

**Regione del
Veneto**

**Provincia di
Verona**

Comune di Negrar di Valpolicella

Piano Urbanistico Attuativo

Oasi

ZTO C2/6

***Valutazione di Compatibilità Idraulica
Relazione***

Committente: Oasi Cooperativa



Dott. Geol. Silvia Daleffe

Ordine dei Geologi della Regione Veneto n. 413



Silvia Daleffe

Grisignano di Zocco, Gennaio 2023

Indice

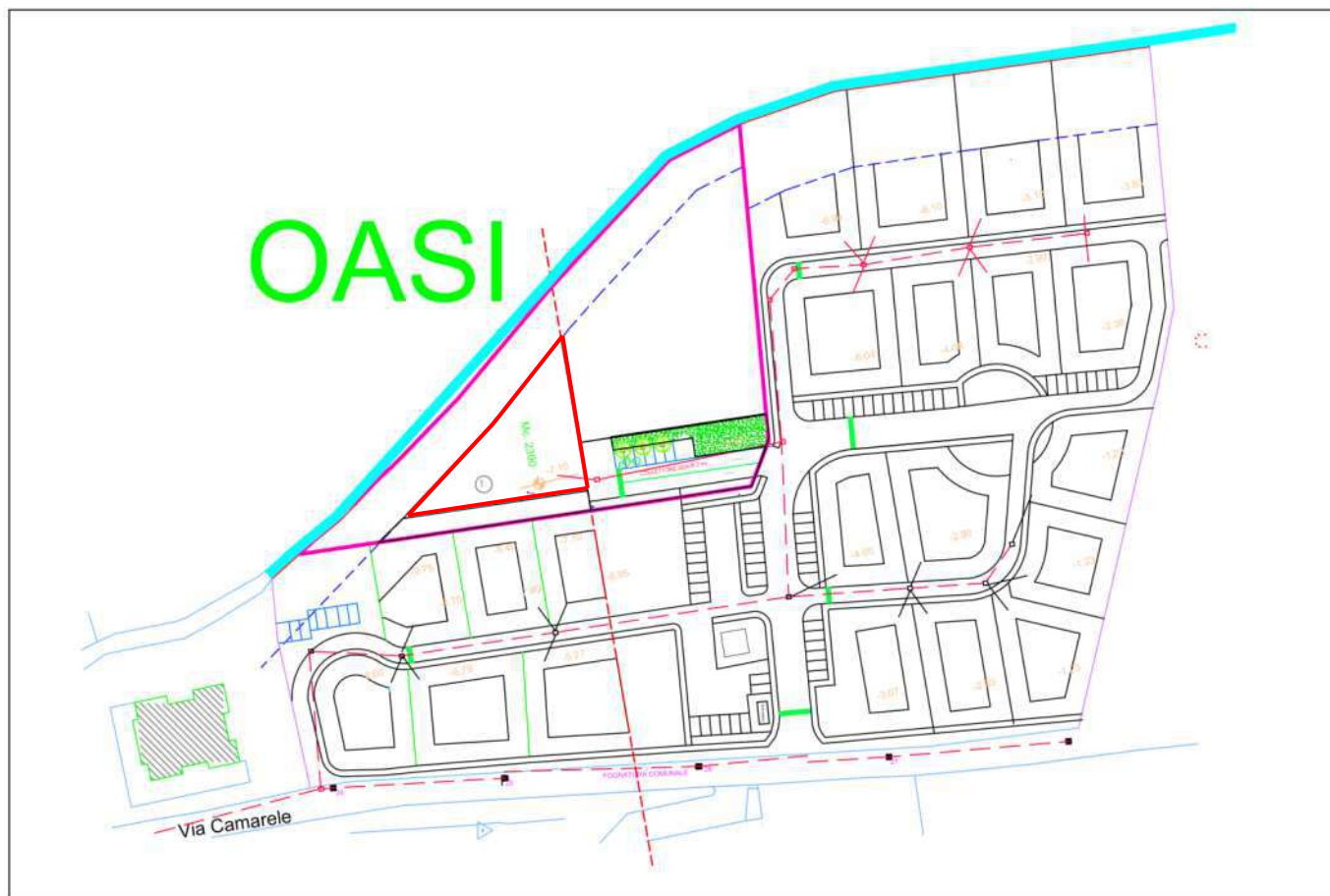
- 1 PREMESSA
- 2 COROGRAFIA
- 3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO
 - 3.1 DESCRIZIONE DELL'AREA: LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI, SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGIA
- 4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA – METODOLOGIA E RISULTATI
 - 4.1 RILIEVI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO
 - 4.2 INDAGINI IN SITO
 - 4.3 VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ
 - 4.4 RISULTATI E CONSIDERAZIONI SUL MODELLO GEOLOGICO
- 5 INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI TRASFORMAZIONE
 - 5.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E DELLO STATO DEI LUOGHI
 - 5.2 DESCRIZIONE DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE
- 6 MISURE COMPENSATIVE
 - 6.1 DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI INVASO
 - 6.2 PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO
- 7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

ALLEGATO: TABULATI DI CALCOLO

1 Premessa

Lo studio di compatibilità idraulica analizza l'alterazione del regime idraulico a seguito di nuove previsioni urbanistiche ed individua idonee misure compensative: la presente relazione viene redatta al fine di fornire la caratterizzazione geologica ed idrogeologica dei terreni presenti in un'area sita nella località Arbizzano del comune di Negrar di Valpolicella oggetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato "Oasi", per individuare le misure più idonee per mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica: il Piano in esame interessa un'area di 5666 mq, attualmente utilizzata ai fini agricoli, che sarà parzialmente impermeabilizzata per la realizzazione di un'area residenziale costituita da un solo lotto, che si svilupperà su di una superficie di 1950 mq (di cui solo 866 mq potenzialmente edificabili); completeranno l'intervento le opere di urbanizzazione, costituite da un'area verde di 210 mq, viabilità di accesso e parcheggi pubblici; tutta la rimanente superficie resterà ad uso agricolo, in quanto ricadente nella fascia di rispetto dell'elettrodotto. Il sedime si sviluppa in aderenza ad una lottizzazione (Piano Urbanistico Attuativo S. Maria, in cui allo stato attuale sono state realizzate le opere di urbanizzazione), con cui confina in direzione Nord ed Est; verso Ovest e Sud, l'ambito è delimitato dall'incisione del vaio del Ghetto.

Si riporta un estratto di tavola 4.1 di progetto a firma Arch. Piero Banterle (non in scala; scala originale 1:250), che illustra la planimetria generale dell'area del PUA Oasi, la cui delimitazione è evidenziata dal contorno magenta (il lotto oggetto di edificazione di un fabbricato residenziale è delimitato in rosso) e dell'adiacente PUA S. Maria, di cui costituisce di fatto il completamento.



Planimetria PUA Oasi e PUA S. Maria

Lo scopo fondamentale dello studio di compatibilità idraulica è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere le nuove edificazioni, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico conseguenti a cambi di destinazione o a trasformazioni di uso del suolo. In sintesi lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nel progetto in esame, prospettando soluzioni corrette dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio.

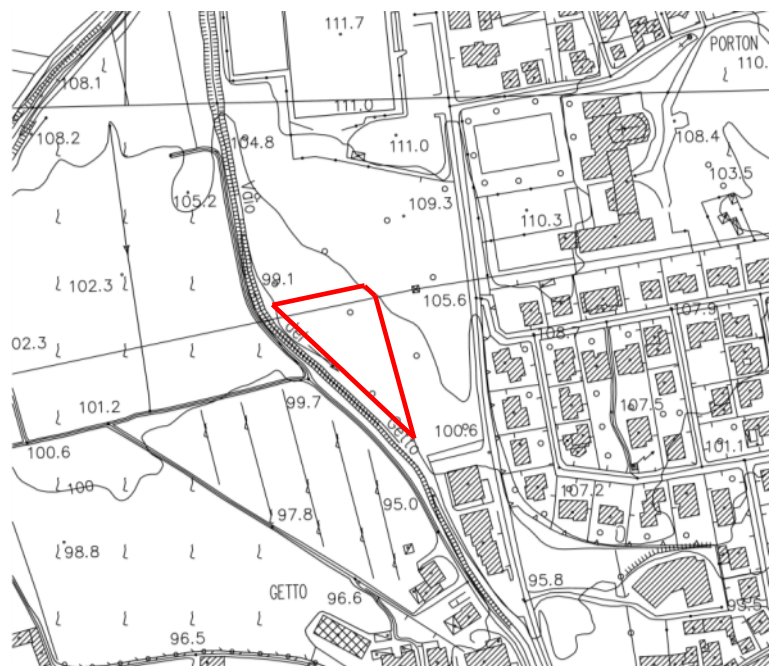
Sulla base di quanto esposto, è stata studiata l'area in esame: a seguito della campagna geognostica condotta, verranno quindi fornite valutazioni circa la compatibilità idraulica dell'intervento proposto, in ottemperanza alle norme vigenti, con particolare riferimento a DGRV n. 3637/2002, DGRV n. 1322/2006, DGRV 1841/07, DGRV 2948/09, alle Norme Tecniche della Variante n. 1 al PAT del comune di Negrar, alle NTO dei PI ed agli studi di compatibilità idraulica a livello comunale, si provvederà a calcolare il volume specifico di invaso da assegnare all'ambito di intervento e a proporre le relative misure compensative.

Le fasi che hanno consentito di produrre il presente documento sono le seguenti:

- acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata;
- rilievo geologico e geomorfologico del sito e dell'intorno;
- esecuzione di indagini e prove in sito;
- elaborazione dei dati bibliografici e dei rilievi.

2 Corografia

L'area interessata dal PUA in oggetto, individuata al catasto al Foglio 44, mappale 730 del comune di Negrar di Valpolicella, si situa in un contesto a lieve pendenza verso Sud - Ovest in cui le forme naturali da ricondursi a processi morfogenetici fluviali ed alluvionali sono state parzialmente oblitee da interventi antropici: in dettaglio, il sito, la cui ubicazione è riportata nello stralcio di Carta Tecnica Regionale, ricade in un ambito attualmente utilizzato ai fini agricoli compreso, come già accennato, tra una zona residenziale in fase di realizzazione ed il corso del vaio del Ghetto. Le quote si aggirano attorno a 101 – 105 m s.l.m.



L'ortofoto estratta da Google Maps illustra lo stato attuale dei luoghi.



3 Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

Di seguito si riportano alcuni cenni di inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico dell'area in esame.

3.1 Geomorfologia

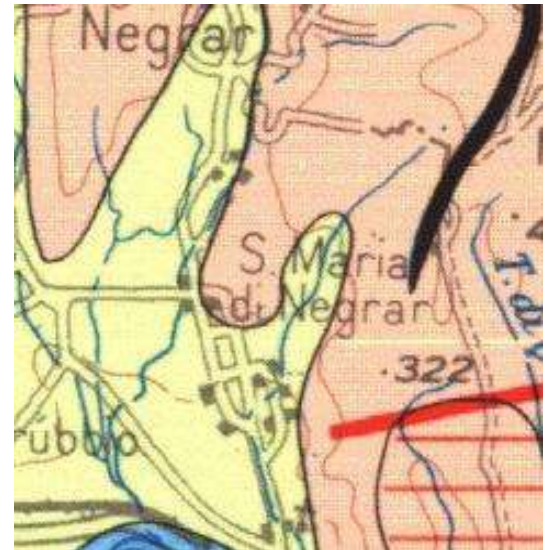
L'area in esame ricade nel fondovalle prodotto dai torrenti lessinei, al piede di due delle tipiche dorsali a direzione meridiana (poste rispettivamente a Nord e ad Est del sito) che caratterizzano il tavolato lessineo, ed al margine centro – occidentale dell'abitato di Arbizzano.

Le forme attuali derivano da eventi pregressi, e sono fortemente condizionate dalle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti e dalle strutture tettoniche presenti: solo durante gli ultimi due milioni d'anni il territorio veneto raggiunse gradualmente la sua attuale configurazione. Il lento sollevamento orogenetico dell'area montuosa fu parzialmente bilanciato dai processi erosivi ed i detriti trasportati dai fiumi colmarono gradualmente il grande bacino subsidente che separava gli Appennini dalle Alpi Meridionali, formando la Pianura Padana.

Successivamente, a partire dal Pleistocene si susseguirono almeno cinque periodi a clima freddo (glaciazioni), durante i quali le valli maggiori furono invase da lingue di ghiaccio che localmente superavano il migliaio di metri di spessore; ad ogni fase fredda (glaciale) seguiva un periodo a clima caldo (cataglaciale). I depositi morenici del Veneto sono costituiti da materiali detritici trasportati dai ghiacciai prevalentemente nel corso dell'ultima glaciazione (Würmiana); alle fasi di ritiro si riconducono le morene stadiali infravallive e delle zone di media ed alta montagna. Nei rilievi, inoltre, i processi di esarazione glaciale hanno modellato le rocce preesistenti e prodotto i materiali successivamente trasportati verso valle dalle acque di scorrimento e dalla gravità.

L'area in esame ricade nel fondovalle, nei tratti terminali dell'unghia detritica del conoide di deiezione proveniente dalla valle di Novare, che produce il salto morfologico presente tra S. Maria ed Arbizzano; è posta in sinistra idrografica rispetto al progno di Negrar ed al vaio del Ghetto. La morfologia è fortemente condizionata sia dai processi erosivi del pendio posto a monte che, soprattutto, dai processi fluvio-glaciali ed alluvionali che si sono succeduti nel tempo, oltre che dalle strutture tettoniche presenti, che attraverso diverse e successive riattivazioni hanno condizionato l'evoluzione e la morfologia finale del territorio.

Si riporta uno stralcio della "Carta delle Unità Geomorfologiche del Veneto", dove con il colore rosato sono indicati i rilievi e altopiani prealpini della piattaforma strutturale carbonatica mesozoica modellati su rocce resistenti a prevalente morfologia glaciale e carsica, e con il giallo i depositi fluvio-glaciali e alluvionali antichi e recenti delle vallate lessinee, cui viene attribuita l'area di progetto.



L'intervento antropico ha modificato l'aspetto della zona, particolarmente attraverso l'edificazione e la realizzazione della viabilità, e con le sistemazioni agrarie. L'area di indagine è posta in un ambito a bassa pendenza utilizzato ai fini agricoli, contermina ad aree in fase di edificazione ai fini residenziali.

3.2 Geologia

L'area ricade nel settore collinare compreso tra le Alpi e la Pianura Padana, che a partire dal Giurassico inferiore presenta una successione litostratigrafica di alto strutturale ("Piattaforma di Trento"), e che rimane, in sostanza sino al Quaternario, un'area rilevata rispetto ai settori adiacenti della Lombardia e del Friuli. La successione stratigrafica delle litologie principali, dalla più antica alla più recente, è la seguente:

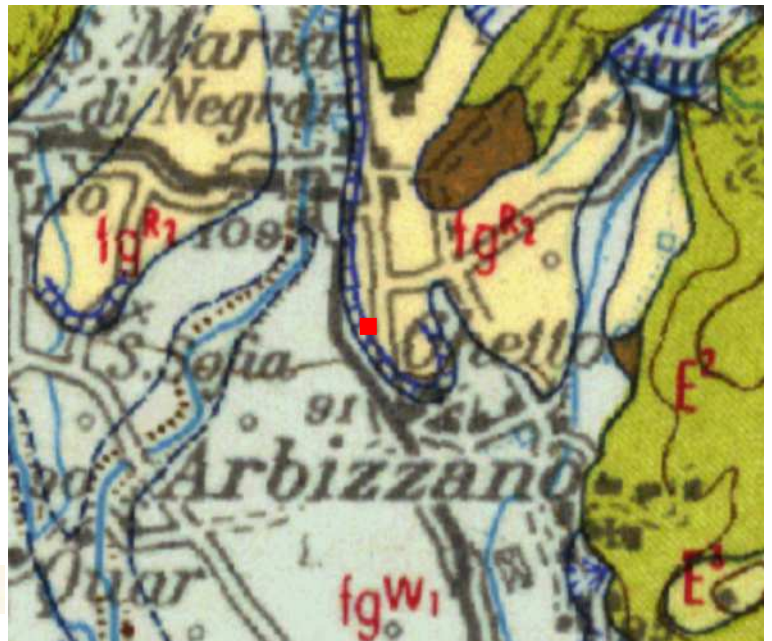
- basalti dei filoni, breccie basaltiche dei camini d'esplosione, rocce vulcanoclastiche stratificate (Oligocene - Eocene inferiore).
- calcari Nummulitici, calcareniti ad alghe e molluschi di colore bianco – giallastro, in genere ben stratificati; calcari recifali a coralli (Eocene med. - inf.).

- depositi detritici di versante (Pleistocene superiore), staccati dal gelo, trasportati per brevi distanze dall'acqua di ruscellamento nivale; si tratta delle falde detritiche stratificate, che abbondano particolarmente a valle delle nicchie di nivazione e ai piedi delle pareti della Scaglia Rossa veneta con esposizione meridionale;
- coperture colluviali e detritiche (Olocene), frammenti rocciosi frammisti a sedimenti di suolo prevalentemente limosi ed a limi di trasporto eolico (loess like), depositi alla base dei versanti, sul fondo delle vallette e delle conche carsiche, con spessori variabili da pochi decimetri ad alcuni metri.
- depositi alluvionali fluvioglaciali e fluviali, da molto grossolani a ghiaiosi, con strato di alterazione superficiale giallo rossiccio di spessore ridotto. Costituiscono l'alta pianura a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda (fg^{R2} , Riss)
- depositi alluvionali fluvioglaciali e pluvio glaciali prevalentemente sabbiosi con strato di alterazione brunastro di spessore limitato (fg^{w1} , pl^w , Würm). Il fluvioglaciale è costituito da ghiaie grossolane con ciottoli porfirici atesini.
- depositi rimaneggiati e/o riportati: derivano dai litotipi precedenti a seguito del rimaneggiamento causato da attività antropiche di vario genere.

L'area indagata è situata al passaggio tra le pendici dei Lessini e l'ambito marginale dei depositi alluvionali e fluvioglaciali del bacino atesino, che ha lasciato come testimonianza del passaggio una serie di terrazzi di età diverse, che si sono originati dai processi deposizionali connessi con le fasi glaciali, postglaciali, periglaciali, cataglaciali, fluvioglaciali tipiche di questo ambiente di alta pianura al limite delle propaggini alpine.

Si riporta uno stralcio della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, foglio 48 "Peschiera", dove in area collinare con la sigla β sono indicate le vulcaniti terziarie e con la sigla E^2 le Calcarenitie eoceniche; nel fondovalle il colore giallo indica i depositi fluvioglaciali rissiani (fg^{R2}), per lo più ghiaiosi, e l'azzurro i depositi fluvioglaciali (fg^{w1}) e pluvio-glaciali würmiani (pl^w), a granulometria prevalentemente sabbiosa. In prossimità del confine Sud - occidentale PUA in esame viene indicata una scarpata di origine fluviale.

Orlo e scarpata di terrazzo di costruzione fluviale.



I processi d'alterazione in combinazione con i fenomeni gravitativi, fluvioglaciali ed alluvionali hanno dato origine ai terreni presenti nella zona; la parte superficiale è stata però parzialmente rimaneggiata, rimodellata e riportata a seguito di eventi antropici. L'area indagata presenta alternanze di prevalenti depositi fini (limi e limi argillosi) con frazione granulare e di terreni sabbioso-ghiaiosi in matrice argillosa, con disposizione lentiforme e variazioni sia in senso orizzontale che verticale.

Dal punto di vista tettonico, i Monti Lessini sono posti al margine meridionale del Sudalpino, al passaggio tra quest'unità strutturale e la Pianura Veneta. Il Sudalpino è un'unità disomogenea, segmentata da linee tettoniche che separano tre blocchi principali con comportamento diverso sia durante il rifting mesozoico che il raccorciamento cenozoico. Il blocco occidentale, corrispondente alla Lombardia, e il blocco orientale, corrispondente al Veneto e al Friuli, subirono un'importante subsidenza tra il Giurassico e il Cretaceo inferiore; successivamente ospitarono dei bacini d'avanzata e durante il Terziario recente furono intensamente deformati, subendo un certo raccorciamento. Tra i due è interposto il blocco di Trento e Verona, delimitato ad Ovest dalle faglie delle Giudicarie (NNE - SSW) e ad Est dalla Linea Schio - Vicenza (NW - SE), che presenta una forma triangolare ed è composto, da Nord verso Sud, dal Monte Pasubio, dai Monti Lessini, dai Monti Berici e dai Colli Euganei; se confrontato coi blocchi adiacenti esso mostra un'evoluzione diversa, caratterizzata da un comportamento piuttosto costante di alto strutturale. Tra il Giurassico e il Neogene l'area è stata un horst, appartenente prima alla Piattaforma di Trento, poi al Plateau (sommerso) di Trento e infine al "Lessini Shelf". Pur essendo stato investito fin dal Lias da varie fasi di deformazione fragile, sia distensiva sia compressiva, il blocco è poco deformato, e rappresenta una sorta di cuneo di avampese incastrato, ma non del tutto incorporato nella catena sudalpina, vergente a Sud.

Il gruppo dei M. Lessini manifesta con evidenza gli effetti di una deformazione distensiva paleogenica, mentre strutture distensive mesozoiche sono riconoscibili solo lungo il margine occidentale della Piattaforma di Trento. Rispetto ai principali sistemi di deformazione compressiva che hanno interessato il settore centrale delle Alpi Meridionali i Lessini si collocano nella zona d'interferenza di almeno tre di essi: il sistema Dinarico (NW - SE) d'età paleogenica, il Valsuganese (E - W) d'età serravalliana - tortoniana e il Giudicariense (NNE - SSW) d'età tortoniana superiore - messiniana.

Nel Veronese i rigetti delle faglie dirette sono dell'ordine di qualche centinaio di metri e i blocchi risultano debolmente inclinati. Le strutture distensive influenzano maggiormente la morfologia del tavolato lessineo per la notevole estensione, perché l'erosione selettiva ha inciso profonde valli (vaj) lungo le stesse e infine perché sono attivi processi neotettonici che riattivano le scarpate morfostrutturali.

Nella parte pedecollinare è stato individuato un elemento strutturale che, in modo diverso, trova riscontro in vari Autori. Si tratta di una "fascia di deformazione" (faglia, sistema di faglie, flessura, struttura a graben o sinclinale fagliata?) al passaggio tra i Monti Lessini e l'alta pianura veronese, che separa zone a tendenza evolutiva diversa. Tale disturbo è stato dedotto da: la presenza nel sottosuolo dell'alta pianura veronese di masse calcaree chiaramente tettonizzate; il percorso anomalo del F. Adige tra Domegliara e San Bonifacio e l'allineamento d'acque termalizzate radioattive (Baraldi et alii, 1980; Panizza et alii, 1981; Sighinolfi et alii, 1982). Dal confronto con Castellarin (1981), quest'elemento corrisponde ad una faglia subverticale trascorrente sinistra a direzione NW - SE che corre pressappoco secondo l'allineamento Verona - Sant'Ambrogio di Valpolicella - Castion Veronese. Tale struttura potrebbe pure corrispondere alla "Flessura sudalpina" che divide la porzione affiorante delle Alpi meridionali dal loro proseguimento al di sotto dei depositi plio - pleistocenici della pianura padana (ENEL, 1981). Inoltre, il disturbo in oggetto ricade in una "fascia sismotettonica" che è caratterizzata da attività neotettonica e da attività sismica concentrata e recente (Panizza et alii, 1981).

Secondo il progetto ITHACA di ISPRA (catalogo delle faglie capaci, cioè in grado di produrre deformazioni in superficie), gli elementi più vicini convergono a circa 2.6 Km a SW dall'area di progetto: si tratta di "Adige Line", codice 71700, con direzione locale WNW - ESE ed lunghezza di 30 Km, con ultima attività in epoca storica (<3000 anni) e di "Sant'Ambrogio di Valpolicella", codice 80201, faglia trascorrente destra con direzione da NW - SE a NNW - SSE immergente a NE, della lunghezza di 39.4 Km, con ultima attività nel Pleistocene.



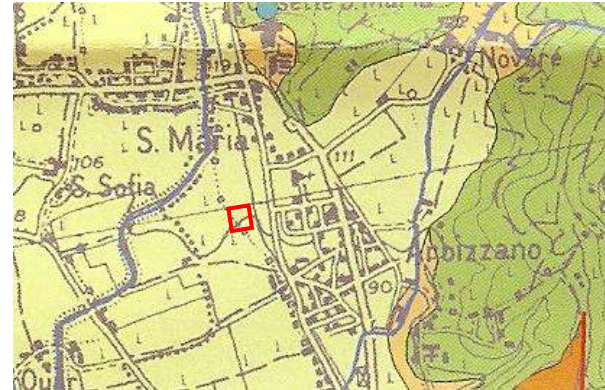
Faglie capaci "Adige line" e "Sant'Ambrogio di Valpolicella" (in rosso) e distanza dal PUA Oasi (in azzurro)

3.3 Idrogeologia

La scarsità d'acque superficiali della Lessinia, ai cui piedi si trova l'area in esame, è legata alla combinazione di processi fluviali e carsici. Importante nella carsificazione lungo gli assi vallivi e nelle conche è il ruolo delle coperture discontinue e di limitato spessore delle formazioni di tipo incoerente, come i depositi periglaciali e colluviali, morenici e di frana, che rappresentano dei "serbatoi d'acque epicarsiche", le quali sono cedute lentamente alle sottostanti rocce carsogene. Con riferimento all'influenza esercitata dalla tettonica sull'idrologia carsica, sono soprattutto le faglie, prevalentemente di tipo normale, che, mettendo a contatto diverse formazioni rappresentano delle vie preferenziali di deflusso delle acque sotterranee sia in senso verticale sia in senso obliquo ed orizzontale. La maggior parte delle doline e delle cavità di drenaggio verticale sono impostate in corrispondenza di faglie o d'importanti fratture associate a queste. L'apparente contrasto tra una morfologia carsica superficiale non molto evidente ed un'idrologia di tipo carsico (fluviocarso) può essere spiegato con la presenza di un fitto reticolo di fratture e faglie (tectocarso) che drenano l'acqua verso le porzioni più profonde del massiccio carbonatico lessineo. La circolazione dell'acqua sotterranea nei Lessini è caratterizzata da alta permeabilità e da bassi tempi di residenza del fluido nel mezzo roccioso. Si tratta dunque di circuiti veloci con tassi di rinnovamento che possono essere valutati nell'ordine di 2 - 4 mesi, 6 al massimo; inoltre, anche i fatti meteorici più intensi tendono a fluire con velocità elevata a causa della circolazione di tipo carsico, i cui tempi di risposta sono ancora più brevi, dell'ordine dei giorni o delle ore a seconda dei casi. Questi eventi si ripercuotono ovviamente nelle aree poste immediatamente a valle.

La falda freatica presso Arbizzano è ospitata nel materasso alluvionale pedecollinare e presenta un regime strettamente connesso con le precipitazioni e profondità variabili in funzione dei livelli acquiclude. L'alimentazione è garantita dagli apporti provenienti dalla Lessinia, dalle precipitazioni efficaci, nonché dalla pratica dell'irrigazione a scorrimento, e limitatamente ai mesi estivi. Da indagini bibliografiche risulta che la zona in esame è caratterizzata da una falda profonda rispetto alle quote raggiunte dall'intervento, superiore ai 10 m da p.c. (rif. indagine eseguite dalla scrivente per immobili posti ad Est del campo sportivo di via S. Maria), anche se possono sussistere locali venute d'acqua lungo i livelli a maggiore permeabilità, in particolare in occasione di eventi meteorici importanti.

Si allega uno stralcio della “Carta Idrogeologica dei Monti Lessini” edita nell'Ottobre 2006 da Regione Veneto – Segreteria Regionale all'Ambiente e al Territorio, nell'ambito del progetto KATER, in cui con il colore verde si individua l'unità calcarea a permeabilità molto alta (per carsismo e porosità), con l'arancio depositi eluviali e colluviali a permeabilità molto bassa e con il giallo i depositi alluvionali limo – argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa (sempre per porosità), cui viene attribuita l'area in esame.



Per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale, il vaio del Ghetto lambisce il confine occidentale e meridionale del PUA Oasi: si tratta di un corso d'acqua a regime torrentizio con un bacino idrografico ridotto (secondo le cartografie regionali nasce all'altezza del vicino campo sportivo; il Consorzio di Bonifica Veronese lo indica a partire da via Valfiorita) che in corrispondenza dell'area in esame presenta un alveo inciso depresso di circa 3.0 m rispetto al piano campagna circostante; più a Sud, all'altezza di via Camarele – via Case Zamboni, in passato sono state segnalate difficoltà di deflusso in concomitanza con eventi meteorici intensi e/o prolungati. Il progno di Negrar, corso d'acqua a regime torrentizio, controllato e regimato da opere idrauliche, scorre circa 250 m a Ovest dell'area in esame.

La Variante Generale al PAT nella “Carta delle invarianti” pone la sorgente più vicina in località San Vito.

3.4 Descrizione dell'area: lineamenti geomorfologici, successione litostratigrafica e idrogeologia

Gli elementi dominanti che determinano i lineamenti geomorfologici della zona in cui si inserisce l'intervento di progetto sono da ricondursi prevalentemente agli eventi quaternari che hanno prodotto i depositi fluvio-glaciali atesini e le alluvioni dei corsi d'acqua della Lessinia, ai quali si è sovrapposto in maniera determinante l'intervento antropico, con la realizzazione di scavi di sbancamento, riporti di materiali, sistemazione e modellazione dei terreni. L'area oggetto dell'intervento rispecchia questa situazione con evidenze sia degli elementi naturali che antropici: i depositi superficiali sono stati infatti rimaneggiati a seguito delle sistemazioni agronomiche che hanno interessato il sedime del PUA, con movimenti terra che hanno modificato l'originaria conformazione.

In dettaglio il sito si presenta digradante verso Sud - Ovest, con pendenze modeste; ai confini Ovest e Sud, come già accennato, è presente l'alveo del vaio del Ghetto.

Dal punto di vista geolitologico, l'area in esame ricade nel fondovalle, al piede dei rilievi lessinei e, più in dettaglio, del salto di quota dovuto al conoide di Novare: i terreni sono costituiti da prevalenti depositi fini con subordinata frazione granulare, alternati a livelli sabbioso – ghiaiosi in matrice argillosa.

Sotto l'aspetto idrogeologico l'area indagata non presenta particolari peculiarità in quanto non sono presenti sorgenti o venute d'acqua a carattere perenne: si ricorda che il corso del vaio del Ghetto è segnalato a partire dal margine meridionale della dorsale della Valfiorita.

I terreni superficiali presentano una variazione sia verticale che orizzontale di permeabilità, generalmente da mediocre a bassa, in funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi.

Nel corso delle indagini non è stato rilevato il livello freatico, e la falda, la cui alimentazione è garantita dagli apporti provenienti dalla Lessinia e dalle precipitazioni efficaci, è profonda rispetto alle quote di intervento, attestandosi in accordo ai dati bibliografici relativi ad aree contermini ad oltre 10 m da piano campagna.

Per quanto riguarda le criticità di natura idraulica, il sito specifico in accordo ai dati raccolti ed alle indicazioni degli strumenti urbanistici (per l'analisi delle quali si rimanda al paragrafo 7) a differenza di aree circostanti non presenta particolari problematiche, avendo l'alveo del vaio del Ghetto una sezione ampia ed essendo approfondito di circa 3 m rispetto al piano campagna; in merito al cambio di direzione del corso d'acqua all'altezza dell'area in esame, si precisa che eventuali fenomeni erosivi che si potessero innescare in futuro coinvolgerebbero la sponda opposta dell'alveo, ed interesserebbero quindi le campagne ad Ovest e non l'ambito di PUA.

Lo smaltimento dei deflussi superficiali risente sia delle pendenze che soprattutto della tipologia di terreni, costituiti superficialmente da depositi a permeabilità medio - bassa; il lotto in esame smaltisce i deflussi parte per assorbimento e parte per scorrimento secondo le pendenze. La realizzazione del progetto comporterà una diminuzione nella percentuale di precipitazioni infiltrata, per cui sono necessarie misure compensative.

Infine, nell'area in esame non si evidenziano allo stato attuale fenomeni di dissesto idrogeologico.

4 Campagna geognostica – metodologia e risultati

Il metodo d'indagine è consistito nel:

- acquisizione dei dati bibliografici e storici relativi all'area indagata
- rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio; esecuzione di indagini in sito (scavi ed indagini geofisiche).

Per confermare il quadro ottenuto con l'esame dei dati bibliografici, sono state realizzate due trincee esplorative, integrate con indagini sismiche Re.Mi. ed HVSr. Inoltre, sono state riprese le indagini di interesse eseguite dal Dott. Paolo De Rossi per l'adiacente PUA S. Maria, illustrate nella "Relazione geologica, geotecnica ed idrogeologica" redatta nel 2016 a supporto del "Piano Urbanistico Attuativo S. Maria – allargamento stradale via Camarele – sistemazione campetto S. Maria con manto sintetico" per conto di Co. Ge. Se. S.r.l., Santa Maria 90 S.r.l., Brunelli S.r.l., reperita nel sito istituzionale del comune di Negrar di Valpolicella.

Si riporta un'immagine ripresa da Google maps con l'indicazione delle prove eseguite dal Dott. De Rossi (T1₂₀₁₆ e T2₂₀₁₆) ed eseguite in sito (trincee T1 e T2, indagini geofisiche Re.Mi. ed HVSr): queste ultime, condizionate dalla presenza dei filari di vigneto, sono state disposte in funzione della disposizione del lotto e delle relative opere di urbanizzazione (cfr. planimetria pag. 1), e non hanno pertanto interessato il settore NW dell'ambito.



Le stratigrafie sono riportate alle pagine seguenti.

Trincea T1

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica	
VR	0.50	Terreno vegetale rimaneggiato di colore bruno scuro, a tessitura argillosa debolmente sabbiosa, con poca ghiaia spigolosa di dimensioni max 1 – 2 cm.	
G	1.20	Ghiaie di dimensioni centimetriche in matrice limoso - argillosa	
A	1.80	Argille limose di colore bruno rossastro con poca ghiaia di dimensioni centimetriche	
G	2.20	Ghiaie di dimensioni centimetriche in abbondante matrice limoso - argillosa	

Cumulo dei terreni scavati



Trincea T2

Strato	Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica
VR	0.30	Terreno vegetale rimaneggiato di colore bruno scuro, a tessitura argillosa debolmente sabbiosa, con ghiaia da spigolosa a subarrotondata di dimensioni max 1 – 5 cm.
G	1.00	Ghiaie di dimensioni centimetriche in scarsa matrice limoso - argillosa



Cumulo dei terreni scavati



N.B.: l'immagine è stata scattata durante l'esecuzione della prova di permeabilità

Via Sebenigo, 19/A – 36040 Grisignano di Zocco (VI) – cell. 348 0424140

Trincea T1₂₀₁₆

da m 0 a 5,5 ghiaia ad elementi spigolosi centimetrici in abbondante matrice limo argillosa

da m 5.5 a 5,9 ghiaia e sabbia lessinea con scarsa matrice fine e permeabile

**Trincea T2₂₀₁₆**

da m 0 a m 0,3 terreno di coltivo limo-argilloso

da m 0,3 a m 1,3 argilla marrone

da m 1,3 a m 2,3 ghiaia in abbondante matrice limo argillosa

da m 2,3 a m 2,9 argilla

da m 2,9 a m 5 ghiaia e sabbia lessinea con scarsa matrice fine e permeabile



I terreni dell'area, al di sotto del vegetale, sono costituiti da alternanze di livelli a ghiaie ed argille prevalenti, con grani con spigoli prevalentemente non arrotondati e forme irregolari, indice di scarso trasporto.

Riguardo alle indagini geofisiche, in questa sede si ricorda soltanto che la ricostruzione sismo - stratigrafica di sito ottenuta ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 3.3 m dal piano campagna locale, caratterizzato da valori di V_s di circa 160 m/s, mentre per valori di profondità maggiori le onde S raggiungono i 310 m/s; a circa 18 m da p.c. si registra un ulteriore incremento di rigidità del sottosuolo con V_s che si stabilizzano a circa 500 m/s; a circa 38 m dal p.c. locale, le onde S raggiungono valori di 730 m/s circa. Il bedrock geofisico, inteso come materiale con $V_s \geq 800$ m/s, è stato individuato a 88 m da p.c.

4.3 Valutazione della permeabilità

La permeabilità (o conducibilità idraulica) è l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico ed esprime la resistenza che il mezzo oppone al deflusso dell'acqua che lo attraversa. Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità (K) e rappresenta il volume di acqua in metri cubi che attraversa con moto laminare nell'unità di tempo (1 secondo) 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 dipende prevalentemente dalle caratteristiche del terreno (composizione granulometrica, forma dei grani, stato di addensamento), ed il suo valore viene espresso generalmente in m/s o in cm/s.

Per valutare la permeabilità dei terreni, si fa riferimento alla prova in pozzetto a carico variabile eseguita nella trincea T2 a fondo foro: la prova (A.G.I. 1977) fornisce una valutazione della permeabilità dei terreni al di sopra del livello di falda, ed è consistita nel riempire d'acqua il pozzetto e quindi misurare gli abbassamenti del livello del pelo libero nel tempo. Il coefficiente di permeabilità K viene calcolato con la seguente relazione:

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

con:

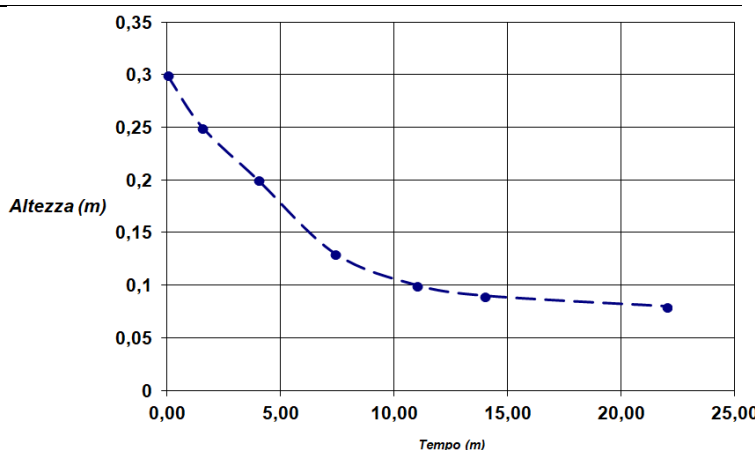
h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto;

b = lato della base del pozzetto

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$.

Tempo [min]	h [m]	l-h [m]	Tempo [s]
0,00	0,3		
1,55	0,25	0,05	115
4,00	0,2	0,1	240
7,40	0,13	0,17	460
11,00	0,1	0,2	660
14,00	0,09	0,21	840
22,00	0,08	0,22	1320



Nel caso in esame si è ottenuto il seguente valore di permeabilità:

$$K = 5.9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Per quanto riguarda la *vulnerabilità intrinseca degli acquiferi*, in ragione della scarsa permeabilità dei terreni, questa si attesta tra valori medio – bassi e bassi.

4.4 Risultati e considerazioni sul modello geologico

Dal punto di vista geolitologico, l'area in esame ricade nel fondovalle, al piede dei rilievi lessinei e, più in dettaglio, del salto di quota dovuto al conoide di Novare: i terreni sono costituiti da prevalenti depositi fini con subordinata frazione granulare, alternati a livelli sabbioso – ghiaiosi in matrice argillosa.

I terreni superficiali presentano una variazione sia verticale che orizzontale di permeabilità, generalmente da mediocre a bassa, in funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi.

Nel corso delle indagini non è stato rilevato il livello freatico, e la falda, la cui alimentazione è garantita dagli apporti provenienti dalla Lessinia e dalle precipitazioni efficaci, è profonda rispetto alle quote di intervento, attestandosi in accordo ai dati bibliografici relativi ad aree contermini ad oltre 10 m da piano campagna.

Per quanto riguarda le criticità di natura idraulica, il sito specifico in accordo ai dati raccolti ed alle indicazioni degli strumenti urbanistici a differenza di aree circostanti non presenta particolari criticità, presentando l'alveo del vaio del Ghetto una sezione ampia ed essendo approfondito di circa 3 m rispetto al piano campagna; in merito al cambio di direzione del corso d'acqua all'altezza dell'area in esame, si precisa che eventuali fenomeni erosivi che si potessero innescare in futuro coinvolgerebbero la sponda opposta dell'alveo, ed interesserebbero quindi le campagne ad Ovest e non l'ambito di PUA.

La permeabilità misurata in sito nello scavo della trincea T2 si attesta su valori di $5.9 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Relativamente ai caratteri geostrutturali, nell'area non si presentano evidenze significative anche per il mascheramento degli elementi antropici; secondo il progetto ITHACA di ISPRA (catalogo delle faglie capaci, cioè in grado di produrre deformazioni in superficie), gli elementi più vicini convergono a circa 2.6 Km a SW dall'area di progetto: si tratta di “Adige Line”, codice 71700, con direzione locale WNW - ESE ed lunghezza di 30 Km, con ultima attività in epoca storica (<3000 anni) e di “Sant'Ambrogio di Valpolicella”, codice 80201, faglia trascorrente destra con direzione da NW – SE a NNW – SSE immergente a NE, della lunghezza di 39.4 Km, con ultima attività nel Pleistocene.

5 Inquadramento dell'area oggetto di trasformazione

Ricordando che la compatibilità idraulica nella Regione Veneto è così normata:

- DGVR 3637/2002: indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici;
- DGRV 1322/2006: nuove indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico;
- DGRV 1841/2007: L. 3 Agosto 1998, n. 267 – Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica DGRV 1322/2006, in attuazione della sentenza del TAR del Veneto n. 1500/07 del 17 Maggio 2007;
- DGRV 2948/2009: L. 3 Agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione dei nuovi 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.

si fa presente quanto segue.

5.1 Descrizione dello stato dei luoghi e delle opere in progetto

Il PUA Oasi si situa nella zona di pianura della località Arbizzano, nel settore meridionale del territorio comunale di Negrar di Valpolicella, e risulta compreso tra aree residenziali ad Est e zona agricole ad Ovest; è delimitato ad occidente e a Sud dal vaio del Ghetto. Si evidenzia inoltre che:

- Il “Piano di gestione del rischio alluvioni” 2015 – 2021 redatto dal distretto idrografico delle Alpi Orientali ed approvato con delibera del comitato istituzionale del 03/03/2016 in ottemperanza alla Direttiva Europea 2007/60/CE, ha prodotto mappe di pericolosità che individuano le aree geografiche soggette a possibili allagamenti secondo diversi scenari, correlate alle relative mappe di rischio. Gli scenari sono i seguenti: alluvioni con bassa probabilità, o scenari di eventi estremi (periodo di ritorno ≥ 300 anni); alluvioni con media probabilità (periodo di ritorno ≥ 100 anni); alluvioni con alta probabilità (periodo di ritorno ≥ 30 anni); per tutti gli scenari presso l'ambito in esame non sono indicate classi di rischio.
- L'area interessata dal Piano Attuativo ricade nel bacino dell'Adige: secondo quanto riportato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, non sussistono particolari pericolosità idrauliche nell'immediato intorno.
- La “Carta delle fragilità” del PTCP della provincia di Verona indica la presenza presso l'ambito di interesse di un'area a periodico ristagno idrico. A riguardo si precisa che lo studio VCI redatto per la Variante 4 al PI comunale riporta quanto segue: “In riferimento all'area a periodico ristagno idrico (area a deflusso difficoltoso) individuata dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Verona (PTCP) in corrispondenza della frazione di Arbizzano, si ritiene che l'approfondimento operato dallo Studio di Compatibilità Idraulica sia stato condotto ad una scala di adeguato dettaglio tale da addivenire ad una precisa perimetrazione dell'area riportata alla Tavola 2a Carta delle fragilità del PTCP”: tale delimitazione non comprende l'area in esame.
- Il bacino idrografico dei progini di Novare, Arbizzano e Ghetto è di competenza del Consorzio di Bonifica Veronese: non risultano segnalazioni di particolari problematiche nell'intorno dell'area di intervento.
- A livello comunale, secondo la “Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale” della Variante Generale al PAT, approvata con Conferenza di Servizi del 17/01/2019, in corrispondenza dell'area di progetto vigono i vincoli paesaggistico e sismico, estesi all'intero territorio comunale.

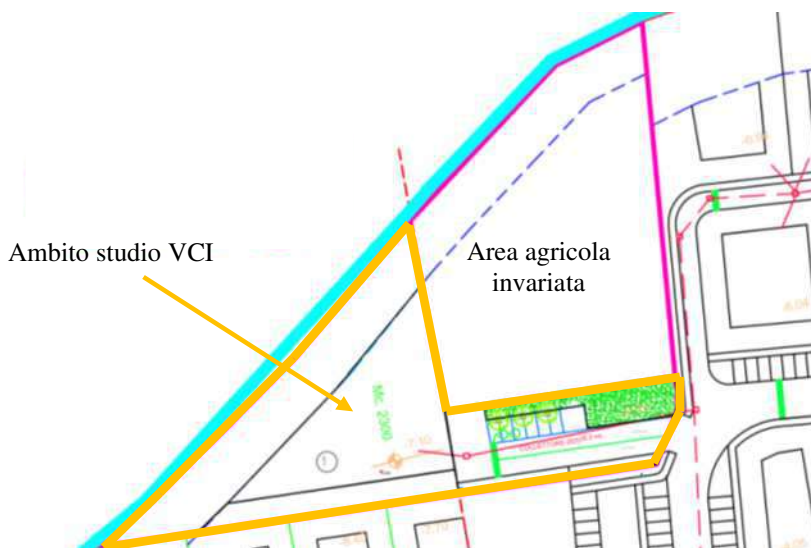
- La “Carta delle fragilità” della Variante al PAT definisce l’area idonea in termini di compatibilità geologica all’edificazione, e suscettibile di instabilità in caso di sisma per amplificazione sismica e per liquefazione.
- La “Carta delle fragilità” della variante n. 4 al Piano degli Interventi classifica il PUA come zona C2/6; conferma l’ambito essere idoneo in termini di compatibilità geologica e lo attribuisce ad aree suscettibili di instabilità per amplificazione sismica e per fenomeni di liquefazione.

Riassumendo, nell’area in esame:

- i terreni dell’area, al di sotto del vegetale, da prevalenti depositi fini con subordinata frazione granulare, alternati a livelli sabbioso – ghiaiosi in matrice argillosa variamente disposti;
- la falda da dati bibliografici si attesta ad almeno 10 m da piano campagna; sono però possibili venute d’acqua lungo i livelli a maggiore permeabilità in occasione di eventi meteorici intensi e/prolungati;
- la permeabilità presenta valori di $5.9 \cdot 10^{-4}$ m/s; di conseguenza, la vulnerabilità degli acquiferi è medio - bassa;
- non vi sono aree contigue a pericolosità idraulica segnalate dal Distretto Alpi Orientali; neppure il PAI forniva indicazioni in tal senso; a livello comunale sono stati circoscritti gli ambiti a sofferenza idraulica, che non comprendono il sito specifico;
- la rete idraulica ricettrice in prossimità è costituita dal vaio del Ghetto, che però poco più a valle presenta criticità in concomitanza ad eventi piovosi di particolare intensità per l’inadeguato dimensionamento dei tratti intubati del corso d’acqua, che producono fenomeni di allagamento;
- non è presente una rete di acque bianche.

5.2 Descrizione delle trasformazioni delle superfici in termini di impermeabilizzazione

Come accennato, il Piano Urbanistico attuativo Oasi interessa una superficie complessiva di 5666 mq, attualmente utilizzata ai fini agricoli, in cui si prevede la realizzazione di un lotto residenziale su 1950 mq (di cui, in ragione dei vincoli sussistenti, solo 866 mq potenzialmente edificabili), con adiacente strada di accesso, parcheggi ed un’area a verde pubblico di 210 mq. Si precisa che buona parte dell’ambito rimarrà agricola, a causa della presenza della fascia di rispetto di un elettrodotto: lo studio VCI pertanto riguarderà solamente il lotto, comprensivo della fascia di rispetto del vaio, e le opere di urbanizzazione, compresa la fascia a confine con il PUA S. Maria, per un totale di 2725 mq, come evidenziato dal contorno di colore giallo nell’estratto cartografico che segue:



Analizzato lo stato dei luoghi e le previsioni progettuali, effettuato lo studio propedeutico alla valutazione delle modifiche al regime idraulico del territorio interessato all'intervento (con riferimento alle caratteristiche litologiche, soggiacenza della falda, vulnerabilità degli acquiferi, contiguità con aree a rischio idraulico, di deflusso difficoltoso, contiguità con corsi d'acqua temporanei e permanenti classificati e non, impatto sulle reti di smaltimento delle acque meteoriche eventualmente esistenti o in realizzazione, ecc.) si procede al dimensionamento delle misure di compatibilità idraulica.

6 Misure compensative

La finalità principale dello studio di compatibilità idraulica è il conseguimento dell'invarianza idraulica mediante la realizzazione di opere di laminazione delle portate: si passa di seguito a valutare le misure compensative per l'alterazione del regime idraulico. Facendo riferimento alla classificazione proposta in Allegato A della D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009, l'intervento di progetto rientra nella classe di intervento definita di "modesta impermeabilizzazione potenziale", in quanto interessa superfici tra 0.1 ed 1 ha: in tale caso la norma indica che, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Per la valutazione di compatibilità idraulica nell'ambito di intervento, si fa presente che:

- A partire dal 2003, con DGRV 3501/2003 è stata affidata ad Arpav la gestione delle stazioni meteorologiche per il monitoraggio ed il controllo delle variabili idro – meteorologiche: la stazione più prossima si situa in comune di San Pietro In Cariano, ed è in funzione a partire dal 1991: i relativi valori sono reperibili nel sito istituzionale di Arpav ("Dati delle precipitazioni di massima intensità").

Stazione	San Pietro in Cariano	
Quota	127	m s.l.m.
Coordinata X	1647513	Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
Coordinata Y	5041286	
Comune	SAN PIETRO IN CARIANO (VR)	
Inizio attività sensore di pioggia 02/12/1991		
Fine attività sensore di pioggia ancora attivo		

Dati stazione meteorologica di San Pietro In Cariano

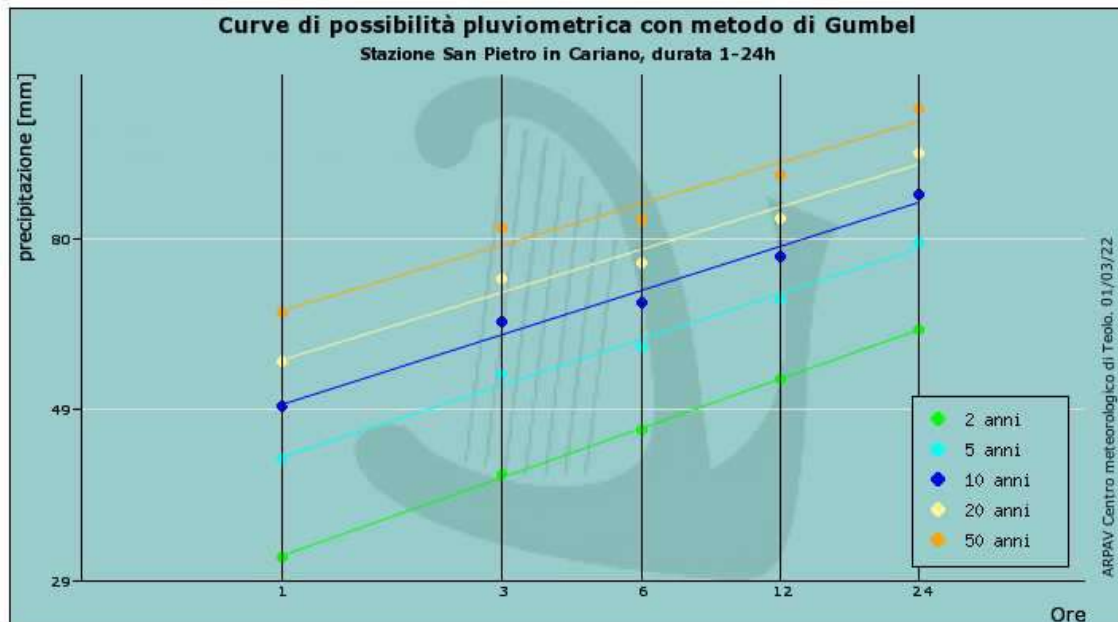
- I valori di pioggia registrati, riportati alla pagina successiva, sono stati quindi rielaborati: nel presente studio si considera il tempo di ritorno $T_r = 50$ anni, in accordo alla DGRV 1841/2007. Si precisa infatti che le indagini in sito hanno escluso, se non in forma di lenti sottili e discontinue, la presenza di terreni ad elevata accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza dei quali, in accordo alla DGRV 2948/2009, in caso di falda sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione, con sistemi che fungono da reimmissione in falda e che possono essere costituiti da vasche o condotte disperdenti posizionate negli strati superficiali del terreno.

Anno	Pioggia in mm									
	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora
1992	25.6	23/08/1992 03:25	34.0	05/10/1992 19:15	35.0	24/09/1992 01:50	42.8	05/10/1992 19:15	47.8	06/10/1992 15:55
1993	27.6	02/07/1993 05:20	34.4	02/07/1993 05:50	34.4	02/07/1993 05:50	39.2	02/07/1993 05:50	39.2	02/07/1993 05:50
1994	50.8	02/10/1994 21:10	67.0	02/10/1994 21:30	67.2	02/10/1994 23:20	71.0	03/10/1994 07:55	76.0	03/10/1994 15:50
1995	45.0	07/08/1995 23:45	45.0	07/08/1995 23:45	45.2	08/08/1995 02:45	52.0	31/05/1995 08:25	67.8	31/05/1995 20:25
1996	33.2	30/07/1996 08:45	45.0	15/08/1996 03:40	45.4	15/08/1996 06:20	48.2	17/10/1996 09:20	72.2	15/08/1996 17:00
1997	30.6	13/06/1997 01:40	39.6	13/06/1997 02:30	46.0	13/06/1997 06:10	46.0	13/06/1997 06:10	46.0	13/06/1997 06:10
1998	24.0	30/06/1998 10:05	30.6	26/06/1998 23:45	47.0	05/09/1998 12:30	69.0	27/06/1998 06:40	72.4	27/06/1998 06:40
1999	40.8	10/08/1999 21:25	46.2	04/05/1999 22:15	50.0	05/05/1999 00:35	71.4	20/09/1999 20:05	76.0	20/09/1999 23:15
2000	24.8	05/08/2000 05:20	32.8	05/08/2000 06:50	33.2	05/08/2000 07:05	47.2	05/08/2000 16:20	62.0	05/08/2000 20:05
2001	28.4	24/07/2001 16:15	28.4	24/07/2001 16:15	32.2	20/07/2001 04:30	36.0	20/07/2001 08:35	50.2	30/03/2001 19:45
2002	25.0	15/07/2002 16:15	41.4	15/07/2002 16:15	45.2	15/07/2002 16:30	45.2	15/07/2002 16:30	48.0	15/07/2002 16:30
2003	22.8	24/07/2003 07:10	24.4	24/07/2003 08:00	47.8	24/07/2003 12:00	48.0	24/07/2003 13:50	48.2	24/07/2003 23:30
2004	28.2	02/11/2004 05:35	43.0	19/04/2004 17:45	46.8	19/04/2004 19:55	47.6	19/04/2004 19:10	48.2	20/04/2004 00:30
2005	22.2	03/10/2005 18:55	34.4	14/08/2005 18:45	45.6	03/10/2005 19:05	52.8	03/10/2005 22:35	80.6	03/10/2005 19:25
2006	39.6	12/08/2006 18:00	39.8	12/08/2006 18:00	43.0	03/08/2006 08:35	54.2	03/08/2006 13:45	57.8	04/08/2006 01:05
2007	18.6	02/07/2007 16:45	21.0	28/05/2007 15:45	36.0	24/11/2007 12:25	65.8	24/11/2007 16:10	84.4	24/11/2007 15:45
2008	26.8	28/06/2008 00:30	45.6	13/09/2008 19:40	50.0	13/09/2008 19:45	52.6	13/09/2008 21:30	54.8	14/09/2008 10:05
2009	44.4	29/06/2009 23:50	48.0	30/06/2009 01:50	48.2	30/06/2009 01:50	48.2	30/06/2009 01:50	48.2	30/06/2009 01:50
2010	44.6	29/07/2010 13:50	52.4	29/07/2010 14:00	56.6	29/07/2010 14:45	56.8	29/07/2010 14:45	58.8	13/08/2010 18:00
2011	23.8	05/06/2011 18:00	33.6	05/06/2011 19:50	38.2	05/06/2011 21:30	48.6	26/10/2011 00:25	62.0	26/10/2011 01:40
2012	30.6	21/07/2012 10:25	30.8	31/08/2012 16:05	35.2	28/11/2012 13:25	54.2	28/11/2012 12:25	68.4	28/11/2012 13:20
2013	47.8	24/08/2013 21:40	56.4	24/08/2013 22:25	56.6	24/08/2013 23:15	56.8	25/08/2013 02:35	84.6	25/08/2013 19:15
2014	58.2	24/06/2014 22:05	79.0	25/06/2014 00:00	79.2	25/06/2014 01:20	81.6	25/06/2014 09:20	85.8	25/06/2014 12:00
2015	34.2	14/09/2015 02:55	57.8	14/09/2015 04:45	73.0	14/09/2015 05:45	73.0	14/09/2015 05:45	76.2	14/09/2015 05:45
2016	34.8	16/09/2016 17:05	53.2	16/09/2016 17:25	53.6	16/09/2016 19:30	77.6	17/09/2016 02:30	82.2	17/09/2016 04:45
2017	17.0	13/05/2017 00:15	28.4	13/05/2017 00:15	29.8	13/05/2017 01:40	29.8	13/05/2017 01:40	37.4	06/02/2017 11:35
2018	46.0	01/09/2018 15:35	66.4	01/09/2018 17:20	73.4	01/09/2018 20:35	85.6	02/09/2018 02:35	119.0	02/09/2018 01:30
2019	29.6	06/08/2019 23:40	32.4	04/04/2019 17:25	51.4	04/04/2019 20:20	65.0	04/04/2019 22:20	67.6	05/04/2019 06:50
2020	45.0	06/06/2020 20:35	46.6	23/08/2020 18:30	46.8	23/08/2020 18:30	46.8	24/08/2020 03:10	61.8	05/06/2020 01:55
2021	25.2	12/05/2021 19:50	31.2	01/05/2021 20:20	39.6	01/11/2021 19:40	43.0	01/11/2021 19:40	43.2	01/11/2021 19:40

L'orario indicato è solare e indica la fine dell'evento.

Valori massimi annui delle precipitazioni registrate alla stazione di San Pietro In Cariano con durata 1 – 24 h

Le curve di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno per la stazione di San Pietro In Cariano sono le seguenti:



Curva di possibilità pluviometrica con durata 1 – 24 h alla stazione di San Pietro In Cariano realizzata in data 01.30.2022 (fonte: <https://www.arpa.veneto.it>)

Per la determinazione dei volumi di invaso si sono quindi considerati i seguenti coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno di 50 anni:

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	31.713	0.208
5 anni	42.339	0.192
10 anni	49.373	0.185
20 anni	56.120	0.180
50 anni	64.852	0.175

- a fronte di una trasformazione del suolo, il deflusso nello stato di progetto deve essere uguale al valore presente nello stato attuale; per il dimensionamento delle opere compensative si è considerato uno scarico massimo delle acque meteoriche pari a 5 l/s ha.

I volumi specifici di invaso vanno calcolati sulla base di coefficienti di deflusso, convenzionalmente assunti come segue (DGRV 2948/2009):

- superfici coperte (tetti): 0.9
- aree con pavimentazione semipermeabile: 0.6
- strade e marciapiedi impermeabili: 0.9
- aree a verde: 0.2
- aree agricole: 0.1

Il coefficiente di deflusso viene calcolato con l'espressione $\varphi' = \Sigma \varphi_i S_i / S$

Le superfici *allo stato attuale* sono:

Aree agricole	2725 mq
---------------	---------

Equivalendo ad un coefficiente di deflusso:

$$\varphi \text{ attuale} = 0.10$$

In merito alle superfici *allo stato di progetto*, per il lotto ci si è avvalsi delle indicazioni riportate nello studio VCI del PAT per la ripartizione delle varie aree:

Descrizione	Superficie utilizzabile %	Superficie copertura %	Superficie verde %	Superficie parcheggi semipermeabili %	Superficie strade %
Area residenziale	100	40	20	30	10

Per un totale di 50% di aree impermeabili, 30% di aree semipermeabili e 20% di verde: poiché la superficie edificabile del lotto risulta pari a 866 mq, le superfici valgono rispettivamente 433 mq, 260 mq e 173 mq; il rimanente settore (pari a 1084 mq), che costituisce la fascia di rispetto del corso d'acqua e quella a confine con il PUA S. Maria, resterà a verde. Il coefficiente di deflusso vale pertanto:

$$\varphi \text{ progetto lotto} = 0.41$$

Le opere di urbanizzazione consistono in una strada di accesso al lotto (465 mq), in parcheggi pubblici semipermeabili (100 mq) ed in un'area verde di 210 mq, equivalenti a:

$$\varphi \text{ opere urbanizzazione} = 0.67$$

Nei calcoli dei volumi da invasare si è considerata una capacità di smaltimento pari a 5 l/s per ettaro.

6.1 Determinazione del volume di invaso

Per la valutazione dell'invaso di laminazione, in accordo alla normativa regionale che suggerisce di utilizzare più metodologie di calcolo e di adottare i volumi più cautelativi tra quelli ottenuti, si sono utilizzati *il metodo cinematico* ed *il metodo dell'invaso lineare*, entrambi derivati dalla "formula razionale", che determina la portata critica nella sezione di interesse in funzione di precipitazione critica e caratteristiche del suolo.

$$Q_c = S \cdot u = S \cdot 2.78 \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot i(\theta_c, T)$$

con:

Q_c	portata di picco (l/s)
S	superficie bacino scolante (ha)
u	coefficiente udometrico (l/s ha)
φ	coefficiente di afflusso
T	tempo di ritorno (anni)
θ_c	durata critica (h)
ε	coefficiente dipendente dal metodo di trasformazione afflussi – deflussi
a, n	parametri della curva di possibilità pluviometrica
$i = a \theta_c^{n-1}$	intensità di precipitazione (mm/h)

Le ipotesi alla base della formula razionale sono:

- pioggia di intensità costante;
- descrizione perdite idrologiche con metodo percentuale, cioè con $\varphi = \text{costante}$
- modello lineare di trasformazione afflussi – deflussi

Calcolo con il metodo cinematico

Il metodo assume che la *portata di picco* in una specifica sezione del reticolo di drenaggio si formi per una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione, quest'ultimo definito come il tempo necessario alla goccia caduta nel punto più lontano del bacino scolante per arrivare alla sezione considerata.

$$Q_c = (\varphi S i) / 360$$

dove i è l'intensità di precipitazione:

$$i = a \theta_c^{n-1} \text{ (mm/h)}$$

con:

Q_c	portata di picco (mc/s)
S	superficie del bacino afferente (ha)
φ	coefficiente di afflusso
a, n	parametri della curva di possibilità pluviometrica

Il calcolo del volume di laminazione W viene effettuato a partire dalla formulazione di Alfonsi – Orsi del metodo cinematico.

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot S \cdot a \cdot v^{\theta} + 1.295 \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{Q^{1-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot t_c$$

con:

Qu	portata in uscita (l/s)
S	superficie del bacino afferente (ha)
ϕ	coefficiente di afflusso
a, n	parametri della curva di possibilità pluviometrica
θ	durata precipitazione (h)
t_c	tempo di corrivazione (h)

La durata di precipitazione da considerare è quella critica, che si determina risolvendo l'equazione:

$$2.78 \cdot n \cdot \phi \cdot S \cdot a \cdot \vartheta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{Q_w^{-n}}{\phi \cdot S \cdot a} - Q_u = 0$$

I volumi necessari per laminare i carichi idraulici prodotti dall'intervento di progetto vengono stimati assumendo una portata effluente pari a 5 l/s ha, valore massimo ammissibile nella zona nelle reti idrografica o di acque bianche; calcolando il tempo di precipitazione, il valore affluito alla sezione di chiusura ed il volume scaricato, e, per differenza tra i due, il volume da invasare, è possibile determinare il volume necessario alla laminazione ricercando il massimo dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione. Si è costruito cioè un modello che determina, in funzione degli eventi considerati e della portata di deflusso, l'altezza della precipitazione, la portata di pioggia alla sezione di chiusura con l'espressione del metodo cinematico e la portata da invasare, data dalla differenza tra portata di pioggia e portata defluita: il valore di invaso da considerare sarà quello massimo calcolato.

Calcolo con il metodo dell'invaso lineare

Il metodo determina la portata di picco generata dal drenaggio di un bacino secondo la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot 0.65 \cdot \phi \cdot a \cdot K^{n-1}$$

con:

Qc	portata di picco (l/s)
S	superficie del bacino afferente (ha)
ϕ	coefficiente di afflusso
a, n	parametri della curva di possibilità pluviometrica
K	costante di invaso (h)

Tra le metodologie che utilizzano il metodo dell'invaso, si è eseguito il calcolo secondo la procedura proposta da Moriggi e Zampaglione (1978), sempre nell'ipotesi di un tempo di ritorno di 50 anni. Al fine di dimensionare il volume di laminazione necessario, il calcolo è stato condotto integrando l'equazione di continuità che uguaglia la differenza tra la portata entrante Q_{in} e quella uscente Q_u , funzioni del tempo t , con la derivata della funzione volume dell'invaso $W(t)$, anch'essa funzione di t , rispetto al tempo. Adottando l'ipotesi semplificativa di porre la portata in uscita costante e come visto in precedenza pari a 5 l/s ha, il bacino afferente viene schematizzato come un serbatoio lineare di costante di invaso K , interessato da una precipitazione costante di durata θ , avente un coefficiente di deflusso ϕ costante durante tutto l'evento: fissato con η il rapporto tra la massima portata entrante e quella uscente, si possono ricavare la durata critica θ_w ed il volume da assegnare alla vasca W mediante le relazioni che seguono.

Assunto il rapporto di laminazione:

$$\eta = Q_u/Q_c$$

risulta:

$$Q_c = 0.65 S \varphi a K^{n-1}$$

dove:

$$K = 0.75 t_c$$

con t_c tempo di corrivazione.

La durata critica della precipitazione si ricava dalla relazione:

$$\theta_w = [(Q_u / S \varphi n a)^{1/n-1}] / C$$

con:

$$C = [(0.165 n) / (\eta + 0.01)] - [(\eta - 0.1) / 30] + 0.5$$

Il volume di laminazione W viene ricavato dalla seguente relazione:

$$W = S \varphi a \theta_w^n [0.95 - (\eta)^{2/3}]^{3/2}$$

con:

W	volume della vasca (mc)
S	superficie del bacino afferente (ha)
φ	coefficiente di afflusso
a, n	parametri della curva di possibilità pluviometrica
θ	durata precipitazione (s)
t_c	tempo di corrivazione (s)

Si definisce il *tempo di corrivazione* t_c come il tempo necessario alla goccia caduta nel punto più lontano del bacino scolante per arrivare alla sezione considerata: secondo gli studi eseguiti da Mambretti e Paoletti (1996), per i bacini urbani tale tempo viene stimato in prima approssimazione dalla somma di una componente di accesso alla rete t_a (che rappresenta il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la rete più vicina scorrendo in superficie) e del tempo di rete t_r (tempo necessario a transitare per la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura), secondo il modello del condotto equivalente, sviluppato partendo dalla considerazione che il deflusso avviene in una rete di piccole canalizzazioni incognite (grondaie, cunette, canalette, piccoli condotti) che raccolgono le acque scolanti:

$$t_c = t_a + t_r$$

Il valore di t_a varia in funzione della pendenza superficiale; per i casi in esame si è fatto riferimento alla tabella di Fair (1966):

Tipologia di bacino	t_a (min)
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie	< 5
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	10 - 15
Aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20 - 30

Il tempo di rete t_r dipende dalla la velocità di rete, che, per evitare problemi di deposito ed erosione, deve essere compresa tra 0.5 e 4.0 m/s: ipotizzando le canalizzazioni piene ma non in pressione, la velocità dell'acqua è di 1 m/s.

Il tempo di corrivazione t_c allo stato di progetto vale pertanto:

Ambito	Tempo di corrivazione t_c
Lotto	17 min
Opere urb.	12 min

I calcoli sono riportati in allegato. Si riporta una tabella riassuntiva con i valori dei volumi di invaso ottenuti per il tempo di ritorno $T_r = 50$ anni.

Lotto:

	Volume specifico di invaso (m ³ /ha)	Volume da invasare (mc)
Metodo cinematico	267 mc/ha	52 mc
Metodo invaso	246 mc/ha	48 mc
PAT	500 mc/ha	98 mc

Il volume da adottare è quello più cautelativo. Quindi:

V invaso lotto = 98 mc

Opere urbanizzazione:

	Volume specifico di invaso (m ³ /ha)	Volume da invasare (mc)
Metodo cinematico	490 mc/ha	38 mc
Metodo invaso	452 mc/ha	35 mc
PAT	500 mc/ha	39 mc

Il volume da adottare è quello più cautelativo. Quindi:

V invaso opere urbanizzazione = 39 mc

6.2 Proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio

La realizzazione del progetto comporterà un aumento di impermeabilizzazione del sito rispetto allo stato attuale. Si passa quindi di seguito a proporre le misure compensative per l'alterazione del regime idraulico. Gli interventi di compensazione possono essere costituiti da realizzazione di un volume di invaso prevalente (accumulo in vasca laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacini e fossi di infiltrazione, bacino di ritenzione), o nella realizzazione di un sistema di smaltimento prevalente delle acque (immissione in pozzi disperdenti; immissione in corso d'acqua, dopo laminazione in un volume di invaso; trincee drenanti; immissione nella rete delle acque bianche). A questi vanno aggiunte le buone pratiche costruttive (pratiche mitigative): vasca di prima pioggia, recupero acque piovane, realizzazione di tetti verdi, realizzazione di parcheggi grigliati.

In considerazione delle caratteristiche geologiche e di permeabilità del sottosuolo, come accennato in precedenza, *i sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti, essendo il coefficiente di permeabilità medio dei terreni inferiore a 10^{-3} m/s, non sono stati presi in considerazione, se non come semplici volumi di invaso in accordo alla DGRV 2948/09.*

Il progetto produrrà una regolarizzazione delle pendenze rispetto allo stato attuale, con un aumento delle quote del piano campagna del lotto tramite posa di terreni di riporto in particolare per permettere l'allacciamento alla pubblica fognatura senza utilizzare pompe.

Pur essendo adiacente all'ambito di PUA il corso del progno del Ghetto, la presenza di aree a sofferenza idraulica presso via Case Zamboni sconsiglia il conferimento di ulteriori volumi d'acqua, che andrebbero ad aggravare lo stato attuale dei luoghi. Pertanto gli invasi saranno gestiti con smaltimento al suolo tramite depressione delle aree a verde e pozzi perdenti.

Nello specifico le misure di mitigazione per il lotto consistono in:

- abbassamento di 10 cm della fascia di rispetto del viaio del Ghetto, che occupa una superficie di 844 mq. Si precisa che l'abbassamento sarà *relativo*, in quanto sarà l'area del lotto ad essere sopraelevata di oltre 1 m tramite posa di terreni di riporto; per configurare l'invaso quindi solo le fasce lungo il corso d'acqua e di chiusura laterale potranno essere innalzate con un dosso in terra battuta di altezza minima 10 cm;
- il volume rimanente sarà ottenuto grazie alla posa di un pozzo perdente di diametro 2.0 m ed altezza 4.5 m (o due pozzi di diametro inferiore con capacità di invasore minima 14 mc, es. diametro 1.5 m ed altezza 4.0 m), ubicato nel lato valle al di fuori della fascia di rispetto del progno.

Si ottiene:

$$84.4 \text{ mq} + 14 \text{ mq} = 98.4 \text{ mc} > 98 \text{ mc}$$

Si precisa che eventuali vasche di raccolta delle acque meteoriche per il successivo riutilizzo nelle utenze domestiche (in accordo a quanto riportato in Allegato A DGRV n. 80 del 27/01/2011 NTA del Piano di Tutela delle Acque Regione Veneto – Linee Guida Applicative: “le acque meteoriche di dilavamento provenienti dai tetti che non rientrano tra le superfici sulle quali possano essere presenti sostanze pericolose o pregiudizievoli per l'ambiente, possono essere, anzi è auspicabile che siano, riutilizzate per l'irrigazione di colture non alimentari, per uso antincendio o per lo sciacquone dei servizi igienici”) non contribuiscono al calcolo dell'invasore, poiché il volume di accumulo dovrà necessariamente essere vuoto per accogliere le acque prodotte dagli eventi meteorici.

Per le opere di urbanizzazione si propongono le seguenti misure.

- abbassamento di 10 cm dell'area verde di 210 mq (invasore 21.0 mc)
- realizzazione di due pozzi perdenti di diametro 2.0 m ed altezza 3.0 m (invasore 9.4 mc ciascuno), o di due unità di diametro e/o profondità minore ma con capacità minima di 18 mc)

$$21.0 \text{ mq} + 18.8 \text{ mq} = 39.8 \text{ mc} > 39 \text{ mc}$$

Si riporta alla pagina seguente uno schema esplicativo degli ambiti e delle misure.



I due sistemi di laminazione sono stati calcolati ipotizzando uno smaltimento di 5 l/s ha, portata che normalmente viene smaltita nella rete idrica o in fognatura bianca: tuttavia, come visto, a salvaguardia delle aree poste lungo via Case Zamboni con problematiche di allagamenti si preferisce ricorrere allo smaltimento al suolo in sito anziché procedere al conferimento delle portate invase al vaio del Ghetto.

Si verifica quindi l'ideoneità dei pozzi (trascurando cautelativamente lo smaltimento per infiltrazione degli invasi) a smaltire le portate imposte di 5 l/s ha, pari rispettivamente a 0.98 l/s per il lotto e a 0.39 l/s per le opere di urbanizzazione.

La portata dei pozzi viene ricavata dalla formula di Dupuit:

$$Q = C K r H$$

con:

Q = portata dispersa

C = coefficiente di deflusso

r = raggio del pozzo = 1.00 m

H = altezza utile del pozzo = 4.5 m per il lotto, 3.0 m per le opere di urbanizzazione

K = coefficiente di permeabilità = $5.9 \cdot 10^{-4}$ m/s

Il coefficiente di deflusso C può essere calcolato con la teoria di Stephens e Neuman (1982):

Lotto:

$$\log C = 0.658 \log H/r - 0.398 \log H + 1.105 = 1.28$$

da cui il coefficiente di deflusso C = 19.0

La portata teorica dispersa da ciascun pozzo sarà quindi :

$$Q_p = C \times K \times r \times H = 19.0 \times 5.9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \times 1.00 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} = 50 \text{ l/s}$$

Opere di urbanizzazione:

$$\log C = 0.658 \log H/r - 0.398 \log H + 1.105 = 1.23$$

con coefficiente di deflusso $C = 17.0$

La portata teorica dispersa da ciascun pozzo sarà quindi :

$$Q_p = C \times K \times r \times H = 17.0 \times 5.9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \times 1.00 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} = 45 \text{ l/s}$$

In entrambe i casi (lotto ed opere di urbanizzazione) è sufficiente un pozzo per smaltire le portate in uscita imposte.

7 Considerazioni conclusive

La presente valutazione di compatibilità idraulica è relativa al Piano Urbanistico Attuativo Oasi da realizzarsi in prossimità di via Camarele presso la località Arbizzano nel comune di Negrar di Valpolicella: in conformità a quanto in precedenza esposto, a quanto previsto dalle norme vigenti, con particolare riferimento alla DGRV n. 3637/2002 ed alla DGRV n. 1322/2006, a quanto indicato da PAT e Variante Generale, dai P.I. e dai relativi studi di compatibilità idraulica, si riassumono le caratteristiche dell'area indagata:

- dal punto di vista geolitologico, l'area in esame ricade nel fondovalle, al piede dei rilievi lessinei e, più in dettaglio, del salto di quota dovuto al conoide di Novare: i terreni sono costituiti da prevalenti depositi fini con subordinata frazione granulare, alternati a livelli sabbioso – ghiaiosi in matrice argillosa variamente disposti;
- l'intervento si svolgerà su di un terreno in lieve pendenza compreso tra un'area in fase di urbanizzazione (PUA S. Maria) e zone agricole; la falda freatica risulta attestarsi, da dati bibliografici, ad oltre 10 m da piano campagna, anche se sono possibili locali venute d'acqua nei livelli a maggiore permeabilità in occasione di eventi meteorici importanti. I terreni naturali presentano una permeabilità (dell'ordine di $5.9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$) non sufficiente per considerare sistemi di infiltrazione facilitata;
- la rete idraulica ricettrice è posta in fregio all'area di intervento, ed è costituita dal vaio del Ghetto, che però poco a valle (all'altezza di via Camarele - Case Zamboni), in concomitanza ad eventi meteorici eccezionali e/o prolungati produce difficoltà di deflusso; non è presente una fognatura bianca;
- per ridurre il carico idraulico derivante dall'impermeabilizzazione conseguente alla realizzazione del PUA in oggetto, per le opere di urbanizzazione si propone di convogliare le acque provenienti dalla strada di accesso al lotto e dalle aree a parcheggio pubblico nell'area verde, che sarà abbassata di 10 cm rispetto all'intorno ed in adiacenza alla quale saranno ubicati due pozzi perdenti opportunamente dimensionati (diametro 2 m ed altezza 3 m); per il lotto le misure di mitigazione consisteranno in un abbassamento relativo (per innalzamento delle aree circostanti di 10 cm della fascia adiacente al corso del vaio del Ghetto), con posa di un pozzo perdente di diametro 2 m ed altezza 4.5 m. Nel calcolo è stata imposta una portata in uscita di 5 l/s ha, valore usualmente adottato per lo scarico in fognatura o corsi d'acqua, che risulta ampiamente garantito dai soli pozzi perdenti, senza considerare che vi sarà anche il contributo dell'infiltrazione nelle aree a verde predisposte per la laminazione.



Silvia Daleffe

Dott. Geol. Silvia Daleffe

Allegato

Tabulati di calcolo

Lotto residenziale

Calcolo metodo cinematico

t	t	altezza di pioggia h	J	Q pioggia	Q defluente	Vpioggia in	Vpioggia out	V invaso
min	ore	mm	mm/h	l/s	l/s	mc	mc	mc
15	0,25	46,95	187,80	41,6	0,98	37,4	0,88	36,55
30	0,50	55,18	110,36	24,4	0,98	44,0	1,76	42,24
45	0,75	60,65	80,86	17,9	0,98	48,4	2,63	45,72
60	1,00	64,85	64,85	14,4	0,98	51,7	3,51	48,19
75	1,25	67,43	53,95	11,9	0,98	53,8	4,39	49,38
90	1,50	69,62	46,41	10,3	0,98	55,5	5,27	50,24
105	1,75	71,52	40,87	9,1	0,98	57,0	6,14	50,88
120	2,00	73,22	36,61	8,1	0,98	58,4	7,02	51,35
135	2,25	74,74	33,22	7,4	0,98	59,6	7,90	51,69
150	2,50	76,13	30,45	6,7	0,98	60,7	8,78	51,92
165	2,75	77,41	28,15	6,2	0,98	61,7	9,65	52,06
180	3,00	78,60	26,20	5,8	0,98	62,7	10,53	52,13
195	3,25	79,71	24,53	5,4	0,98	63,5	11,41	52,14
210	3,50	80,75	23,07	5,1	0,98	64,4	12,29	52,09
225	3,75	81,73	21,79	4,8	0,98	65,2	13,16	52,00
240	4,00	82,66	20,66	4,6	0,98	65,9	14,04	51,86
255	4,25	83,54	19,66	4,4	0,98	66,6	14,92	51,69
270	4,50	84,38	18,75	4,2	0,98	67,3	15,80	51,48
300	5,00	85,95	17,19	3,8	0,98	68,5	17,55	50,97
360	6,00	88,74	14,79	3,3	0,98	70,7	21,06	49,69
420	7,00	91,16	13,02	2,9	0,98	72,7	24,57	48,11
480	8,00	93,32	11,66	2,6	0,98	74,4	28,08	46,32
540	9,00	95,26	10,58	2,3	0,98	75,9	31,59	44,36
600	10,00	97,03	9,70	2,1	0,98	77,4	35,10	42,26
660	11,00	98,67	8,97	2,0	0,98	78,7	38,61	40,05
720	12,00	100,18	8,35	1,8	0,98	79,9	42,12	37,75
780	13,00	101,59	7,81	1,7	0,98	81,0	45,63	35,37

Calcolo metodo dell'invaso

$Q_{maxin} = 32,98 \text{ l/s}$

$Q_{out} = 0,98 \text{ l/s}$

$K = 0,218 \text{ h}$

$\eta = 0,0296$

$C = 1,232$

$t_{cr} = 2,57 \text{ h}$

W = 48,27 mc

Opere urbanizzazione*Calcolo metodo cinematico*

t	t	altezza di pioggia h	J	Q pioggia	Q defluente	Vpioggia in	Vpioggia out	V invaso
min	ore	mm	mm/h	l/s	l/s	mc	mc	mc
15	0,25	46,95	187,80	27,0	0,39	24,3	0,35	23,96
30	0,50	55,18	110,36	15,9	0,39	28,6	0,70	27,87
45	0,75	60,65	80,86	11,6	0,39	31,4	1,05	30,36
60	1,00	64,85	64,85	9,3	0,39	33,6	1,40	32,19
75	1,25	67,43	53,95	7,8	0,39	34,9	1,74	33,17
90	1,50	69,62	46,41	6,7	0,39	36,0	2,09	33,96
105	1,75	71,52	40,87	5,9	0,39	37,0	2,44	34,59
120	2,00	73,22	36,61	5,3	0,39	37,9	2,79	35,12
135	2,25	74,74	33,22	4,8	0,39	38,7	3,14	35,56
150	2,50	76,13	30,45	4,4	0,39	39,4	3,49	35,93
165	2,75	77,41	28,15	4,0	0,39	40,1	3,84	36,25
180	3,00	78,60	26,20	3,8	0,39	40,7	4,19	36,51
195	3,25	79,71	24,53	3,5	0,39	41,3	4,53	36,74
210	3,50	80,75	23,07	3,3	0,39	41,8	4,88	36,93
225	3,75	81,73	21,79	3,1	0,39	42,3	5,23	37,09
240	4,00	82,66	20,66	3,0	0,39	42,8	5,58	37,22
255	4,25	83,54	19,66	2,8	0,39	43,3	5,93	37,33
270	4,50	84,38	18,75	2,7	0,39	43,7	6,28	37,41
300	5,00	85,95	17,19	2,5	0,39	44,5	6,98	37,53
360	6,00	88,74	14,79	2,1	0,39	45,9	8,37	37,58
420	7,00	91,16	13,02	1,9	0,39	47,2	9,77	37,44
480	8,00	93,32	11,66	1,7	0,39	48,3	11,16	37,16
540	9,00	95,26	10,58	1,5	0,39	49,3	12,56	36,77
600	10,00	97,03	9,70	1,4	0,39	50,2	13,95	36,29
660	11,00	98,67	8,97	1,3	0,39	51,1	15,35	35,74
720	12,00	100,18	8,35	1,2	0,39	51,9	16,74	35,13
780	13,00	101,59	7,81	1,1	0,39	52,6	18,14	34,47

*Calcolo metodo dell'invaso*Q_{maxin} = 29,11 l/sQ_{out} = 0,39 l/s

K = 0,15 h

 $\eta = 0,0133$

C = 1,741

t_{cr} = 3,29 h**W = 35,05 mc**