

Comune di VERONA

Provincia di VERONA

P.U.A. - PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

ART.19 L.R.11/2004, ART.12 DELLE NTO DEL P.I.

PER LA REALIZZAZIONE DI UN COMPLESSO IMMOBILIARE AD USO
RESIDENZIALE SITO IN VIA DOLOMITI, ALL'INTERNO DELLA ATO 6,
SCHEDA NORMA 454,
DI PROPRIETA' DEL SIG. FURIA GEOM. CLAUDIO.

Richiedente: Sig. FURIA geom. CLAUDIO

**TAVOLA
6/c**

TITOLO:

STUDIO DI
COMPATIBILITA' IDRAULICA

~~DADO~~ PRESENTAZIONE PUA:

20/06/14

STATO DI PROGETTO

STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI

Regione Veneto - Provincia di Verona

COMUNE DI VERONA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
IDENTIFICATO DALLA SCHEDA NORMA 454
IN VIA DOLOMITI A VERONA**

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA
(ai sensi delle D.G.R. n. 1322/2006 e n. 2948/2009)

**STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI**

GEOLOGIA E INGEGNERIA
DELL'AMBIENTE E DEL
TERRITORIO

Dott. Geol. Enrico Nucci
Dott. Ing. Alessia Canteri
Dott. Geol. Lorena Benedetti
Dott. Geol. Alberto Cò

Via Leida 4 - 37135 Verona
Tel: 045 952072 - Fax: 0458646464
info@studionuccieassociati.com
Cod.Fisc. e P.IVA 03628610234
www.studionuccieassociati.com

Dott. Ing. Alessia Canteri



Committente:
SIG. FURIA GEOM. CLAUDIO

redatto: AC / corretto: CO' / approvato: AC

Cod. Rif. SA14022

Data: 20/06/2014

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	5
4	INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO	7
5	CARATTERISTICHE DEI LUOGHI.....	8
5.1	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE	8
5.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROGRAFICHE ED IDRAULICHE.....	11
6	ANALISI PROGRAMMATICA	13
7	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO.....	14
7.1	ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE.....	14
7.2	ANALISI IDROLOGICA	15
7.3	ANALISI DELLA CRITICITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO E STIMA DELLE PORTATE DI DEFLUSSO.....	17
8	PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	19
	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	23

ALLEGATI AL TESTO

ALLEGATO 1:	COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000
ALLEGATO 2:	PROVA DI PERMEABILITA'
ALLEGATO 3:	TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE

Codice di Rif.: SA14022

Verona, 20 Giugno 2014

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto per la realizzazione di un piano urbanistico attuativo identificato dalla scheda norma n.454 in via Dolomiti all'interno del territorio comunale di Verona, viene redatto il presente studio in conformità a quanto indicato dalla Delibera della Giunta Regionale 13 dicembre 2002 n. 3637 successivamente integrata e aggiornata dalla Delibera Regionale n. 1322 del 10 maggio 2006, poi modificata dalla D.G.R. n. 2948 del 6 ottobre 2009, la quale prevede che *per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti, generali o parziali o che, comunque, possano recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente, sia presentata una "Valutazione di compatibilità idraulica"*.

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

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

Le valutazioni idrauliche di seguito riportate sono state ponderate, oltre che sulla base di quanto indicato dalla normativa di riferimento, anche tenendo conto delle indicazioni e prescrizioni a carattere idraulico contenute nel P.A.T. e nel P.I. del Comune di Verona.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

Legge 179 31.07.2002

Disposizioni in materia ambientale.

D.G.R.V. 13.12.2002 n° 3637

Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.

D.Lgs. 03.04.2006 n° 152 e s.m.i.

Norme in materia ambientale.

D.G.R.V. 10.05.2006 n° 1322

Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici.

Allegato A alla D.G.R.V. 10.05.2006 n° 1322

Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.

D.G.R.V. 24.07.2007 n° 2267

Piano di Tutela delle Acque. Approvazione delle norme di salvaguardia.

D.G.R.V. 06.10.2009 n° 2948

Legge 3 Agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007, in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009.

Allegato A alla D.G.R.V. 06.10.2009 n° 2948

Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche.

D.G.R.V. 05.11.2009 n° 107

Piano di tutela delle acque (P.T.A.). Norme per il governo del territorio.

D.G.R.V. 27/01/2011 n° 80

Norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque - Linee guida applicative.

D.G.R.V. 15/05/2012 n° 842

Modifica e approvazione del testo integrato delle norme tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque.

D.G.R.V. 28/08/2012 n° 1770

Piano di Tutela delle Acque. Precisazioni.

P.I. Comune di Verona – N.T.O. - Approvato con D.C.C. n°91 del 23.12.2011

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un Piano Urbanistico Attuativo in località San Michele Extra, nella porzione orientale del territorio comunale di Verona, collegato alla Scheda Norma 454 del Piano degli Interventi comunale approvato con Delibera del C.C. n. 91 del 23/12/2011.

All'interno delle aree di competenza del Piano Urbanistico Attuativo, caratterizzato sulla scheda da una superficie di 6.087,35 m², è prevista la realizzazione di un complesso residenziale, costituito da sette fabbricati indipendenti e dalle opere di urbanizzazione primaria correlate (viabilità perimetrale, parcheggi e servizi pubblici e di interesse collettivo). È inoltre prevista la realizzazione di due tunnel carrabili per l'accesso ai piani interrati degli edifici. Lungo la fascia più occidentale del lotto, a ridosso di Via Monte Rosa, si prevede la realizzazione di un parcheggio e di due aree adibite a verde pubblico.

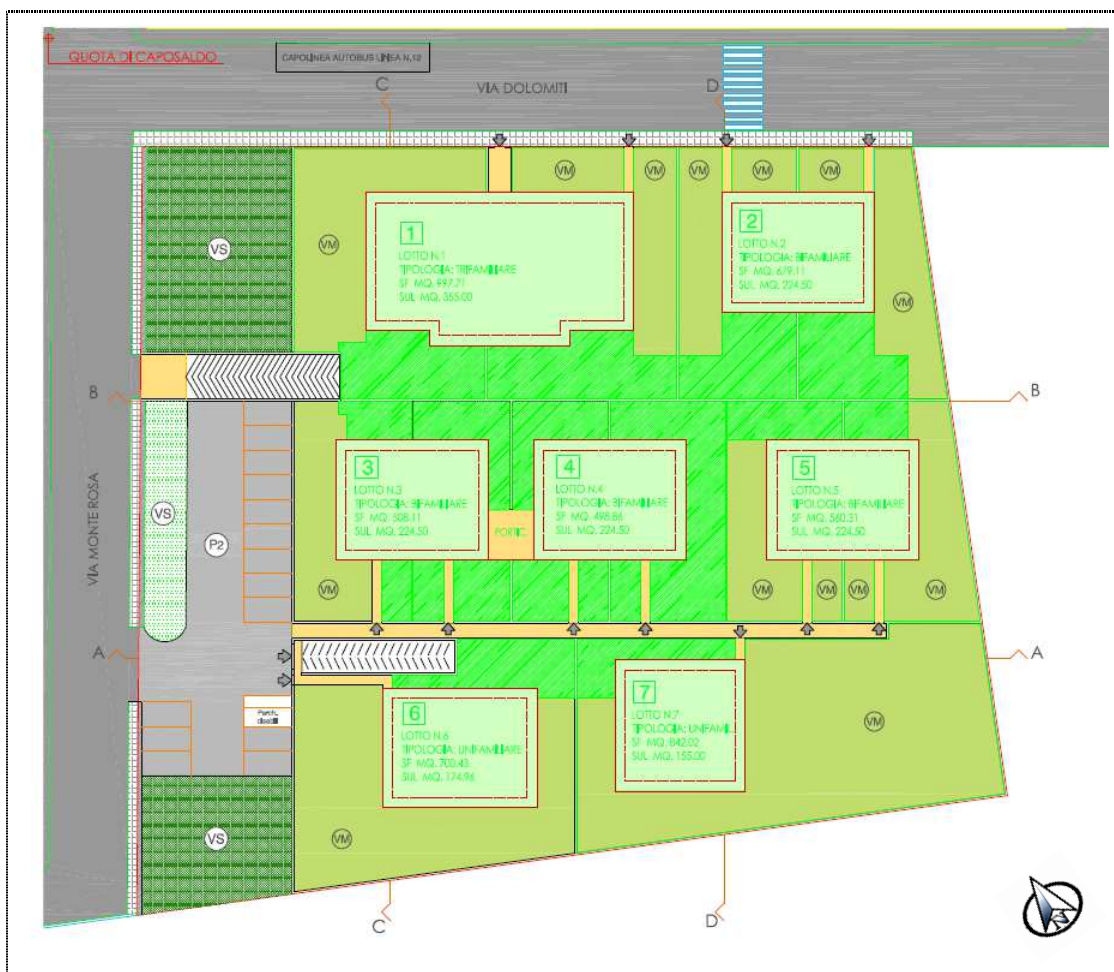


Fig. 1. Estratto planimetrico del Piano Urbanistico Attuativo in progetto.

Allo stato attuale, come si evince dalla figura seguente, il piano campagna all'interno del lotto di interesse progettuale si colloca in posizione depressa di circa $2,5 \div 3,0$ m rispetto ai circostanti piani viabili, che si trovano ad una quota di circa 56 m s.l.m..



Fig. 2. Vista della porzione occidentale del lotto di interesse progettuale, in direzione Nord. È possibile notare la differenza di quota fra il piano campagna del sito in esame e le superfici urbanizzate circostanti.

In tal senso, si prevede di attuare un intervento di riempimento, elevando il piano di campagna del lotto di circa 3,0 m, al fine di uniformarlo al piano strada. Si precisa fin d'ora che il materiale adottato per il riempimento dovrà essere caratterizzato da buone proprietà geotecniche e di permeabilità, al fine di garantire un adeguato drenaggio evitando l'insorgere di fenomeni di ristagno idrico o di sovrappressioni idrauliche a tergo dei manufatti interrati.

Tutto ciò premesso si precisa inoltre che il progetto prevede la realizzazione di un piano interrato. Il piano di posa delle fondazioni risulterà pertanto ubicato all'interno dei depositi in giacitura naturale dettagliatamente descritti e parametrizzati dal punto di vista geotecnico nella Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica e di seguito sinteticamente caratterizzati.

4 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Il sito di interesse progettuale è ubicato nella zona periferica orientale di Verona, ai margini del quartiere di San Michele Extra. L'area oggetto di intervento, di forma quadrangolare, sorge in corrispondenza dell'intersezione tra Via Dolomiti (a Nord del lotto di interesse) e via Monte Rosa (a Ovest), circa 200 m a Sud della S.R. 11. Attualmente non edificato, il sito di progetto è caratterizzato da una morfologia pianeggiante e risulta ubicato ad una quota altimetrica di riferimento di 53,0 m s.l.m..



Fig. 3. Inquadramento geografico (in alto) e foto aerea del lotto di studio (sopra).

Per una precisa ubicazione dell'area oggetto di intervento si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale del Veneto in scala 1:5.000, Elemento n° 124131 ("Verona San Michele"), di cui si allega un estratto in calce al presente elaborato (v. ALLEGATO 1).

5 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

5.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE

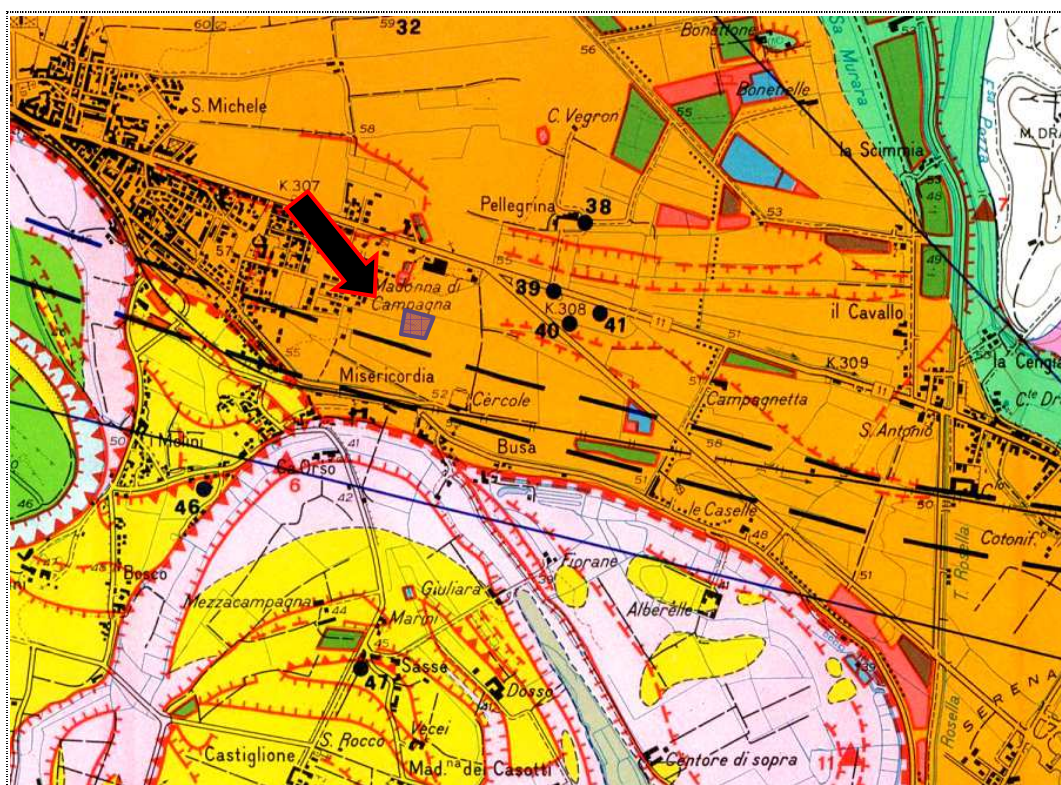


Fig. 4. Estratto dalla "Carta geomorfologica di una porzione della pianura a sud est di Verona" in scala 1:25.000 - Museo Civico di Storia Naturale di Verona (1984).

LEGENDA

Piano di divagazione dell'Adige



Alluvioni prevalentemente ghiaiose del piano di divagazione dell'Adige.



Alluvioni prevalentemente limose del piano di divagazione dell'Adige.



Alluvioni prevalentemente sabbiose del piano di divagazione dell'Adige.

Conoide dell'Adige



Alluvioni prevalentemente ghiaiose del conoide dell'Adige.



Orlo di terrazzo tra il conoide e il piano di divagazione dell'Adige: altezza maggiore di 3 m, minore di 3 m, poco evidente.



Orlo di terrazzo e limite di dosso di altezza inferiore a 3 m.



Orlo di terrazzo e limite di dosso poco evidente.



Fascia di deformazione presunta.



Ubicazione di stratigrafia.

Con specifico riferimento alla porzione di territorio in esame e all'estratto cartografico di fig. 4 (ricavato dalla *"Carta geomorfologica di una porzione della pianura a sud est di Verona"* in scala 1:25.000), la porzione di territorio in esame risulta caratterizzata da una morfologia pianeggiante ove gran parte delle evidenze morfologiche sono riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), benché tali segni risultino spesso celati dalla sempre crescente urbanizzazione del territorio.

L'agente morfogenetico principale è rappresentato dal fiume Adige con il suo grande conoide ed il suo piano di divagazione, scavato e terrazzato, all'interno del conoide stesso. L'ambito dell'Antico conoide e quello del Piano di divagazione sono separati da una scarpata morfologica la cui altezza nella porzione di territorio in studio supera i 3,0 m.

Con riferimento alla figura precedente, l'area oggetto di studio risulta caratterizzata dai depositi grossolani delle *alluvioni prevalentemente ghiaiose del conoide dell'Adige*, rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità da piano campagna, con occasionali e discontinue lenti argillose.

Nel dettaglio, il potente materasso alluvionale di natura prevalentemente granulare (ghiaia ciottolosa e sabbiosa) che caratterizza il sottosuolo, pur contrassegnato da una sostanziale omogeneità compositiva, presenta un certo grado di stratificazione indotto dalla diversa granulometria dei depositi, dalla presenza di sporadiche lenti sabbiose e di intercalazioni di spessore anche plurimetrico e comportamento coesivo ad interrompere la continuità dei depositi ghiaiosi. Trattasi nello specifico di orizzonti di natura argillosa (localmente torbosa) di spessore metrico, generalmente presenti a partire da una profondità minima da piano campagna di 12,0 m ca.

Il modello litostratigrafico locale è stato ricostruito attraverso l'esecuzione di nr. 03 trincee esplorative distribuite in modo da caratterizzare tutta l'area coinvolta dal Piano Urbanistico Attuativo. Spinte ad una profondità massima di 3,10 m da piano campagna hanno permesso di ricostruire puntualmente la successione stratigrafica del primo sottosuolo.

Coerentemente con quanto riportato in bibliografia, le indagini hanno confermato la presenza di un primo sottosuolo caratterizzato da sedimenti prevalentemente grossolani con ghiaia ciottolosa in matrice da limosa a sabbiosa con la profondità, presenti in giacitura naturale al di sotto di un primo strato da decimetrico a metrico di terreno vegetale (v. fig. 5).



Fig. 5. Modello stratigrafico "tipo" evidenziato sul fronte di una delle trincee eseguite.

Alla luce delle evidenze litologiche emerse in fase di indagine, è possibile schematizzare il primo sottosuolo locale attraverso il seguente modello litostratigrafico:

UNITÀ	LITOLOGIA
Tv	TERRENO VEGETALE: limo da sabbioso ad argilloso debolmente sabbioso, con rara ghiaia e resti di apparati radicali.
GL	GHIAIA LIMOSA: terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia ciottolosa in matrice limosa debolmente sabbiosa di colore da bruno – rossastro a marrone.
Gs	GHIAIA SABBIOSA: terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa di colore grigio – nocciola.

5.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROGRAFICHE ED IDRAULICHE

I depositi ghiaioso - sabbiosi che costituiscono il sottosuolo dell'Alta Pianura e quindi del sito di interesse progettuale, rappresentano un importante acquifero freatico, che ospita una falda di elevata potenzialità la cui tavola d'acqua si trova a profondità variabile dal piano campagna in ragione della topografia dei luoghi e del gradiente della falda stessa; in linea generale la profondità della falda diminuisce da Nord verso la porzione Sud - orientale della città.

In corrispondenza dell'area di studio si individua un generale deflusso sotterraneo locale da Nord verso Sud con gradiente idraulico valutabile in un 3‰ ca.. Con specifico riferimento alla "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige" di cui si riporta un estratto alla fig. seguente, è possibile osservare come il sito di interesse progettuale, ubicato alla quota di 53 m s.l.m., si collochi tra le isofreatiche di quota 43 e 44 m s.l.m..

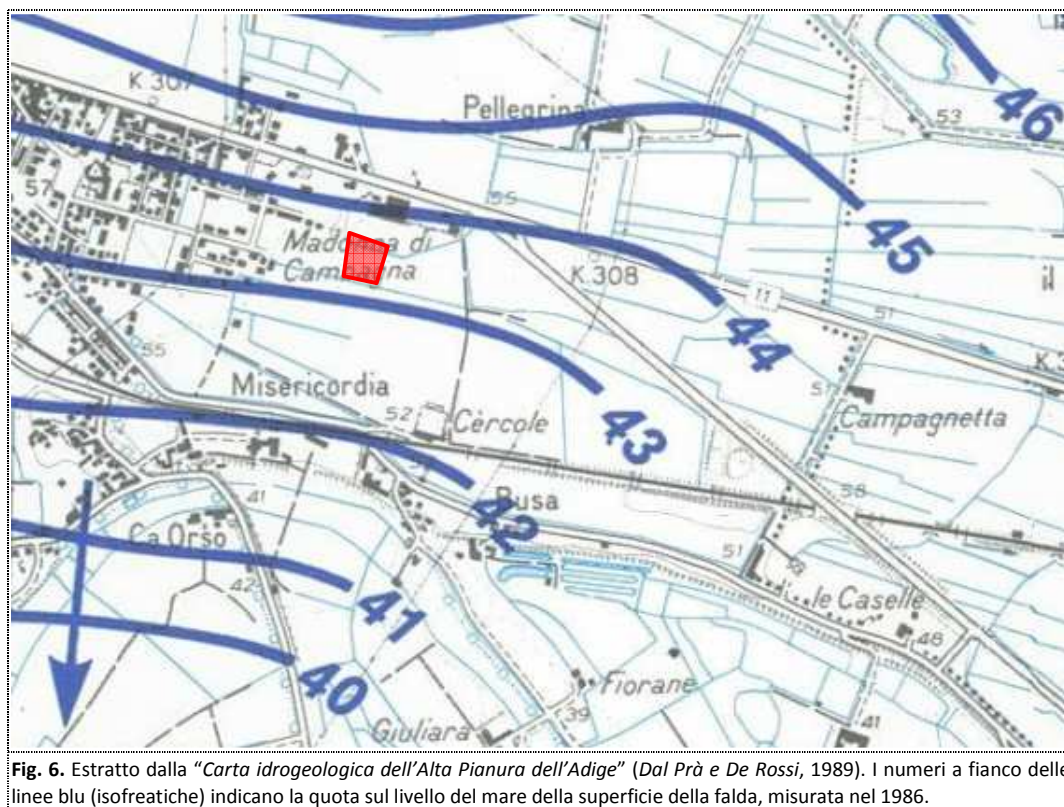


Fig. 6. Estratto dalla "Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige" (Dal Prà e De Rossi, 1989). I numeri a fianco delle linee blu (isofreatiche) indicano la quota sul livello del mare della superficie della falda, misurata nel 1986.

Alla luce di ciò, si stima che la falda si attesti, nei periodi di morbida, ad una profondità minima di circa 9 m dal piano di campagna attuale e di circa 12 m dal piano di progetto. A tal riguardo, si precisa che all'apertura delle trincee esplorative eseguite non è stata rilevata alcuna venuta d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo fino alla profondità massima di scavo pari a 3,10 m da piano campagna.

A conferma dei dati idrogeologici generali raccolti si può fare riferimento anche alle informazioni relative al Campo Pozzi A.G.S.M. "Verona Est" (52 m s.l.m.), ubicato a breve distanza dal confine settentrionale del lotto di intervento. Alla luce dei dati storici analizzati, il livello freatico massimo in regime di morbida registrato è collocabile ad una quota assoluta di 44.5 m ca. s.l.m., del tutto coerente quindi con quanto riportato nella cartografia ufficiale presa come riferimento. L'oscillazione freatica stagionale è infine quantificabile in un valore variabile fra 3 e 4 m ca.

Per caratterizzare da un punto di vista anche idrogeologico i depositi superficiali dell'area di intervento è stata condotta nr. 1 prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto, indagando nello specifico l'unità litologica "Gs". Pur rimandando all'ALLEGATO 2 per una dettagliata descrizione del test eseguito va detto che i terreni ghiaiosi costituenti il primo sottosuolo risultano dotati di una buona permeabilità con coefficienti di filtrazione "k" nell'ordine di 10^{-3} m/s.

Dal punto di vista idrografico, l'unico corso d'acqua naturale che scorre nelle vicinanze è il Fiume Adige, la cui sponda sinistra dista circa 1,4 km ad Ovest dall'area di intervento, senza determinare influenze di alcun tipo nei confronti del lotto di interesse progettuale.

Da un punto di vista "idrografico - amministrativo", il sito oggetto di studio rientra nell'ambito territoriale dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige e dall'analisi della cartografia del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico), non ricade fra le aree a pericolosità idraulica individuate, le quali risultano invece limitate alle porzioni limitrofe alla sponda del Fiume Adige poste più ad Ovest rispetto al sito di interesse progettuale (v. fig. seguente).



Fig. 7. Estratto della "Carta della pericolosità idraulica" del P.A.I. del Fiume Adige. Le aree colorate indicano le zone soggette a pericolosità idraulica; la variazione dal celeste chiaro al blu scuro indica un aumento della pericolosità. In rosso il lotto di interesse progettuale.

6 ANALISI PROGRAMMATICA

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

N° rep.	Superficie intervento (m ²)	Volume invaso (m ³)	Volume invaso da PAT (m ³)	INVASO PREVALENTE				ASSEVERAZIONE
				vasca laminazione	sovradimensionamento condotte	bacino di ritenzione	bacino/fosso d'infiltrazione (2)	
454	6147	295,49	299,60	si	si	si	si	

N° rep.	Superficie intervento (m ²)	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)
454	6147	si	no	si	si

N° rep.	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE				
	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	smaltimento con caditoie drenanti (4)	tetti verdi	parking grigliati
454	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

Considerando quindi una superficie d'intervento effettiva di 6.087,35 m², il calcolo del volume di laminazione necessario indicato dal PAT, pari a 487,4 m³/ha di superficie d'intervento (Parere del Genio Civile prot. N°290639 del 11/05/2008), riporta un volume d'invaso di quasi 300 m³. In relazione al contesto stratigrafico ed idrogeologico, fra le possibili misure di compensazione sono ammesse tutte le tipologie con prevalente carattere d'invaso (vasca di laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacino di ritenzione e bacino e fosso d'infiltrazione) e fra i sistemi a carattere prevalentemente di dispersione sono ammessi i pozzi perdenti, le trincee drenanti e l'immissione nella rete acque bianche previa autorizzazione dell'Ente gestore. E' infine sempre auspicabile l'adozione delle buone pratiche costruttive volte a mitigare le modifiche indotte sul regime idraulico dell'area.

7 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO

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

7.1 ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI DELLE SUPERFICI IN TERMINI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

Considerando l'intera area interessata dagli interventi di ampliamento e/o trasformazione, le superfici coinvolte subiranno una variazione d'uso secondo quanto schematicamente riassunto nella seguente tabella:

TIPO SUPERFICIE	STATO ATTUALE	STATO DI PROGETTO
Aree verdi	6.087 m ²	2.531 m ²
Aree semipermeabili	-	-
Edifici, pavimentazioni impermeabili	-	3.556 m ²
Superficie totale	6.087 m²	6.087 m²

Sull'area, attualmente verde e incolta, verranno realizzati 7 fabbricati residenziali dotati di interrato con parcheggio pavimentato ed aree verdi pubbliche in adiacenza a via Monte Rosa.

In generale si evidenzia quindi una diminuzione del livello di drenaggio con una riduzione delle superfici permeabili, che passano da una percentuale del 100% (stato di fatto) ad un valore del 42% ca. (stato di progetto).

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

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

Nel presente studio, le superfici (attuali e di progetto) sono state caratterizzate come di seguito esposto:

- SUPERFICI AGRICOLE ($\phi = 0,1$): allo stato attuale e di progetto non risultano superfici agricole;
- SUPERFICI PERMEABILI ($\phi = 0,2$): sono state considerate come permeabili le aree verdi, sia private che pubbliche, sia allo stato attuale che di progetto;
- SUPERFICI SEMIPERMEABILI ($\phi = 0,6$): allo stato attuale e di progetto non risultano superfici semipermeabili;
- SUPERFICI IMPERMEABILI ($\phi = 0,9$): per lo stato di progetto sono state considerate come impermeabili le coperture degli edifici, le strade asfaltate, i piazzali e le aree di manovra, i marciapiedi e le aree pedonali.

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

$$\phi = \sum_i \phi_i S_i / S_{tot}$$

Eseguendo i calcoli con i valori specificati nella precedente tabella si ottengono dei valori del coefficiente di deflusso ponderato pari a 0,20 per quanto riguarda lo stato attuale e 0,61 per lo stato di progetto. Considerando le superfici nel loro insieme, rispetto allo stato attuale l'intervento comporterà una modifica nell'impermeabilizzazione di 3.556 m². L'intervento in progetto è classificabile come *intervento a modesta impermeabilizzazione potenziale su superfici comprese fra 0,1 e 1 ha*.

7.2 ANALISI IDROLOGICA

A livello d'inquadramento, analizzando i dati pluviometrici del periodo 1948 ÷ 1996 relativi alla Stazione «Meteo 4» di Verona, posta a quota 85 m s.l.m., come riportati nel PAT comunale (vedi figura seguente), si rileva nella zona una piovosità media annua pari a circa 820 mm con un numero medio di 100 giorni piovosi all'anno. I fenomeni sono più accentuati nel periodo tardo primaverile ed autunnale, con picchi nei mesi di maggio e giugno e in quelli di ottobre e novembre, mentre si rileva la minima piovosità nei mesi di gennaio, febbraio e marzo. I mesi estivi invece sono caratterizzati da andamenti altalenanti e soprattutto negli ultimi anni si può notare una certa continuità di precipitazioni concentrate nel mese di agosto.

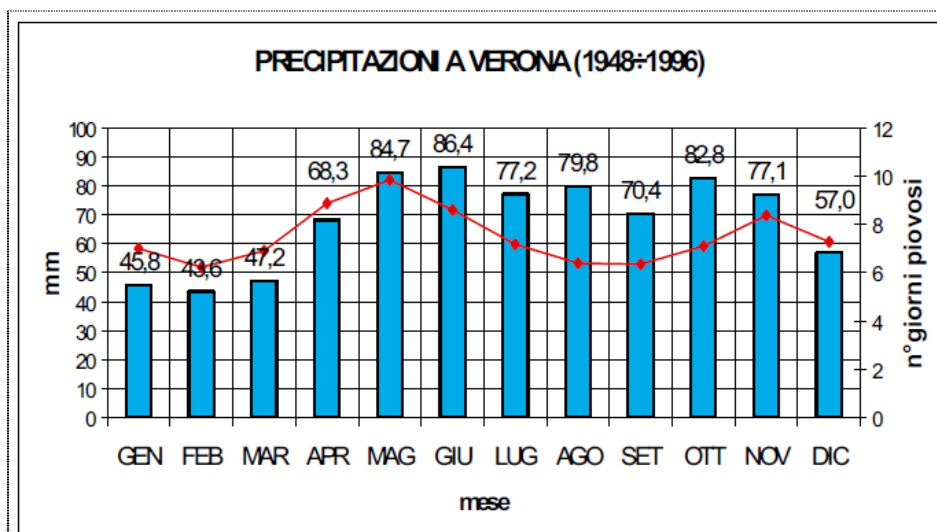


Fig. 8. Andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno a Verona per il periodo 1948 ÷ 1996. Gli istogrammi rappresentano i millimetri di pioggia cumulativi mensili mentre in rosso è rappresentato l'andamento del numero medio dei giorni piovosi.

Negli ultimi anni, a partire dal 2009, si sono verificati nella provincia di Verona alcuni eventi meteorici di portata eccezionale che hanno determinato, per una serie di motivazioni contingenti, anche pesanti conseguenze sul territorio. Tali eventi, caratterizzati da tempi di ritorno anche superiori ai 50 anni (dati ARPAV), si sono contraddistinti per intensità particolarmente elevate nell'arco delle 24 ore. Tale circostanza andrà considerata nello sviluppo del progetto di eventuali sistemi d'invaso ed in particolare nella valutazione dei tempi di vuotamento, in modo da garantire un adeguato volume di accumulo in rapporto agli eventi critici considerati.

Per la caratterizzazione idrologica di dettaglio dell'area in esame si è fatto riferimento al Piano di Emergenza Provinciale che nella Relazione Metodologica riporta l'elaborazione dei dati relativi alla stazione pluviometrica di Verona e riferiti ad eventi piovosi intensi di durata oraria (1, 3, 6, 12 e 24 ore) registrati dal 1927 (dati desunti dal rapporto "Valutazione delle piene nel Triveneto" V. Villi - B. Bacchi, 2000 - C.N.R.- Gruppo nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche).

Per il calcolo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP) è stata utilizzata la legge generalizzata del valore estremo GEV e il metodo scala invariante (Burlando & Rosso, 1996; e Rosso et al., 1997), al fine di definire il legame tra l'altezza di pioggia e la durata di precipitazione per un evento con data probabilità di superamento. Nel caso specifico, riferendosi ad eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 50 anni ($T_r = 50$ anni), l'elaborazione statistica ha fornito la seguente espressione:

$$h = 55,01 \cdot t^{0,235} \text{ (con } h \text{ in mm e } t \text{ in ore)}$$

7.3 ANALISI DELLA CRITICITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO E STIMA DELLE PORTATE DI DEFLUSSO

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

Il tempo di corrivazione, nel caso di piccoli bacini, può essere calcolato attraverso la formula di Ventura:

$$\tau_c(\text{ore}) = 0,1272 \sqrt{A_b / i_m}$$

dove

A_b è l'area del bacino in km^2

i_m è la pendenza media del bacino (considerata nello specifico pari a 0,005).

Alla luce dell'assetto morfologico dell'area di studio, il tempo di corrivazione secondo la formula considerata risulta di circa 8 minuti. L'evento critico considerato con Tr di 50 anni fornisce per tale durata un'altezza di pioggia di circa 35 mm ed un'intensità di pioggia i di circa 245 mm/ora.

Il calcolo della portata defluente viene effettuato attraverso la formula:

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

con:

i = intensità di pioggia in mm/ora

A = superficie scolante in ha

φ = coefficiente di deflusso

A parità di intensità, il contributo idrico dell'area allo stato attuale è pari a 84 l/s mentre a seguito degli interventi progettuali la portata di deflusso massima è di 255 l/s. *L'incremento dell'apporto idrico dovuto alle modifiche previste è quindi pari a 171 l/s e rende necessarie delle MISURE COMPENSATIVE per non alterare l'attuale equilibrio idraulico.*

Il coefficiente udometrico attuale risulta pari a circa 138 l/s per ettaro mentre nella configurazione di progetto sale a 419 l/s per ettaro, indice di una condizione urbanizzata. Poiché le misure compensative andranno a mitigare l'incremento di impermeabilizzazione e conseguentemente di portata prodotti dall'intervento, la valutazione di tali misure nelle condizioni di progetto è stata svolta ipotizzando in maniera cautelativa che la portata di scarico dell'area nelle condizioni attuali sia inferiore a quanto sopra calcolato e pari a 10 l/s per ettaro (valore confrontabile con la portata di scarico di un terreno agricolo). Secondo il principio dell'invarianza idraulica, le misure compensative andranno quindi valutate considerando un valore costante del coefficiente udometrico pari a 10 l/s ha.

8 PROPOSTA DI MISURE COMPENSATIVE E/O DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

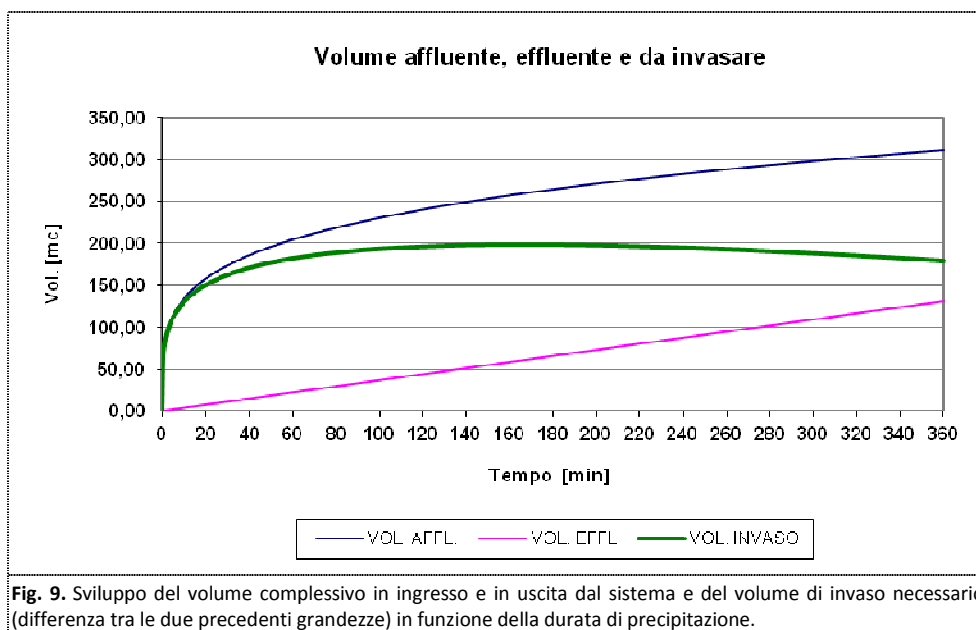
Per rispettare il principio dell'invarianza idraulica, nell'area di intervento si rendono necessarie idonee misure compensative per l'attenuazione del rischio idraulico. Tali misure, in linea generale, vengono indicate dalla normativa nella predisposizione di volumi di invaso che garantiscano che la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

In considerazione delle caratteristiche geotecniche e di permeabilità del sottosuolo nell'area oggetto di studio, è possibile, sia secondo normativa che in base a quanto indicato dal P.I. (vedi capitolo 6), prevedere la realizzazione di sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti come misura compensativa da affiancare alla predisposizione di volumi d'invaso. Si sottolinea comunque che gli interventi di mitigazione dovranno obbligatoriamente garantire un volume di invaso pari ad almeno il 50% del volume di accumulo totale calcolato.

Per completare l'analisi delle misure compensative da adottare, si ritiene utile eseguire una verifica del volume d'invaso indicato nel P.I., pari a circa 300 m^3 , che risulta stimato sulla base di valutazioni standardizzate. Considerando le reali trasformazioni urbanistiche previste per l'area di progetto, si propone quindi nel seguito una valutazione del volume compensativo calcolata sulle effettive caratteristiche idrologiche, di impermeabilizzazione e di geometria del sito oggetto di studio.

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

Nel caso specifico, assumendo costante una portata di scarico pari a 10 l/s ha, corrispondente ad una portata complessiva per il lotto di circa 6 l/s , e adottando la curva pluviometrica indicata in precedenza, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione si evince che il volume di invaso minimo necessario risulta pari a circa 200 m^3 . Tale valore corrisponde infatti al picco della curva del volume di invaso, raggiunto per un evento meteorico critico di 165 minuti di durata (2 ore e 45 minuti), come risulta dal grafico di seguito illustrato e dal tabulato di calcolo in allegato al testo (v. ALLEGATO 3), al quale si rimanda per un maggiore dettaglio. Il volume calcolato è inferiore alle indicazioni del P.I. proprio in virtù del carattere residenziale dell'area e quindi di un livello di impermeabilizzazione certamente inferiore rispetto allo standard medio considerato nel P.I., che in tal senso per il caso specifico fornisce indicazioni piuttosto cautelative circa le misure compensative necessarie.



Alla luce delle considerazioni esposte, del risultato del calcolo e delle semplificazioni imposte nella valutazione, si ritiene che un **volume d'invaso minimo di 250 m³** sia adeguato a garantire l'invarianza idraulica dell'area con un **contributo specifico pari a circa 410 m³/ha** di superficie complessiva del lotto d'intervento, anche in virtù del carattere residenziale dell'area, verde per circa il 42% della superficie complessiva.

Per l'area parcheggio si ritiene che possa essere valutato, previo assenso dell'ente gestore, l'allaccio alla rete delle acque meteoriche esistente su via Monte Rosa, che prevede lo smaltimento attraverso pozzi disperdenti ubicati in asse strada, oppure in alternativa lo smaltimento attraverso n. 2 pozzi disperdenti.

Per i lotti residenziali invece, che occupano un'area complessiva di 4786 m², le scelte progettuali possono essere orientate verso due tipologie di sistemi di compensazione:

1. adozione di sistemi d'invaso (vasche) collegati alla rete acque bianche, per lo scarico al termine dell'evento di piena, che garantiscano l'invaso dell'intero volume minimo calcolato, ovvero almeno

$$410 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,4786 \approx 200 \text{ m}^3$$

2. adozione di sistemi di invaso (vasche) accoppiati a sistemi di dispersione (pozzi disperdenti) in modo da garantire l'invaso di almeno la metà del volume minimo calcolato, ovvero almeno

$$410 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,4786 \times 50\% \approx 100 \text{ m}^3$$

In entrambi i casi è opportuno che i manufatti di compensazione vengano posizionati in un'area esterna agli interrati dei fabbricati eventualmente sfruttando le aree verdi e il parcheggio adiacenti a via Monte Rosa. Nell'ottica di gestire in maniera più funzionale tali spazi è da considerare la possibilità di accorpare gli interventi relativi a più lotti salvaguardando comunque la necessità di garantire la manutenzione degli impianti.

In relazione ai sistemi sopra indicati, i volumi d'invaso ed il numero di pozzi disperdenti minimi da garantire da parte di ciascun lotto rispetto al totale sopra riportato sono di seguito indicati (nel calcolo dei pozzi si è fatto riferimento ad una geometria di 1,5 m di diametro e 2,5 m di profondità di cui 2,0 m filtranti):

AREA	SUPERFICIE LOTTO	VOLUME MIN. SOLUZIONE 1	VOLUME MIN. SOLUZIONE 2	N° POZZI SOLUZIONE 2
Lotto n.1	998 m ²	42 m ³	21 m ³	2
Lotto n.2	679 m ²	28 m ³	14 m ³	1
Lotto n.3 - 4	1007 m ²	42 m ³	21 m ³	2
Lotto n.5	560 m ²	24 m ³	12 m ³	1
Lotto n.6	700 m ²	29 m ³	15 m ³	1
Lotto n.7	842 m ²	35 m ³	17 m ³	1
TOTALE	4786 m ²	200 m ³	100 m ³	8

In relazione al livello di falda, posto nei periodi di morbida ad una profondità minima di 9 m circa dal piano di campagna attuale e di circa 12 m dal piano di progetto, non si individuano problemi di salvaguardia dell'acquifero per le geometrie di pozzi ipotizzate. Sarà comunque opportuno che i pozzi vengano realizzati con un filtro di fondo, come proposto anche nella figura di seguito riportata ed estratta dall'*Allegato n.2 – Componente idraulica* del Prontuario per la Mitigazione Ambientale del P.I..

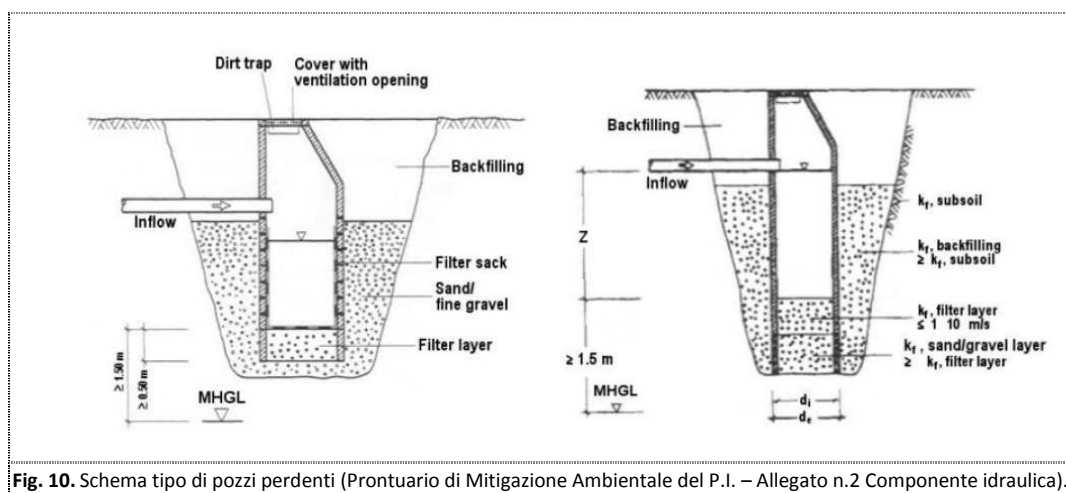
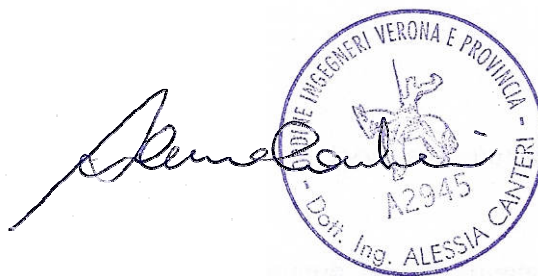


Fig. 10. Schema tipo di pozzi perdenti (Prontuario di Mitigazione Ambientale del P.I. – Allegato n.2 Componente idraulica).

In riferimento alle Norme Tecniche del Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto, trattandosi prevalentemente di acque di dilavamento di tetti di edifici residenziali, come definito nell'Allegato A alla DGR n.80 del 27/01/2011, il recapito negli strati superficiali del sottosuolo attraverso i pozzi disperdenti potrà avvenire senza necessità di trattamento. Per quanto detto quindi gli interventi proposti risultano conformi a quanto previsto dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto.

Le due soluzioni proposte appaiono equivalenti come efficacia e volte a favorire le buone pratiche costruttive attraverso la raccolta ed il riutilizzo dell'acqua meteorica ad uso irriguo o per i servizi igienici. Soluzioni alternative potranno essere valutate rispettando i limiti indicati per il rispetto dell'invarianza idraulica. Il progettista valuterà la soluzione più opportuna in funzione delle specifiche scelte progettuali.

Dott. Ing. Alessia Canteri



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'Alessia Canteri'. To the right of the signature is a circular purple stamp. The stamp contains the text 'ORDINE INGEGNERI VERONA E PROVINCIA' around the top edge and 'Dott. Ing. ALESSIA CANTERI' around the bottom edge. In the center of the stamp is a small emblem of a lion rampant, and below it is the number 'A2945'.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

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

AA.VV.

Compatibilità idraulica – corso di aggiornamento - Atti – Ordine dei Geologi del Veneto (30/03/2012)

Autorità di Bacino del Fiume Adige

Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico. Bacino dell'Adige. Regione Veneto (2005)

G. Becciu – A. Paoletti

Fondamenti di costruzioni idrauliche - UTET (2011)

G. Castany

Idrogeologia. Principi e metodi – Dario Flaccovio Editore (1985)

Comune di Verona

Piano di Assetto del Territorio (P.A.T. 2006)

Comune di Verona

Piano degli Interventi (P.I. 2011)

Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrologica della Regione Veneto

Studio delle piogge intense nel territorio montano della Regione Veneto (1986)

C. Cestelli Guidi

Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni 2 – Hoepli (1991)

P. Colombo – F. Coleselli

Elementi di Geotecnica – Zanichelli (1996)

L. Da Deppo – C. Datei – P. Salandin

Sistemazione dei corsi d'acqua – Libreria Cortina Padova (2000)

R. Lancellotta

Geotecnica – Zanichelli (1987)

Provincia di Verona

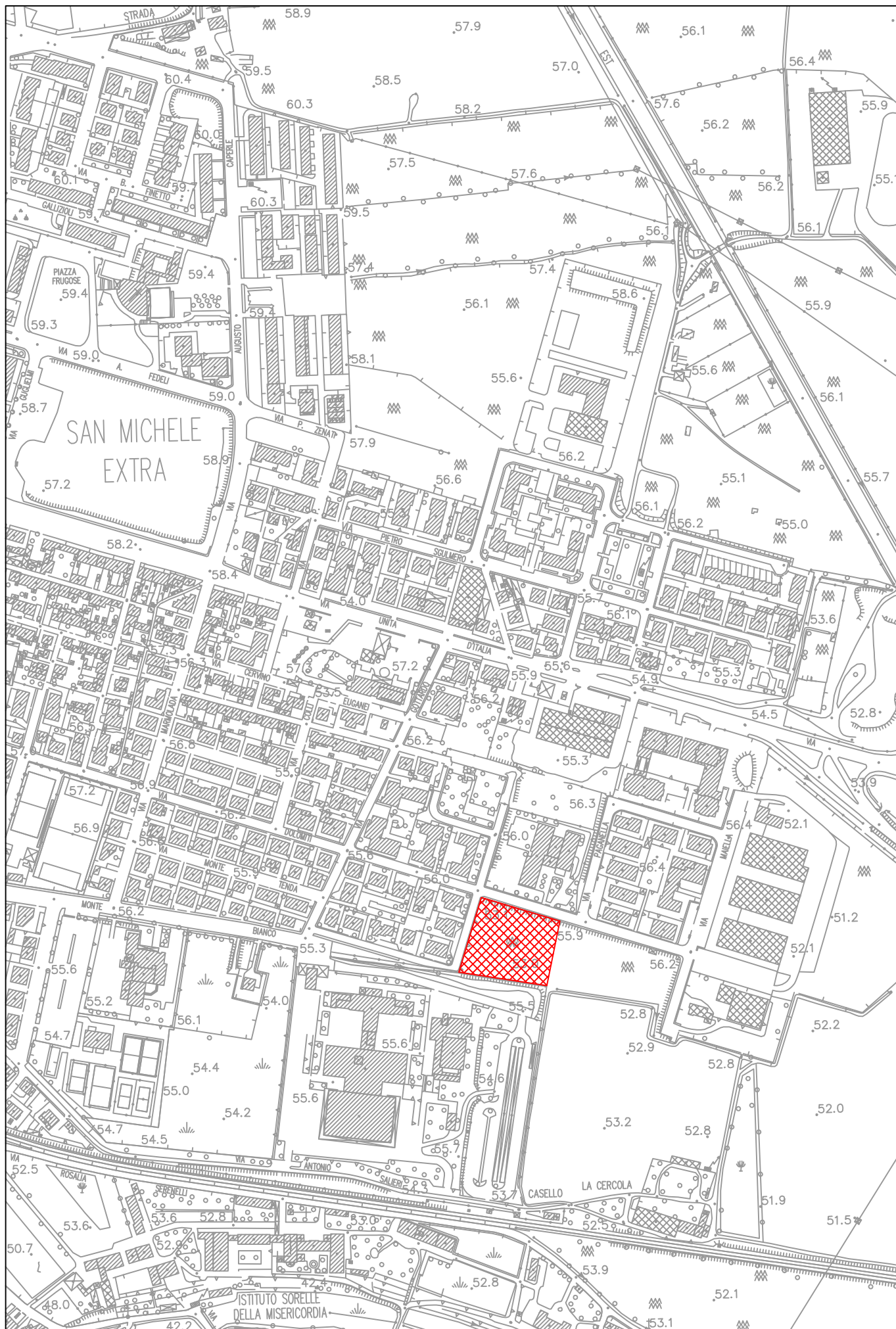
Piano Territoriale Provinciale (2003)

Regione Veneto – Progetto Tecnam

Pianificazione e gestione del rischio idrogeologico-Studio di compatibilità idraulica (2003)

ALLEGATO 1

COROGRAFIA IN SCALA 1:5.000



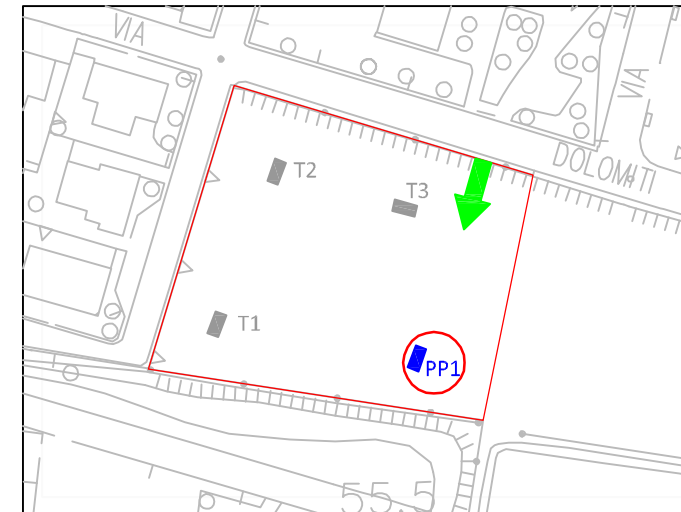
ALLEGATO 2

PROVE DI PERMEABILITA'

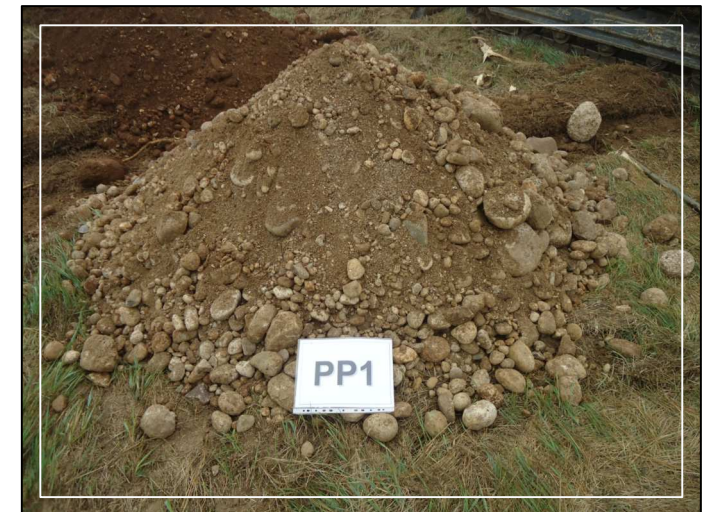
Richiedente: I&B2 Immobiliare srl
Cantiere: Via Dolomiti
Data: 18/03/2014

Pozzetto: PP1
Profondità: 1.80 m
Falda: -

STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI



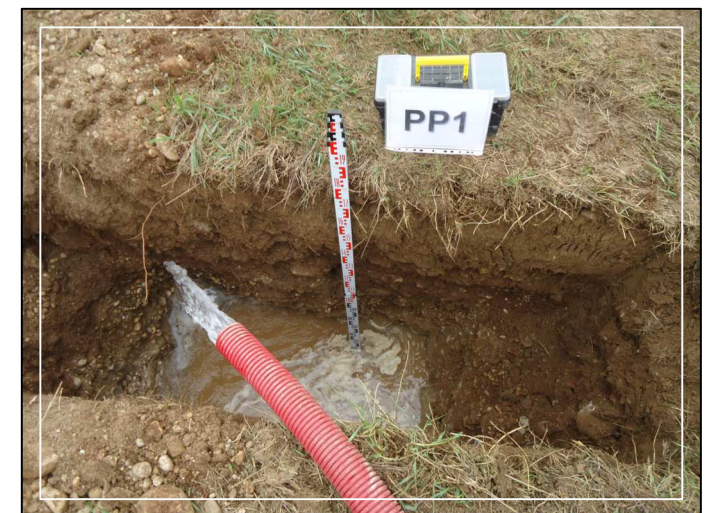
Ubicazione pozzetto "PP1"



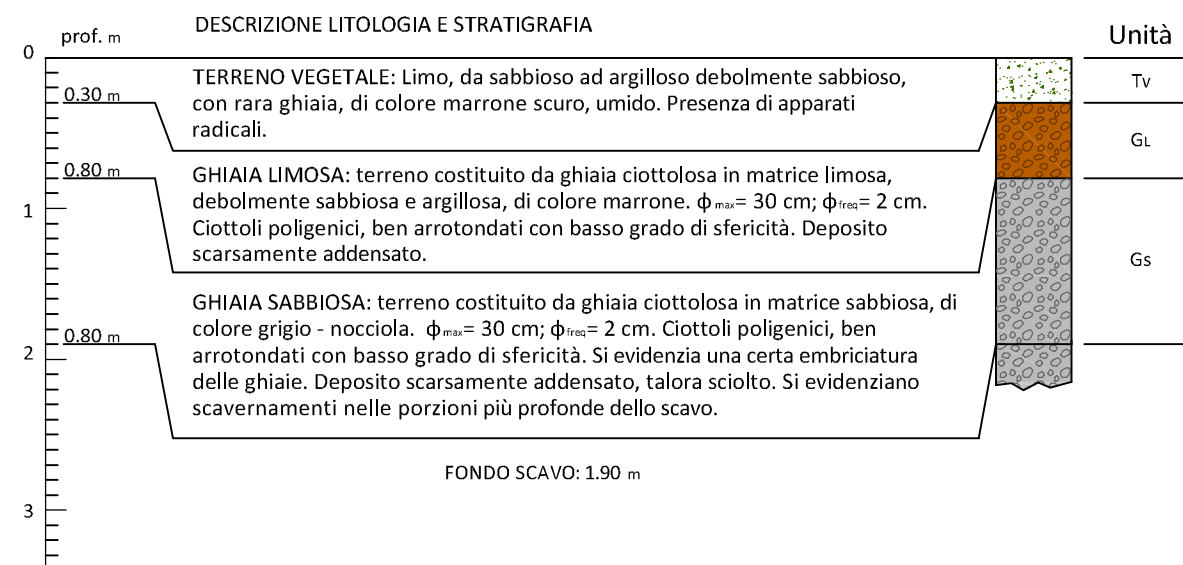
Cumulo di materiale riferibile all'unità "G s".



Postazione pozzetto "PP1"



Saturazione del pozzetto di prova.



Note:

- Profondità falda: assente.
- valore di permeabilità individuato: 1.04×10^{-3}



Immagine del pozzetto nel corso della prova di permeabilità.

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE: Via Dolomiti (San Michele Extra - Verona)
DATA: 18/03/2014

Profondità H (cm) 70
Lato maggiore L (cm) 120
Lato minore A (cm) 70

POZZETTO PP1

Natura del terreno : UNITA' Gs - Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa
Profondità scavo : 1,80 m da p.c.

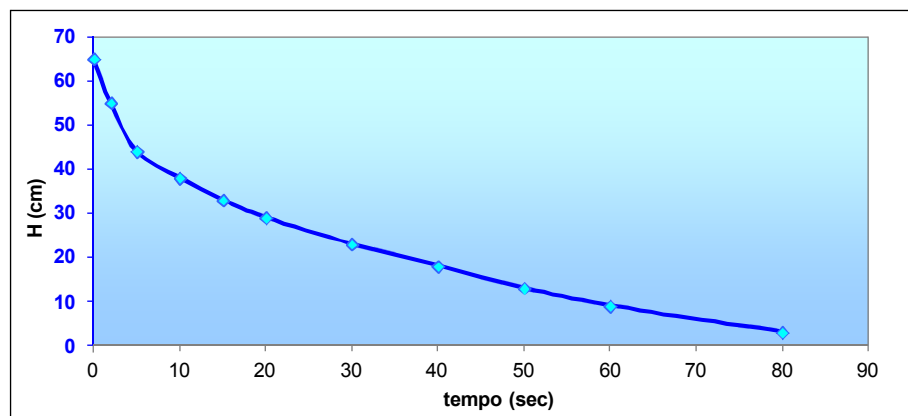
Hm(cm) = 34 h1 (cm) = 65
b (cm) = 92 h2 (cm) = 3

Δt (sec) = 80

Calcolo coefficiente di permeabilità

$$K \text{ (m/sec)} = \frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)} \cdot \frac{1 + (2Hm/b)}{(27Hm/b) + 3} = 1,04E-03$$

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
65,0	0	1,91	0,0
55,0	2	1,62	10,0
44,0	5	1,29	11,0
38,0	10	1,12	6,0
33,0	15	0,97	5,0
29,0	20	0,85	4,0
23,0	30	0,68	6,0
18,0	40	0,53	5,0
13,0	50	0,38	5,0
9,0	60	0,26	4,0
3,0	80	0,09	6,0



ALLEGATO 3

TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE

CALCOLO VOLUME DI INVASO

Definizione curva pluviometrica

a = 55,01
n = 0,235

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a =	0,00	[mq]	φ	0,1
Sup. permeabile	Sup. p =	2531,00	[mq]		0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp =	0,00	[mq]		0,6
Sup. impermeabile	Sup. im =	3556,00	[mq]		0,9
Coeff. di deflusso medio	φ =	0,61			
TOT. Superficie di calcolo	Sup =	6087,00	[mq]		

Calcolo volume di invaso

Portata scarico vasca Q out = 6,09 [l/sec]
u = 10,00 [l/s ha]

Tempo [minuti]	h pioggia [mm]	Q max [l/s]	Vol affl. [mc]	Vol effl. [mc]	V invaso [mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	17,86	131,11	66,19	0,18	66,01
1	21,02	154,31	77,90	0,37	77,54
2	23,12	169,74	85,69	0,55	85,14
2	24,74	181,61	91,68	0,73	90,95
3	27,21	199,76	100,85	1,10	99,75
4	29,11	213,74	107,90	1,46	106,44
5	30,68	225,24	113,71	1,83	111,89
10	36,11	223,23	133,83	3,65	130,18
15	39,72	163,70	147,21	5,48	141,73
20	42,49	131,36	157,50	7,30	150,20
25	44,78	110,74	165,98	9,13	156,85
30	46,74	96,33	173,25	10,96	162,29
35	48,47	85,61	179,64	12,78	166,86
40	50,01	77,30	185,37	14,61	170,76
45	51,41	70,64	190,57	16,43	174,14
50	52,70	65,17	195,35	18,26	177,09
55	53,90	60,59	199,77	20,09	179,69
60	55,01	56,68	203,90	21,91	181,99
65	56,05	53,32	207,77	23,74	184,03
70	57,04	50,38	211,42	25,57	185,86
75	57,97	47,79	214,88	27,39	187,49
80	58,86	45,49	218,16	29,22	188,94
85	59,70	43,43	221,29	31,04	190,25
90	60,51	41,57	224,28	32,87	191,41
95	61,28	39,88	227,15	34,70	192,46
100	62,03	38,35	229,91	36,52	193,38
105	62,74	36,94	232,56	38,35	194,21
110	63,43	35,65	235,11	40,17	194,94
115	64,10	34,46	237,58	42,00	195,58
120	64,74	33,36	239,97	43,83	196,14
125	65,37	32,33	242,28	45,65	196,63
130	65,97	31,37	244,53	47,48	197,05
135	66,56	30,48	246,71	49,30	197,40
140	67,13	29,65	248,82	51,13	197,69
145	67,69	28,86	250,88	52,96	197,93
150	68,23	28,12	252,89	54,78	198,11
155	68,75	27,42	254,85	56,61	198,24
160	69,27	26,77	256,76	58,44	198,32
165	69,77	26,14	258,62	60,26	198,36
170	70,26	25,55	260,44	62,09	198,35

175	70,74	24,99	262,22	63,91	198,31
180	71,21	24,46	263,96	65,74	198,22
185	71,67	23,95	265,67	67,57	198,10
190	72,12	23,47	267,34	69,39	197,95
195	72,57	23,01	268,97	71,22	197,76
200	73,00	22,57	270,58	73,04	197,53
205	73,42	22,14	272,15	74,87	197,28
210	73,84	21,74	273,70	76,70	197,00
215	74,25	21,35	275,22	78,52	196,69
220	74,65	20,98	276,71	80,35	196,36
225	75,05	20,62	278,17	82,17	196,00
230	75,44	20,28	279,61	84,00	195,61
235	75,82	19,95	281,03	85,83	195,20
240	76,19	19,63	282,42	87,65	194,77
245	76,56	19,32	283,80	89,48	194,32
250	76,93	19,02	285,15	91,31	193,84
255	77,29	18,74	286,48	93,13	193,35
260	77,64	18,46	287,79	94,96	192,83
265	77,99	18,20	289,08	96,78	192,29
270	78,33	17,94	290,35	98,61	191,74
275	78,67	17,69	291,61	100,44	191,17
280	79,01	17,45	292,84	102,26	190,58
285	79,33	17,21	294,06	104,09	189,98
290	79,66	16,98	295,27	105,91	189,35
295	79,98	16,76	296,46	107,74	188,72
300	80,30	16,55	297,63	109,57	188,06
305	80,61	16,34	298,79	111,39	187,40
310	80,92	16,14	299,93	113,22	186,71
315	81,22	15,94	301,06	115,04	186,02
320	81,52	15,75	302,18	116,87	185,31
325	81,82	15,57	303,28	118,70	184,58
330	82,12	15,38	304,37	120,52	183,85
335	82,41	15,21	305,45	122,35	183,10
340	82,69	15,04	306,51	124,17	182,34
345	82,98	14,87	307,57	126,00	181,57
350	83,26	14,71	308,61	127,83	180,78
355	83,54	14,55	309,64	129,65	179,99
360	83,81	14,39	310,66	131,48	179,18

Volume da invasare =

198,36

