

Comune di Verona

Ditta sig.ri Valbusa Dario e Righetti Giovanna

Progetto Accordo di pianificazione ex art.6 L.R.R. n° 11 del 2004 ed art.155 comma 8 del Piano degli Interventi Scheda di Norma 219

Oggetto Studio compatibilità idraulica

Scala

Progettista F.to Nicoletti Maurizio

Direttore Lavori F.to Nicoletti Maurizio

Committente F.to Valbusa Dario - Righetti Giovanna

Impresa

**Studio associato
Stefano Guariento
Maurizio Nicoletti**

Piazza Libero Vinco 3 - 37131 Verona
tel/fax 045 520183
stefano@studioguariento.com
maurizio@studionicoletti.com

Tavola nr.

6B

Data

Dicembre 2016

COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

Oggetto:

**ACCORDO DI PIANIFICAZIONE EX ART.6 L.R.R. N°11 DEL 2004
ED ART.155 COMMA 8 DEL PIANO DEGLI INTERVENTI
SCHEDA DI NORMA 219**

Committente:

Sig.ri Valbusa Dario e Righetti Giovanna

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Verona, 11/10/2016



Dott. geol. Simone dal Forno

Dott. geol Simone Dal Forno

Via L. Dorigo, 21 - 37132 VERONA – cell:347-7345155

SOMMARIO

1.0	PREMESSA.....	2
2.0	NORMATIVA.....	3
3.0	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	4
3.1	Localizzazione	4
3.2	Geologia e geomorfologia	4
3.3	Idrografia idrogeologia.....	7
3.3.1	Permeabilità dei depositi naturali	11
4.0	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	12
4.1	Norme e Piani di riferimento.....	12
4.1.1	Delibere di Giunta Regionale	12
4.1.2	Valutazione di compatibilità idraulica del P.I. comunale	13
4.2	Valutazione di massima piovosità	14
4.3	VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO.....	16
4.3.1	Calcolo del coefficiente di deflusso per le opere di urbanizzazione	17
4.4	Metodo per la stima delle portate massime o di progetto	19
4.4.1	Metodo razionale.....	19
4.4.2	Metodo dell'invaso	20
4.5	Stima delle portate di progetto e dei volumi di invasore.....	22
4.5.1	Metodo razionale.....	22
4.5.1	Metodo dell'invaso	23
4.5.2	Volume d'invaso di progetto.....	25
5.0	MISURE COMPENSATIVE	26
6.0	DIMENSIONAMENTO OPERE COMPENSATIVE OPERE DI URBANIZZAZIONE.....	30
6.1	Infiltrazione da bacino	30
6.2	Infiltrazione da pozzi.....	31

1.0 PREMESSA

I sig.ri Valbusa Dario e Righetti Giovanna, proprietari di un lotto di terreno sito lungo via Amendola nel comune di Verona e censito al Catasto Terreni Foglio n. 241 particelle 925,926, 453, hanno presentato un progetto di P.U.A.

La Superficie Catastale è pari a 2.860 mq, mentre la Superficie Fondiaria è pari a 2.590,5 mq di cui 1.178 mq a Verde di Mitigazione; le aree pubbliche destinate a parcheggio e standard hanno un'area complessiva di 269,50 mq; la permeabilità richiesta del 30% sulla Superficie Catastale è ampiamente soddisfatta dall'area verde destinata a standard (32,50 mq) e da quella destinata a Verde di Mitigazione (1.178 mq)¹.

Le opere d'arte previste dal progetto sono un parcheggio pubblico e due unità immobiliari che si sviluppano su due piani.

Essendo il fondo caratterizzato da due banche con relative balze, la realizzazione delle opere comporterà dei riporti per la realizzazione dei parcheggi pubblici e degli scavi per la realizzazione dei due fabbricati.

In accordo con quanto richiesto nell'Allegato A della D.g.r. n. 2948 del 06/10/2009 e tenuto conto che negli strumenti pianificatori (P.I.) è già stata verificata l'ammissibilità dell'intervento, si valuterà in relazione all'incremento del coefficiente di deflusso e alla conseguente variazione di permeabilità superficiale le opportune misure compensative volte a mantenere **costante** il coefficiente udometrico secondo il principio dell'"**invarianza idraulica**".

Per le misure compensative si fa riferimento al Volume C della valutazione di compatibilità idraulica del P.I. "Prontuario per la mitigazione ambientale".

¹ Emmestudio, settembre 2016, Accordo di pianificazione ex art.6 L.R.R. n°11 del 2004 ed art.155 comma 8 del Piano degli Interventi Scheda di Norma 219, Tavola nr. 10 "Relazione illustrativa - Allegato"

2.0 NORMATIVA

- D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009 “L. 3 agosto 1998, n. 267 – Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009”;
- Allegato A alla D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009 “Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative e indicazioni tecniche”;
- Norme Tecniche di Attuazione del P.A.T. comunale approvato con D.G.R.V. n. 4148 del 18/12/2007;
- Norme Tecniche Operative del P.I. comunale approvato con D.C.C. n. 91 del 23/12/2011;
- Norme Tecniche di Attuazione del P.T.A. regionale (art. 121, Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, “Norme in materia ambientale”).

3.0 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

3.1 Localizzazione

L'area oggetto d'intervento ricade a est della linea ferroviaria Verona - Brennero, tra gli abitati di Borgo Milano e Croce Bianca, in via Amendola nel comune di Verona ed è rappresentata nella Carta Tecnica Regionale nell'elemento n.123164 "San Massimo".

La localizzazione secondo il sistema di riferimento WGS84 è: Lat. 45.444603°- Long. 10.951650°.

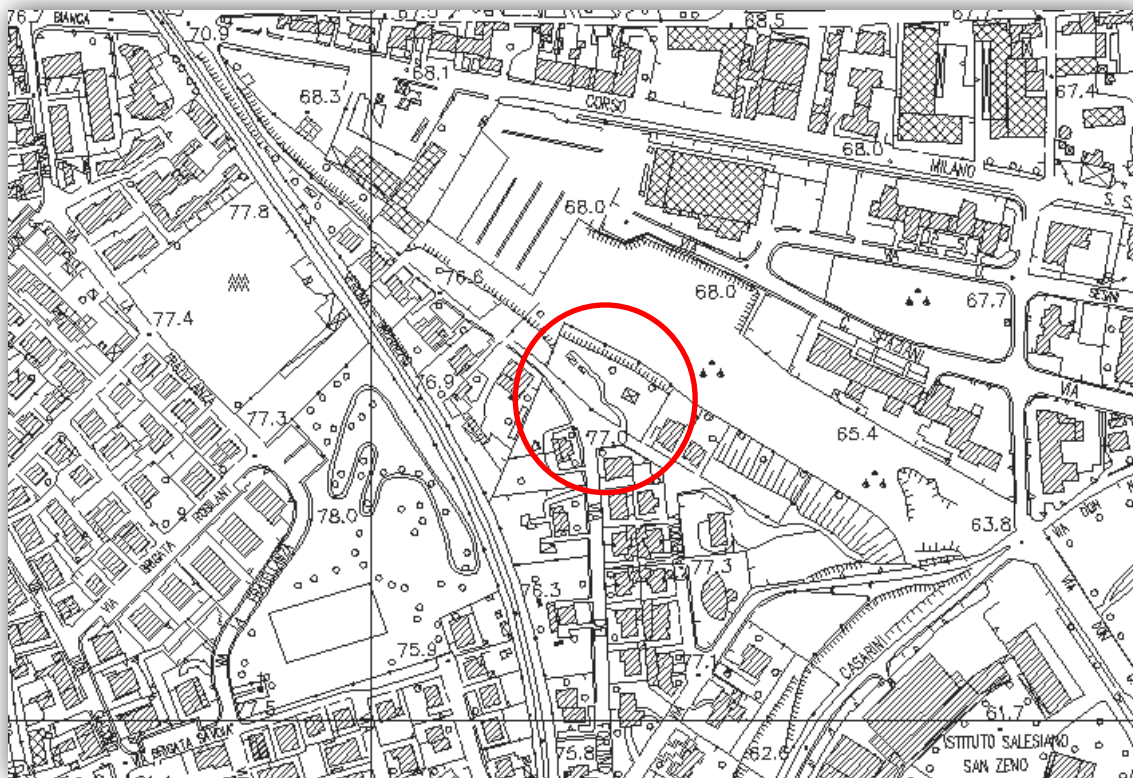


Figura 3-1: Stralcio della Carta Tecnica Regionale elemento n. 123164 "San Massimo" – scala 1:5.000

3.2 Geologia e geomorfologia

Il territorio del comune di Verona è costituito da una parte collinare e da una parte di pianura. L'area collinare è caratterizzata da una serie di dorsali a direzione meridiana intercalate da una serie di valli anch'esse dirette verso la pianura. Tutte le valli rappresentano il fenomeno del sovralluvionamento dovuto allo sbarramento del conoide rissiano dell'Adige che costituisce l'area di pianura.

I depositi alluvionali del conoide dell'Adige occupano la parte occidentale e meridionale del territorio comunale, a W e a S dell'orlo di terrazzo che si prolunga con continuità da Verona fino a Oppeano, con altezza decrescente dai 14 m a NW fino a circa 3 m a SE. Altri depositi della medesima unità, si trovano lungo una fascia addossata ai rilievi collinari delimitati a nord dai conoidi dei torrenti, lessinei e a sud da un evidente orlo di terrazzo, alto circa 10 m, che si estende da Verona Porta Vescovo fino al confine comunale. Una serie di terrazzi minori, spesso netti e a volte dolci, individua una rete di alvei abbandonati o sovradimensionati rispetto ai corsi d'acqua che attualmente vi scorrono. La direzione di questi elementi morfologici è variabile da N-S a NNE-SSE nella porzione occidentale dell'area, mentre nella porzione

orientale si hanno direzioni diverse anche E-W. Nel quadrante nord orientale vi sono dei dossi con pianta generalmente ellittica allungata in direzione WNW-EES con altezze di alcuni metri rispetto il p.c.

Tra le scarpate principali del conoide dell'Adige vi è il piano di divagazione dell'Adige che va progressivamente allargandosi a ventaglio verso SE, allontanandosi dalla "stretta" posta tra la chiesa delle Stimite e il Teatro Romano. Al suo interno vi sono aree caratterizzate da diverse forme morfologiche:

- aree a canali incrociati, terrazzate rispetto il piano di divagazione riscontrabili a Porto San Pancrazio, i Molini e Castiglione;
- aree a canali meandriformi che individuano ampi dossi con scarpate poco evidenti che circondano il lembo terrazzato di Castiglione, Cà Monga e Bassona di Sotto.

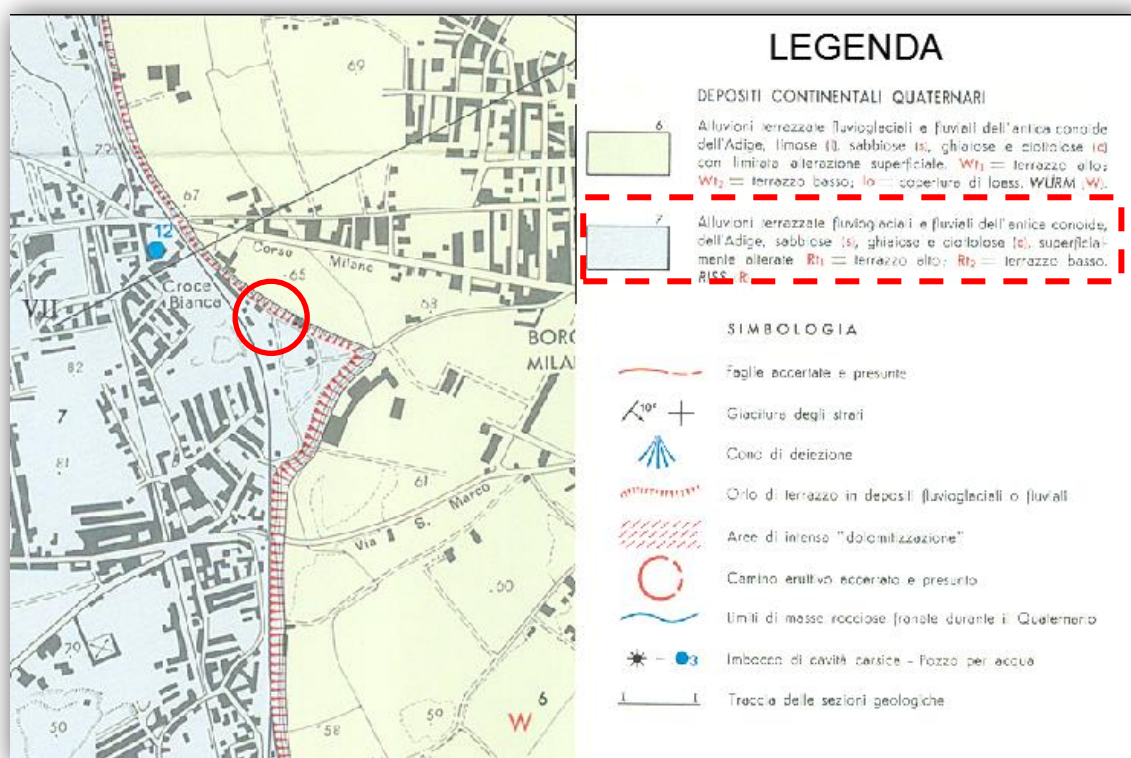


Figura 3-2: Stralcio della Carta Geologica del Comune di Verona scala 1:20.000 (Vittorio De Zanche, Lorenzo Sorbini - 1977)

Le litologie dominanti del conoide (fg^R) sono costituite da materiali grossolani, spesso stratificati a stratificazione parallela incrociata e alternati a lenti discontinue di sabbia. I ciottoli sono bene arrotondati e di origine poligenica, andando dai calcari ai porfidi atesini passando dal metamorfico.

Le litologie caratterizzanti il piano di divagazione sono di natura:

- ghiaiosa e corrispondono generalmente ad aree terrazzate o a isole fluviali nell'attuale alveo dell'Adige (fg^R);
- sabbiosa che orlano una fascia dell'ampiezza di circa un chilometro l'asta fluviale dell'Adige, costituendo la classe granulometrica principale di alluvioni deposte dal fiume nella sua fase più recente (a2);

- limosa poste all'interno di canali fluviali abbandonati o nelle aree più lontane dall'alveo attuale dell'Adige (fg^W);.

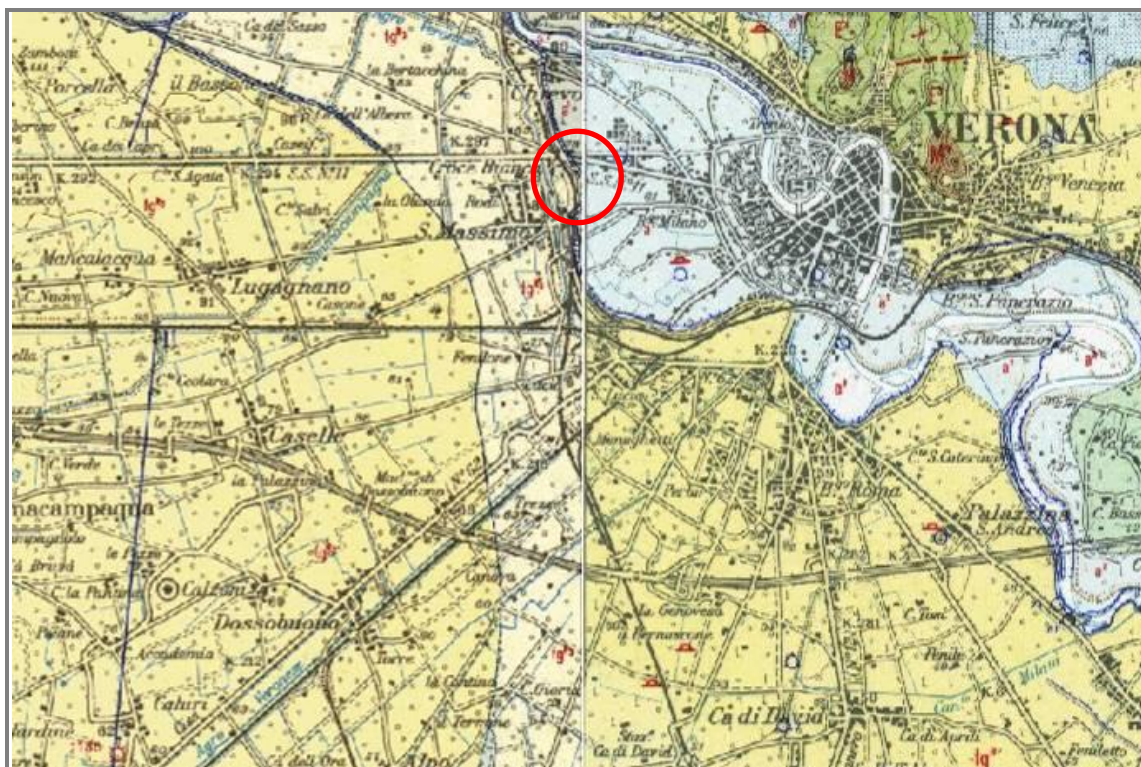


Figura 3-3: Stralcio della Carta Geologica d'Italia Fogli n. 48-49 scala 1:100.000

L'area oggetto d'intervento ricade a ridosso dall'alto terrazzo che rappresenta il limite con i depositi del piano di divagazione dell'Adige. Le litologie superficiali sono di natura alluvionale fluvio-glaciale a tessitura ghiaiosa sabbiosa con ciottoli.

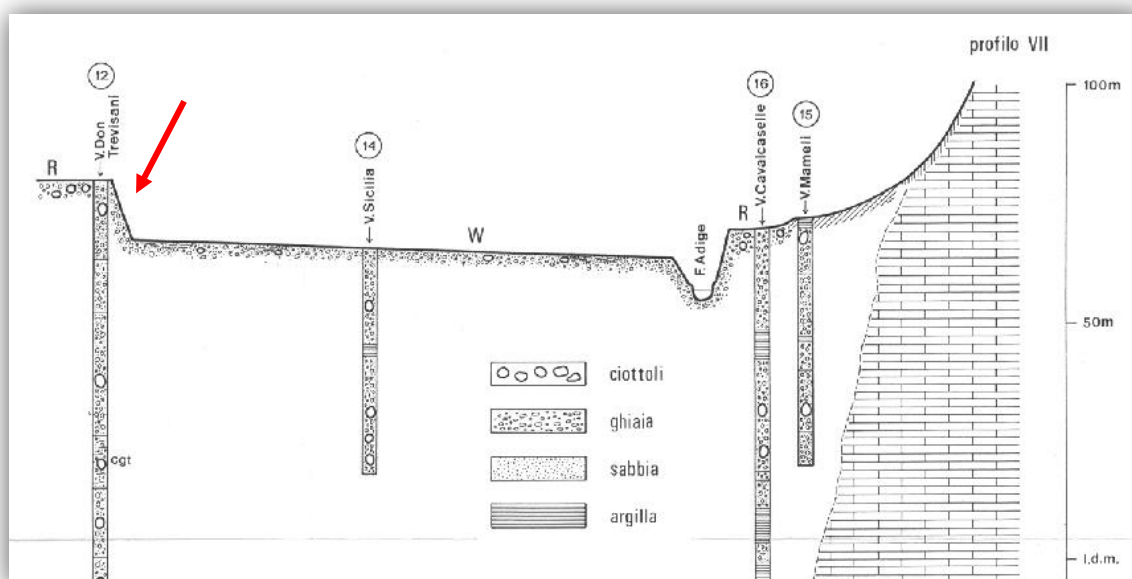


Figura 3-4: Stralcio profili geologici del territorio del comune di Verona (V. De Zanche, L. Sorbini)

Morfologicamente, il lotto di terreno si presenta terrazzato lungo la scarpata di terrazzo, che collega la conoide al piano di divagazione dell'Adige, di altezza circa 10 m e quote comprese tra i 77 m.s.l.m. della strada pubblica e i 67 m.s.l.m. del limite orientale di proprietà; Le banche hanno una larghezza di circa 15 m raccordate da scarpate di altezza compresa tra 3 e 5 m con inclinazione prossima ai 33° (pendenza 64 %).

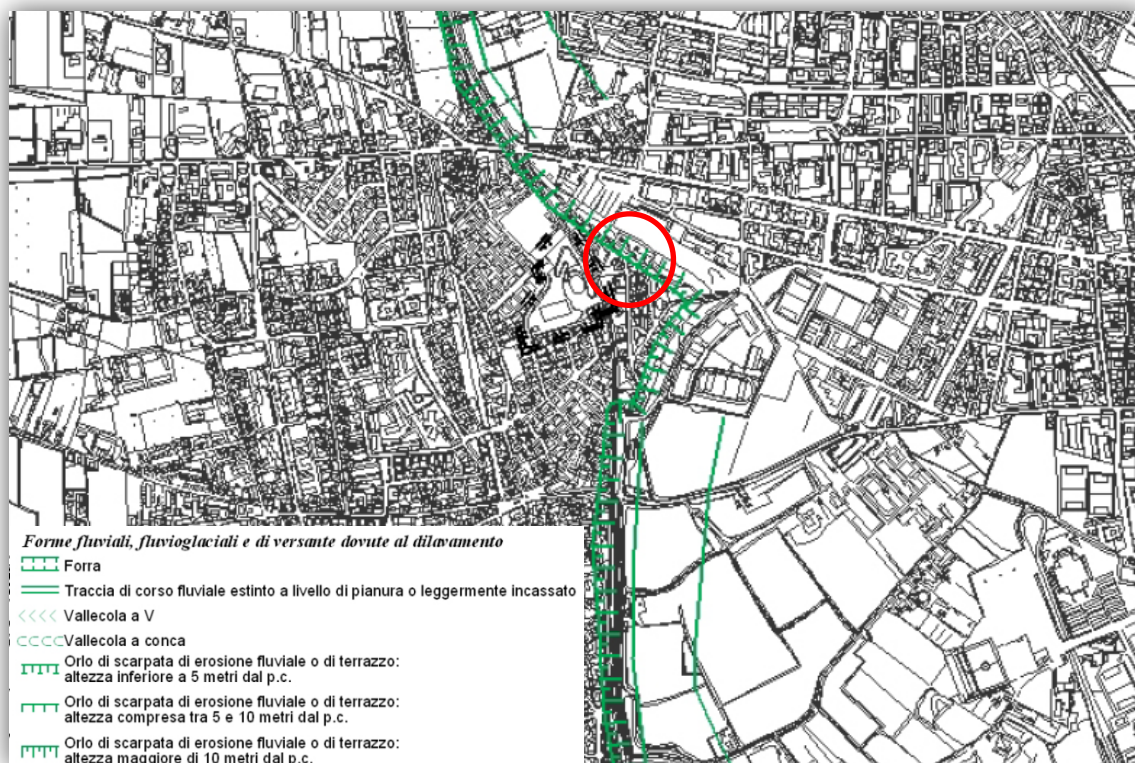


Figura 3-5: Stralcio Carta Geomorfologica del P.A.T. comunale (Tav. Q3)

3.3 Idrografia idrogeologia

Gli elementi idrografici principali sono il fiume Adige che scorre nel punto più vicino a circa 1,5 km a nord e il canale del Consorzio di Bonifica Alto Veronese (diramazione di San Giovanni) che scorre interrato a circa 400 m a ovest dall'area d'intervento.

Da un punto di vista idrogeologico il territorio comunale s'inserisce nella porzione dell'Alta Pianura Veronese a monte della fascia delle risorgive, dove le conoidi ghiaiose dotate di buona permeabilità si rastremano progressivamente con i depositi limoso argillosi e sabbiosi che caratterizzano la Bassa Pianura Veronese.

L'alimentazione del sistema idrogeologico è garantita dalle infiltrazioni di subalveo del fiume Adige, dalle acque provenienti dai massicci calcarei lessineo e baldense, dalle acque profonde del circuito idrotermale veronese, dalle infiltrazioni delle acque meteoriche e dalle infiltrazioni delle acque irrigue. L'asta dell'Adige distingue due aree a diversa alimentazione. La zona in destra idrografica alimentata principalmente dalle dispersioni dell'alveo fluviale con deflusso sotterraneo avente direzione da circa N-W a

S-E, dove il regime della falda freatica segue quello di tipo alpino dell'Adige, con innalzamento nei mesi estivi, in corrispondenza delle piene fluviali, e abbassamento del livello di falda durante i mesi invernali e primaverili, in corrispondenza delle magre. Il settore in sinistra idrografica invece, risente dell'alimentazione da parte di acque provenienti dai Lessini, con massimi primaverili, minimi in tarda estate e direzione di deflusso sotterraneo N-S.

L'entità dell'escursione freatica è dell'ordine di qualche metro nel settore occidentale, in vicinanza dell'alveo dell'Adige, e va riducendosi procedendo verso SE.

La presenza di livelli impermeabili in questo settore a differenza della parte meridionale della pianura veronese, non costituisce un sistema multifalda in quanto sono da considerarsi discontinui.

In prima analisi per la stima della quota di massima escursione della falda per l'area oggetto di intervento, si è consultata la *Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige* (vedi Figura 3-6), dove si desume che la quota di massima escursione della falda è di circa 52 m.s.l.m. con un escursione annua nell'ordine di qualche metro (*Rilevamenti freatimetrici dal 26 Agosto al 2 Settembre 1986*).

Si può pertanto dedurre che rispetto alla quota minima del p.c. di circa 67,0 m.s.l.m. (quota desunta dalla C.T.R.), posta sul limite orientale della proprietà, la minima soggiacenza della falda è di circa 15,0 m e che di conseguenza non vi è interferenza con le opere d'arte e le opere di dispersione delle acque meteoriche.

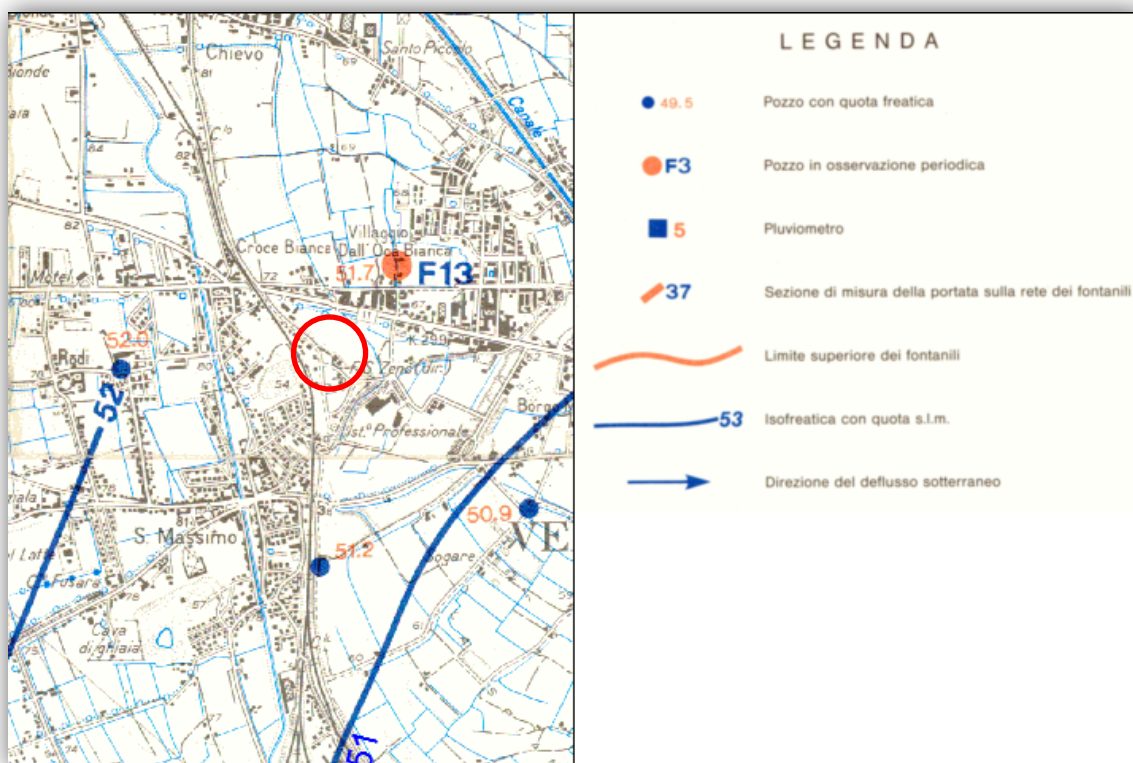


Figura 3-6: Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige scala 1.30.000 (Dal Prà A., De Rossi P., Siliotti A., Furlan F.)

Nelle vicinanze dell'area è segnalata la presenza di un pozzo acquedottistico a circa 350 m a NW e di alcuni pozzi freatici a circa 1 km sempre a NW (vedi Figura 3-7). Il piano urbanistico non interferisce con il limite di rispetto assoluto per le opere da presa (200 m) e si trova a valle idrogeologico rispetto l'andamento

della falda NW-SE.

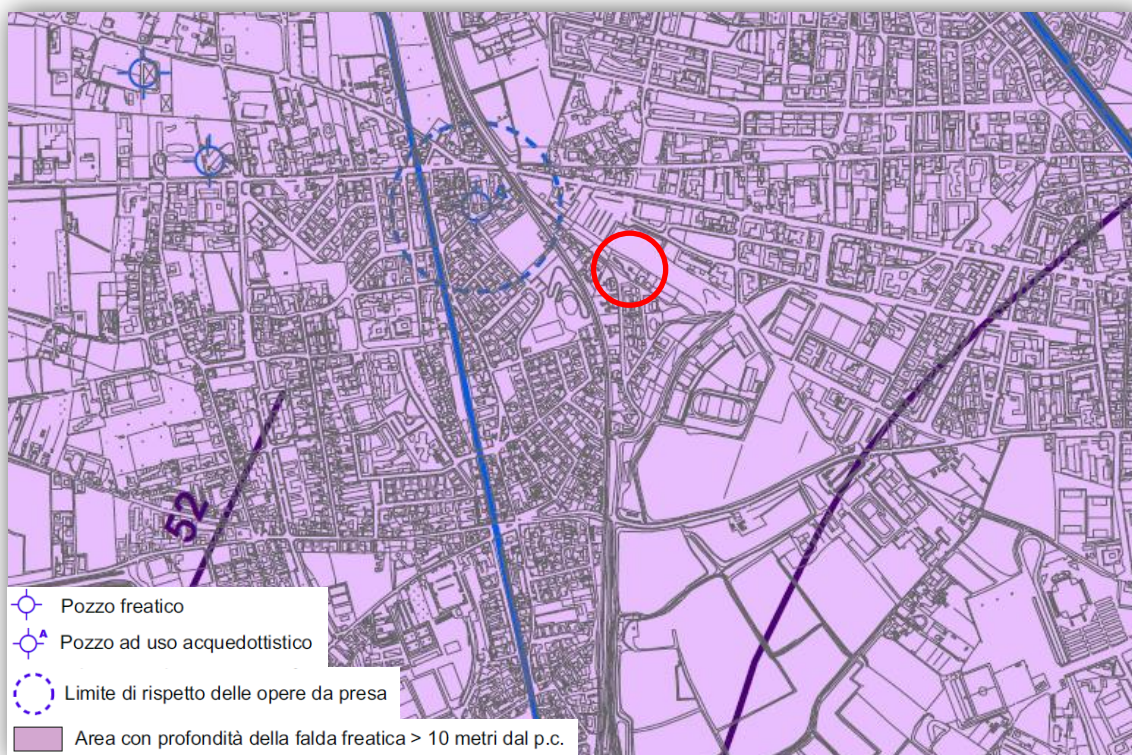


Figura 3-7: Stralcio Carta Idrogeologica del P.I. comunale (Tav. Q3)

Il lotto su cui intervenire non è interessato da Aree di Pericolosità Idraulica del fiume Adige (vedi Figura 3-8).

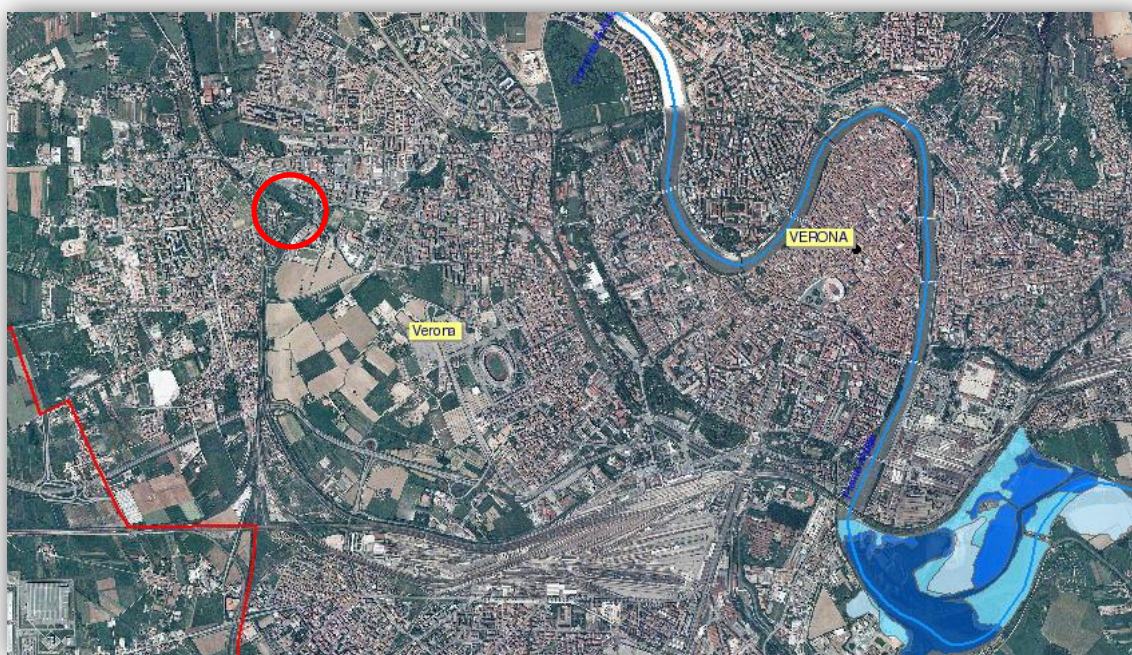


Figura 3-8: Aree di pericolosità idraulica dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige

Dalla Carta della Vulnerabilità Intrinseca della falda, risulta che l'area oggetto di intervento ha una

vulnerabilità intrinseca alta in ragione della: presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa; elevata permeabilità primaria; presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 metri dal piano campagna.

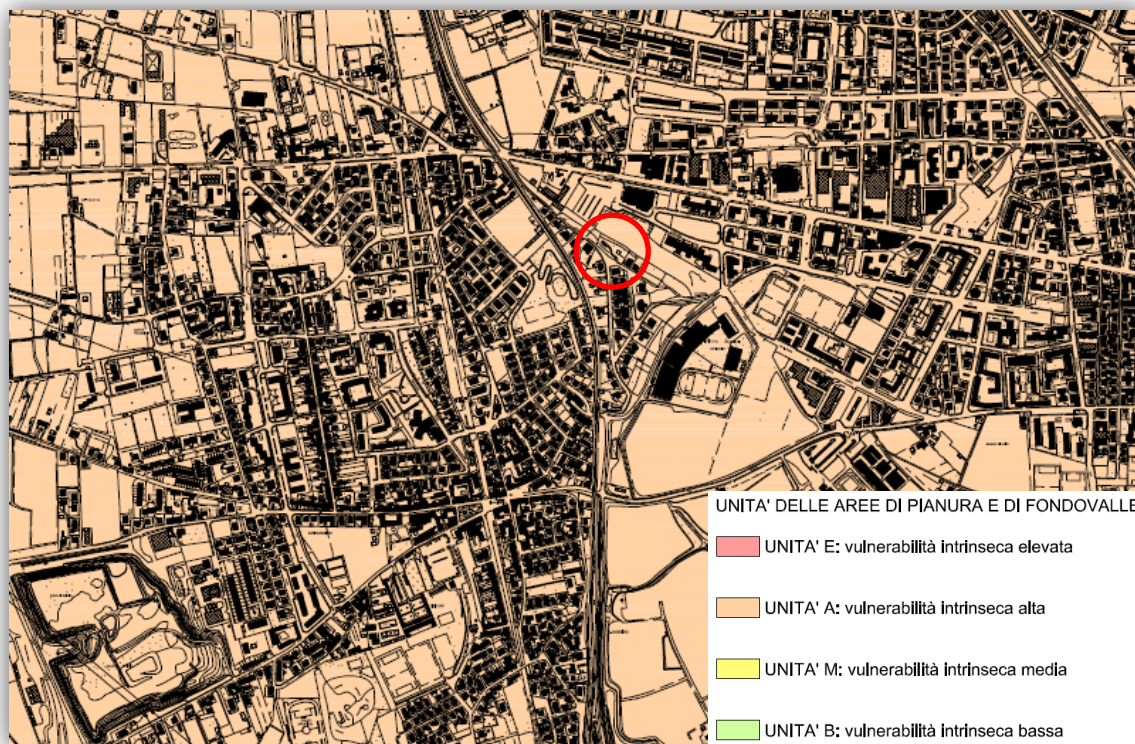


Figura 3-9: Stralcio della Carta della Vulnerabilità Intrinseca degli Acquiferi del P.I. comunale (Tav.Q3)

3.3.1 Permeabilità dei depositi naturali

La permeabilità dei depositi naturali superficiali, così come descritti in letteratura, può essere stimata nell'ordine del 10^{-2} cm/s: permeabilità buona, in ragione del fuso granulometrico.

TABELLA 3.2 - Campo di variabilità della permeabilità dei terreni.													
k (cm/sec)	10^0	10	1,0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Drenaggio	Buono						Ridotto	Praticamente nullo					
Tipo di terreno	Ghiaia pulita	Sabbie pulite, misto di ghiaie e sabbie pulite				Sabbie molto fini, limo organico ed inorganico, misti di sabbie, limi e argille ecc.			terreno «impermeabile» argille omogenee al di sotto della coltre d'alterazione atmosferica.				
						terreno «impermeabile» argille con modificazioni strutturali generate da vegetazione ed alterazione in sito							

Tabella 3-1: Campo di variabilità della permeabilità dei terreni (Cestelli Guidi)

Nella progettazione esecutiva delle opere di dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo, dovrà essere:

- **confermato il modello geologico del sottosuolo mediante l'esecuzione di trincee esplorative;**
- **verificata la permeabilità delle unità idrogeologiche mediante misure dirette in sito.**

4.0 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

4.1 Norme e Piani di riferimento

4.1.1 Delibere di Giunta Regionale

La D.G.R.V. n. 1322 del 10/05/2006 definisce le modalità di sviluppo degli studi di compatibilità idraulica e il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio: *“Per trasformazione del territorio a invarianza idraulica si intende la trasformazione di un’area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall’area stessa”*.

Nell'allegato A della D.G.R.V. n.2948 del 06/10/2009 *“Modalità operative e indicazioni tecniche”*, si riporta una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici: tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano differenti considerazioni in relazione all'effetto atteso dall'intervento.

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0,1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Essendo l'area sulla quale si va a operare di estensione complessiva pari a circa 2.860 mq, l'intervento comporta, secondo la precedente classificazione, **una modesta impermeabilizzazione potenziale**. In questo caso la delibera prevede 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 l'individuazione e dimensionamento delle misure compensative, l'allegato alla delibera consente:

1. *“In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica 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. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di re-immissione in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di vasche o condotte disperdenti posizionati negli strati superficiali del sottosuolo in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali. Tuttavia le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata”*;

2. *“Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, Il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 100 anni nei territori di collina e montagna e di 200 anni nei territori di pianura”;*
3. *“Qualora le condizioni del suolo lo consentano e nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione e/o scarico delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno”.*

4.1.2 Valutazione di compatibilità idraulica del P.I. comunale

Nel P.I., la valutazione di compatibilità idraulica delle singole manifestazioni d'interesse ha seguito il presente schema logico:

- Valutazione delle superfici dello stato di fatto dell'area oggetto di studio;
- Valutazione delle superfici dello stato di progetto dell'area oggetto di studio;
- Valutazione delle criticità geologiche, idrauliche, della vicinanza di corsi d'acqua o delle reti idriche per valutazione della idoneità idraulica all'intervento;
- Determinazione del volume d'invaso;
- Studio della fattibilità dei sistemi compensativi e mitigativi necessari al rispetto dell'invarianza idraulica in relazione alle diverse criticità geologiche e idrauliche.

Una volta calcolati i coefficienti di deflusso e i volumi d'invaso, i casi contemplati nel P.I. sono:

- CASO A - *coefficiente di deflusso finale < coefficiente di deflusso iniziale*, ovvero situazione di riqualificazione idraulica dove si chiede una asseverazione che attesti la non modifica e/o variazione significativa del regime idraulico;
- CASO B - *coefficiente di deflusso finale > coefficiente di deflusso iniziale con volume specifico invaso ottenuto < di quello previsto dal PAT (487,4 m³/ha)*, in tal caso, essendo che il volume specifico d'invaso ottenuto dal calcolo è inferiore a quello previsto dal Parere del Genio Civile relativo alla Compatibilità idraulica dal PAT, si chiede che venga assunto come volume minimo di invaso il volume calcolato con quest'ultimo valore - si lascia comunque la possibilità al progettista esecutivo dell'intervento di richiedere all'Ente competente di utilizzare un volume di invaso inferiore a quello riportato nel PI, rifacendosi al valore minimo riportato nell'allegato normativo del prontuario di mitigazione del P.I., dimostrando la coerenza con le prescrizioni della D.G.R.V. 2948/2009;
- CASO C - *coefficiente di deflusso finale > coefficiente di deflusso iniziale ma con volume specifico invaso ottenuto > di quello previsto dal PAT (487,4 m³/ha)*, in tal caso il volume specifico d'invaso ottenuto dal calcolo è superiore a quello previsto dal Parere del Genio Civile relativo alla Compatibilità idraulica dal PAT pari a 487,4 m³/ha, per cui deve essere assunto come volume minimo di invaso il volume più cautelativo.

4.2 Valutazione di massima piovosità

Per la determinazione delle precipitazioni massime al suolo si è fatto riferimento alla *Valutazione di Compatibilità idraulica del P.I. comunale (Volume A – Relazione generale)*: dove sono stati utilizzati criteri statistico-probabilistici che portano a definire i parametri delle curve di possibilità pluviometrica di progetto in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno.

I dati, delle diverse scansioni temporali impiegati, sono quelli dell'ufficio di telerilevamento e climatologia c/o A.R.P.A.V. – Centro Meteorologico di Teolo (PD), e nello specifico si sono utilizzati i valori per la centralina di Verona (VR) – Lat. 45° 26' N Long. 1° 28' W, desunti dagli annali del Magistrato alle Acque di Venezia per il periodo dal 1956 al 1996, limitatamente agli anni disponibili.

Dai dati, della suddetta stazione, sono state ricavate le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni (h) in funzione della loro durata (t) e del Tr_{50} dall'equazione della curva segnalatrice di possibilità climatica o pluviometrica che è espressa dalla seguente equazione:

$$h = a t^{n_i} \text{ [mm]}$$

con : a = variabile funzione del tempo di ritorno [mm/ora^{n_i}];

n = costante per un dato valore [-]

t [ore].

Stazione di VERONA				
Parametri regolarizzazione dati di precipitazione			legge di GUMBEL	
$P(x) = e^{-e^{-\alpha \cdot (x - \beta)}}$				
1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
N: 31	N: 31	N: 31	N: 31	N: 31
Media: 27.110	Media: 33.742	Media: 38.987	Media: 44.781	Media: 52.858
alfa: .100	alfa: .084	alfa: .080	alfa: .075	alfa: .072
beta: 21.713	beta: 27.374	beta: 32.261	beta: 37.611	beta: .419
Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2
Xt = 25.40	Xt = 31.72	Xt = 36.85	Xt = 42.50	Xt = 50.50
Parametri curva H = a*T**n : a = 9.086 n = .238 (T = minuti)				
Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5
Xt = 36.78	Xt = 45.16	Xt = 51.04	Xt = 57.63	Xt = 66.19
Parametri curva H = a*T**n : a = 14.696 n = .208 (T = minuti)				
Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10
Xt = 44.32	Xt = 54.05	Xt = 60.44	Xt = 67.65	Xt = 76.58
Parametri curva H = a*T**n : a = 18.560 n = .196 (T = minuti)				
Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25
Xt = 53.85	Xt = 65.29	Xt = 72.31	Xt = 80.30	Xt = 89.72
Parametri curva H = a*T**n : a = 23.545 n = .184 (T = minuti)				
Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50
Xt = 60.92	Xt = 73.63	Xt = 81.12	Xt = 89.69	Xt = 99.46
Parametri curva H = a*T**n : a = 27.296 n = .177 (T = minuti)				
Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100
Xt = 67.93	Xt = 81.91	Xt = 89.86	Xt = 99.01	Xt = 109.13
Parametri curva H = a*T**n : a = 31.051 n = .172 (T = minuti)				
Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200
Xt = 74.92	Xt = 90.16	Xt = 98.57	Xt = 108.30	Xt = 118.76
Parametri curva H = a*T**n : a = 34.817 n = .168 (T = minuti)				

Tabella 4-1: Parametri regolarizzazione dati di precipitazione della stazione di Verona

Per la stima delle portate massime di progetto, si fa riferimento ai parametri ottenuti dalla regolarizzazione statistica con T_R 50 anni, riferiti all'ora, del campione di dati misurati nella stazione di Verona:

- $a = 60,92$ mm/h;
- $n = 0,177$.

4.3 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Individuata l'intensità di precipitazione massima, si deve stimare quale frazione di essa viene raccolta dalla rete di collettori, frazione individuata dal coefficiente di deflusso ϕ .

Il coefficiente di deflusso è inteso come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definitivo intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso.

I due fattori principali che lo influenzano sono:

- il grado di impermeabilità della superficie scolante (coefficiente di impermeabilità ϕ_1);
- il tempo che impiega l'acqua di precipitazione ad arrivare dal punto più lontano idraulicamente al punto di arrivo considerato (coefficiente di ritardo Ψ) e quindi funzione della pendenza media e dell'estensione del bacino.

La D.G.R.V. n.2948/2009 propone i seguenti coefficienti deflusso riferiti a un'ora ($\Psi=1,0$).

Aree agricole	0,1
Aree verdi	0,2
Aree semipermeabili	0,6
Aree impermeabili	0,9

Tabella 4-2: Coefficienti di deflusso ϕ

Il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori di ϕ si ottiene con una media ponderale:

$$\phi = \sum \phi_i S_i / \sum S_i$$

Il P.U.A. prevede le seguenti ripartizioni di superficie²:

SUPERFICIE FONDIARIA		OPERE DI URBANIZZAZIONE (P2)	
UMI (impermeabile)	988,75	Parcheggi impermeabile	156,50
UMI (permeabile)	423,75	Parcheggio grigliato	54,00
Verde di mitigazione	1178,00	Marciapiedi	26,50
Verde		Verde	32,50
Totale:	2590,50	Totale:	269,50

Tabella 4-3: Ripartizione delle superfici

² Essemme Studio, settembre 2016, Accordo di pianificazione ex art.6 L.R.R. n°11 del 2004 ed art.155 comma 8 del Piano degli Interventi Scheda di Norma 219, Tavola nr. 7 "Progetto planivolumetrico"

Nella tabella seguente si riportano le aree delle destinazioni d'uso:

	Strade ed aree pavimentate impermeabili	Superfici coperte da edifici, piazzali, marciapiedi	Superfici a parcheggio pavimentato	Superfici a verde	Aree agricole	Altro (parcheggi con grigliati semipermeabili, strade in terra battuta)	Sup. totale
STATO DI FATTO	0	0	0	2860	0	0	2860
STATO DI PROGETTO		1015,25	156,5	1634,25		54	2860

4.3.1 Calcolo del coefficiente di deflusso per le opere di urbanizzazione

Il coefficiente di deflusso medio delle opere di urbanizzazione è stato calcolato considerando:

- aree di manovra del parcheggio, edifici, camminamenti e rampe di accesso alle U.M.I. impermeabili;
- parcheggi in grigliato semipermeabili;
- aree verdi permeabili.

Il coefficiente di deflusso ante operam preso a riferimento, pari a 0,28, è quello riportato nel Volume B della Valutazione di compatibilità idraulica del P.I. per la manifestazione d'interesse n. 219.

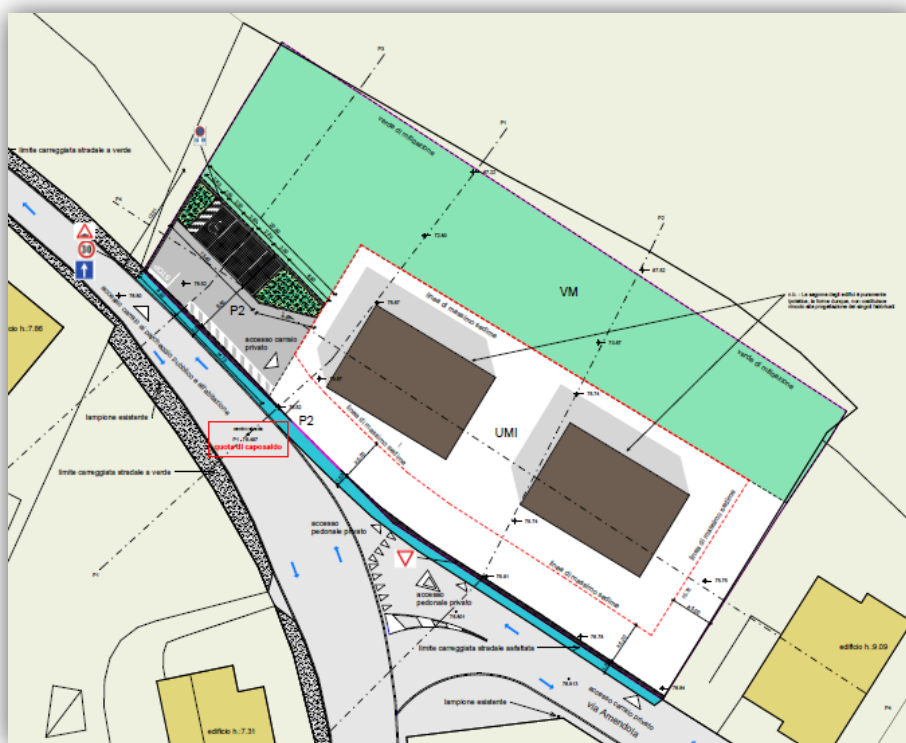


Figura 4-1: Suddivisione opere di urbanizzazione in destinazioni d'uso

Il coefficiente di deflusso medio, dato dalla media ponderale dei coefficienti assegnati per ciascuna destinazione, risulta pari a:

Destinazione d'uso	Superficie [ha]	Coefficiente di deflusso
Strade ed aree pavimentate impermeabili	0,0000	0,9
Superfici coperte da edifici, piazzali, marciapiedi	0,098875	0,9
Superfici a parcheggio pavimentato	0,000000	0,9
Superfici a verde	0,16018	0,2
Aree agricole	0,0000	0,1
Altro (parcheggi con grigliati semipermeabili, strade in terra battuta)	0,0000	0,6
TOT.	0,259050	
Coefficiente di deflusso medio		0,4672

Tabella 4-4: Assegnazione ϕ medio superficie fondiaria

Destinazione d'uso	Superficie [ha]	Coefficiente di deflusso
Strade ed aree pavimentate impermeabili	0,0000	0,9
Superfici coperte da edifici, piazzali, marciapiedi	0,00265	0,9
Superfici a parcheggio pavimentato	0,01565	0,9
Superfici a verde	0,00325	0,2
Aree agricole	0,0000	0,1
Altro (parcheggi con grigliati semipermeabili, strade in terra battuta)	0,0054	0,6
TOT.	0,02695	
Coefficiente di deflusso medio		0,7555

Tabella 4-5: Assegnazione ϕ medio opere di urbanizzazione

4.4 Metodo per la stima delle portate massime o di progetto

Tra i modelli di tipo analitico/concettuale - di trasformazione afflussi-deflussi - la D.G.R.V. fa riferimento a tre, che trovano ampia diffusione in ambito internazionale e nazionale:

- il *Metodo Razionale*, che rappresenta nel contesto italiano la formulazione sicuramente più utilizzata a livello operativo;
- il metodo Curve Numbers proposto dal Soil Conservation Service (SCS) americano [1972] ora Natural Resource Conservation Service (NRCS);
- il metodo dell'invaso.

L'Allegato alla D.G.R.V. consiglia di produrre stime delle portate con più metodi diversi e considerare ai fini delle decisioni i valori più cautelativi o comunque ritenuti appropriati dal progettista in base alle opportune considerazioni caso per caso.

Come riportato nella valutazione di compatibilità idraulica del P.I. e come rilevato dallo scrivente, nell'intorno dell'area non è presente una rete di smaltimento delle acque bianche, ma vi è solamente la rete fognaria delle acque nere³.

L'Ente preposto al rilascio del parere di compatibilità idraulica del presente P.U.A. è il Consorzio di Bonifica Veronese.

Nel calcolo del volume d'invaso di progetto si considera un coefficiente udometrico cautelativo pari a 5 l/s/ha, inferiore all'attuale.

4.4.1 Metodo razionale

Il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza a un evento pluviometrico di durata t si può esprimere:

$$V_{IN} = S * \phi * a * t^n$$

dove:

- ϕ coefficiente di afflusso;
- S superficie del bacino in mq;
- $a t^n$ curva di possibilità pluviometrica;

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo sarà:

$$V_{OUT} = S * u_{IMP} * t$$

dove:

- u_{IMP} coefficiente udometrico imposto allo scarico.

³ Geologo Cristiano Mastella, 2011. Valutazione di Compatibilità Idraulica. Volume B. pag. 173

Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

Si tratta ora di trovare la durata di pioggia t_{cr} che massimizza il volume invasato V_{max} derivando l'espressione precedente.

Quindi la condizione di massimo è così espressa:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

dove:

- Q_{IMP} portata imposta allo scarico.

E quindi il volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

$$V_{MAX} = S * \varphi * a * \left(\frac{Q_{IMP}}{S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} * \left(\frac{Q_{IMP}}{S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

4.4.2 Metodo dell'invaso

Il coefficiente udometrico " μ " è inteso come il contributo specifico per unità di superficie ed è stimato alla luce della portata massima e della superficie contribuente da urbanizzare.

Il metodo dell'invaso tratta il moto vario in modo semplificato assumendo come equazione del moto quella del moto uniforme e modella il processo con l'equazione dei serbatoi per simulare concettualmente l'effetto dell'invaso.

Brevemente nel seguito saranno richiamate le equazioni generali riferite al metodo dell'invaso in sistemi di reti chiuse e aperte assumendo che per una adeguata stima del coefficiente udometrico si deve ritenere che il tempo di riempimento dell'invaso sia pari alla durata utile dell'evento meteorico.

La trattazione teorica e lo sviluppo matematico per la derivazione delle suddette equazioni è estesamente approfondita è riportata in Da Deppo e Datei (2005)⁴ da cui sono tratte.

COEFFICIENTE UDOMETRICO - Sezioni idrauliche chiuse

$$u = \left(\frac{K_c}{\nu_0} \right)^{(1-n)/n} \quad \text{espresso in [l/s/ha]} \quad \text{(equazione A)}$$

⁴ FOGNATURE L. Da Deppo e C. Datei – Libreria Internazionale Cortina, Padova; quinta edizione (2005)

dove K_c :

$$K_c = \left(\frac{10 \cdot \varphi \cdot a}{\varepsilon \cdot 3,6^n} \right)^{1/(1-n)} \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}}$$

e dove:

- ν_0 = Volume specifico di invaso in rete o totale [m^3/ha];
- φ = coefficiente di deflusso medio per l'area contribuyente [-];
- ε = rapporto tra la portata meteorica in deflusso e la portata massima di riempimento del sistema, che per valori di n compresi tra 0,25 e 0,50 si può approssimativamente stimare con la seguente relazione: $\varepsilon = 3,94 - 8,21 \cdot n + 6,23 \cdot n^2$;
- a e n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica in cui a [mm/ora^n] e n [-].

COEFFICIENTE UDOMETRICO - Sezioni idrauliche aperte

$$u = 24 \cdot (26 \cdot \alpha + 66) \cdot n \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{\nu_0^{(1-n)/n}} \text{ espresso in [l/s/ha]}$$

con α maggiore di 1 (α = scala delle portate che per sezioni aperte può essere assunto pari a 1,5)
con $\alpha = 1$ come per i condotti chiusi;

$$u \approx 2000 \cdot n \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{\nu_0^{(1-n)/n}} \text{ espresso in [l/s/ha]} \quad \text{(equazione B)}$$

e dove:

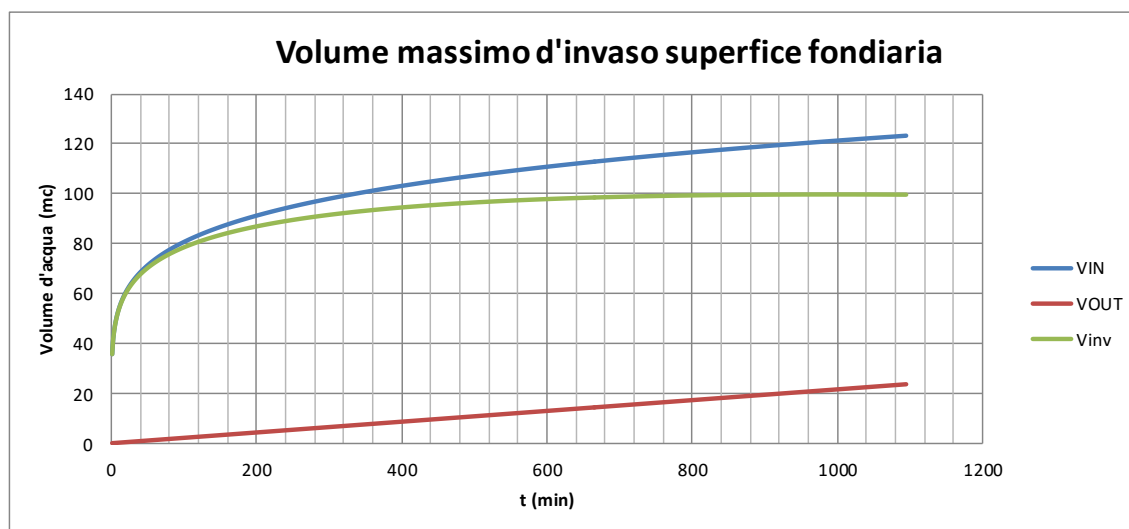
- ν_0 = Volume specifico di invaso in rete o totale [m^3/ha];
- φ = coefficiente di deflusso medio per l'area contribuyente [-];
- a e n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica in cui a [mm/ora^n] e n [-].

I suddetti volumi di invaso sono stati stimati con un foglio di calcolo predisposto dallo scrivente che implementa il suddetto metodo.

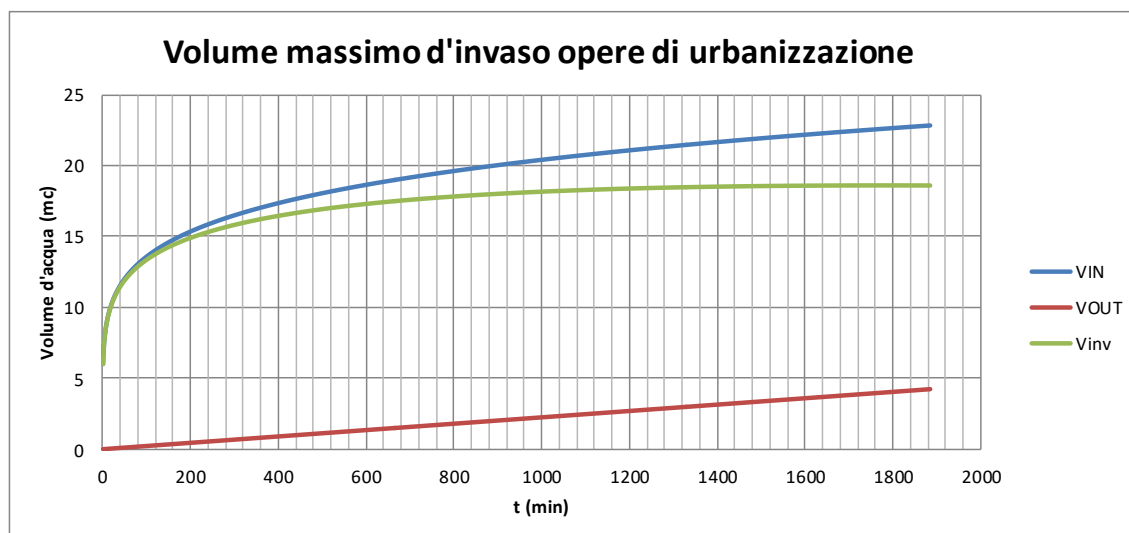
4.5 Stima delle portate di progetto e dei volumi di invaso

4.5.1 Metodo razionale

SUPERFICIE FONDIARIA		Q_{IMP} (l/s)	t_{cr} (h)	V_{IN} (mc)	V_{OUT} (mc)	V_{MAX} (mc)
ϕ	0,4672	1,30	16,6	121	21	100
S (m)	2590,5					
a (m/h)	0,06092					
n	0,177					
u (l/s/ha)	5					



OPERE DI URBANIZZAZIONE		Q_{IMP} (l/s)	t_{cr} (h)	V_{IN} (mc)	V_{OUT} (mc)	V_{MAX} (mc)
ϕ	0,7555	0,13	29,7	23	4	19
S (m)	269,5					
a (m/h)	0,06092					
n	0,177					
u (l/s/ha)	5					



4.5.1 Metodo dell'invaso

PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VERONA

SUPERFICE FONDIARIA

A.T.O. 3 - Manifestazione di interesse n. 219

PROGETTO

ϕ medio	0,46718	coefficiente di deflusso medio dell'area da urbanizzare
a (mm)	60,92	} curva di possibilità pluviometrica (Tr ₅₀)
n (-)	0,177	
ε	2,68201	
S	0,25905	ha superficie oggetto della variante (ettari)

u 5 l/s/ha *allo stato attuale*

Kc 470,863

a) Volume di invaso specifico di progetto come da stima

v ₀	333,096 m ³ /ha	Volume di invaso specifico per assicurare un coefficiente udometrico pari ad "u"
v ₀ /2	m ³ /ha	Volume di invaso in caso di possibilità di infiltrazione

☒ impossibilità di infiltrazione nel sottosuolo

☐ possibilità di infiltrare nel sottosuolo

b) Volume di invaso di progetto stimato a partire dai valori definiti al punto a)

V	86,2886 m ³	volume di invaso richiesto per la invarianza rispetto al valore "u"
V/2	m ³	volume di invaso con "u" stimato per possibilità a disperdere nel sottosuolo

VERIFICA volumi di progetto

V _i	90 m ³	invaso da progettare e realizzare	<i>imposto nel progetto</i>
v _p	347,423 m ³ /ha	invaso specifico reale sull'area in esame	<i>verificato</i>
u _a	4,11084 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione A)	<i>verificato</i>
u _a	3,98569 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione B)	<i>verificato</i>
v ₀ /v _p	1,04		<i>verificato</i>

PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VERONA

A.T.O. 3 - Manifestazione di interesse n. 219

PROGETTO

ϕ medio	0,75547	coefficiente di deflusso medio dell'area da urbanizzare
a (mm)	60,92	} curva di possibilità pluviometrica (Tr ₅₀)
n (-)	0,177	
ε	2,68201	
S	0,02695	ha superficie oggetto della variante (ettari)

u 5 l/s/ha *allo stato attuale*

Kc 844,352

a) Volume di invaso specifico di progetto come da stima

v ₀	597,308 m ³ /ha	Volume di invaso specifico per assicurare un coefficiente udometrico pari ad "u"
v ₀ /2	m ³ /ha	Volume di invaso in caso di possibilità di infiltrazione

☒ impossibilità di infiltrazione nel sottosuolo

☐ possibilità di infiltrare nel sottosuolo

b) Volume di invaso di progetto stimato a partire dai valori definiti al punto a)

V	16,0975 m ³	volume di invaso richiesto per la invarianza rispetto al valore "u"
V/2	m ³	volume di invaso con "u" stimato per possibilità a disperdere nel sottosuolo

VERIFICA volumi di progetto

V _i	17 m ³	invaso da progettare e realizzare	<i>imposto nel progetto</i>
v _p	630,798 m ³ /ha	invaso specifico reale sull'area in esame	<i>verificato</i>
u _a	3,87981 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione A)	<i>verificato</i>
u _a	3,76169 l/s/ha	coefficiente udometrico reale in uscita (equazione B)	<i>verificato</i>
v ₀ /v _p	1,06		<i>verificato</i>

4.5.2 Volume d'invaso di progetto

Dal confronto dei volumi d'invaso di progetto - calcolati con i due metodi proposti dalla D.G.R.V. 2948/2009 - il metodo più cautelativo tra i due, risulta essere quello razionale con un volume di 100 m^3 per la superficie fondiaria e 19 m^3 per le opere di urbanizzazione. Il volume d'invaso totale così calcolato (119 m^3), risulta essere inferiore a quello calcolato nella Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I. pari a 130 m^3 e a quello previsto dal Parere del Genio Civile relativo alla Compatibilità Idraulica dal P.A.T. pari a 140 m^3 (volume specifico d'invaso pari a $487,44 \text{ m}^3/\text{ha}$). La ragione di tali differenze è da ricondursi al coefficiente di deflusso adottato nelle presenti elaborazioni: inferiore a quello assunto nei precedenti studi in quanto si ha una maggiore superficie a verde rispetto a quella ipotizzata nella V.C.I.

I volumi così calcolati risultano, a parere dello scrivente, comunque sufficientemente cautelativi a garantire l'invarianza idraulica dell'area.

Superficie fondiaria	Sup. (mq)	Φ medio	μ (l/s/ha)	Metodo invasivo		Metodo razionale	
				V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)	V. specifico (mc/ha)	V. progetto (mc)
UMI (impermeabile)	988,75	0,4672	5	333	90	386	100
UMI (permeabile)	423,75						
Verde di mitigazione	1178,00						
Totale	2590,50						
Opere di urbanizzazione	Sup. (mq)						
Parcheggi impermeabile	156,50	0,7555	5	597	17	705	19
Parcheggio grigliato	54,00						
Marciaiedi	26,50						
Verde	32,50						
Totale	269,50						
Superficie totale	2860,00						

Tabella 4-6: Volumi invasivo specifici e di progetto

In relazione all'area destinata a parcheggio pubblico, l'art. 30 comma 3 del P.T.A. consente che: "[...] le acque meteoriche di dilavamento e le acque di lavaggio, convogliate in condotte separate, possono essere recapitate anche sul suolo fatto salvo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di nulla osta idraulico [...]"; inoltre all'art. 39 comma 5, si aggiunge che : "[...] laddove il recapito in corpo idrico superficiale o sul suolo non possa essere autorizzato dai competenti enti per la scarsa capacità dei recettori o non si renda convenientemente praticabile, il recapito potrà avvenire anche negli strati superficiali del sottosuolo, purché sia preceduto da un idoneo trattamento in continuo di sedimentazione e, se del caso, di disoleazione della acque ivi convogliate".

5.0 MISURE COMPENSATIVE

Per l'individuazione delle misure compensative atte a garantire l'invarianza idraulica, così come richiesto dalla D.G.R.V. 2948/2009, si fa riferimento al Volume C della Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I.: "Prontuario per la mitigazione ambientale".

Gli interventi di compensazione proposti si dividono in tre categorie:

- volumi d'invaso prevalente;
- sistemi di smaltimento delle acque nel sottosuolo;
- buone pratiche costruttive.

Gli interventi sono consentiti in dipendenza alle criticità geologiche e idrauliche che caratterizzano l'ambito oggetto d'interesse:

- l'area oggetto di manifestazione d'interesse ricade nelle aree ad alta vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza >5 m;
- come riportato nella valutazione di compatibilità idraulica del P.I.⁵, e come verificato dallo scrivente, nell'intorno dell'area non è presente una rete di smaltimento delle acque bianche, esiste solo una rete fognaria delle acque nere.

SITUAZIONI INDIVIDUATE	INVASI PREVALENTI			
	vasca laminazione (coperta)	sovradimensionamento delle condotte	bacino e fosso d'infiltrazione	bacino e fosso di ritenzione
Situazioni di interventi ricadenti in aree ad alta vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza > 5 metri;	X	X	X	
Situazioni di interventi ricadenti in aree ad elevata vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza < 5 metri in prossimità di risorgive;	X	X		X
Situazioni di interventi ricadenti in aree con litologie impermeabili/semipermeabili	X	X		X
Situazioni di interventi prossimi ad aree a moderata esondabilità	X	X		
Situazioni di interventi ricadenti in aree a deflusso difficoltoso	X	X		
Situazioni di interventi prossimi ad aree carsiche	X	X	X	
Situazioni di interventi prossimi ad aree di elevata pendenza	X	X		X

⁵ Geologo Cristiano Mastella, 2011. Valutazione di Compatibilità Idraulica. Volume B. pag. 173

SITUAZIONI INDIVIDUATE	SMALTIMENTO PREVALENTE			
	pozzi disperdenti	corso d'acqua	infiltrazione con trincee drenanti	rete acque bianche ¹
Situazioni di interventi ricadenti in aree ad alta vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza > 5 metri;	X²		X	X
Situazioni di interventi ricadenti in aree ad elevata vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza < 5 metri in prossimità di risorgive;	X³	X		X
Situazioni di interventi ricadenti in aree con litologie impermeabili/semipermeabili	X⁴	X		X
Situazioni di interventi prossimi ad aree a moderata esondabilità	X⁵	X		X

SITUAZIONI INDIVIDUATE	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE					
	innalzamento P.C.	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	caditoie drenanti	tetti verdi	parcheggi grigliati
Situazioni di interventi ricadenti in aree ad alta vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza > 5 metri;		X	X	X	X	X
Situazioni di interventi ricadenti in aree ad elevata vulnerabilità dipendente da elevata permeabilità e soggiacenza < 5 metri in prossimità di risorgive;	X	X	X		X	X
Situazioni di interventi ricadenti in aree con litologie impermeabili/semipermeabili		X	X		X	X
Situazioni di interventi prossimi ad aree a moderata esondabilità	X	X	X		X	X
Situazioni di interventi ricadenti in aree a deflusso difficoltoso	X	X	X		X	X
Situazioni di interventi prossimi ad aree carsiche		X	X		X	X
Situazioni di interventi prossimi ad aree di elevata pendenza				X		

Tabella 5-1: Interventi di mitigazione consentiti dal Volume C della valutazione di compatibilità idraulica del P.I. in relazione alla situazione locale

Gli interventi, consentiti dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.I.⁶, per la manifestazione d'interesse oggetto di studio sono:

N° repertorio	Superficie intervento (mq)	Volume invaso (metodo invaso) (mc)	Volume invaso da PAT (mc)	INVASO PREVALENTE			
				vasca laminazione	sovradimensionamento delle condotte	bacino di ritenzione	bacino e fosso d'infiltrazione (2)
219	2860,00	37,1	139,40	si	si	si	si
N° repertorio	Superficie intervento (mq)	SMALTIMENTO PREVALENTE					
		accumulo e smaltimento in pozzi disperdenti (2)	immissione in corso d'acqua (1)	accumulo e immissione in trincee drenanti (2)	immissione nella rete acque bianche (1) (3)		
219	2860,00	si	no	si	no		
N° repertorio	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE						
	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	smaltimento con caditoie drenanti (4)	tetti verdi	parcheggi grigliati		
219	si	si	si	si	si		

1) da richiedere autorizzazione all'Ente Gestore

2) verificare il rischio di contaminazione dei corpi idrici sotterranei

3) da verificare il rischio d'inquinamento dei corpi idrici superficiali

4) solo in zone con elevata permeabilità e alta soggiacenza e verificando il rischio d'inquinamento dei corpi idrici sotterranei

Per le acque meteoriche, provenienti dalla superficie fondiaria, si prevede di realizzare un bacino d'infiltrazione in funzione della buona permeabilità del sottosuolo e della buona soggiacenza della falda freatica (15 m dal p.c.).



Figura 5-1: Esempio di bacino d'infiltrazione

⁶ Geologo Cristiano Mastella, 2011. Valutazione di Compatibilità Idraulica. Volume B. pag. 176

Al fine, di favorire la dispersione delle acque nel sottosuolo, le acque provenienti dai tetti, dopo aver colmato la vasca di raccolta delle acque meteoriche (buona pratica costruttiva), saranno convogliate al bacino d'infiltrazione attraverso condotte perforate.

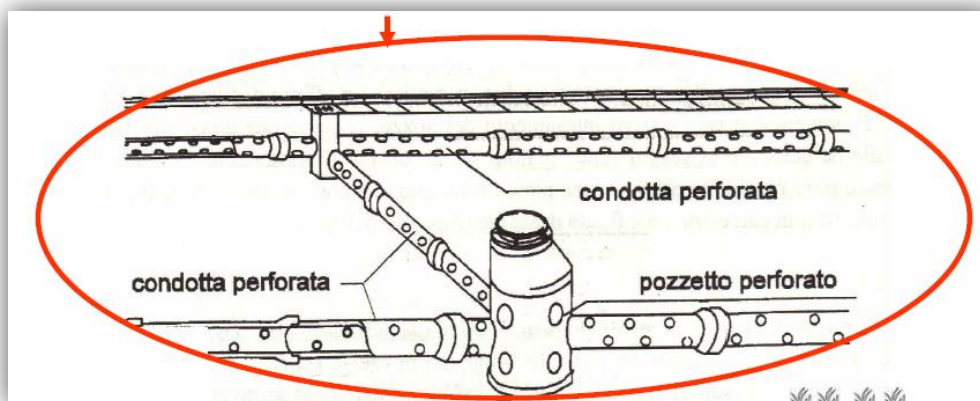


Figura 5-2: Esempio di condotte perforate

Le acque delle opere di urbanizzazione, gestite separatamente da quelle della superficie fondiaria, saranno captate da caditoie dotate di camera di sedimentazione e consegnate a pozzi disperdenti che avranno anche la funzione di volume d'invaso (19 m³).

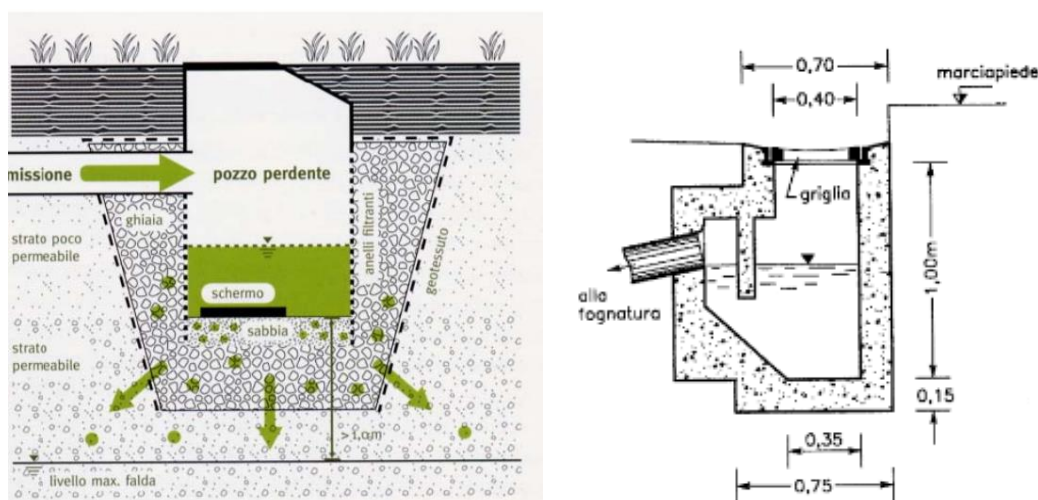


Figura 5-3: Esempio di pozzo dispersente e caditoia con camera di sedimentazione

Il dimensionamento dei pozzi disperdenti sarà definito nella fase di progettazione definitiva delle opere di urbanizzazione, attraverso la preliminare misura della permeabilità dei depositi con prove dirette in sito.

Come buona pratica costruttiva sono previste vasche di raccolta delle acque meteoriche nelle singole proprietà e l'impiego di pavimentazione di grigliato nei parcheggi.

6.0 DIMENSIONAMENTO OPERE COMPENSATIVE OPERE DI URBANIZZAZIONE

Il seguente dimensionamento delle opere compensative è stimato assumendo un valore di K da fonti bibliografiche (vedi cap. 3.3.1). Come richiesto dalla D.G.R.V. 2948/09, in fase di progettazione esecutiva delle opere compensative dovranno essere eseguite misure dirette della permeabilità del sottosuolo.

6.1 Infiltrazione da bacino

Per il calcolo della portata di dispersione del bacino di ritenzione e infiltrazione, si fa riferimento alla nota formula di Darcy della portata d'acqua in un mezzo poroso, considerando come area filtrante il fondo del bacino.

$$Q = K \cdot A \cdot H$$

dove:

- K è il coefficiente di infiltrazione
- A è l'area della sezione filtrante;
- H altezza del pelo libero dell'acqua.

Considerato che:

- il volume d'invaso di progetto è pari a 100 mc (100,000 l);
- il tempo assegnato per lo svuotamento del bacino per infiltrazione è di 48 ore (172.800 sec.);
- la permeabilità stimata nei depositi è di 10^{-4} m/s;

abbiamo che la portata Q di infiltrazione minima, per lo svuotamento del bacino, deve essere di almeno 0,6 l/s.

La portata Q di infiltrazione è proporzionale alla permeabilità K e inversamente proporzionale al gradiente (H): ovvero la superficie minima per garantire lo svuotamento del bacino in 48 ore, aumenta al diminuire del gradiente H.

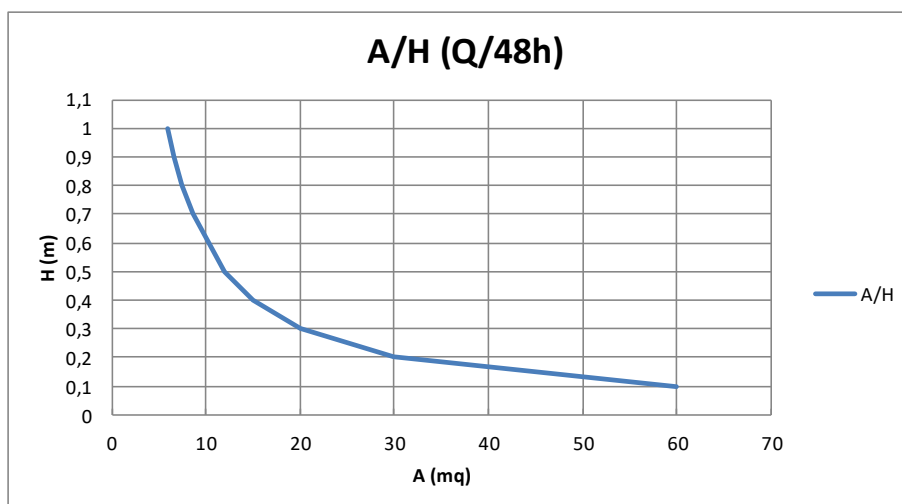


Figura 6-1: Diagramma del rapporto tra la superficie infiltrante e il gradiente idraulico per $Q=0,6$ l/s (48 ore)

Dal calcolo, si osserva come una superficie filtrante di 60 mq con un gradiente di 10 cm sia sufficiente a garantire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo nell'arco di 48 ore.

Inoltre, secondo il principio della massima precauzione, consideriamo che il sistema abbia un rendimento del 70% - volendo tenere conto della formazione, nel tempo, di sedimento sul fondo con conseguente diminuzione della permeabilità - e assumiamo una superficie di filtrazione di minima di 85 mq.

6.2 Infiltrazione da pozzi

Per il calcolo della portata dispersa da un pozzo in un mezzo impermeabile, si ipotizza un moto a simmetria radiale, con una forma libera di forma incognita che immerga in modo sostanzialmente verticale verso una falda profonda.

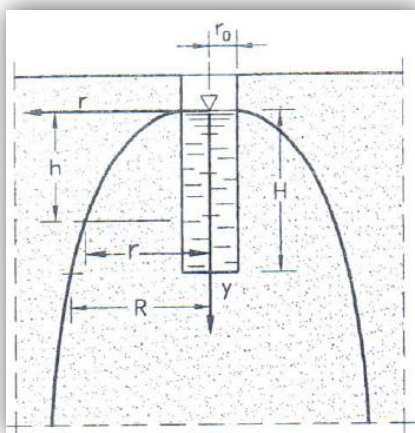


Figura 6-2: Schema moto infiltrazione pozzo disperdente con falda profonda

La portata Q è data dalla relazione:

$$Q = C \cdot K \cdot r_0 \cdot H$$

dove:

C è una costante

K è il coefficiente di infiltrazione;

r_0 è il raggio del pozzo

H è l'altezza del pelo d'acqua nel pozzo.

Il coefficiente C è calcolato come segue:

$$C = 2\pi \cdot \frac{H}{r_0} / \ln \frac{R}{r_0}$$

dove:

$$\frac{R}{r_0} = 3.828 \cdot \left(\sqrt{1 + H/r_0} - 1 \right)$$

Le opere di urbanizzazione (parcheggio P2) sono poste a circa 4 m di altezza rispetto l'area verde: il terrazzamento è realizzato con un muro di contenimento⁷. L'ubicazione dei pozzi dovrà essere posta sufficientemente lontana dal muro: così che il raggio di influenza dell'infiltrazione non interferisca con le opere e il suolo di fondazione. Il tratto filtrante del pozzo dovrà essere posto a una quota inferiore di quella del piano di fondazione del muro.

Ipotizzando, un pozzo di raggio 1,5 m (r_0) e all'altezza totale di 6 m - di cui tratto il filtrante è di 2 m (H) - otteniamo una portata di dispersione di 3,6 l/s: sufficiente a coprire la portata imposta allo scarico di $Q_{IMP}=0,13$ l/s ($u_{IMP}=5$ l/s/ha).

Il volume del pozzo, considerando un franco di 1 m dal p.c. (altezza 5 m), è di 35 m³: sufficiente a contenere il volume d'invaso di progetto (19 m³).

⁷ Essemme Studio, settembre 2016, Accordo di pianificazione ex art.6 L.R.R. n°11 del 2004 ed art.155 comma 8 del Piano degli Interventi Scheda di Norma 219. Tavola nr. 9A "Schema delle opere urbanizzazione rete acquedotto, rete gas, rete elettrica, sezioni stradali, progetto del verde"