

Comune di Verona

Provincia di Verona

C.U. **V65U24**

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

DENOMINATO "BORGO PRA GOBBO"

VIA ORMANETTO - VIA RODI SAN MASSIMO VERONA

SCHEDA NORMA N. 422B - ATO 3

FASCICOLO

TAVOLE

ANALISI GEOLOGICA e
IDROGEOLOGICA

4

4.1 - ANALISI GEOIDRO-GEOLOGICA
4.2 - COMPATIBILITA' IDRAULICA

COMMITTENTI

Righetti Elda

Pelanda Enzo

Righetti Anna

Pelanda Luciano

Gaburro Tiziana

Pelanda Gabriella

Gaburro Laura

Pelanda Fiorenza

Gaburro Fernanda

Pelanda Giovanna

Dolci Claudio

Dolci Sara

Mion Giuseppe

GRUPPO DI LAVORO

Progettista

Progettista parte cartografica

Progettista paesaggista



INTECO

Piazza Vittorio Veneto n. 93
37012 Bussolengo VERONA
335.6694442 - info@intecoservizi.it



GeoArchi

Via Don G. Trevisani n.45 - 37139 VERONA
045.8904545 - studiogeoarchi@gmail.com



HSL studio

Via Prà Lungo n. 11 - 37139 VERONA
045.8904468 - www.hslstudio.it

DATA 14.12.2021

AGG. 05/2024

Lo studio si riserva a termini di legge la proprietà del presente disegno con divieto di riprodurlo o cederlo a terzi senza sua autorizzazione

Comune di Verona

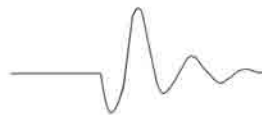
P.U.A. Borgo Pra' Gobbo fra via Rodi e via Ormanetto
a San Massimo di Verona.

Studio di compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica

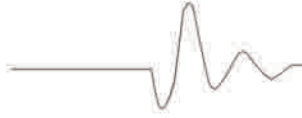
settembre 2020

Riproduzione vietata a termini di Legge.

Studio di Geologia Applicata
dott. geol.
Fernando
Cavagnari



via Centurare, 28B - Dossobuono (VR)
Tel. e Fax: 045 986637 Tel. Cell.: 348 7842840
e-mail: geologo.cavagnari@gmail.com



Dossabuono, 26 settembre 2020

1.0 – PREMESSE

L'area del P.U.A. Borgo Pra' Gobbo, tra via Rodi e via Ormanetto nella parte nord-ovest di San Massimo verso la Croce Bianca, si sviluppa su una superficie trapezoidale irregolare di circa 12.000 mq, lunga circa 140 m e larga un'ottantina, distinta in una parte occidentale che occupa circa i 2/3 dell'area su cui sorgeranno fabbricati residenziali distriuniti in sei lotti da 900 a 1.480 mq, e in una parte orientale (circa 1/3 dell'area) ove si otterrà un parco verde con piastra sportiva e depressione centrale atta a raccogliere e disperdere le acque piovane.

Le informazioni di carattere geologico, stratigrafico, idrogeologico e sismico, basate sulla raccolta dei dati bibliografici e su dati acquisiti dallo scrivente nei dintorni nel medesimo contesto geologico, integrate con l'esecuzione in sito di tre trincee esplorative, hanno permesso di individuare le caratteristiche dell'immediato sottosuolo in corrispondenza dell'area in oggetto.

In fase di stesura del progetto esecutivo dovranno essere condotte ulteriori prospezioni per indagare sulla natura e consistenza del sottosuolo più in profondità anche di rimando alla categoria sismica dello stesso.

2.0 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO VIGENTI

Si riporta qui a lato uno stralcio della Carta delle Fragilità contenuta nel P.A.T. del Comune di Verona, in scala 1:10.000.

Le fragilità geologiche sono costituite da elementi o parti del territorio caratterizzate da una certa soglia del rischio rispetto agli insediamenti e all'ambiente; in particolare la compatibilità geologica ai fini edificatori definisce l'attitudine o meno di un'area del territorio a interventi edificatori in funzione delle ca-



PENALITA' AI FINI EDIFICATORI

 TERRENO OTTIMO

VULNERABILITA' INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI

 UNITA' A



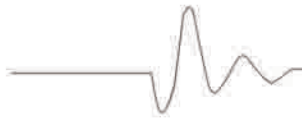
ratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche, ed è fondata su indici relativi di qualità dei terreni con riferimento alle possibili problematiche relative alla stabilità dei versanti nelle aree collinari e montane, ai possibili effetti di inquinamento delle acque sotterranee, alla compressibilità dei terreni, alle caratteristiche geotecniche nei confronti delle opere di fondazione, ai possibili sprofondamenti per la presenza di cavità di dissoluzione carsica o di origine antropica, alla erodibilità di sponde fluviali, alla esondabilità dei corsi d'acqua, alla sicurezza di arginature o di altre opere idrauliche, alla salvaguardia di singolarità geologiche, geomorfologiche, paleontologiche o mineralogiche, alla protezione delle fonti di energia e delle risorse naturali.

Il sito di progetto è stato inserito in area con terreno ottimo (Art. 37 N.T.), di ricarica degli acquiferi con vulnerabilità intrinseca alta (Art. 38 N.T.) propria dell'Unità A, caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluvio-glaciali a composizione ghiaiosa e sabbiosa di elevata permeabilità, a morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei, con strati di alterazione superficiale di scarsa potenza, dinamica geomorfologica prevalente fluviale e fluvio-glaciale, presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 m dal piano campagna.

In tali aree non c'è alcun limite all'edificabilità, ma la relazione geologica e geotecnica di progetto deve dimostrare la compatibilità degli interventi previsti con le norme di tutela e sicurezza, con analisi conforme a quanto previsto dalle Norme Tecniche sulle costruzioni e proporzionata al grado di penalità attribuito ed alle caratteristiche dell'intervento in progetto.

3.0 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

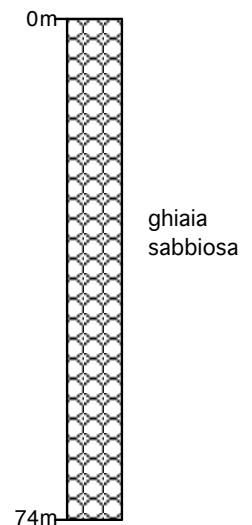
Il territorio in esame si trova a quota compresa fra poco più di 76 e quasi 80 m s.l.m. entro l'alta pianura veronese dove il sottosuolo è costituito da un potente materasso alluvionale indifferenziato dell'antica conoide dell'Adige, di estensione areale ben maggiore rispetto alla zona d'interesse e di caratteristiche stratigrafiche abbastanza uniformi di buona continuità, rappresentato da depositi incoerenti bene addensati e assortiti granulometricamente prevalentemente grossolani ghiaioso-sabbiosi con ciottoli talora con matrice interstiziale limosa non plastica con tenore non superiore al 10 - 15% circa, di spessore superiore ai 250 m sul Quaternario marino (dati AGIP nello schema geologico del sottosuolo della pianura veneta), depositi prevalentemente dal fiume Adige in epoca glaciale e interglaciale (Pleistocene).



L'area di progetto è caratterizzata dall'esistenza di una modesta scarpata alta fino ad un paio di metri che la attraversa quasi centralmente circa da nord a sud, separando la parte orientale da quella occidentale viepiù elevata, probabilmente residuo di un antico terrazzo fluvioglaciale pleistocenico.

Le stratigrafie disponibili di pozzi idrici hanno permesso di costruire (*Antonelli e Stefanini, 1982*) delle carte ad isopache percentuali delle ghiaie per vari intervalli di profondità dal piano campagna: da esse risulta che l'area in esame giace già su sottosuolo pressoché esclusivamente ghiaioso-sabbioso con ciottoli laddove l'eventuale locale presenza di modesti livelli argillosi ha carattere lenticolare e pertanto discontinuo, sottostante a modesto suolo argilloso di alterazione.

Si riporta a lato la stratigrafia schematica, tratta dall'*Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Servizio Geologico d'Italia)*, relativa ad un pozzo idrico ad uso domestico perforato nel 1999 ad una cinquantina di metri a nord dell'angolata nord-ovest dell'area di progetto.

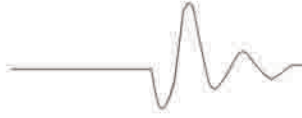


4.0 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il sottosuolo molto permeabile contiene una potente falda che si irradia verso la pianura proveniente principalmente da nord-nord-ovest dalla parte apicale delle grandi conoidi ghiaioso-sabbiose dell'Adige, posta nella zona di Pescantina e Busso-lengo, allo sbocco in pianura della Val Lagarina.

La superficie freatica si situa a più di una ventina di metri più bassa del p.c. nell'area di progetto durante l'unica fase di piena che avviene nella tarda estate – inizio autunno, quando può raggiungere quote poco superiori a 55 m s.l.m., mentre la massima escursione annuale di 5 – 6 m in genere si verifica nell'unica fase di magra all'inizio della primavera, ove il regime è in evidente relazione con quello del fiume che precede di circa tre mesi le stesse fasi della falda.

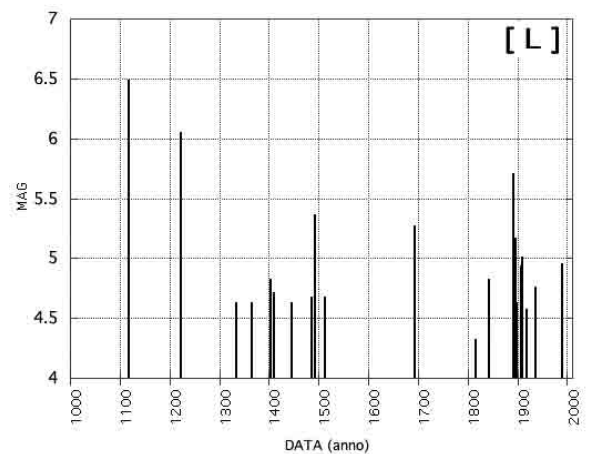
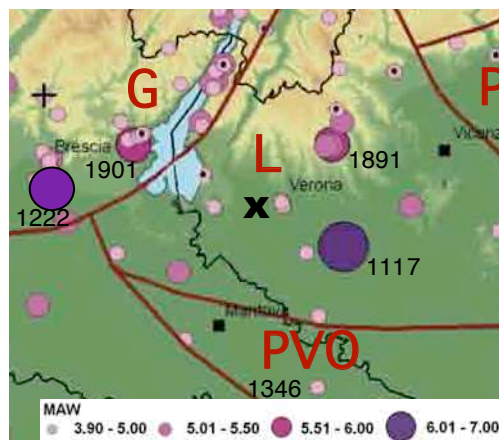
Dall'esame delle isofreatiche si nota un principale marcato asse di drenaggio la cui direttrice con deflusso da nord-ovest verso sud-est si localizza circa al di sotto dell'area in esame, con lieve migrazione verso nord-est passando dalla fase di piena a quella di magra, mentre gli assi di alimentazione si collocano principalmente più ad ovest ed in subordine più a nord per dispersioni in alveo da parte dell'Adige stesso.



5.0 – SISMICITÀ DELL'AREA VASTA

Distinguendo il territorio in vari areali caratterizzati da elementi sismologico-sismogenici comuni, si nota che l'area in esame (X nelle figure seguenti) appartiene al distretto (L) Lessini – Schio (*Sugan e Peruzza, 2011 – Distretti sismici del Veneto*).

Figura e grafico seguenti: sismicità storica (fonte dati CPTI04). MAG è la magnitudo equivalente a M_w riportata in catalogo.



Il distretto dei Lessini è una zona potenzialmente interessata da due forti eventi medioevali, e alcuni eventi che hanno superato la soglia del danno (VI MCS – *Mercalli, Cancani, Sieberg*), ben documentati nel Rinascimento e dalla fine dell'Ottocento.

In quest'area ricade graficamente l'epicentro derivato da informazioni macrosismiche del disastroso evento di Verona del 3 gennaio 1117 ($M_w=6,49$, IX-X MCS).

Negli ultimi due secoli, l'evento del 7 giugno 1891, localizzato nella Valle d'Illasi, ha causato forti danni (VIII-IX MCS, $M_w=5,71$) in prossimità dell'epicentro, e ha fatto registrare effetti al di sopra della soglia del danno in gran parte della Lessinia.

Sono ben documentati anche gli effetti di un evento riferito a Peschiera (VI MCS, $M_w=4,83$) accaduto pochi giorni appresso, il 15 giugno 1891; analoghe attivazioni ravvicinate nel tempo e nello spazio sono avvenute nel 1895 (12 ottobre, Malcesine in distretto G, 2 novembre, Valle d'Illasi, distretto L).

Sempre nella Valle d'Illasi sono stati localizzati altri tre eventi che hanno raggiunto o superato la soglia del danno, (9 agosto 1892 $M_w=5,17$; 9 febbraio 1894 $M_w=5,17$; 15 marzo 1908 $M_w=5,01$).

Ulteriori evidenze archeosismologiche e paleosismologiche riguardano il tratto più settentrionale della valle dell'Adige (III sec. d. C.; 2200-2600 a. C.).



Dal punto di vista della neotettonica è in atto un processo di sollevamento articolato dell'area, che la suddivide in piccoli blocchi soggetti sia a sollevamenti differenziali sia a basculamenti ad opera di faglie subverticali.

In quest'area, DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*, ver. 3.2.1, 2016) individua alcune sorgenti sismogeniche composite la cui geometria non è ripresa dai limiti di distretto qui definiti.

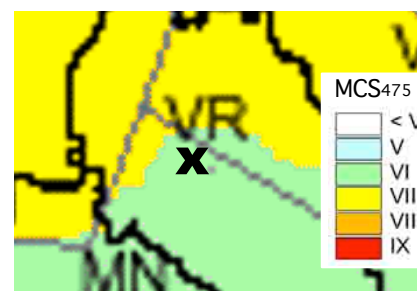
Figura a lato: Sorgenti sismogeniche: Giudicarie (ITCS048), Monte Baldo (ITCS073), Sirmione (ITCS113), Solferino (ITCS114), Adige Plain (ITCS076), Poggio Rusco-Migliarino (ITCS050), Schio-Vicenza (ITCS175), Piana (ITCS112).

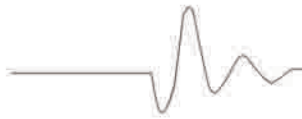
Sul margine occidentale viene rappresentato il fronte di accavallamento del Monte Baldo che prosegue con due sorgenti composite che si arcuano verso ovest, denominate Sirmione e Solferino e che rappresentano parte del fronte più esterno del sistema delle Giudicarie meridionali.

Il massimo potenziale sismogenico è attribuito secondo il DISS alla sorgente Adige Plain (ITCS076) individuata quale potenziale elemento strutturale sepolto, cui si riconduce la sorgente del terremoto veronese del 1117.

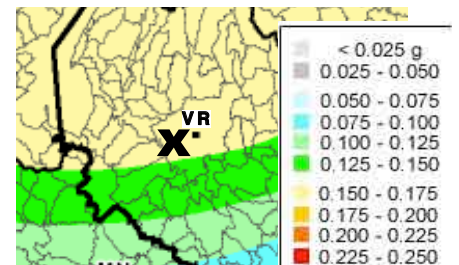
Nel tempo l'area della fascia prealpina è stata colpita da terremoti con profondità ipocentrali ordinariamente dell'ordine di 8 - 12 Km, laddove l'intensità MCS massima attesa per tempi di ritorno T_R di 475 anni è compresa fra il VI e VII grado.

L'attività sismica è collegabile con strutture tettoniche legate principalmente alla Linea delle Giudicarie a nord-ovest (come per es. il terremoto di Salò del novembre 2004) e le Linee Poggio Rusco - Migliarino a sud-est e Novi - Poggio Renatico poco più a sud (come per es. lo sciame sismico del maggio - giugno 2012 fra Mantova, Modena e Ferrara) e la Linea Reggio Emilia - Rolo a sud.





Mentre prima del 2003 il territorio di Verona ai fini sismici era N.C. (ossia non classificato, diverso da non sismico), nelle "Norme Tecniche per le costruzioni" (già D.M. 14/01/2008 di recente aggiornato con D.M. 17/01/2018), e già nell'O.P.C.M. 3274/2003, si è disposta una riclassificazione sismica del territorio nazionale, poi aggiornata dall'O.P.C.M. 3519/2006 sulla base della revisione proposta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (*Gruppo di Lavoro MPS, 2004*) e dalla Commissione Grandi Rischi Sez. Rischio Sismico nell'aprile 2004 (cfr. schema a lato per i valori medi di ag).

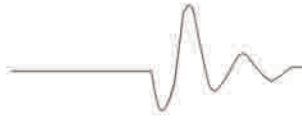


Tale riclassificazione è fondata su studi di pericolosità relativi a diverse probabilità di superamento del valore di picco dell'accelerazione orizzontale del suolo, recepita dalla Regione Veneto con D.G.R. 67/2003 e aggiornata con D.G.R. n. 3308/2008 che mantiene la classificazione zona-dipendente dell'O.P.C.M. 3274 per la sola trattazione di problematiche tecnico-amministrative, mentre la suddivisione sismica del territorio in Zone è stata superata già con il D.M. 14/01/2008 che adotta come riferimento una griglia di nodi geografici di ordinate spettrali note (mantenuta dal recente D.M. 17/01/2018).

Nella tabella a lato e nei grafici seguenti si riportano, in funzione del tempo di ritorno T_R , i parametri sismici di base di cui al D.M. 17/01/2018 (ag: accelerazione orizzontale, F_0 : amplificazione massima dello spettro in accelerazione orizzontale, T_c^* : periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), vevoli per l'area in oggetto.

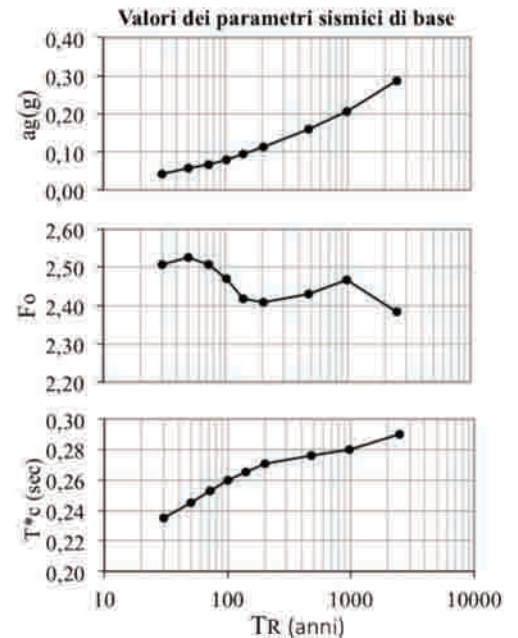
T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0,042	2,508	0,235
50	0,056	2,525	0,245
72	0,068	2,507	0,253
101	0,080	2,469	0,260
140	0,095	2,417	0,265
201	0,112	2,408	0,271
475	0,158	2,430	0,276
975	0,205	2,468	0,280
2475	0,288	2,382	0,290

Per gli edifici residenziali in esame, di Tipo 2 (opere ordinarie di importanza normale) e Classe d'uso II (costruzione il cui uso prevede normali affollamenti) con una vita nominale V_N di 50 anni pari a quella utile di riferimento V_R , si ha una probabilità di superamento P_{VR} del 10% per la condizione di salvaguardia della vita (SLV) allo stato limite ultimo, e del 63% nello stato limite di danno (SLD).



Conformemente a queste due situazioni, relative a periodi medi di ritorno T_R dell'evento sismico atteso rispettivamente di 475 e 50 anni, e come risulta dai parametri di ancoraggio suriportati per l'area in oggetto (coordinate geografiche medie dell'ellissoide ED50 di riferimento: latitudine $45,4438^\circ$ N e longitudine $10,9369^\circ$ E), l'accelerazione orizzontale (a_g) attesa di riferimento in roccia risulta pari a $0,158g$ e $0,056g$, ove il territorio è classificabile pertanto come zona a pericolosità media.

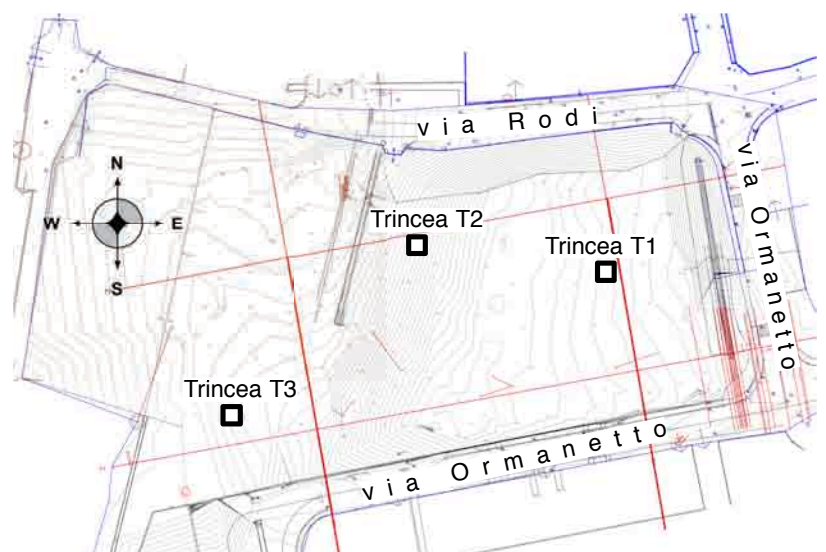
Nell'intero territorio nazionale non è più applicabile invece il precedente D.M. 11/03/1988.



6.0 – CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO

Al momento è stato possibile effettuare soltanto indagini esplorative superficiali, sia per prelevare alcuni campioni ambientali che per verificare direttamente lo spessore del terreno agrario superficiale quindi la presenza delle alluvioni ghiaioso-sabbiose e ciottolose atesine fino a 1,2 - 1,4 m di profondità sotto il p.c..

Si riporta la situazione riscontrata nelle tre trincee esplorative, la cui ubicazione è riportata nella Pianta a lato (scala 1: 2.000).



Trincea T1

p.c. - 1,3 m: terreno agrario argilloso marrone, con ghiaia e ciottoli \varnothing_{\max} 20 cm;

1,3- 1,4 m almeno: alluvioni atesine ghiaioso-sabbiose e ciottolose \varnothing_{\max} 30 cm, chiare.



Trincea T2

p.c. - 0,8/1 m: terreno agrario argilloso marrone, con ghiaia e ciottoli \varnothing_{\max} 15 cm;

0,8 (a nord)/1 (a sud) - 1,2 m almeno: alluvioni atesine ghiaioso-sabbiose e ciottolose \varnothing_{\max} 20 cm, chiare.



Trincea T3

p.c. - 0,8/1,3 m: terreno agrario argilloso marrone di spessore disomogeneo;

0,8/1,3 - 1,35 m almeno: alluvioni atesine ghiaioso-sabbiose e ciottolose, chiare.





La resistenza al taglio delle alluvioni naturali è funzione dell'angolo di resistenza φ , che può essere stimato con il metodo suggerito dal *Sanglerat* (e più recentemente da *Bond e Harris*) in base alla composizione ed assortimento granulometrico e al grado di addensamento.

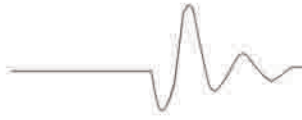
Il *Sanglerat* in particolare, in merito ai terreni a comportamento incoerente, considera quattro fattori e stima che sia $\varphi = 36^\circ + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4$, dove:

compattezza	φ_1	sciolta media serrata	-6° 0° $+6^\circ$
forma dei grani	φ_2	aguzza media arrotondata molto arrotondata	$+1^\circ$ 0° -3° -5°
dimensione dei grani	φ_3	sabbia ghiaia fina ghiaia grossa	0° $+1^\circ$ $+2^\circ$
granulometria	φ_4	uniforme media estesa	-3° 0° $+3^\circ$

Secondo tale metodo di valutazione, l'intervallo di valori possibile varia fra 22° e 48° , ma mentre i fattori φ_2 e φ_3 e φ_4 sono di facile valutazione mediante osservazione diretta, la compattezza (φ_1) può essere di difficile stima e risultare pertanto soggettiva, contribuendo non di meno in maniera significativa al valore finale.

Bond e Harris, più recentemente, hanno riformulato una loro proposta per le sabbie e ghiaie quarzose (quali possono assumersi quelle fluvioglaciali nel sito di progetto), basata su due degli stessi fattori di *Sanglerat*, ma con l'avvertenza che la stima riguarda l'angolo di attrito a volume costante (φ_{cv}) che rappresenta l'estremo inferiore dell'insieme dei valori che può assumere φ e che corrisponde allo stato di minore addensamento; essi propongono che (usando la stessa simbologia di *Sanglerat*) $\varphi_{cv} = 30^\circ + \varphi_2 + \varphi_4$, dove:

forma dei grani	φ_2	arrotondata subangolare angolare	0° $+2^\circ$ $+4^\circ$
granulometria	φ_4	uniforme moderatamente classata ben (mal) classata	0° $+2^\circ$ $+4^\circ$



Secondo tale metodo dunque l'intervallo possibile di valori varia fra 30° e 38° , ed è di facile stima, ma rappresenta una valutazione dell'angolo di resistenza al taglio minore poiché svincolato dal grado di addensamento o compattezza del deposito.

Applicando ambedue i metodi alle usuali caratteristiche morfometriche e granulometriche delle alluvioni ghiaioso-sabbiose in questa parte del territorio veronese, si può valutare un angolo di resistenza al taglio di base (compattezza esclusa) fra 32° e 38° .

Da una moltitudine di misurazioni condotte personalmente su cumuli derivanti dal materiale di scavo estratto da trincee esplorative nelle ghiaie sabbiose del veronese, l'angolo di resistenza al taglio di base (o angolo di natural declivio) è compreso fra 30° e 36° .

Una valutazione meno dispersa di tale parametro fondamentale del terreno potrà essere effettuata solo in fase pre-esecutiva quando si eseguirà un approfondimento d'indagine.

7.0 – RISPOSTA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

In prospettiva sismica, e in mancanza di misure dirette della velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) entro una trentina di metri di profondità almeno, il sottosuolo potrebbe essere attribuito alla categoria B (più probabilmente) o alla C di terreno (prevalenti terreni detritici rispettivamente da bene a mediamente addensati).

In attesa di poter condurre un'indagine geofisica direttamente nell'area di progetto, utile anche ai fini geognostici, è possibile comunque fornire un intervallo entro cui possono variare i parametri quindi lo spettro di risposta sismica.

Dettil:

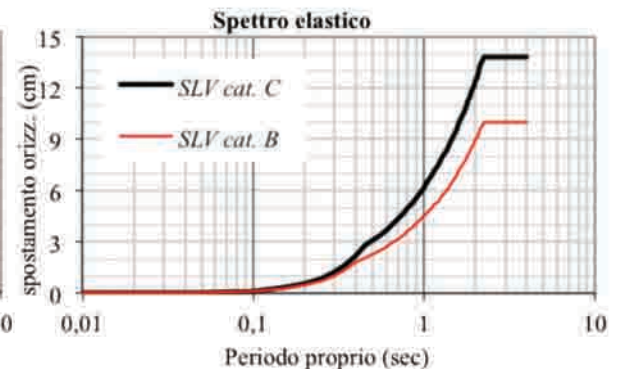
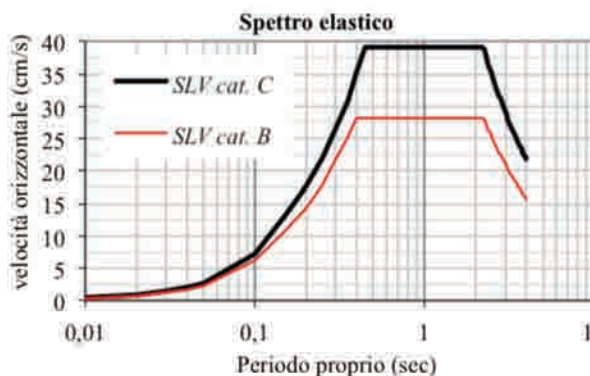
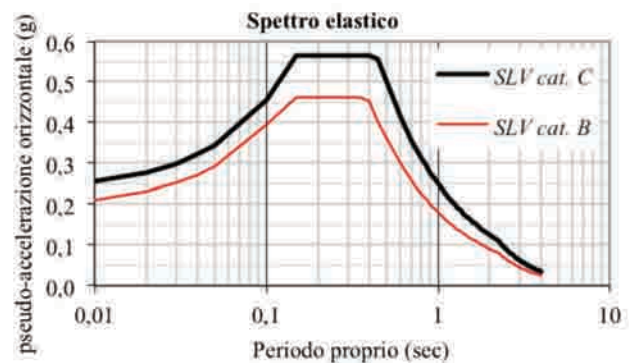
- S_s : il coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_T : il coefficiente di amplificazione topografica;
- C_C : il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- T_B, T_C, T_D : i periodi corrispondenti all'inizio del tratto dello spettro rispettivamente ad accelerazione costante, a velocità costante, a spostamento costante;
- S_{ag} : l'azione sismica orizzontale al suolo allo SLV, cioè lo stato limite di salvaguardia della vita per cui il livello di protezione è legato ad eventi sismici intensi con tempi di ritorno di circa 475 anni ed una probabilità del 10% che possano accadere nel periodo di vita di riferimento ($V_R = 50$ anni) delle opere di progetto.



Si ha:

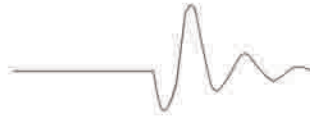
	categoria B	categoria C
S_s	1,20	1,47
S_T	1	1
$S = S_s \cdot S_T$	1,20	1,47
C_C	1,42	1,61
T_B	0,13	0,15
T_C	0,39	0,44
T_D	2,23	2,23
S_{ag}	0,190	0,232

Data l'accelerazione orizzontale massima (che è data al 50° percentile), e salvo eseguire un apposito studio di risposta sismica locale finalizzato a ricavare anche la frequenza fondamentale di vibrazione propria della copertura alluvionale sul substrato roccioso o bedrock-like (assimilabile sismicamente ad un substrato roccioso, quindi con $V_s \geq 800$ m/s), si riportano gli spettri elastici per suolo di categoria B e C in termini di pseudo-accellerazione, velocità e spostamento in funzione del periodo di vibrazione, conformi al D.M. 17/01/2018, per uno smorzamento ξ del 5%.



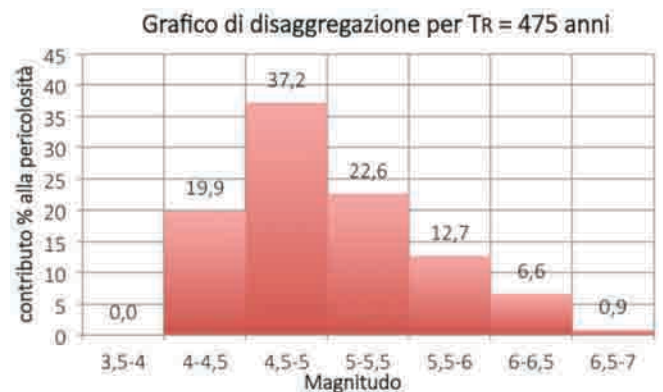
Riguardo invece agli spettri di progetto, essi vanno scalati rispetto a quelli elastici di rimando al fattore di comportamento q proprio della capacità dissipativa anelastica di ciascun edificio.

Dalle relazioni suggerite dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) e da Sabetta e Pugliese (1996), in funzione della distanza dalla struttura sismogenetica relativa probabilistica-



mente più gravosa anche in termini di contenuto in frequenza delle onde sismiche, è possibile correlare una magnitudo M attesa fra 5,7 per tempo di ritorno T_R di 475 anni e 4,7 per $T_R = 50$ anni.

Tuttavia gli studi di disaggregazione disponibili da I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), consentono di stimare meglio il contributo percentuale alla pericolosità del sito per diversi intervalli di magnitudo possibili in funzione della distanza epicentrale, i cui risultati sono riportati nel grafico a lato per gli edifici residenziali in oggetto (periodo di ritorno T_R di 475 anni, probabilità di superamento P_{VR} del 10% nel periodo di riferimento V_R di 50 anni).



8.0 – CONCLUSIONI

Sulla base dei dati geologici acquisiti su base bibliografica e di esperienze vicine, integrate con l'esecuzione di tre trincee esplorative con escavatore, in fase preliminare risulta che:

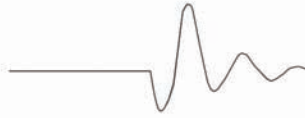
- il sottosuolo, al di sotto del terreno agrario di 0,8 – 1,3 m di spessore, è costituito da alluvioni ghiaioso-sabbiose mediamente addensate per alcune decine di metri almeno, come dimostrano sia stratigrafie di pozzi circostanti sia le cave di tout-venant a cielo aperto esistenti nella zona;
- la falda freatica esistente entro il materasso alluvionale mostra una quota di massimo innalzamento tardo-estivo prossima a più di 20 m sotto il p.c.;
- in prospettiva sismica sembra che il profilo stratigrafico del sottosuolo possa variare fra le categorie B e C in riferimento al D.M. 17/01/2018, in territorio sismico di media pericolosità con magnitudo prossima a 5,7 per tempi di ritorno relativi allo SLV di quasi 500 anni;
- per gli scavi transitori di sbancamento e fondazione si potranno valutare le condizioni di stabilità una volta effettuate le previste indagini geognostiche in sito;

- Riassumendo infine le risultanze di quanto richiesto, si dichiara e attesta quanto segue:
- in merito alla recente riclassificazione sismica del Veneto di cui alla D.G.R. 244/2021 lo Studio di compatibilità geologica redatto in data 26/09/2020 risulta ad essa conforme;
 - in merito agli approfondimenti introdotti nel dicembre 2022 con gli studi di microzonazione sismica di 3° livello del Comune di Verona, nella presente sono riportati i risultati inerenti l'area in oggetto;
 - in merito alle conclusioni riportate nel recente P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali, nell'area in oggetto permane l'assenza di rischio idraulico e di pericolosità idraulica.

Dossobuono, 24 agosto 2023

Geologo dott. Fernando Cavagnari





Egr. geom. Mario Giacomelli – via don Trevisani n° 45, Verona.

OGGETTO: PRESCRIZIONI FASCICOLO 4 A SEGUITO DEL PARERE UFFICIO URBANISTICA COMUNE DI VERONA PER P.U.A. N. 719_422b BORGO PRA' GOBBO FRA VIA RODI E VIA ORMANETTO A SAN MASSIMO DI VERONA. –

Come dalla richiesta in oggetto, si trasmettono le integrazioni conseguenti all'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto (DGR 244/2021), subentrato nel maggio 2021, comprensiva di quanto introdotto nel dicembre 2022 con gli studi di microzonazione sismica di 3° livello del Comune di Verona, al P.G.R.A. aggiornato al novembre 2021.

Nello Studio di compatibilità geologica redatto dal sottoscritto in data 26/09/2020, il sito in oggetto era stato già considerato in zona sismica 2, come prevede per Verona il recente elenco di cui alla D.G.R. 244/2021.

Infatti dal punto di vista progettuale il D.M. 17/01/2018 (e già il precedente D.M. 14/01/2008) prevedono di dovere considerare non tanto la classificazione zona-dipendente dell'O.P.C.M. 3274/2003, per la quale il comune di Verona era in zona sismica 3 (solo amministrativamente), quanto quella derivante dall'analisi della griglia di nodi geografici di ordinate spettrali note.

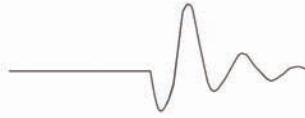
Per le coordinate geografiche del sito in oggetto l'accelerazione orizzontale base di riferimento è pari a 0,158g nella condizione SLV di salvaguardia della vita (Ns relazione, pag. 7), che classifica progettualmente il territorio a pericolosità sismica media (coincidente con la zona 2), compatibile pertanto con il recente aggiornamento.

Poiché allo studio di microzonazione sismica di 1° livello del territorio del comune di Verona, del 2017, è seguito nel 2022 quello di 3° livello, sono stati individuati nuovi aspetti che qui vengono rimessi ai fini della progettazione entro il PUA in oggetto.

Nella Carta MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) – Tav. 2, l'area d'intervento giace nella Zona 9 di pianura formata da depositi fluvioglaciali dell'antica conoide dell'Adige, costituiti da materiali ghiaioso-sabbiosi con spessori anche superiori a 100 m alternati a livelli sabbiosi e limosi, zona stabile suscettibile di amplificazioni locali.

In ragione di ciò, nella Carta CPSL (Pericolosità Sismica Locale) – Tav. 2, l'area d'intervento è stata pertanto classificata come P4a, suscettibile di amplificazioni litologiche e geometriche.

Le modellazioni numeriche di Livello 3 eseguite, finalizzate al riconoscimento delle condizioni locali che possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie, hanno portato alla determinazione dei Fattori di Amplificazione (FA) in termini di accelerazione nel territorio.



In particolare, i Fattori Amplificativi FA forniti sono stati stimati negli intervalli del periodo di vibrazione delle strutture costruttive d'interesse tra 0,1 e 0,5 secondi, tra 0,4 e 0,8 secondi, tra 0,7 e 1,1 secondi, come definiti nell'Allegato I dell'Ordinanza 24/04/2018 (G.U. serie generale n. 107 del 10/05/2018) riguardante i criteri generali da adottare per l'utilizzo dei risultati degli studio di Microzonazione Sismica, che consentono di associare anche gli spettri medi di risposta in pseudoaccelerazione (tra 0,1 e 1,1 secondi) al 5% di smorzamento in superficie).

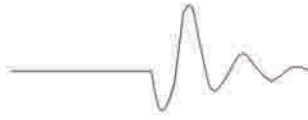
Per l'area in oggetto, zona stabile suscettibile di amplificazioni locali, in riferimento alla Tav. 2 delle tre Carte di microzonazione sismica FA negli specifici intervalli, per l'area in oggetto sono stati determinati i seguenti valori di FA:

Periodo di vibrazione della struttura (secondi)	FA
da 0,1 a 0,5	1,5
da 0,4 a 0,8	1,6
da 0,7 a 1,1	1,7

Ai fini progettuali dunque il periodo fondamentale di vibrazione del terreno, risultato pari a 0,72 secondi (frequenza di 1,38 Hz) nella prova HVSR P310, distante 200 m verso sud-est rispetto all'area di progetto, nel medesimo contesto geologico, dovrà essere confrontato con quello di ciascuna struttura costruttiva per evitare la loro sovrapposizione (effetto di doppia risonanza, assolutamente pericoloso).

Semplificando, confrontando per l'area in oggetto lo spettro in pseudoaccelerazione di substrato rigido (cat. A) di normativa (D.M. 17/01/2018), con quello derivante dall'applicazione dei fattori amplificativi FA indicati, risulta che per tempi di ritorno del terremoto di 475 anni, lo spettro ottenuto con il 3° livello coincide con quello di cat. C di normativa per periodo di vibrazione della costruzione fra 0,1 e 0,25 secondi, all'incirca con quello di cat. B per periodo oltre 0,35 e fino almeno 1,1 secondi, mentre nel tratto intermedio non coincide con nessuno.

Riguardo al recente P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali, relativamente alla possibilità che eventuali alluvioni causate dalla presenza di corpi idrici che possano interessare l'area di progetto, nel Sistema informativo per la gestione ed il monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti ambientali della Direttiva Alluvioni, non è segnalato né rischio idraulico né pericolosità idraulica; infatti i corsi d'acqua più vicini, a parte i canali artificiali gestiti direttamente dal Consorzio di Bonifica Veronese, sono soltanto il Fiume Adige che dista quasi 2 Km verso nord-nord-est nei pressi della diga di Chievo ad una quota (66 m s.m.) d'argine destro più bassa di circa 8 m rispetto all'area del PUA.



- la presenza delle alluvioni ghiaioso-sabbiose sottostanti il terreno eluviale assicura di potere adottare fondazioni di tipo diretto.

Infine risulta per la nuova area residenziale la compatibilità con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche del sito, pur restando la necessità di un maggiore approfondimento della situazione stratigrafica e dello stato di addensamento del sottosuolo.

Per tale motivo la presente relazione non può essere esaustiva ai fini della redazione del progetto esecutivo dei fabbricati residenziali.

Geologo dott. Fernando Cavagnari
(iscr. Albo Professionale gen. 1984)



Nessuna parte di questa relazione può essere riprodotta in alcuna forma, comprese le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, a norma di Legge, senza il permesso scritto dell'Autore. Ogni abuso sarà perseguito a termini di Legge presso l'Autorità Giudiziaria e l'Organo Professionale.

Analisi geologica e di compatibilità idraulica

P.U.A. N. 719_422b BORGO PRA' GOBBO FRA VIA RODI E VIA
ORMANETTO A SAN MASSIMO DI VERONA.

Documenti contenuti:

- Studio di compatibilità idraulica per la dispersione delle acque di pioggia nel terreno, del 11/09/2020.
- Studio di compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica del 26/09/2020.
- Integrazioni del 24/08/2023 richieste dall'Ufficio Urbanistica del Comune di Verona conseguenti alla D.G.R. 244/2021 (aggiornamento zone sismiche del Veneto), al P.G.R.A. del novembre 2021, alla Microzonazione sismica di 3° livello del dicembre 2022.



Studio di Geologia Applicata
dott. geol.
Fernando
Cavagnari



via Centurare, 288 - Dossobuono (VR)
Tel. e Fax: 045 986637 Tel. Cell.: 348 7842840
e-mail: geologo.cavagnari@gmail.com

Comune di Verona

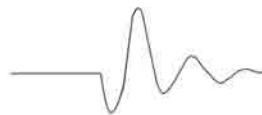
P.U.A. Borgo Pra' Gobbo fra via Rodi e via Ormanetto
a San Massimo di Verona.

**Studio di compatibilità idraulica
per la dispersione delle acque di pioggia nel terreno.**

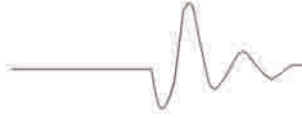
settembre 2020

Riproduzione vietata a termini di Legge.

Studio di Geologia Applicata
dott. geol.
Fernando
Cavagnari



via Centurare, 28B - Dossobuono (VR)
Tel. e Fax: 045 986637 Tel. Cell.: 348 7842840
e-mail: geologo.cavagnari@gmail.com



Dossobuono, 11 settembre 2020

1.0 – PREMESSE

Il progetto riguarda la realizzazione di una serie di fabbricati residenziali e di un parco verde entro un'area di circa 12.000 mq, denominata Borgo Pra' Gobbo, tra via Rodi e via Ormanetto, nella parte nord-ovest di San Massimo verso la Croce Bianca.

Le informazioni di carattere geologico, stratigrafico e idrogeologico, basate sulla raccolta dei dati bibliografici e su dati acquisiti dallo scrivente nei dintorni nel medesimo contesto geologico, integrate con l'esecuzione in sito di tre trincee esplorative, hanno permesso di individuare le caratteristiche dell'immediato sottosuolo in corrispondenza dell'area in oggetto.

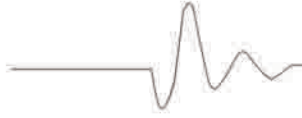
In particolare, poiché la realizzazione dei vari fabbricati residenziali, delle strade e di altre superfici porterà ad avere coefficienti di deflusso cumulativamente diversi rispetto alla situazione attuale in cui le acque piovane non seguono più il loro ciclo naturale potendosi infiltrare o accumularsi nelle normali depressioni della campagna come accade ora, s'intende predisporre opportune opere di raccolta e dispersione in sito delle acque pluviali nella logica del principio dell'invarianza idraulica, senza andare a gravare pertanto su sistemi di smaltimento esterni all'area di proprietà.

La verifica di compatibilità idraulica è prevista dalla Del. Giunta Regione Veneto 3637/2002 in riferimento alla L. 267/1998, successivamente perfezionata dalla D.G.R. 2948/2009 e recentemente con modeste modifiche nella D.G.R. 1534/2015, comprendendo un apposito studio al fine di definire gli interventi che garantiscano le misure compensative all'alterazione del regime idraulico provocata dalle nuove previsioni urbanistiche.

2.0 – NORME GEOLOGICHE DI PIANO VIGENTI

Si riporta qui di seguito uno stralcio della Carta delle Fragilità contenuta nel P.A.T. del Comune di Verona, in scala 1:10.000.

Le fragilità geologiche sono costituite da elementi o parti del territorio caratterizzate da una certa soglia del rischio rispetto agli insediamenti e all'ambiente; in particolare la compatibilità geologica ai fini edificatori definisce l'attitudine o meno di un'area del territorio a interventi edificatori in funzione delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche, ed è fondata su indici relativi di qualità dei terreni con



riferimento alle possibili problematiche relative alla stabilità dei versanti nelle aree collinari e montane, ai possibili effetti di inquinamento delle acque sotterranee, alla compressibilità dei terreni, alle caratteristiche geotecniche nei confronti delle opere di fondazione, ai possibili sprofondamenti per la presenza di cavità di dissoluzione carsica o di origine antropica, alla erodibilità di sponde fluviali, alla esondabilità dei corsi d'acqua, alla sicurezza di arginature o di altre opere idrauliche, alla salvaguardia di singolarità geologiche, geomorfologiche, paleontologiche o mineralogiche, alla protezione delle fonti di energia e delle risorse naturali.



PENALITA' AI FINI EDIFICATORI

 TERRENO OTTIMO

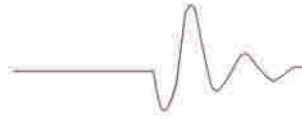
VULNERABILITA' INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI

 UNITA' A

Il sito di progetto è stato inserito in area con terreno ottimo (Art. 37 N.T.), di ricarica degli acquiferi con vulnerabilità intrinseca alta (Art. 38 N.T.) propria dell'Unità A, caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluvio-glaciali a composizione ghiaiosa e sabbiosa di elevata permeabilità, a morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei, con strati di alterazione superficiale di scarsa potenza, dinamica geomorfologica prevalente fluviale e fluvio-glaciale, presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 m dal piano campagna.

3.0 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

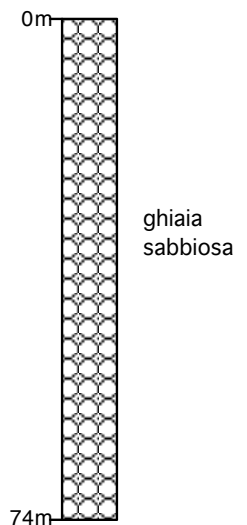
Il territorio in esame si trova a quota compresa fra poco più di 76 e quasi 80 m s.l.m. entro l'alta pianura veronese dove il sottosuolo è costituito da un potente materasso alluvionale indifferenziato dell'antica conoide dell'Adige, di estensione areale ben maggiore rispetto alla zona d'interesse e di caratteristiche stratigrafiche abbastanza uniformi di buona continuità, rappresentato da depositi incoerenti bene addensati e assortiti granulometricamente prevalentemente grossolani ghiaioso-sabbiosi con



ciottoli talora con matrice interstiziale limosa non plastica con tenore non superiore al 10 - 15% circa, di spessore superiore ai 250 m sul Quaternario marino (dati AGIP nello schema geologico del sottosuolo della pianura veneta), depositi prevalentemente dal fiume Adige in epoca glaciale e interglaciale (Pleistocene).

Le stratigrafie disponibili di pozzi idrici hanno permesso di costruire (*Antonelli e Stefanini, 1982*) delle carte ad isopache percentuali delle ghiaie per vari intervalli di profondità dal piano campagna: da esse si può notare come l'area in esame giaccia già su sottosuolo pressoché esclusivamente ghiaioso-sabbioso con ciottoli laddove l'eventuale locale presenza di modesti livelli argillosi ha carattere lenticolare e pertanto discontinuo, sottostante a debole copertura argillosa di alterazione.

Si riporta a lato la stratigrafia schematica, tratta dall'*Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Servizio Geologico d'Italia)*, relativa ad un pozzo idrico ad uso domestico perforato nel 1999 ad una cinquantina di metri a nord dell'angolata nord-ovest dell'area di progetto.



4.0 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il sottosuolo molto permeabile contiene una potente falda che si irradia verso la pianura proveniente principalmente da nord-nord-ovest dalla parte apicale delle grandi conoidi ghiaioso-sabbiose dell'Adige, posta nella zona di Pescantina e Busso-lengo, allo sbocco in pianura della Val Lagarina.

La superficie freatica si situa a più di una ventina di metri più bassa del p.c. nell'area di progetto durante l'unica fase di piena che avviene nella tarda estate - inizio autunno, quando può raggiungere quote poco superiori a 55 m s.l.m., mentre la massima escursione annuale di 5 - 6 m in genere si verifica nell'unica fase di magra all'inizio della primavera, ove il regime è in evidente relazione con quello del fiume che precede di circa tre mesi le stesse fasi della falda.

Dall'esame delle isofreatiche si nota un principale marcato asse di drenaggio la cui direttrice con deflusso da nord-ovest verso sud-est si localizza circa al di sotto dell'area in esame, con lieve migrazione verso nord-est passando dalla fase di piena a

quella di magra, mentre gli assi di alimentazione si collocano principalmente più ad ovest ed in subordine più a nord per dispersioni in alveo da parte dell'Adige stesso.

5.0 – SMALTIMENTO ACQUE PIOVANE

Nel prosieguo verranno dimensionate le necessarie opere di laminazione – raccolta – smaltimento per infiltrazione nel terreno delle acque piovane da realizzare nell'area di progetto.

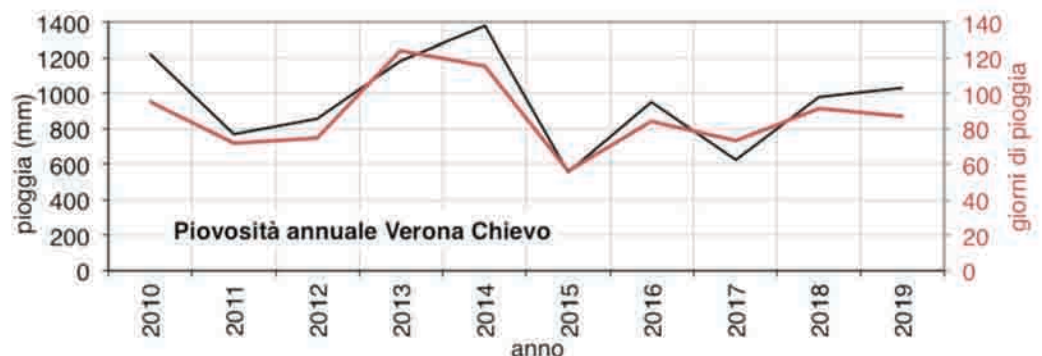
I dati pluviometrici sono desunti dalla rete di monitoraggio meteorologico esistente dell'A.R.P.A.V. (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto).

Le stazioni meteorologiche più vicine dell'ARPAV risultano essere quelle di Verona Chievo a 2,5 Km circa verso nord-est, di San Pietro in Cariano ad una distanza di 8,2 Km verso nord-nord-ovest, di Villafranca di Verona a 11,3 Km verso sud-ovest.

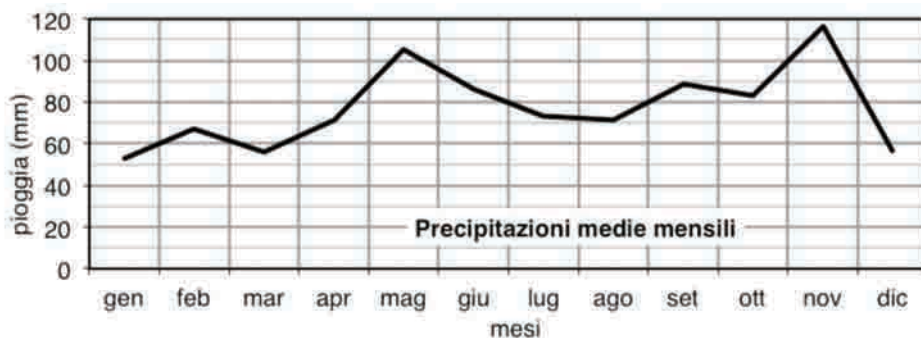
Sebbene quella di Verona Chievo abbia una scarsa numerosità di anni di registrazione, tuttavia dal confronto con le altre risulta che la curva di probabilità pluviometrica non si discosti molto ed anzi mostri valori leggermente più alti e simili a quelli di Villafranca di Verona notoriamente intensi per le piogge di breve durata.

Si adotta pertanto la piovosità della stazione di Verona Chievo (nota come Verona – Parco Adige Nord).

Nel tempo la piovosità annua ha raggiunto minimi di 550 mm/anno e massimi di quasi 1400 mm/anno.

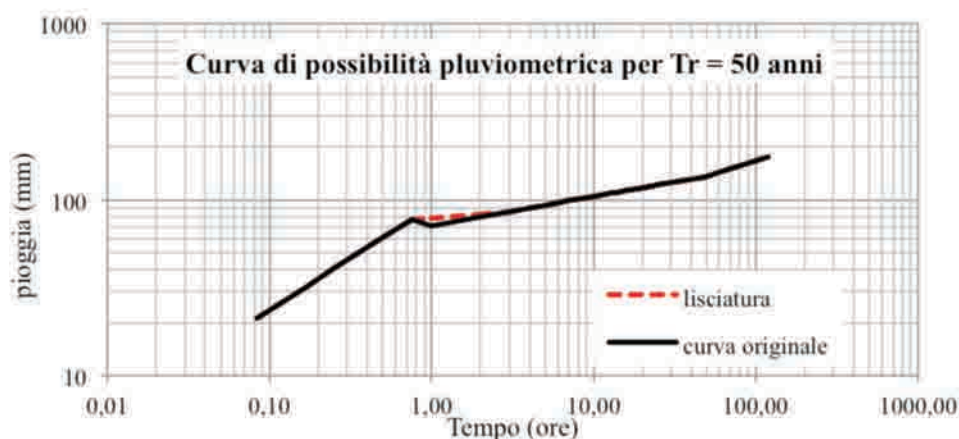


La zona in esame è caratterizzata da un andamento climatico temperato con stagione asciutta invernale e piovosa per il resto dell'anno con due picchi nei mesi di maggio e novembre.



La legge di probabilità (o possibilità) pluviometrica è stata ricavata facendo riferimento ai dati pluviometrici registrati per gli anni di osservazione ed al concetto di tempo di ritorno Tr , cioè al numero medio di anni che teoricamente deve trascorrere affinché un certo valore di pioggia possa essere superato, scelto qui pari a 50 anni come dettato dal D.M. 17/01/2018 e dall'All. A alla D.G.R. Veneto 2948/2009 (Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative e indicazioni tecniche).

Qui di seguito viene riportata la curva di probabilità pluviometrica, distinguendo fra le piogge della durata < 1 ora, quelle della durata ≥ 1 ora e quelle della durata ≥ 1 giorno, che posseggono diversa espressione $h = a \cdot t^n$, dove h = altezza di pioggia attesa (mm/mq), t = tempo (ore), a e n due parametri che caratterizzano la curva e dipendono dalla climatologia locale, con n sempre < 1 .

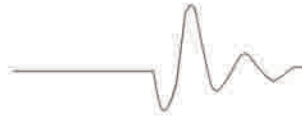


Le diverse formule che approssimano meglio la quantità di precipitazione attesa in funzione del tempo, sono:

$$\text{Piogge } < 1 \text{ ora: } h = 91,718 \cdot t^{0,59};$$

$$\text{Piogge fra 1 ora e 24 ore: } h = 71,431 \cdot t^{0,165};$$

$$\text{Piogge } \geq 1 \text{ giorno: } h = 42,862 \cdot t^{0,294}.$$



Tale curva è ottenuta con il metodo della distribuzione di probabilità asintotica doppia esponenziale di Gumbel, da cui è possibile ricavare probabilisticamente l'altezza di pioggia attesa per ogni durata della stessa e per diversi periodi di ritorno, ossia la massima pioggia attesa ogni tot anni teorici (con una probabilità percentuale di superamento tanto maggiore quanto più corto è il tempo di ritorno T_r considerato; la probabilità di superamento è per es. del 2% per un tempo di ritorno di 50 anni).

Dall'esame della curva è possibile osservare come per valori fino a 45' la pioggia attesa cresca rapidamente nel corso dei minuti, mentre per durate maggiori la pioggia evidentemente aumenta ma in maniera meno rapida; ciò significa che oltre il punto di maggiore curvatura (45') si ha un netto cambiamento dell'intensità di pioggia con una diminuzione significativa.

L'anomalo andamento della curva che per la pioggia di 1 ora mostra valore inferiore a quello dei 45' è dovuta invece alla diversa formulazione dei valori di pioggia attesa a cavallo di tale valore; per tale motivo in sua corrispondenza si è lisciato l'andamento (tratteggio rosso in figura).

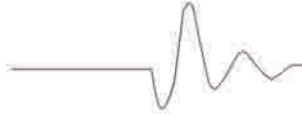
Per consentire la raccolta e totale infiltrazione dell'acqua piovana nel terreno proveniente dalle varie aree considerate (fabbricati, camminamenti, marciapiedi, piste ciclabili, strade, verde pensile), si intende sfruttare l'ampia area adibita a parco adottando la dispersione completa della pioggia nel terreno con un bacino appositamente preparato circa centralmente nel parco.

Il volume d'acqua (Q) da smaltire è calcolato dal prodotto della pioggia caduta nelle varie aree (Sup) per il coefficiente di deflusso (Φ) proprio della tipologia di copertura, dove il coefficiente di deflusso rappresenta la percentuale di pioggia che, non potendosi infiltrare nel terreno, origina la quantità di pioggia da laminare e disperdere.

Conformemente a quanto indicato nell'All. A alla D.G.R. Veneto 2948/2009 (Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative e indicazioni tecniche), nonché alla D.G.R. Veneto 1534/2015 nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.) in riferimento al D.lgs. 152/2006, il coefficiente di deflusso viene assunto pari a 0,9 per le superfici impermeabili.

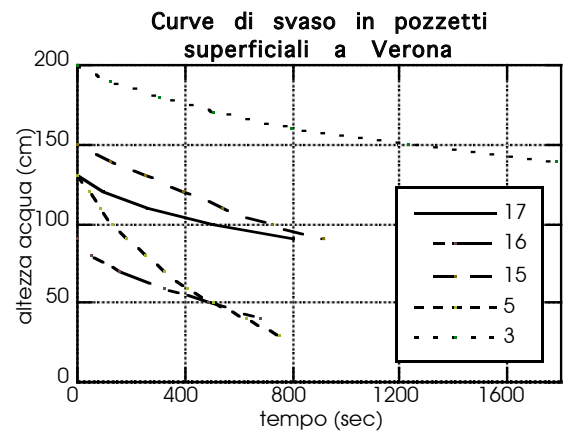
In questa fase valgono i seguenti dati:

Tipologia di copertura	Superficie mq	Coefficiente deflusso ad.	Superficie equivalente mq
impermeabile	4150	0,9	3735



Per il dimensionamento del volume necessario al bacino di raccolta e dispersione, si tiene evidentemente conto anche della contemporanea o successiva fase di infiltrazione delle acque pluviali nel terreno, che si ottiene applicando la legge di Darcy o della filtrazione lineare, secondo la quale il volume d'acqua (Q) che filtra nel terreno attraverso una sezione disperdente (S) è funzione di un coefficiente che dipende dalla conducibilità idraulica (K) e della perdita di carico per unità di lunghezza (gradiente idraulico I), per cui $Q = K I S$.

I valori di conducibilità idraulica misurati da prove d'infiltrazione in pozzetti superficiali eseguiti nella pianura cittadina (Antonelli e Dal Prà, 1974), ove si riporta il grafico di quelli più vicini eseguiti nelle ghiaie con sabbie e ciottoli a profondità comprese fra 3,5 e 5 m nel medesimo contesto geologico, mostrano una variabilità intorno a 10^{-4} m/sec, ossia una capacità di drenaggio molto buona con porosità efficace elevata del 25-30%.



Tuttavia esperienze maturate personalmente in altre occasioni nel medesimo contesto, in particolare nell'area dell'ex Seminario minore ad alcune centinaia di metri a sud-ovest, hanno portato a riscontrare spesso una conducibilità idraulica con fattore 10^{-5} m/sec, comunque buona.

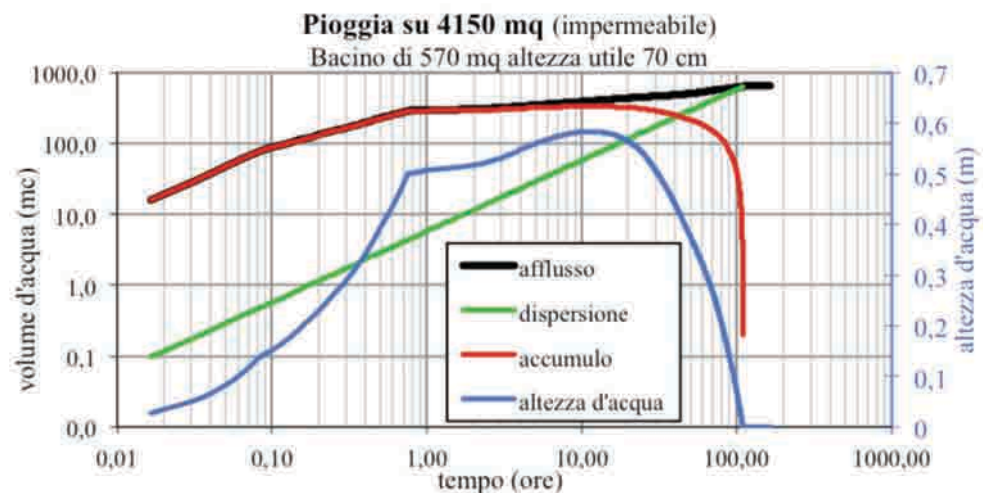
Inoltre si è considerato che il bacino presenterà al centro una maggiore depressione costituita da ghiaia affiorante al fondo (denominata "bacino di Ghiaia" nella Tav. 7.2 di Progetto) per una superficie di circa 115 mq, mentre la restante fascia perimetrale sarà ricoperta con sottile strato di terra ghiaiosa seminata ad erba, con permeabilità assai inferiore dell'ordine di 10^{-6} m/sec.

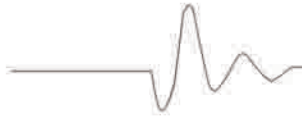
Considerando infine la non uniformità del terreno interessato e per tenere conto del progressivo accumulo nel tempo di particelle fini sul fondo, nei calcoli di dimensionamento del bacino di dispersione, si è adottata una conducibilità idraulica (permeabilità) pari alla media ponderata risultata non inferiore a $2,8 \cdot 10^{-6}$ m/s, valore da intendersi non necessariamente preciso e unico ma solo un ordine di grandezza.

Per una superficie di scolo di 4150 mq, corrispondente ad un'area equivalente di 3735 mq in funzione del coefficiente di deflusso = 0,9, i volumi di pioggia critica attesi, quindi il coefficiente udometrico, nonché il rapporto fra il volume massimo di invaso ($V_{\max, \text{invaso}}$) e l'afflusso d'acqua di pioggia (V_{ingresso}), laddove la sezione di base risultante (570 mq) è per un'altezza utile media di 70 cm ($V_{\max, \text{invaso}} \approx 400 \text{ mc}$), sono riportati nella seguente tabella sintetica:

durata di pioggia	pioggia (mm)	afflusso d'acqua V_{ingresso} (mc)	coefficiente udometrico (l/s)	$V_{\max, \text{invaso}} / V_{\text{ingresso}}$ (%)
5'	21,7	79,1	263,6	505
10'	31,87	119,0	198,4	335
15'	40,48	151,2	168,0	264
30'	60,93	227,6	126,4	175
45'	77,40	289,1	107,1	138
1 h	79,00	295,1	82,0	135
3 h	85,63	319,8	29,6	125
6 h	96,00	358,6	16,6	111
12 h	107,63	402,0	9,3	99
1 g	120,68	450,7	5,2	89
2 g	133,77	499,6	2,9	80
3 g	150,71	562,9	2,2	71
4 g	164,01	612,6	1,8	65
5 g	175,13	654,1	1,5	61

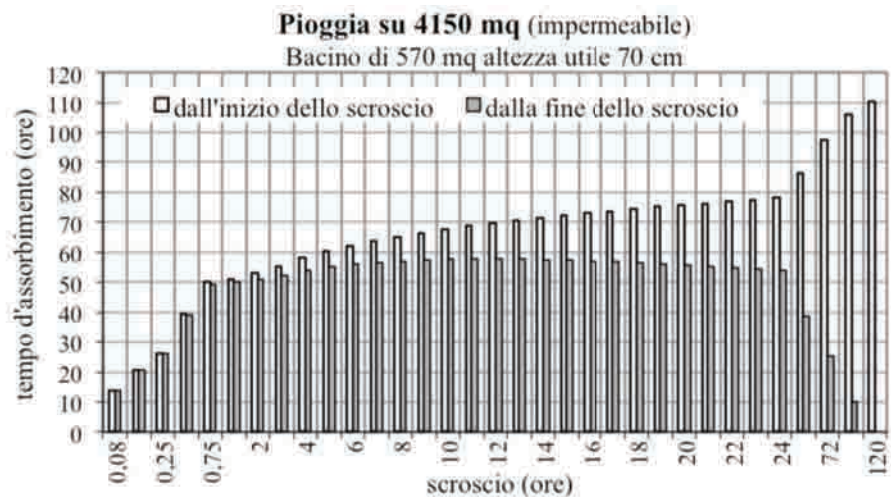
Nel grafico seguente si rimette il dettaglio del regime del bacino di dispersione per l'intera durata del ciclo pluviometrico, riportando la capacità di immagazzinamento del bacino in funzione del massimo afflusso d'acqua per ogni durata di pioggia, quindi i volumi di stoccaggio e d'assorbimento progressivi e l'altezza raggiunta dall'acqua.





L'altezza dell'acqua nel bacino, a causa della maggiore quantità di pioggia rispetto a quanto assorbito dal terreno, sale fino ad un massimo di quasi 60 cm con la pioggia fra le 9 e 15 ore, dopodiché diminuisce gradualmente fino ad azzerarsi durante la pioggia di circa 4,5 giorni.

Il ritardo del tempo d'infiltrazione completa nel sottosuolo dal termine dell'evento piovoso è meglio precisato nel grafico seguente, da cui risulta che i tempi d'infiltrazione completa evidentemente aumentano fino ad un massimo di quasi 58 ore dalla fine della pioggia di 11 ore.



Dividendo la superficie considerata dell'area servita dall'opera di smaltimento delle acque pluviali (4150 mq) per l'area del bacino di raccolta e infiltrazione (570 mq), si ottiene che ogni metro quadrato del fondo del bacino presiede allo smaltimento della pioggia caduta su un'area di 7,3 mq.

Per il corretto funzionamento del bacino di raccolta e smaltimento delle acque pluviali, bisognerà seguire una certa manutenzione atta ad assicurare nel tempo la funzionalità, prevedendo di curarne la pulizia periodicamente durante l'anno, dopo eventi di pioggia intensi e durante l'autunno per evitare l'accumulo di ramaglie e fanghiglie coltate dai pluviali.

6.0 – CONCLUSIONI

Sulla base dei dati geologici acquisiti su base bibliografica e di esperienze vicine, integrate con l'esecuzione di tre trincee esplorative con escavatore, in fase preliminare risulta che:

- il sottosuolo, al di sotto del terreno agrario di 0,8 - 1,3 m di spessore, è costituito da

alluvioni ghiaioso-sabbiose mediamente addensate per alcune decine di metri almeno, come dimostrano sia stratigrafie di pozzi circostanti sia le cave di tout-venant a cielo aperto esistenti nella zona;

- la falda freatica esistente entro il materasso alluvionale mostra una quota di massimo innalzamento tardo-estivo prossima a più di 20 m sotto il p.c.;
- lo smaltimento delle acque pluviali provenienti dalle superfici impermeabili (fabbricati, camminamenti, marciapiedi, piste ciclabili, strade, verde pensile) consisterà nella realizzazione di un bacino a fondo disperdente di 570 mq ubicato nel parco verde nella parte orientale dell'area, la cui funzionalità nel tempo dovrà essere assicurata dalla pulizia periodica contro l'accumulo di fanghiglie trasportate dalle piogge di dilavamento.

Geologo dott. Fernando Cavagnari
(iscr. Albo Professionale gen. 1984)



Nessuna parte di questa relazione può essere riprodotta in alcuna forma, comprese le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, a norma di Legge, senza il permesso scritto dell'Autore. Ogni abuso sarà perseguito a termini di Legge presso l'Autorità Giudiziaria e l'Organo Professionale.

