE E AREA GGETTO DI OO.UU. VIA GOBETTI	1.052
AREA IN CESSIONE VIA FIUMI	444
AREA VERDE A NORD	1.503*
TOTALE	10.278** m ²

* 95 m² di superficie fondiaria dell'UMI 1 e 85 m² dell'UMI 2 sono state considerate tra le aree verdi a nord in considerazione della direzione di deflusso delle acque piovane

** l'ambito in trasformazione interessato dal PUA pari a 12.387 mq è stato decurtato delle superfici comunali di Via Fiumi già dotate di sistema di raccolta (2.036 mq) e delle superfici in PPE all'innesto della rotonda (69+4 mq= 73 mq) perché aree già impermeabili.

Le pavimentazioni saranno in prevalenza impermeabili con adozione di pavimentazioni drenanti per la realizzazione degli stalli dei parcheggi quindi con un incremento sostanziale dell'impermeabilizzazione.

In tal senso, il livello di permeabilità delle superfici viene espresso attraverso il *coefficiente di deflusso* ϕ , indice del volume meteorico efficace ai fini del deflusso. I valori di ϕ vengono convenzionalmente assunti come indicato dall'allegato alla D.G.R. 2948 e come di seguito esposto:

SUPERFICIE	ϕ
Aree agricole	0,10
Superfici permeabili (aree verdi)	0,20
Superfici semipermeabili (grigliati drenanti, giardini pensili, ecc.)	0,60
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali, ecc.)	0,90

L'influenza delle singole superfici S_i in funzione della specifica destinazione d'uso viene computata attraverso una media ponderata dei coefficienti di deflusso φ_i :

$$\varphi = \sum_i \varphi_i S_i / S_{tot}$$

Eseguendo i calcoli con i valori specificati nella precedente tabella si ottengono dei valori del coefficiente di deflusso ponderato pari a 0,22 per quanto riguarda lo stato attuale e 0,67 per lo stato di progetto.

STATO ATTUALE	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	9721	0,20	1944
Pavimentazioni semipermeabili	557	0,60	334
Coperture fabbricati e tettoie	0	0,90	0
Pavimentazioni impermeabili	0	0,90	0
TOTALE	10278		2278
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,22

STATO DI PROGETTO	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	2712	0,20	542
Pavimentazioni semipermeabili	1388	0,60	833
Coperture fabbricati e tettoie	2025	0,90	1823
Pavimentazioni impermeabili	4153	0,90	3738
TOTALE	10278		6935
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,67

Alla luce del livello di trasformazione previsto, ai sensi di quanto indicato nell'Allegato A alla DGR 2948/2009, l'intervento in progetto è classificabile come intervento a significativa impermeabilizzazione potenziale su superfici comprese fra 1 e 10 ha.

Di seguito vengono riportate le valutazioni dei coefficienti per ciascuna delle aree precedentemente distinte in funzione del grado di impermeabilizzazione previsto in progetto.

UMI 1 - COMMERCIALE	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	222	0,20	44
Pavimentazioni semipermeabili	0	0,60	0
Coperture fabbricati e tettoie	1485	0,90	1337
Pavimentazioni impermeabili	1000	0,90	900
TOTALE	2707		2281
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,84

PARCHEGGIO UMI 1 - V.U.P.	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	349	0,20	70
Pavimentazioni semipermeabili	930	0,60	558
Coperture fabbricati e tettoie	0	0,90	0
Pavimentazioni impermeabili	1306	0,90	1175
TOTALE	2585		1803
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,70

UMI 2 - RESIDENZIALE	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	272	0,20	54
Pavimentazioni semipermeabili	0	0,60	0
Coperture fabbricati e tettoie	540	0,90	486
Pavimentazioni impermeabili	810	0,90	729
TOTALE	1622		1269
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,78

PARCHEGGIO UMI 2 - V.U.P.	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	76	0,20	15
Pavimentazioni semipermeabili	114	0,60	68
Coperture fabbricati e tettoie	0	0,90	0
Pavimentazioni impermeabili	175	0,90	158
TOTALE	365		241
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,66

AREA IN CESSIONE E AREA OGGETTO OO.UU. VIA GOBETTI	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	338	0,20	68
Pavimentazioni semipermeabili	0	0,60	0
Coperture fabbricati e tettoie	0	0,90	0
Pavimentazioni impermeabili	714	0,90	643
TOTALE	1052		710
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,68

AREA IN CESSIONE VIA FIUMI	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	110	0,20	22
Pavimentazioni semipermeabili	186	0,60	112
Coperture fabbricati e tettoie	0	0,90	0
Pavimentazioni impermeabili	148	0,90	133
TOTALE	444		267
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,60

AREA VERDE A NORD	SUP.TOT. [mq]	COEF.DEF.	SUP.IDR. [mq]
Aree verdi	1345	0,20	269
Pavimentazioni semipermeabili	158	0,60	95
Coperture fabbricati e tettoie	0	0,90	0
Pavimentazioni impermeabili	0	0,90	0
TOTALE	1503		364
COEFF. DI DEFLUSSO PONDERATO			0,24

8.2 criticità idrauliche e portate di deflusso

Come già descritto in precedenza, nell'area di interesse non si evidenziano criticità di tipo idraulico né a livello territoriale né a livello locale.

In linea generale la valutazione del livello di incremento di criticità idraulica del territorio determinato dagli interventi in progetto viene solitamente fatta in base all'analisi afflussi – deflussi prima e dopo la realizzazione delle opere. La differenza dei deflussi antecedenti e conseguenti gli interventi rappresenta l'incremento di portata determinato dagli effetti delle modifiche previste dal progetto. Il valore della portata massima e l'avvio del processo di esaurimento della piena sono legati al rapporto esistente tra la durata τ della precipitazione ed il tempo di corrivazione τ_c (tempo impiegato dalla particella idraulicamente più lontana a raggiungere la sezione di chiusura del bacino). Assumendo un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, tutto il bacino scolante contribuisce alla formazione della portata. Il calcolo quindi della massima portata, partendo dalla curva di probabilità pluviometrica (CPP) definita in precedenza, avviene assumendo una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione calcolato.

Per bacini artificiali il tempo di corrivazione τ_c può, in prima approssimazione, essere valutato come somma di due termini:

$$\tau_c = \tau_i + \tau_r$$

dove:

τ_i = tempo di ingresso, cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie,

τ_r = tempo di trasferimento lungo i canali della rete fino alla sezione di chiusura.

Per la determinazione dei valori di τ_i si può far uso della tabella di Fair del 1966:

Descrizione del Bacino	τ_i [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie stradali	<5
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	10 – 15
Aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20 – 30

Per la determinazione del tempo τ_r si accetta normalmente che esso si possa calcolare sulla base della velocità di moto uniforme dell'acqua nelle canalizzazioni – pari a 1 m/s –, ipotizzate piene ma non in pressione.

Tutto ciò premesso, nel caso specifico, in considerazione delle pendenze, si ritiene di poter ragionevolmente assumere un tempo di corrivazione complessivo pari a 10 minuti. L'evento critico considerato con Tr di 50 anni fornisce per tale durata un'altezza di pioggia di circa 35 mm ed un'intensità di pioggia i di circa 200 mm/ora.

Il calcolo della portata defluente viene effettuato attraverso la formula:

$$Q = \frac{i \cdot A \cdot \varphi}{360} [m^3 / s]$$

con:

i = intensità di pioggia in mm/ora

A = superficie scolante in ha

φ = coefficiente di deflusso ponderato

A parità di intensità, il contributo massimo di portata di deflusso dell'area è pari a 126 l/s allo stato attuale mentre a seguito degli interventi progettuali la portata di deflusso massima risulta di 385 l/s. Il coefficiente udometrico dell'area allo stato attuale risulta pari a circa 122 l/s ha mentre nella configurazione di progetto è di circa 372 l/s ha, indice di una condizione urbanizzata.

Le variazioni sono rilevanti, occorre pertanto individuare delle misure compensative per garantire l'invarianza idraulica.

9 PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Per rispettare il principio dell'invarianza idraulica, nell'area di intervento si rendono necessarie idonee misure compensative per l'attenuazione del rischio idraulico. Tali misure, in linea generale, vengono indicate dalla normativa nella predisposizione di volumi di invaso che garantiscano che la portata di deflusso rimanga costante.

In considerazione delle caratteristiche geotecniche e di permeabilità del sottosuolo nell'area oggetto di studio, è possibile, sia secondo normativa che in base a quanto indicato dal P.I. (vedi capitolo 6), prevedere la realizzazione di sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti come misura compensativa da affiancare alla predisposizione di volumi d'invaso. Si sottolinea che, data la mediocre permeabilità dei terreni, saranno da prediligere sistemi che affianchino sia la possibilità d'invaso che di dispersione. Nell'area depressa in corrispondenza del parcheggio della UMI 1, che sarà soggetta a riempimento, il terreno utilizzato dovrà garantire un livello di permeabilità almeno analogo a quello misurato in situ.

Per completare l'analisi delle misure compensative da adottare, risulta necessario eseguire una verifica del volume d'invaso indicato nel P.I., pari a $453,14 \text{ m}^3$, che risulta stimato sulla base di carature urbanistiche superate. Considerando le reali trasformazioni urbanistiche previste per l'area di progetto, si propone quindi nel seguito una valutazione del volume compensativo calcolata sulle effettive caratteristiche idrologiche, di impermeabilizzazione e di geometria del sito oggetto di studio.

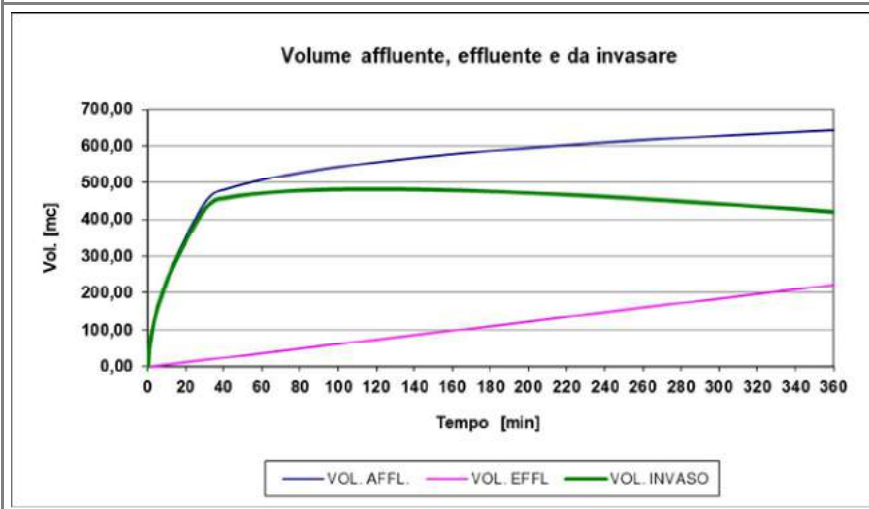
Calcolando per il tempo di precipitazione, il valore del volume affluito, il volume scaricato nella rete di scolo ricettrice e, per differenza tra i due, il volume che è necessario invasare, è possibile determinare il valore necessario alla laminazione dell'evento considerato, ricercando il massimo della curva dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione. Il valore dell'invaso così ottenuto rappresenta quindi il massimo per l'evento meteorico col periodo di ritorno considerato.

Nel caso specifico, assumendo costante una portata di scarico pari a 10 l/s ha , corrispondente ad una portata complessiva per il lotto di $10,28 \text{ l/s}$, e adottando la curva pluviometrica indicata in precedenza, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione si evince che il volume di invaso minimo necessario risulta pari a circa 482 m^3 . Tale valore corrisponde infatti al picco della curva del volume di invaso, raggiunto per un evento meteorico critico di 115 minuti di durata (1 ora e 55 minuti), come risulta dal grafico illustrato alla pagina seguente (vedi Fig. 5) e dal tabulato di calcolo in allegato al testo (v. allegato 2), al quale si rimanda per un maggiore dettaglio.

Alla luce dell'analisi esposta, del risultato del calcolo, delle semplificazioni imposte nella valutazione, si ritiene che un volume d'invaso minimo complessivo di 482 m^3 sia adeguato a garantire l'invarianza idraulica dell'area con un contributo specifico pari a circa $470 \text{ m}^3/\text{ha}$ di superficie trasformata del lotto d'intervento.

Effettuando i calcoli per ciascuna delle aree distinte in precedenza secondo i relativi livelli di impermeabilizzazione (v. allegato 3) è possibile valutare quali saranno i contributi delle singole porzioni in termini di misure compensative ai fini dell'invarianza idraulica.

Fig. 5. Sviluppo del volume complessivo in ingresso e in uscita dal sistema e del volume di invaso necessario (differenza tra le due precedenti grandezze) in funzione della durata di precipitazione.



TIPOLOGIA AREA	SUPERFICIE (m ²)	COEFF. DEFLUSSO φ	VOLUME (m ³)
UMI 1 – AREA COMMERCIALE	2.707	0,84	163,8
AREA PARCHEGGIO UMI 1 – VINCOLATA AD USO PUBBLICO	2.585	0,70	125,9
UMI 2 – AREA RESIDENZIALE	1.622	0,78	90,2
AREA PARCHEGGIO UMI 2 – VINCOLATA AD USO PUBBLICO	365	0,66	16,7
AREA IN CESSIONE E AREA GGETTO DI OO.UU. VIA GOBETTI	1.052	0,68	49,3
AREA IN CESSIONE VIA FIUMI	444	0,60	18,2
AREA VERDE A NORD	1.503	0,24	21,7
TOTALE	10.278 m ²	0,67	>481,8 m ³

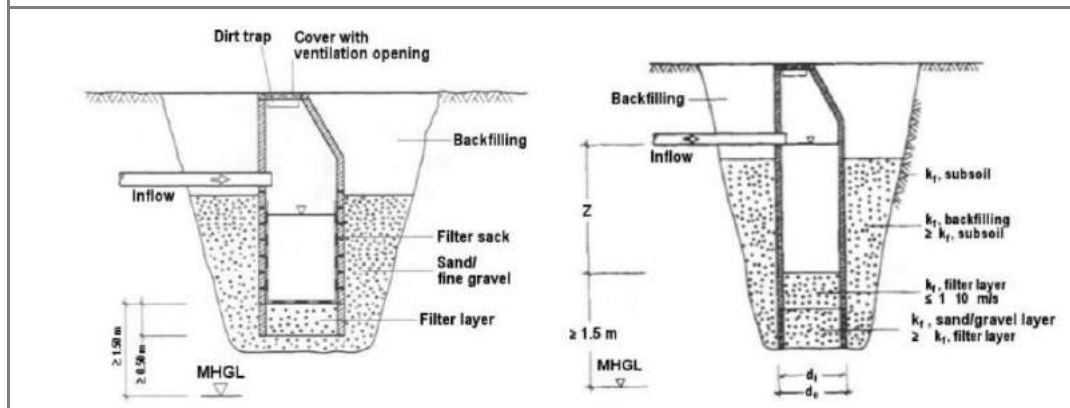
I valori indicati in tabella per le misure compensative andranno eventualmente rivisti in sede di progetto qualora venisse modificato il livello di impermeabilizzazione delle aree afferenti ai vari lotti.

Tali volumi verranno realizzati seguendo il principio di una gestione autonoma per ciascuna porzione in modo da tenere distinte la gestione e la manutenzione pubblica da quella privata. I sistemi di compensazione scelti, alla luce del contesto delineato, sono quelli a carattere di invaso e filtrazione quali pozzi perdenti, bacini d'invaso e trincee disperdenti.

Per gli interventi di riqualificazione nelle porzioni esistenti di via Gobetti e via Fiumi, qui non considerate in quanto non soggette a modifiche rilevanti in termine di impermeabilizzazione, dovrà comunque essere prevista in fase di progetto l'integrazione dei sistemi di raccolta esistenti sulla sede stradale o l'implementazione di nuovi sistemi, qualora le strade ne fossero sprovviste.

In relazione al livello di falda, posto nei periodi di morbida ad una profondità minima di 6,5 m circa dal piano campagna attuale, non si individuano problemi di salvaguardia dell'acquifero per sistemi filtranti con geometrie di scavo anche profonde. Sarà comunque opportuno che i pozzi vengano realizzati con un filtro di fondo, come proposto anche nella figura di seguito riportata ed estratta dall'Allegato n.2 – Componente idraulica del Prontuario per la Mitigazione Ambientale del P.I..

Fig. 6. Schema tipo di pozzi perdenti (Prontuario di Mitigazione Ambientale del P.I. – Allegato n.2 Componente idraulica).



Per quanto riguarda gli aspetti ambientali infine, in riferimento all'art. 39 delle Norme Tecniche del Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto, per la fattispecie oggetto di studio non è previsto il trattamento delle acque di prima pioggia. Occorrerà però realizzare un trattamento di sedimentazione prima della dispersione nel primo sottosuolo per tutte le soluzioni che la prevedano.

Verona, 23 novembre 2022

Ing. Alessia Canteri



ALLEGATO 1

APPROFONDIMENTI IDRAULICI
AI SENSI DELL'ART.8 DELLE NTA DEL PGRA

Verona, 14/06/2022

Oggetto:

“PUA 418” SCHEDA NORMA 719_418-ATO3 SITO IN VIA P. GOBETTI E VIA L. FIUMI LOC. B.GO MILANO A VERONA.

Approfondimenti idraulici in merito al PGRA

A seguito della comunicazione trasmessa dal Comune di Verona in data 10/06/2022 (protocollo REP_PROV_VR/VR-SUPRO 0264528/10-06-2022) “PGRA. Richiesta approfondimenti”, si è proceduto ad un approfondimento del livello di pericolosità idraulica dell'area di progetto. A tal proposito, oltre alla consultazione del PGRA già effettuata in sede di stesura della Relazione di compatibilità idraulica, è stata ricercata cartografia storica di settore e sono stati contattati gli Enti competenti in tema di salvaguardia idraulica del territorio.

Dopo aver condiviso in particolare con il Consorzio di Bonifica Veronese l'analisi del territorio interessato dal “PUA 418” si rileva quanto segue:

- l'unico corso d'acqua naturale di rilievo ai fini dello studio, che scorre in prossimità dell'area di progetto, è rappresentato dal Fiume Adige, la cui sponda destra dista oltre 1,4 km in direzione Est dall'area di intervento e che secondo la modellazione effettuata dal Distretto Idrografico delle Alpi Orientali non manifesta livelli di pericolosità idraulica nell'area interessata dall'intervento;
- il Canale Camuzzoni, più prossimo all'area di intervento, è un canale artificiale industriale regimato che non può pertanto dare origine a fenomeni di pericolosità idraulica;
- nell'area di studio non si evidenziano altri elementi idrografici naturali che possano essere fonte di episodi di allagamento o dissesto idraulico, né è data evidenza di tali manifestazioni nel passato documentato.

Per quanto sopra evidenziato si ritiene pertanto che la verifica delle condizioni di pericolosità idraulica effettuata ai sensi dell'art.8 delle Norme tecniche di attuazione del PGRA (Aggiornamento e revisione 2021-2027) possa confermare nell'area di intervento l'assenza di aree a pericolosità idraulica o soggette a dissesto idraulico.

Ing. Alessia Canteri



ALLEGATO 2

TABULATI DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE PUA

CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a =	73,188	95,546
n =	0,131	0,568

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a =	0,00	[mq]	φ
Sup. permeabile	Sup. p =	2712,00	[mq]	0,1
Sup. semipermeabile	Sup. sp =	1388,00	[mq]	0,2
Sup. impermeabile	Sup. im =	6178,00	[mq]	0,6
				0,9
Coeff. di deflusso medio	φ =	0,67		
TOT. Superficie di calcolo	Sup =	10278,00	[mq]	

Calcolo volume di invaso

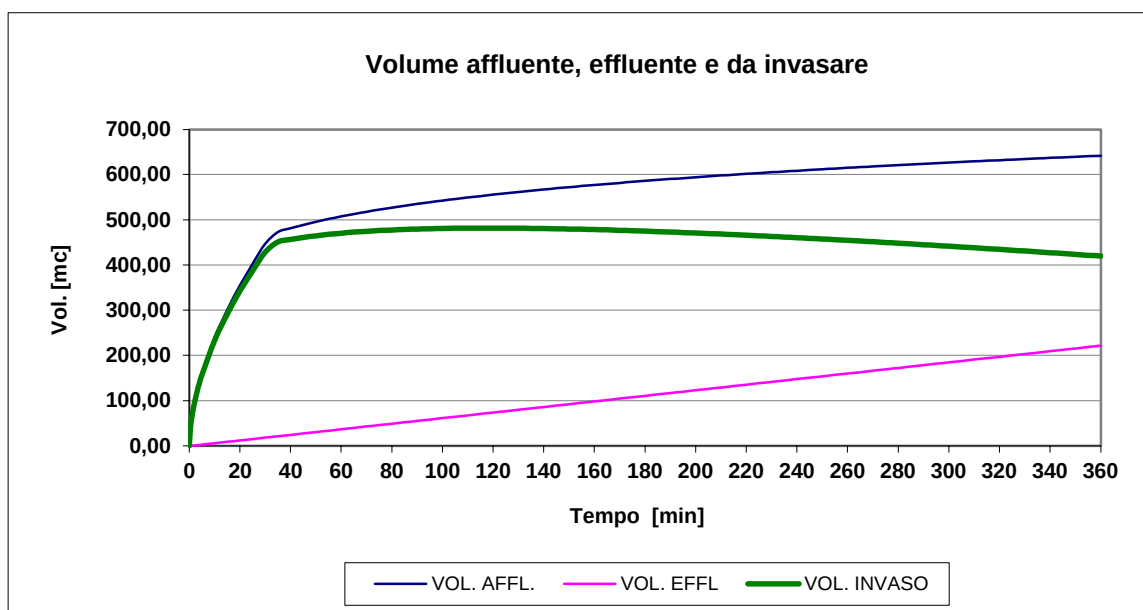
Portata scarico vasca	Q out =	10,28	[l/sec]
	u =	10,00	[l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	6,30	66,59	43,68	0,31	43,37
1	9,34	98,71	64,76	0,62	64,14
2	11,76	124,28	81,53	0,93	80,60
2	13,84	146,34	96,00	1,23	94,77
3	17,43	184,24	120,86	1,85	119,01
4	20,52	216,95	142,32	2,47	139,85
5	23,29	246,26	161,55	3,08	158,47
10	34,53	365,08	239,49	6,17	233,33
15	43,48	335,29	301,52	9,25	292,27
20	51,19	296,10	355,04	12,33	342,71
25	58,11	268,89	403,02	15,42	387,60
30	64,45	248,53	446,99	18,50	428,49
35	68,20	225,41	472,98	21,58	451,40
40	69,40	200,71	481,33	24,67	456,66
45	70,48	181,19	488,81	27,75	461,06
50	71,46	165,33	495,61	30,83	464,77
55	72,36	152,19	501,84	33,92	467,92
60	73,19	141,11	507,59	37,00	470,59
65	73,96	131,63	512,94	40,08	472,85
70	74,68	123,42	517,94	43,17	474,77
75	75,36	116,24	522,64	46,25	476,39
80	76,00	109,90	527,08	49,33	477,75
85	76,60	104,26	531,28	52,42	478,87
90	77,18	99,20	535,28	55,50	479,78
95	77,73	94,65	539,08	58,58	480,50
100	78,25	90,53	542,72	61,67	481,05
105	78,75	86,77	546,20	64,75	481,45
110	79,24	83,33	549,54	67,83	481,70
115	79,70	80,17	552,75	70,92	481,83
120	80,14	77,26	555,84	74,00	481,83
125	80,57	74,57	558,82	77,09	481,73
130	80,99	72,07	561,69	80,17	481,53
135	81,39	69,74	564,48	83,25	481,23
140	81,78	67,57	567,17	86,34	480,84
145	82,16	65,55	569,79	89,42	480,37
150	82,52	63,64	572,32	92,50	479,82
155	82,88	61,85	574,79	95,59	479,20
160	83,22	60,17	577,18	98,67	478,51
165	83,56	58,58	579,51	101,75	477,76
170	83,89	57,08	581,78	104,84	476,95
175	84,21	55,66	584,00	107,92	476,08

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	54,32	586,16	111,00	475,16
185	84,82	53,04	588,27	114,09	474,18
190	85,12	51,82	590,32	117,17	473,15
195	85,41	50,67	592,34	120,25	472,08
200	85,69	49,56	594,30	123,34	470,97
205	85,97	48,51	596,23	126,42	469,81
210	86,24	47,51	598,11	129,50	468,61
215	86,51	46,55	599,96	132,59	467,37
220	86,77	45,63	601,77	135,67	466,10
225	87,02	44,74	603,54	138,75	464,79
230	87,27	43,90	605,29	141,84	463,45
235	87,52	43,08	606,99	144,92	462,07
240	87,76	42,30	608,67	148,00	460,67
245	88,00	41,55	610,32	151,09	459,23
250	88,23	40,83	611,93	154,17	457,76
255	88,46	40,13	613,52	157,25	456,27
260	88,69	39,46	615,08	160,34	454,75
265	88,91	38,81	616,62	163,42	453,20
270	89,13	38,19	618,13	166,50	451,63
275	89,34	37,58	619,62	169,59	450,03
280	89,55	37,00	621,09	172,67	448,41
285	89,76	36,43	622,53	175,75	446,77
290	89,97	35,89	623,95	178,84	445,11
295	90,17	35,36	625,35	181,92	443,43
300	90,37	34,85	626,72	185,00	441,72
305	90,56	34,35	628,08	188,09	440,00
310	90,75	33,87	629,42	191,17	438,25
315	90,95	33,40	630,74	194,25	436,49
320	91,13	32,95	632,05	197,34	434,71
325	91,32	32,50	633,33	200,42	432,91
330	91,50	32,08	634,60	203,50	431,09
335	91,68	31,66	635,85	206,59	429,26
340	91,86	31,25	637,08	209,67	427,41
345	92,04	30,86	638,30	212,75	425,55
350	92,21	30,48	639,51	215,84	423,67
355	92,38	30,10	640,70	218,92	421,78
360	92,55	29,74	641,87	222,00	419,87

Volume da invasare =

481,83



ALLEGATO 3

TABULATI DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE AREE

CALCOLO VOLUME DI INVASO

a =	73,188
n =	0,131

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a =	0,00	[mq]	0,1
Sup. permeabile	Sup. p =	222,00	[mq]	0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp =	0,00	[mq]	0,6
Sup. impermeabile	Sup. im =	2485,00	[mq]	0,9
Coeff. di deflusso medio	φ =	0,84		
TOT. Superficie di calcolo	Sup =	2707,00	[mq]	

Calcolo volume di invaso

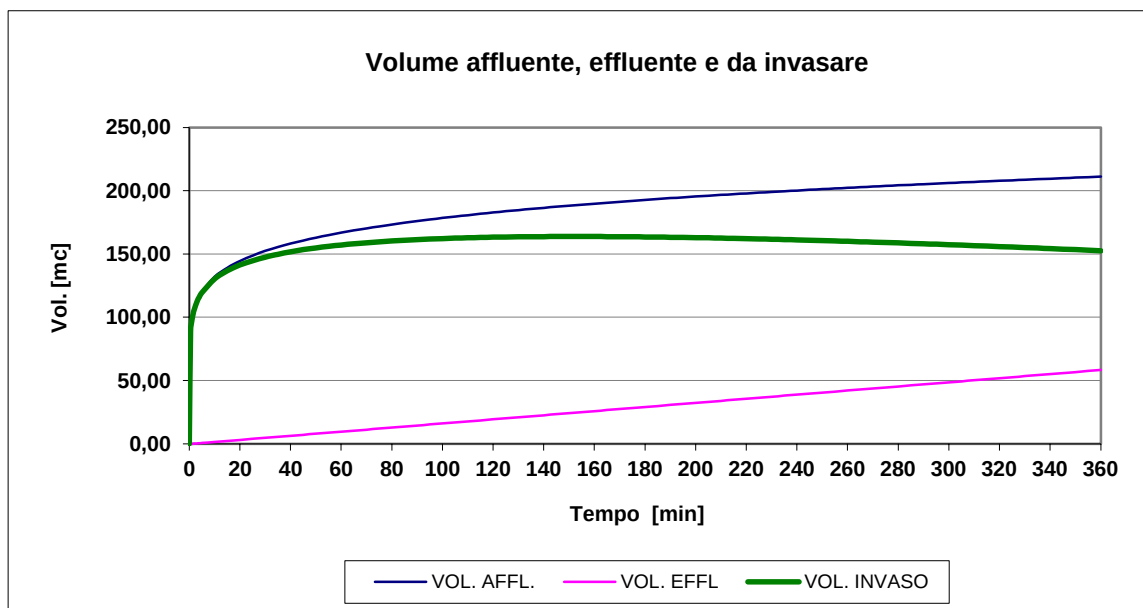
Portata scarico vasca	Q out =	2,71	[l/sec]
	u =	10,00	[l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	264,83	89,16	0,08	89,08
1	42,81	290,01	97,64	0,16	97,47
2	45,14	305,83	102,96	0,24	102,72
2	46,87	317,57	106,92	0,32	106,59
3	49,43	334,90	112,75	0,49	112,26
4	51,33	347,76	117,08	0,65	116,43
5	52,85	358,07	120,55	0,81	119,74
10	57,88	220,19	132,01	1,62	130,39
15	61,03	154,80	139,21	2,44	136,78
20	63,38	120,56	144,56	3,25	141,31
25	65,26	99,31	148,85	4,06	144,79
30	66,84	84,76	152,44	4,87	147,57
35	68,20	74,13	155,55	5,68	149,87
40	69,40	66,01	158,30	6,50	151,80
45	70,48	59,59	160,76	7,31	153,45
50	71,46	54,38	162,99	8,12	154,87
55	72,36	50,05	165,04	8,93	156,11
60	73,19	46,41	166,93	9,75	157,19
65	73,96	43,29	168,69	10,56	158,14
70	74,68	40,59	170,34	11,37	158,97
75	75,36	38,23	171,89	12,18	159,70
80	76,00	36,14	173,35	12,99	160,35
85	76,60	34,29	174,73	13,81	160,92
90	77,18	32,63	176,04	14,62	161,42
95	77,73	31,13	177,29	15,43	161,86
100	78,25	29,77	178,49	16,24	162,25
105	78,75	28,54	179,63	17,05	162,58
110	79,24	27,41	180,73	17,87	162,86
115	79,70	26,37	181,79	18,68	163,11
120	80,14	25,41	182,80	19,49	163,31
125	80,57	24,52	183,78	20,30	163,48
130	80,99	23,70	184,73	21,11	163,61
135	81,39	22,94	185,64	21,93	163,72
140	81,78	22,22	186,53	22,74	163,79
145	82,16	21,56	187,39	23,55	163,84
150	82,52	20,93	188,22	24,36	163,86
155	82,88	20,34	189,03	25,18	163,86
160	83,22	19,79	189,82	25,99	163,84
165	83,56	19,27	190,59	26,80	163,79
170	83,89	18,77	191,34	27,61	163,72
175	84,21	18,31	192,06	28,42	163,64

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	17,86	192,77	29,24	163,54
185	84,82	17,44	193,47	30,05	163,42
190	85,12	17,04	194,14	30,86	163,28
195	85,41	16,66	194,81	31,67	163,13
200	85,69	16,30	195,45	32,48	162,97
205	85,97	15,95	196,09	33,30	162,79
210	86,24	15,62	196,71	34,11	162,60
215	86,51	15,31	197,31	34,92	162,39
220	86,77	15,01	197,91	35,73	162,18
225	87,02	14,71	198,49	36,54	161,95
230	87,27	14,44	199,06	37,36	161,71
235	87,52	14,17	199,63	38,17	161,46
240	87,76	13,91	200,18	38,98	161,20
245	88,00	13,67	200,72	39,79	160,93
250	88,23	13,43	201,25	40,61	160,65
255	88,46	13,20	201,77	41,42	160,36
260	88,69	12,98	202,29	42,23	160,06
265	88,91	12,76	202,79	43,04	159,75
270	89,13	12,56	203,29	43,85	159,44
275	89,34	12,36	203,78	44,67	159,11
280	89,55	12,17	204,26	45,48	158,78
285	89,76	11,98	204,74	46,29	158,45
290	89,97	11,80	205,20	47,10	158,10
295	90,17	11,63	205,66	47,91	157,75
300	90,37	11,46	206,12	48,73	157,39
305	90,56	11,30	206,56	49,54	157,02
310	90,75	11,14	207,00	50,35	156,65
315	90,95	10,98	207,44	51,16	156,28
320	91,13	10,84	207,87	51,97	155,89
325	91,32	10,69	208,29	52,79	155,50
330	91,50	10,55	208,71	53,60	155,11
335	91,68	10,41	209,12	54,41	154,71
340	91,86	10,28	209,52	55,22	154,30
345	92,04	10,15	209,92	56,03	153,89
350	92,21	10,02	210,32	56,85	153,47
355	92,38	9,90	210,71	57,66	153,05
360	92,55	9,78	211,10	58,47	152,63

Volume da invasare =

163,86



CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 73,188
n = 0,131

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a = 0,00	[mq]	ϕ	0,1
Sup. permeabile	Sup. p = 349,00	[mq]		0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp = 930,00	[mq]		0,6
Sup. impermeabile	Sup. im = 1306,00	[mq]		0,9
Coeff. di deflusso medio	ϕ = 0,70			
TOT. Superficie di calcolo	Sup = 2585,00	[mq]		

Calcolo volume di invaso

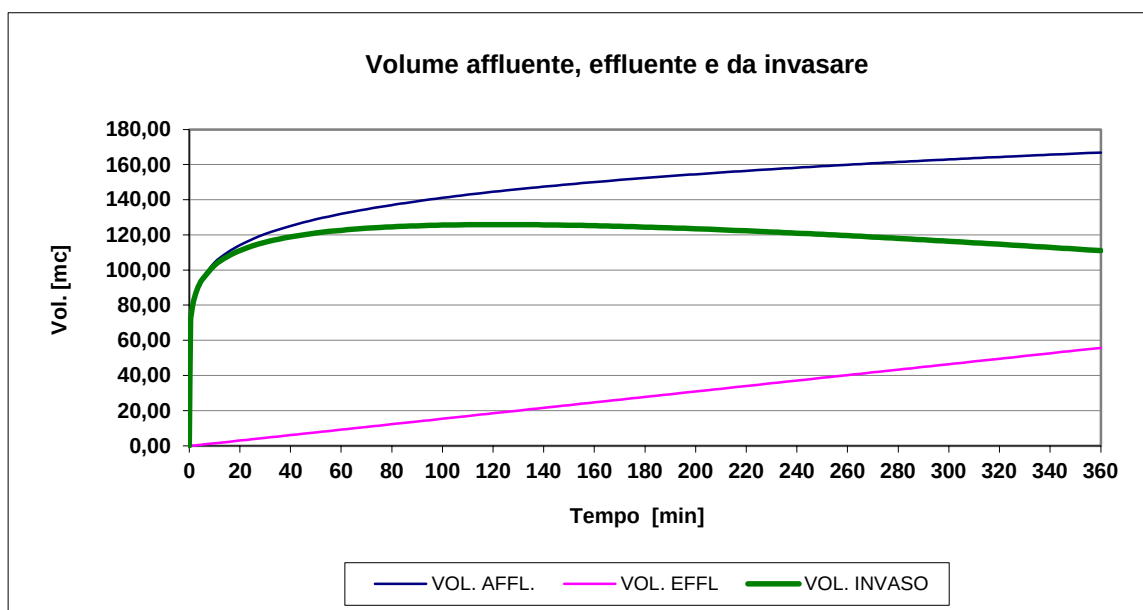
Portata scarico vasca Q out = 2,59 [l/sec]
 u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	214,25	70,49	0,08	70,41
1	42,81	234,62	77,19	0,16	77,03
2	45,14	247,42	81,40	0,23	81,17
2	46,87	256,92	84,52	0,31	84,21
3	49,43	270,93	89,14	0,47	88,67
4	51,33	281,34	92,56	0,62	91,94
5	52,85	289,68	95,30	0,78	94,53
10	57,88	174,08	104,36	1,55	102,81
15	61,03	122,38	110,06	2,33	107,73
20	63,38	95,31	114,28	3,10	111,18
25	65,26	78,51	117,67	3,88	113,80
30	66,84	67,01	120,52	4,65	115,86
35	68,20	58,61	122,98	5,43	117,55
40	69,40	52,19	125,15	6,20	118,94
45	70,48	47,11	127,09	6,98	120,11
50	71,46	42,99	128,86	7,76	121,10
55	72,36	39,57	130,48	8,53	121,95
60	73,19	36,69	131,97	9,31	122,67
65	73,96	34,22	133,36	10,08	123,28
70	74,68	32,09	134,66	10,86	123,81
75	75,36	30,22	135,89	11,63	124,25
80	76,00	28,57	137,04	12,41	124,63
85	76,60	27,11	138,13	13,18	124,95
90	77,18	25,79	139,17	13,96	125,21
95	77,73	24,61	140,16	14,73	125,43
100	78,25	23,54	141,11	15,51	125,60
105	78,75	22,56	142,01	16,29	125,73
110	79,24	21,67	142,88	17,06	125,82
115	79,70	20,84	143,71	17,84	125,88
120	80,14	20,09	144,52	18,61	125,90
125	80,57	19,39	145,29	19,39	125,90
130	80,99	18,74	146,04	20,16	125,88
135	81,39	18,13	146,76	20,94	125,83
140	81,78	17,57	147,46	21,71	125,75
145	82,16	17,04	148,14	22,49	125,65
150	82,52	16,55	148,80	23,27	125,54
155	82,88	16,08	149,44	24,04	125,40
160	83,22	15,64	150,07	24,82	125,25
165	83,56	15,23	150,67	25,59	125,08
170	83,89	14,84	151,26	26,37	124,90
175	84,21	14,47	151,84	27,14	124,70

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	14,12	152,40	27,92	124,48
185	84,82	13,79	152,95	28,69	124,26
190	85,12	13,47	153,48	29,47	124,01
195	85,41	13,17	154,01	30,24	123,76
200	85,69	12,89	154,52	31,02	123,50
205	85,97	12,61	155,02	31,80	123,22
210	86,24	12,35	155,51	32,57	122,94
215	86,51	12,10	155,99	33,35	122,64
220	86,77	11,86	156,46	34,12	122,34
225	87,02	11,63	156,92	34,90	122,02
230	87,27	11,41	157,37	35,67	121,70
235	87,52	11,20	157,82	36,45	121,37
240	87,76	11,00	158,25	37,22	121,03
245	88,00	10,80	158,68	38,00	120,68
250	88,23	10,62	159,10	38,78	120,33
255	88,46	10,43	159,52	39,55	119,96
260	88,69	10,26	159,92	40,33	119,60
265	88,91	10,09	160,32	41,10	119,22
270	89,13	9,93	160,71	41,88	118,84
275	89,34	9,77	161,10	42,65	118,45
280	89,55	9,62	161,48	43,43	118,05
285	89,76	9,47	161,86	44,20	117,65
290	89,97	9,33	162,23	44,98	117,25
295	90,17	9,19	162,59	45,75	116,84
300	90,37	9,06	162,95	46,53	116,42
305	90,56	8,93	163,30	47,31	116,00
310	90,75	8,81	163,65	48,08	115,57
315	90,95	8,68	163,99	48,86	115,14
320	91,13	8,57	164,33	49,63	114,70
325	91,32	8,45	164,67	50,41	114,26
330	91,50	8,34	165,00	51,18	113,81
335	91,68	8,23	165,32	51,96	113,36
340	91,86	8,13	165,64	52,73	112,91
345	92,04	8,02	165,96	53,51	112,45
350	92,21	7,92	166,27	54,29	111,99
355	92,38	7,83	166,58	55,06	111,52
360	92,55	7,73	166,89	55,84	111,05

Volume da invasare =

125,90



CALCOLO VOLUME DI INVASO

a =	73,188
n =	0,131

Sup. agricola	Sup. a =	0,00	[mq]	0,1
Sup. permeabile	Sup. p =	265,00	[mq]	0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp =	0,00	[mq]	0,6
Sup. impermeabile	Sup. im =	1350,00	[mq]	0,9
Coeff. di deflusso medio	φ =	0,79		
TOT. Superficie di calcolo	Sup =	1615,00	[mq]	

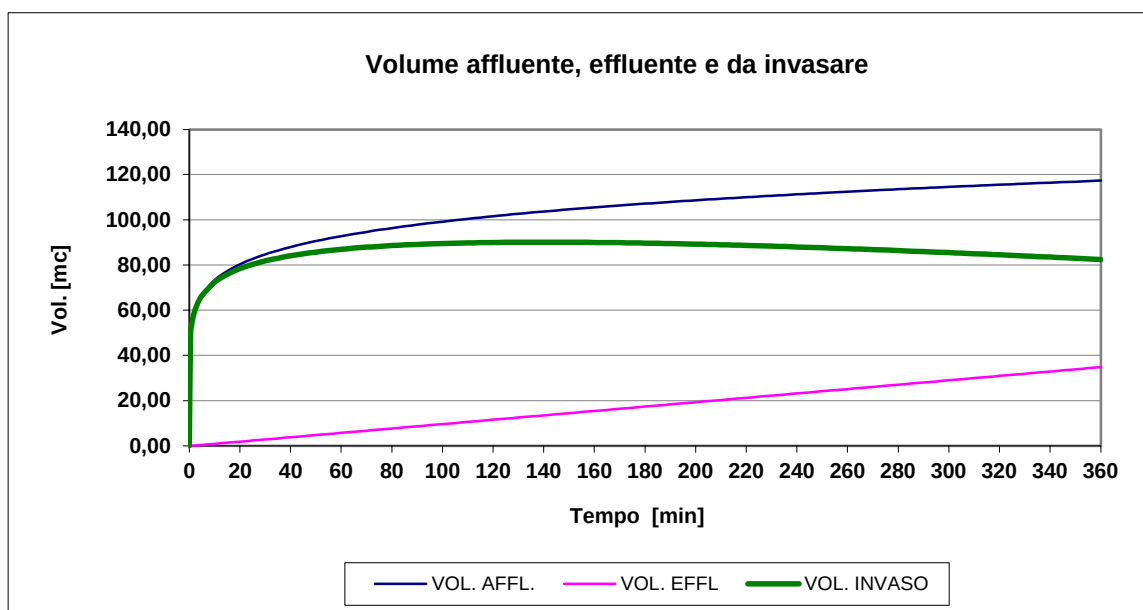
Portata scarico vasca	Q out =	1,62	[l/sec]
	u =	10,00	[l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	190,61	49,57	0,05	49,52
1	42,81	208,73	54,28	0,10	54,18
2	45,14	220,11	57,24	0,15	57,09
2	46,87	228,57	59,44	0,19	59,24
3	49,43	241,04	62,68	0,29	62,39
4	51,33	250,29	65,09	0,39	64,70
5	52,85	223,57	67,02	0,48	66,53
10	57,88	122,41	73,39	0,97	72,42
15	61,03	86,06	77,39	1,45	75,94
20	63,38	67,02	80,36	1,94	78,43
25	65,26	55,21	82,75	2,42	80,32
30	66,84	47,12	84,75	2,91	81,84
35	68,20	41,21	86,48	3,39	83,08
40	69,40	36,70	88,00	3,88	84,13
45	70,48	33,13	89,37	4,36	85,01
50	71,46	30,23	90,61	4,85	85,77
55	72,36	27,83	91,75	5,33	86,42
60	73,19	25,80	92,80	5,81	86,99
65	73,96	24,07	93,78	6,30	87,48
70	74,68	22,56	94,70	6,78	87,91
75	75,36	21,25	95,56	7,27	88,29
80	76,00	20,09	96,37	7,75	88,61
85	76,60	19,06	97,13	8,24	88,90
90	77,18	18,14	97,86	8,72	89,14
95	77,73	17,31	98,56	9,21	89,36
100	78,25	16,55	99,23	9,69	89,54
105	78,75	15,86	99,86	10,17	89,69
110	79,24	15,24	100,47	10,66	89,81
115	79,70	14,66	101,06	11,14	89,91
120	80,14	14,13	101,62	11,63	90,00
125	80,57	13,63	102,17	12,11	90,06
130	80,99	13,18	102,69	12,60	90,10
135	81,39	12,75	103,20	13,08	90,12
140	81,78	12,35	103,70	13,57	90,13
145	82,16	11,98	104,17	14,05	90,12
150	82,52	11,64	104,64	14,54	90,10
155	82,88	11,31	105,09	15,02	90,07
160	83,22	11,00	105,53	15,50	90,02
165	83,56	10,71	105,95	15,99	89,96
170	83,89	10,44	106,37	16,47	89,89
175	84,21	10,18	106,77	16,96	89,81

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	9,93	107,17	17,44	89,73
185	84,82	9,70	107,55	17,93	89,63
190	85,12	9,48	107,93	18,41	89,52
195	85,41	9,26	108,30	18,90	89,40
200	85,69	9,06	108,66	19,38	89,28
205	85,97	8,87	109,01	19,86	89,14
210	86,24	8,69	109,35	20,35	89,00
215	86,51	8,51	109,69	20,83	88,86
220	86,77	8,34	110,02	21,32	88,70
225	87,02	8,18	110,35	21,80	88,54
230	87,27	8,03	110,66	22,29	88,38
235	87,52	7,88	110,98	22,77	88,21
240	87,76	7,73	111,28	23,26	88,03
245	88,00	7,60	111,58	23,74	87,84
250	88,23	7,46	111,88	24,23	87,65
255	88,46	7,34	112,17	24,71	87,46
260	88,69	7,21	112,46	25,19	87,26
265	88,91	7,10	112,74	25,68	87,06
270	89,13	6,98	113,01	26,16	86,85
275	89,34	6,87	113,29	26,65	86,64
280	89,55	6,76	113,55	27,13	86,42
285	89,76	6,66	113,82	27,62	86,20
290	89,97	6,56	114,08	28,10	85,98
295	90,17	6,46	114,33	28,59	85,75
300	90,37	6,37	114,58	29,07	85,51
305	90,56	6,28	114,83	29,55	85,28
310	90,75	6,19	115,08	30,04	85,04
315	90,95	6,11	115,32	30,52	84,80
320	91,13	6,02	115,56	31,01	84,55
325	91,32	5,94	115,79	31,49	84,30
330	91,50	5,86	116,02	31,98	84,05
335	91,68	5,79	116,25	32,46	83,79
340	91,86	5,71	116,48	32,95	83,53
345	92,04	5,64	116,70	33,43	83,27
350	92,21	5,57	116,92	33,92	83,01
355	92,38	5,50	117,14	34,40	82,74
360	92,55	5,44	117,35	34,88	82,47

Volume da invasare =

90,13



CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 73,188
n = 0,131

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a = 0,00	[mq]	ϕ 0,1
Sup. permeabile	Sup. p = 76,00	[mq]	0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp = 114,00	[mq]	0,6
Sup. impermeabile	Sup. im = 175,00	[mq]	0,9
Coeff. di deflusso medio	ϕ = 0,66		
TOT. Superficie di calcolo	Sup = 365,00	[mq]	

Calcolo volume di invaso

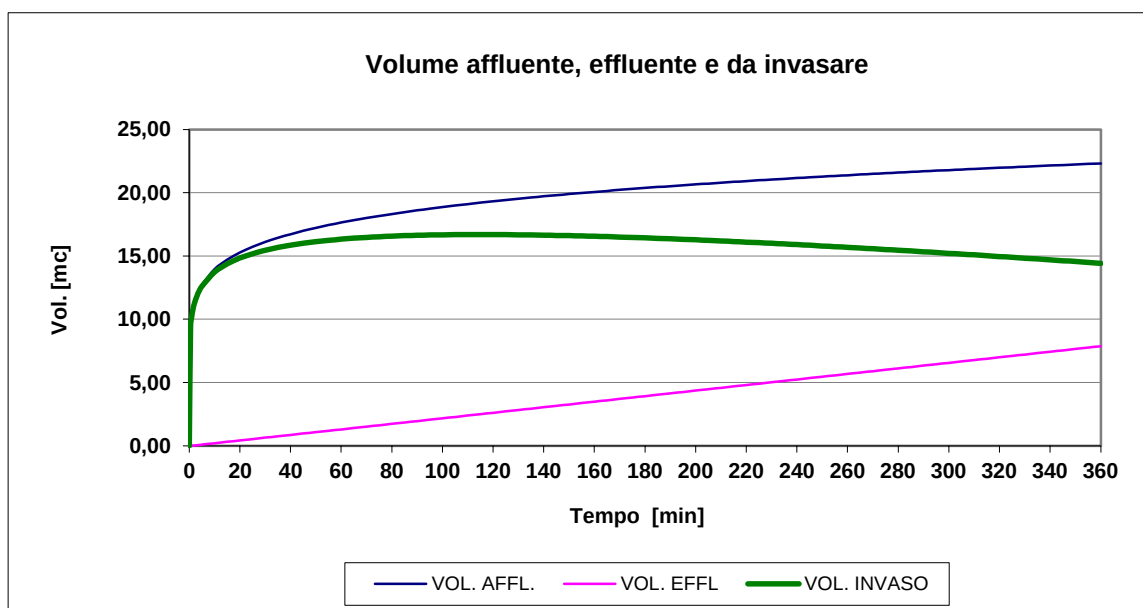
Portata scarico vasca Q out = 0,37 [l/sec]
u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	76,24	9,42	0,01	9,41
1	42,81	83,48	10,32	0,02	10,30
2	45,14	88,04	10,88	0,03	10,85
2	46,87	91,42	11,30	0,04	11,26
3	49,43	66,26	11,92	0,07	11,85
4	51,33	51,61	12,38	0,09	12,29
5	52,85	42,51	12,74	0,11	12,63
10	57,88	23,28	13,95	0,22	13,74
15	61,03	16,36	14,72	0,33	14,39
20	63,38	12,74	15,28	0,44	14,84
25	65,26	10,50	15,73	0,55	15,19
30	66,84	8,96	16,11	0,66	15,46
35	68,20	7,84	16,44	0,77	15,68
40	69,40	6,98	16,73	0,88	15,86
45	70,48	6,30	16,99	0,99	16,01
50	71,46	5,75	17,23	1,10	16,13
55	72,36	5,29	17,45	1,20	16,24
60	73,19	4,91	17,65	1,31	16,33
65	73,96	4,58	17,83	1,42	16,41
70	74,68	4,29	18,01	1,53	16,47
75	75,36	4,04	18,17	1,64	16,53
80	76,00	3,82	18,32	1,75	16,57
85	76,60	3,62	18,47	1,86	16,61
90	77,18	3,45	18,61	1,97	16,64
95	77,73	3,29	18,74	2,08	16,66
100	78,25	3,15	18,87	2,19	16,68
105	78,75	3,02	18,99	2,30	16,69
110	79,24	2,90	19,10	2,41	16,69
115	79,70	2,79	19,22	2,52	16,70
120	80,14	2,69	19,32	2,63	16,69
125	80,57	2,59	19,43	2,74	16,69
130	80,99	2,51	19,53	2,85	16,68
135	81,39	2,42	19,62	2,96	16,67
140	81,78	2,35	19,72	3,07	16,65
145	82,16	2,28	19,81	3,18	16,63
150	82,52	2,21	19,90	3,29	16,61
155	82,88	2,15	19,98	3,39	16,59
160	83,22	2,09	20,06	3,50	16,56
165	83,56	2,04	20,15	3,61	16,53
170	83,89	1,98	20,22	3,72	16,50
175	84,21	1,94	20,30	3,83	16,47

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	1,89	20,38	3,94	16,43
185	84,82	1,84	20,45	4,05	16,40
190	85,12	1,80	20,52	4,16	16,36
195	85,41	1,76	20,59	4,27	16,32
200	85,69	1,72	20,66	4,38	16,28
205	85,97	1,69	20,73	4,49	16,24
210	86,24	1,65	20,79	4,60	16,19
215	86,51	1,62	20,86	4,71	16,15
220	86,77	1,59	20,92	4,82	16,10
225	87,02	1,56	20,98	4,93	16,05
230	87,27	1,53	21,04	5,04	16,00
235	87,52	1,50	21,10	5,15	15,95
240	87,76	1,47	21,16	5,26	15,90
245	88,00	1,44	21,22	5,37	15,85
250	88,23	1,42	21,27	5,48	15,80
255	88,46	1,40	21,33	5,58	15,74
260	88,69	1,37	21,38	5,69	15,69
265	88,91	1,35	21,44	5,80	15,63
270	89,13	1,33	21,49	5,91	15,58
275	89,34	1,31	21,54	6,02	15,52
280	89,55	1,29	21,59	6,13	15,46
285	89,76	1,27	21,64	6,24	15,40
290	89,97	1,25	21,69	6,35	15,34
295	90,17	1,23	21,74	6,46	15,28
300	90,37	1,21	21,79	6,57	15,22
305	90,56	1,19	21,83	6,68	15,15
310	90,75	1,18	21,88	6,79	15,09
315	90,95	1,16	21,93	6,90	15,03
320	91,13	1,15	21,97	7,01	14,96
325	91,32	1,13	22,02	7,12	14,90
330	91,50	1,12	22,06	7,23	14,83
335	91,68	1,10	22,10	7,34	14,77
340	91,86	1,09	22,15	7,45	14,70
345	92,04	1,07	22,19	7,56	14,63
350	92,21	1,06	22,23	7,67	14,57
355	92,38	1,05	22,27	7,77	14,50
360	92,55	1,03	22,31	7,88	14,43

Volume da invasare =

16,70



CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 73,188
n = 0,131

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a = 0,00	[mq]	ϕ 0,1
Sup. permeabile	Sup. p = 338,00	[mq]	0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp = 0,00	[mq]	0,6
Sup. impermeabile	Sup. im = 714,00	[mq]	0,9
Coeff. di deflusso medio	ϕ = 0,68		
TOT. Superficie di calcolo	Sup = 1052,00	[mq]	

Calcolo volume di invaso

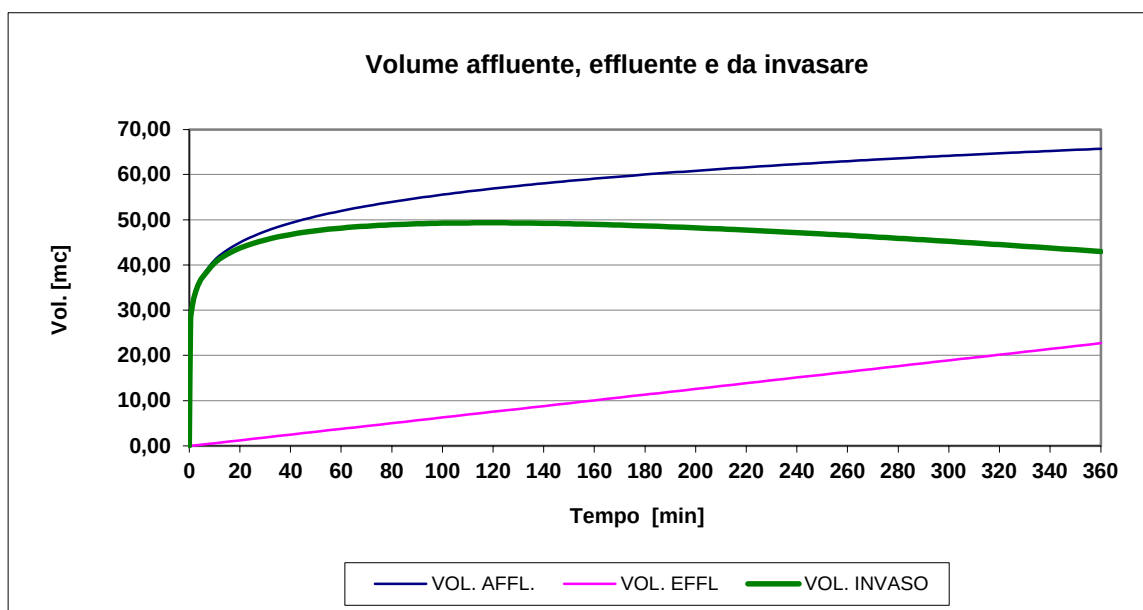
Portata scarico vasca Q out = 1,05 [l/sec]
u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	132,28	27,76	0,03	27,73
1	42,81	144,85	30,40	0,06	30,34
2	45,14	152,75	32,06	0,09	31,96
2	46,87	158,62	33,29	0,13	33,16
3	49,43	167,27	35,11	0,19	34,92
4	51,33	152,02	36,45	0,25	36,20
5	52,85	125,22	37,54	0,32	37,22
10	57,88	68,56	41,10	0,63	40,47
15	61,03	48,20	43,35	0,95	42,40
20	63,38	37,54	45,01	1,26	43,75
25	65,26	30,92	46,35	1,58	44,77
30	66,84	26,39	47,47	1,89	45,57
35	68,20	23,08	48,43	2,21	46,23
40	69,40	20,55	49,29	2,52	46,76
45	70,48	18,55	50,06	2,84	47,22
50	71,46	16,93	50,75	3,16	47,60
55	72,36	15,58	51,39	3,47	47,92
60	73,19	14,45	51,98	3,79	48,19
65	73,96	13,48	52,53	4,10	48,42
70	74,68	12,64	53,04	4,42	48,62
75	75,36	11,90	53,52	4,73	48,79
80	76,00	11,25	53,97	5,05	48,92
85	76,60	10,68	54,40	5,37	49,04
90	77,18	10,16	54,81	5,68	49,13
95	77,73	9,69	55,20	6,00	49,21
100	78,25	9,27	55,58	6,31	49,26
105	78,75	8,89	55,93	6,63	49,30
110	79,24	8,53	56,27	6,94	49,33
115	79,70	8,21	56,60	7,26	49,34
120	80,14	7,91	56,92	7,57	49,34
125	80,57	7,64	57,22	7,89	49,33
130	80,99	7,38	57,52	8,21	49,31
135	81,39	7,14	57,80	8,52	49,28
140	81,78	6,92	58,08	8,84	49,24
145	82,16	6,71	58,35	9,15	49,20
150	82,52	6,52	58,61	9,47	49,14
155	82,88	6,33	58,86	9,78	49,08
160	83,22	6,16	59,10	10,10	49,01
165	83,56	6,00	59,34	10,41	48,93
170	83,89	5,85	59,58	10,73	48,85
175	84,21	5,70	59,80	11,05	48,76

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	5,56	60,02	11,36	48,66
185	84,82	5,43	60,24	11,68	48,56
190	85,12	5,31	60,45	11,99	48,46
195	85,41	5,19	60,66	12,31	48,35
200	85,69	5,08	60,86	12,62	48,23
205	85,97	4,97	61,06	12,94	48,12
210	86,24	4,86	61,25	13,26	47,99
215	86,51	4,77	61,44	13,57	47,87
220	86,77	4,67	61,62	13,89	47,74
225	87,02	4,58	61,80	14,20	47,60
230	87,27	4,50	61,98	14,52	47,46
235	87,52	4,41	62,16	14,83	47,32
240	87,76	4,33	62,33	15,15	47,18
245	88,00	4,25	62,50	15,46	47,03
250	88,23	4,18	62,66	15,78	46,88
255	88,46	4,11	62,83	16,10	46,73
260	88,69	4,04	62,99	16,41	46,57
265	88,91	3,97	63,14	16,73	46,42
270	89,13	3,91	63,30	17,04	46,26
275	89,34	3,85	63,45	17,36	46,09
280	89,55	3,79	63,60	17,67	45,93
285	89,76	3,73	63,75	17,99	45,76
290	89,97	3,67	63,89	18,30	45,59
295	90,17	3,62	64,04	18,62	45,42
300	90,37	3,57	64,18	18,94	45,24
305	90,56	3,52	64,32	19,25	45,07
310	90,75	3,47	64,45	19,57	44,89
315	90,95	3,42	64,59	19,88	44,71
320	91,13	3,37	64,72	20,20	44,52
325	91,32	3,33	64,85	20,51	44,34
330	91,50	3,28	64,98	20,83	44,15
335	91,68	3,24	65,11	21,15	43,97
340	91,86	3,20	65,24	21,46	43,78
345	92,04	3,16	65,36	21,78	43,59
350	92,21	3,12	65,49	22,09	43,40
355	92,38	3,08	65,61	22,41	43,20
360	92,55	3,05	65,73	22,72	43,01

Volume da invasare =

49,34



CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 73,188
n = 0,131

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a = 0,00	[mq]	ϕ	0,1
Sup. permeabile	Sup. p = 110,00	[mq]		0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp = 186,00	[mq]		0,6
Sup. impermeabile	Sup. im = 148,00	[mq]		0,9
Coeff. di deflusso medio	ϕ = 0,60			
TOT. Superficie di calcolo	Sup = 444,00	[mq]		

Calcolo volume di invaso

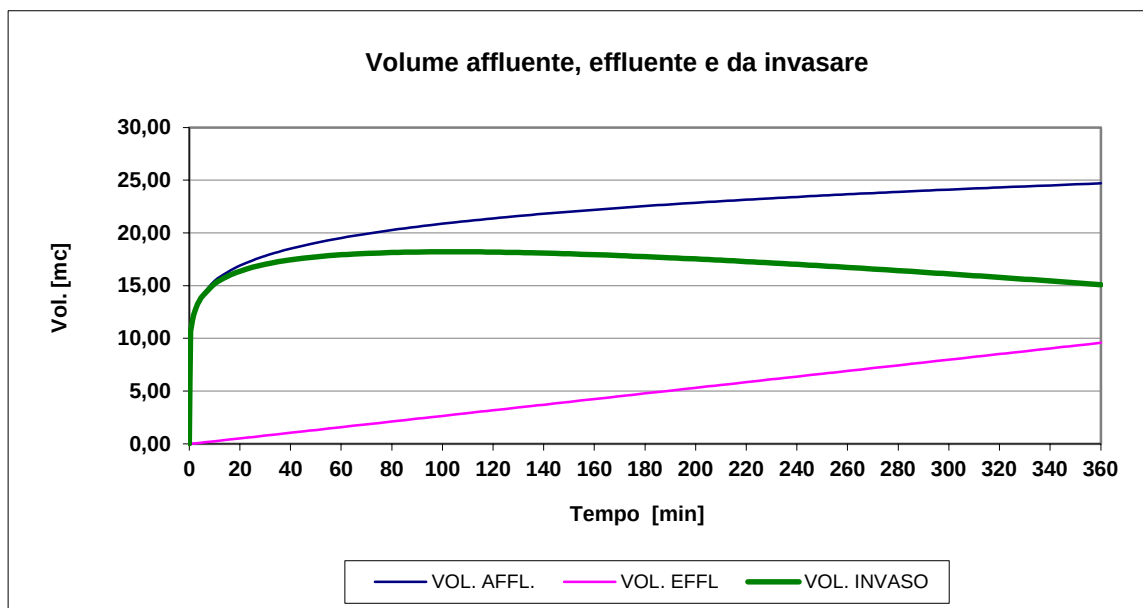
Portata scarico vasca Q out = 0,44 [l/sec]
u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	76,49	10,43	0,01	10,42
1	42,81	83,76	11,42	0,03	11,39
2	45,14	88,33	12,04	0,04	12,00
2	46,87	91,72	12,51	0,05	12,45
3	49,43	73,33	13,19	0,08	13,11
4	51,33	57,11	13,69	0,11	13,59
5	52,85	47,04	14,10	0,13	13,97
10	57,88	25,76	15,44	0,27	15,18
15	61,03	18,11	16,28	0,40	15,88
20	63,38	14,10	16,91	0,53	16,38
25	65,26	11,62	17,41	0,67	16,74
30	66,84	9,91	17,83	0,80	17,03
35	68,20	8,67	18,20	0,93	17,26
40	69,40	7,72	18,52	1,07	17,45
45	70,48	6,97	18,80	1,20	17,61
50	71,46	6,36	19,07	1,33	17,73
55	72,36	5,85	19,31	1,47	17,84
60	73,19	5,43	19,53	1,60	17,93
65	73,96	5,06	19,73	1,73	18,00
70	74,68	4,75	19,92	1,86	18,06
75	75,36	4,47	20,11	2,00	18,11
80	76,00	4,23	20,28	2,13	18,15
85	76,60	4,01	20,44	2,26	18,17
90	77,18	3,82	20,59	2,40	18,19
95	77,73	3,64	20,74	2,53	18,21
100	78,25	3,48	20,88	2,66	18,21
105	78,75	3,34	21,01	2,80	18,21
110	79,24	3,21	21,14	2,93	18,21
115	79,70	3,08	21,26	3,06	18,20
120	80,14	2,97	21,38	3,20	18,19
125	80,57	2,87	21,50	3,33	18,17
130	80,99	2,77	21,61	3,46	18,14
135	81,39	2,68	21,72	3,60	18,12
140	81,78	2,60	21,82	3,73	18,09
145	82,16	2,52	21,92	3,86	18,06
150	82,52	2,45	22,02	4,00	18,02
155	82,88	2,38	22,11	4,13	17,98
160	83,22	2,31	22,20	4,26	17,94
165	83,56	2,25	22,29	4,40	17,90
170	83,89	2,20	22,38	4,53	17,85
175	84,21	2,14	22,47	4,66	17,80

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	2,09	22,55	4,80	17,75
185	84,82	2,04	22,63	4,93	17,70
190	85,12	1,99	22,71	5,06	17,65
195	85,41	1,95	22,79	5,19	17,59
200	85,69	1,91	22,86	5,33	17,53
205	85,97	1,87	22,94	5,46	17,48
210	86,24	1,83	23,01	5,59	17,41
215	86,51	1,79	23,08	5,73	17,35
220	86,77	1,76	23,15	5,86	17,29
225	87,02	1,72	23,22	5,99	17,22
230	87,27	1,69	23,28	6,13	17,16
235	87,52	1,66	23,35	6,26	17,09
240	87,76	1,63	23,42	6,39	17,02
245	88,00	1,60	23,48	6,53	16,95
250	88,23	1,57	23,54	6,66	16,88
255	88,46	1,54	23,60	6,79	16,81
260	88,69	1,52	23,66	6,93	16,74
265	88,91	1,49	23,72	7,06	16,66
270	89,13	1,47	23,78	7,19	16,59
275	89,34	1,45	23,84	7,33	16,51
280	89,55	1,42	23,89	7,46	16,43
285	89,76	1,40	23,95	7,59	16,36
290	89,97	1,38	24,00	7,73	16,28
295	90,17	1,36	24,06	7,86	16,20
300	90,37	1,34	24,11	7,99	16,12
305	90,56	1,32	24,16	8,13	16,04
310	90,75	1,30	24,21	8,26	15,96
315	90,95	1,28	24,26	8,39	15,87
320	91,13	1,27	24,31	8,52	15,79
325	91,32	1,25	24,36	8,66	15,71
330	91,50	1,23	24,41	8,79	15,62
335	91,68	1,22	24,46	8,92	15,54
340	91,86	1,20	24,51	9,06	15,45
345	92,04	1,19	24,56	9,19	15,36
350	92,21	1,17	24,60	9,32	15,28
355	92,38	1,16	24,65	9,46	15,19
360	92,55	1,14	24,69	9,59	15,10

Volume da invasare =

18,21



CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 73,188
n = 0,131

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a = 0,00	[mq]	φ	0,1
Sup. permeabile	Sup. p = 1352,00	[mq]		0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp = 158,00	[mq]		0,6
Sup. impermeabile	Sup. im = 0,00	[mq]		0,9
Coeff. di deflusso medio	φ = 0,24			
TOT. Superficie di calcolo	Sup = 1510,00	[mq]		

Calcolo volume di invaso

Portata scarico vasca Q out = 1,51 [l/sec]
 u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	39,09	56,77	14,28	0,05	14,23
1	42,81	62,17	15,63	0,09	15,54
2	45,14	65,56	16,49	0,14	16,35
2	46,87	68,08	17,12	0,18	16,94
3	49,43	71,79	18,05	0,27	17,78
4	51,33	74,55	18,75	0,36	18,38
5	52,85	64,39	19,30	0,45	18,85
10	57,88	35,26	21,14	0,91	20,23
15	61,03	24,79	22,29	1,36	20,93
20	63,38	19,30	23,15	1,81	21,33
25	65,26	15,90	23,83	2,27	21,57
30	66,84	13,57	24,41	2,72	21,69
35	68,20	11,87	24,91	3,17	21,74
40	69,40	10,57	25,35	3,62	21,72
45	70,48	9,54	25,74	4,08	21,66
50	71,46	8,71	26,10	4,53	21,57
55	72,36	8,01	26,43	4,98	21,44
60	73,19	7,43	26,73	5,44	21,29
65	73,96	6,93	27,01	5,89	21,12
70	74,68	6,50	27,27	6,34	20,93
75	75,36	6,12	27,52	6,80	20,73
80	76,00	5,79	27,75	7,25	20,51
85	76,60	5,49	27,98	7,70	20,28
90	77,18	5,22	28,19	8,15	20,03
95	77,73	4,98	28,39	8,61	19,78
100	78,25	4,77	28,58	9,06	19,52
105	78,75	4,57	28,76	9,51	19,25
110	79,24	4,39	28,94	9,97	18,97
115	79,70	4,22	29,11	10,42	18,69
120	80,14	4,07	29,27	10,87	18,40
125	80,57	3,93	29,43	11,33	18,10
130	80,99	3,80	29,58	11,78	17,80
135	81,39	3,67	29,72	12,23	17,49
140	81,78	3,56	29,87	12,68	17,18
145	82,16	3,45	30,00	13,14	16,87
150	82,52	3,35	30,14	13,59	16,55
155	82,88	3,26	30,27	14,04	16,22
160	83,22	3,17	30,39	14,50	15,90
165	83,56	3,08	30,52	14,95	15,57
170	83,89	3,01	30,64	15,40	15,23
175	84,21	2,93	30,75	15,86	14,90

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
180	84,52	2,86	30,87	16,31	14,56
185	84,82	2,79	30,98	16,76	14,22
190	85,12	2,73	31,08	17,21	13,87
195	85,41	2,67	31,19	17,67	13,52
200	85,69	2,61	31,29	18,12	13,17
205	85,97	2,55	31,40	18,57	12,82
210	86,24	2,50	31,50	19,03	12,47
215	86,51	2,45	31,59	19,48	12,11
220	86,77	2,40	31,69	19,93	11,76
225	87,02	2,36	31,78	20,39	11,40
230	87,27	2,31	31,87	20,84	11,03
235	87,52	2,27	31,96	21,29	10,67
240	87,76	2,23	32,05	21,74	10,31
245	88,00	2,19	32,14	22,20	9,94
250	88,23	2,15	32,22	22,65	9,57
255	88,46	2,11	32,31	23,10	9,20
260	88,69	2,08	32,39	23,56	8,83
265	88,91	2,04	32,47	24,01	8,46
270	89,13	2,01	32,55	24,46	8,09
275	89,34	1,98	32,63	24,92	7,71
280	89,55	1,95	32,70	25,37	7,34
285	89,76	1,92	32,78	25,82	6,96
290	89,97	1,89	32,86	26,27	6,58
295	90,17	1,86	32,93	26,73	6,20
300	90,37	1,83	33,00	27,18	5,82
305	90,56	1,81	33,07	27,63	5,44
310	90,75	1,78	33,14	28,09	5,06
315	90,95	1,76	33,21	28,54	4,67
320	91,13	1,73	33,28	28,99	4,29
325	91,32	1,71	33,35	29,45	3,90
330	91,50	1,69	33,42	29,90	3,52
335	91,68	1,67	33,48	30,35	3,13
340	91,86	1,65	33,55	30,80	2,74
345	92,04	1,63	33,61	31,26	2,35
350	92,21	1,60	33,67	31,71	1,96
355	92,38	1,59	33,74	32,16	1,57
360	92,55	1,57	33,80	32,62	1,18

Volume da invasare =

21,74

