

PUA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DELLA SCHEDA 41_B1 DEL P.I. - ATO 4 _ Via Gioia - Via dell'Esperanto Destinazione Commerciale (GSV)

CAPITOLO:
ANALISI GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA
DELL'INTERVENTO E STUDIO DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

N. CAPITOLO:
6

TITOLO:
RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

NUMERO TAVOLA:
6.1

DATA:
19/09/13

SCALA :

FILE:
Relazione di compatibilità idraulica.doc

AGGIORNAMENTI

NUMERO	DATA	DESCRIZIONE
1		
2		
3		
4		

COMMITTENTE:

**ELLE
IMMOBILIARE**
Dott. Attilio Lonardi (Legale rappresentante)
Strada La Rizza 50/A - 37135 Verona
tel. 045 509600 - fax 045 509758
elleimmobiliare@lonardi.it

PROGETTISTA E COORD. GENERALE:

**mauro felice
ARCHITETTO**
Arch. Mauro Felice
Vicolo Teatro Filarmonico 7
37121 Verona
tel. 045 8001273 - fax 045 593300
archfelice@tin.it

PROGETTISTA IMPIANTI: ●

**in.tec** S.r.l.
TECNOLOGIE INTEGRATE

Via G. Carducci 18/A - 37050 Campagnola di Zevio
Verona - Italy - Tel: +39 0458731433
Fax: +39 0458731865 - Mail: Info@Intecvrl.it

PROGETTISTA TRAFFICO E VIABILITÀ:

**infratec**
CONSULTING ENGINEERING S.R.L.

Via Camuzzoni 1 - 37138 Verona - Italy
Tel: +39 0458101737 - Fax: +39 0458102502
Mail: Info@Infratecsrl.it

PROGETTISTA GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA:

**STUDIO NUCCI
& ASSOCIATI**

GEOLOGIA E INGEGNERIA
DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO
Via Leida 4 - 37135 Verona - Italy
Tel: +39 045952072 - Fax: +39 0458646464
Mail: info@studionuccieassociati.com

PROGETTISTA ANALISI ACUSTICA:

**itekne**
CONSULTING

iTecne Studio Associato
Via G. Camuzzoni, 1 - 37138 Verona - Italy
Tel. +39 0458102581 - Fax: +39 0454853111
Mail: Itekne@itekne.eu

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	5
4	INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO	6
5	CARATTERISTICHE DEI LUOGHI.....	7
5.1	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE	7
5.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE, IDROGRAFICHE ED IDRAULICHE.....	10
6	ANALISI PROGRAMMATICA	12
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	22

ALLEGATI AL TESTO

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

Codice di Rif.: SA13073

Verona, 19 Settembre 2013

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto per la realizzazione del Piano Urbanistico Attuativo identificato dalla scheda norma n. 41_B1 in Via dell'Esperanto nella zona industriale di Verona Sud, 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.

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

L'area progettuale si estende su una superficie complessiva di circa 5,2 ettari, all'interno di un contesto fortemente urbanizzato, e comprende un lotto di terreno pianeggiante compreso tra Via dell'Esperanto e l'Autostrada A4, attualmente occupato da un'area verde e dalla viabilità di accesso alla lottizzazione. In una limitata porzione del lotto sono presenti alcune infrastrutture a rete realizzate in passato nell'ambito dello stesso piano.

All'interno delle aree di progetto è prevista la costruzione di un nuovo fabbricato a destinazione commerciale e la realizzazione delle opere di urbanizzazione. Nella porzione meridionale del lotto verrà lasciata un'area verde in corrispondenza della fascia di rispetto dell'autostrada. Fuori dall'ambito del PUA verranno inoltre realizzati alcuni interventi relativi alle infrastrutture a rete e alla viabilità in modo da rendere il sistema complessivamente più funzionale alle modifiche urbanistiche previste.

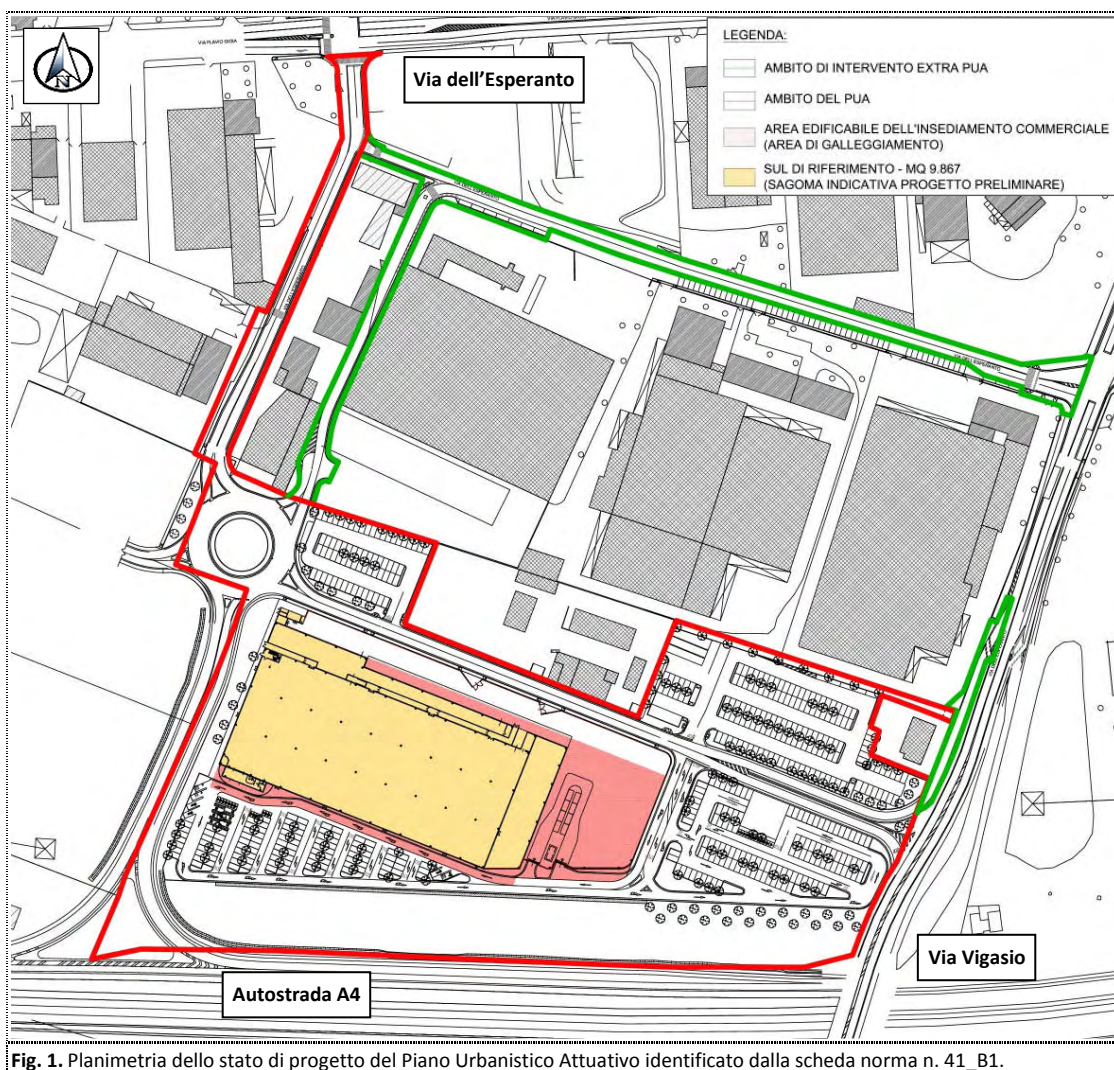


Fig. 1. Planimetria dello stato di progetto del Piano Urbanistico Attuativo identificato dalla scheda norma n. 41_B1.

4 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

Il sito di interesse progettuale è ubicato nella porzione meridionale del Comune di Verona, all'interno della zona artigianale e industriale di Verona Sud; più precisamente, l'area si distribuisce su un lotto di terreno compreso tra Via dell'Esperanto, Via Vigasio e l'Autostrada A4. Il lotto, attualmente non edificato (ad eccezione di alcune opere di urbanizzazione primaria presenti nella porzione più settentrionale), si inserisce in un contesto dalla morfologia sub pianeggiante, ad una quota altimetrica media di riferimento compresa tra 55,0 e 56,5 m s.l.m..

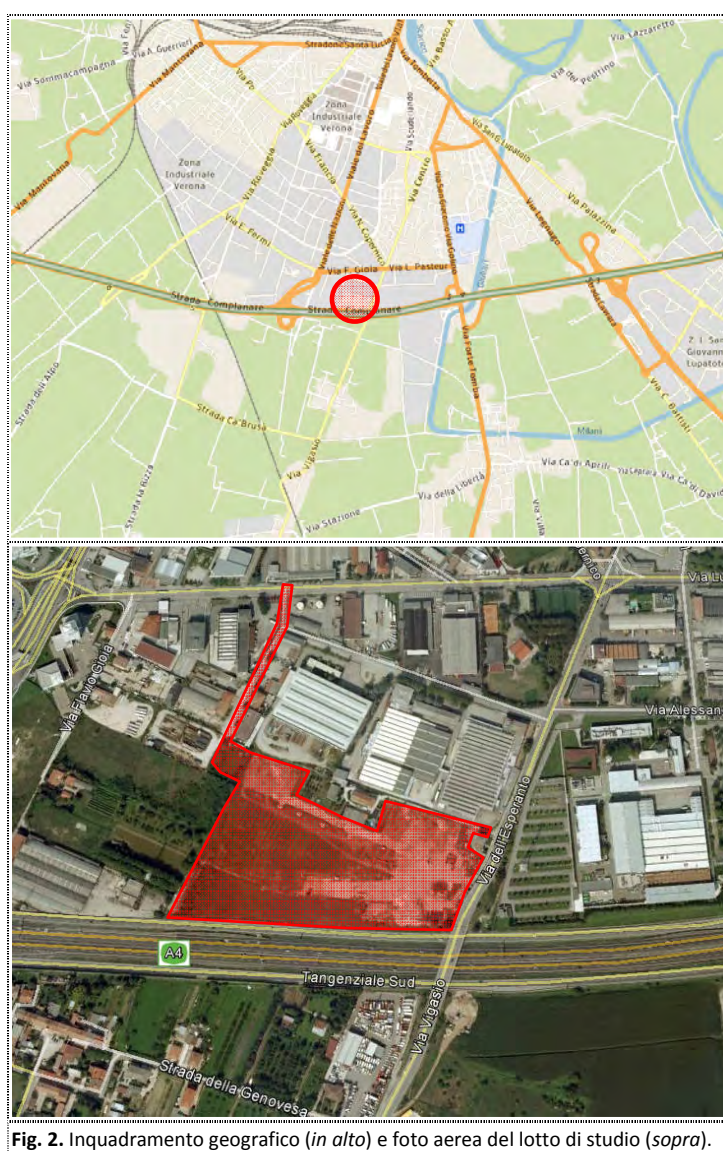


Fig. 2. Inquadramento geografico (in alto) e foto aerea del lotto di studio (sopra).

Per una precisa ubicazione dell'area oggetto di intervento si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, Elementi n°123162 ("Verona Sud – Ovest") e n°144041 ("Cà di David"), di cui si allega un estratto in calce al presente elaborato (v. ALLEGATO 1).

5 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

5.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLITOLOGICHE

Con specifico riferimento alla porzione di territorio in esame e all'estratto cartografico di fig. 3 (ricavato dalla "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona" in scala 1:20.000), si rileva una morfologia pianeggiante in cui gran parte delle evidenze morfologiche sono riconducibili all'evoluzione dell'idrografia attuale e pregressa (terrazzi, orli di scarpata, etc.), i cui segni risultano tuttavia 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.

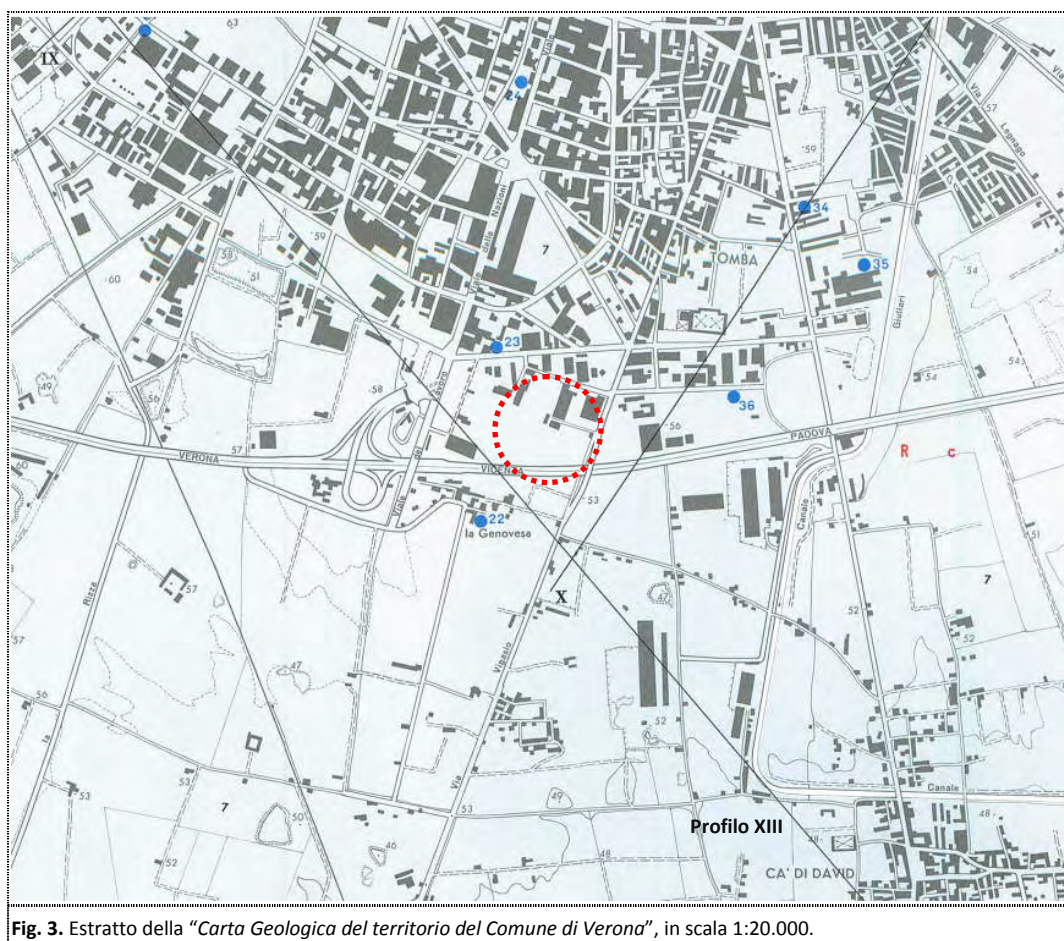
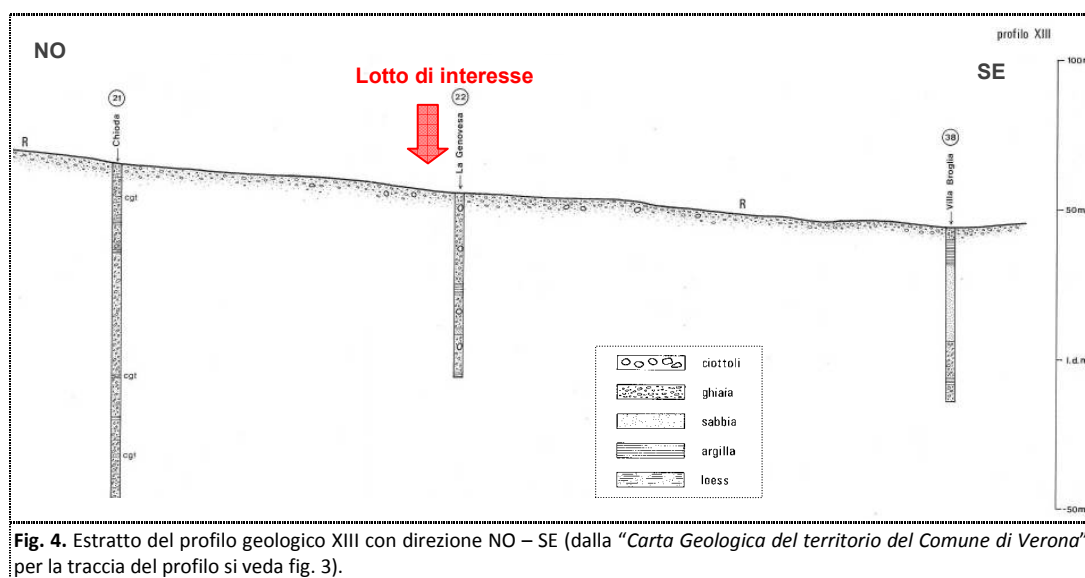


Fig. 3. Estratto della "Carta Geologica del territorio del Comune di Verona", in scala 1:20.000.

LEGENDA

- 7  Alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali dell'antico conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose (c).
RISS (R)
-  Pozzo per acqua
-  Traccia sezioni geologiche

Con riferimento alla figura precedente, l'area oggetto di studio risulta caratterizzata dai depositi grossolani delle *alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali rissiane dell'antico conoide dell'Adige, ghiaiose e ciottolose*, rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità da piano campagna, con occasionali e discontinue lenti argillose (v. sezione geologica di fig. 4).



L'analisi della sezione ha messo in evidenza la presenza nel sottosuolo di un materasso alluvionale di natura prevalentemente granulare (ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa) e di spessore considerevole.

Il modello litostratigrafico di dettaglio del sito di interesse progettuale è stato ricostruito attraverso la realizzazione di due diverse campagne indagini, eseguite rispettivamente nel 2002 e nel 2013, con esecuzione complessivamente di nr. 11 trincee esplorative distribuite su tutta l'area che hanno raggiunto la profondità massima di 4,00 m da piano campagna ed 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 sottosuolo caratterizzato nei primi metri da sedimenti prevalentemente grossolani con ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa e debolmente limosa, presenti in giacitura naturale al di sotto di uno strato più superficiale costituito da terreno vegetale (v. fig. 5).

Localmente è stata riscontrata la presenza di materiale di riporto costituito da ghiaia in matrice limosa e sabbiosa, con sparsi elementi antropici.



Fig. 5. Particolare di una delle trincee esplorative eseguite.

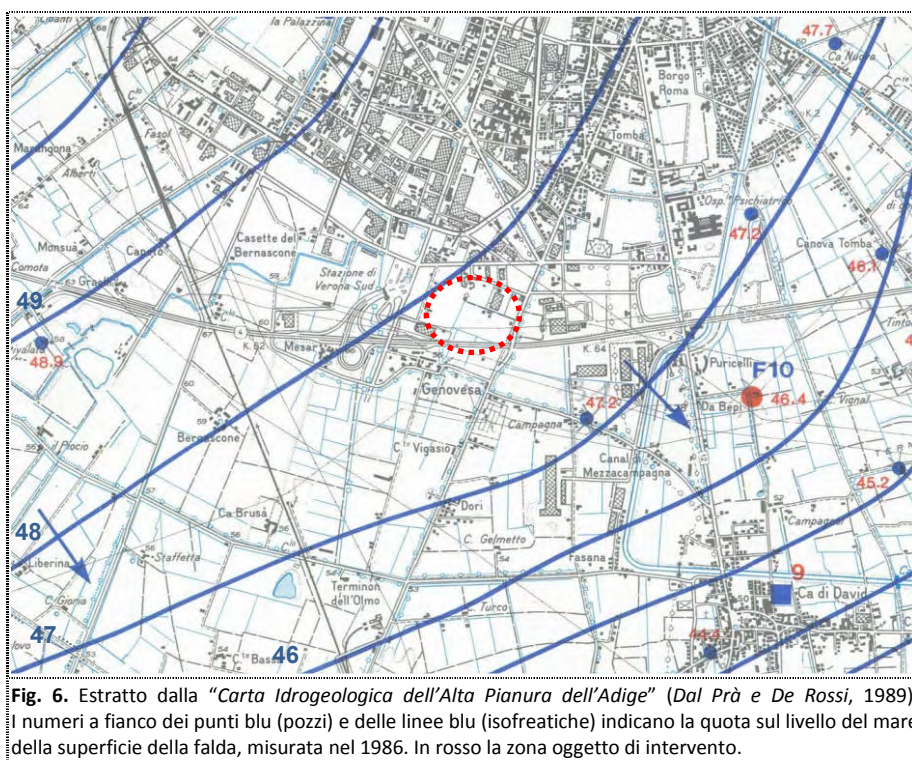
Alla luce delle evidenze litologiche emerse in fase di indagine, è possibile schematizzare il primo sottosuolo locale attraverso il seguente modello litostratigrafico:

UNITÀ	LITOLOGIA
Tv	TERRENO VEGETALE: terreno agrario di natura ghiaiosa con ciottoli in matrice limosa e sabbiosa fine. Presenti radici e resti vegetali.
Gs	GHIAIA CIOTTOLOSA IN MATRICE SABBIOSA: terreno in giacitura naturale costituito da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limosa.

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 direzione di deflusso delle acque sotterranee avviene in direzione Nord Ovest – Sud Est, con una profondità della falda in diminuzione da Nord verso la porzione sud - orientale della città.

In riferimento alla *“Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige”*, di cui si riporta un estratto in fig. 6, si evince come la falda in periodo di morbida si attesti ad una quota compresa fra 47,5 e 48,0 m s.l.m.; considerando che il sito in oggetto si trova alla quota altimetrica minima di 55,0 m s.l.m., la falda freatica in periodo di morbida risulta essere ad una profondità minima superiore ai 7 m da piano campagna.



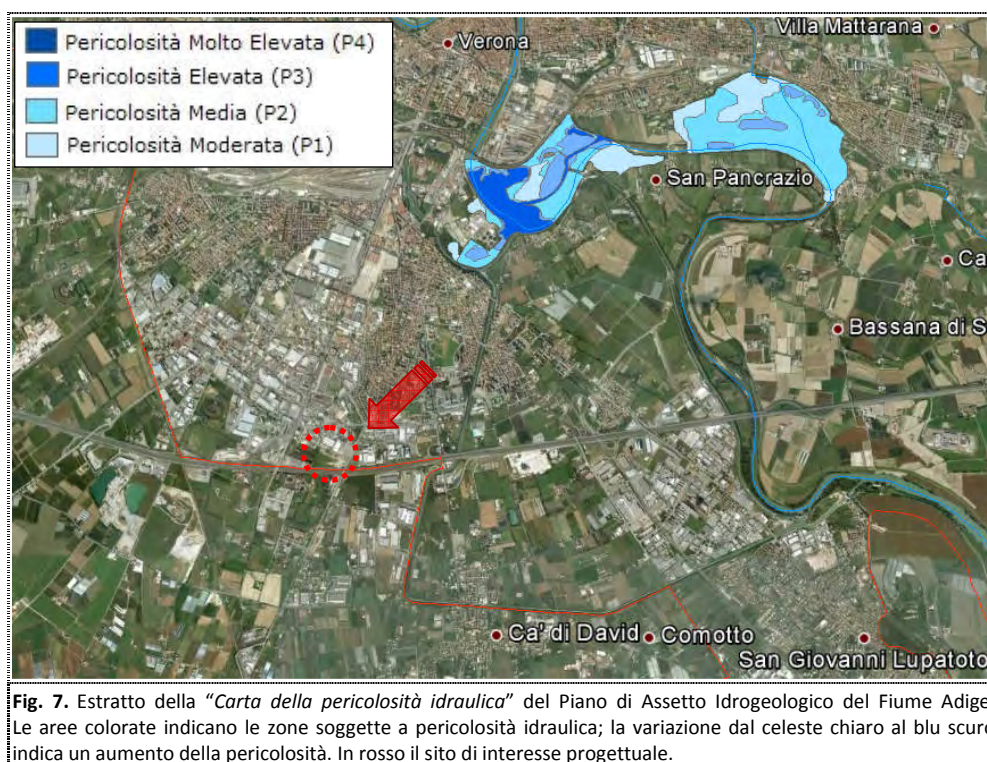
Nello specifico del sito di interesse progettuale, all'apertura delle trincee esplorative non è stata rilevata alcuna venuta d'acqua né dalle pareti né da fondo scavo fino alla profondità di 4,00 m da piano campagna (profondità massima raggiunta dagli scavi).

Per caratterizzare dal punto di vista della permeabilità i depositi superficiali dell'area di intervento sono state condotte nr. 2 prove in pozzetto a carico variabile all'interno dell'unità litologica *“Gs”* (ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa). Pur rimandando all'ALLEGATO 2 per una

dettagliata descrizione dei test eseguiti va detto che i terreni costituenti il primo sottosuolo risultano dotati di una permeabilità da discreta a buona ($k \approx 10^{-3} \div 10^{-4}$ m/s).

Dal punto di vista idrografico, l'unico corso d'acqua naturale che scorre nelle vicinanze è il Fiume Adige, la cui sponda destra dista circa 3 km dall'area di intervento. Ad una distanza di circa 1 km ad Est dall'area si segnala il Canale Giuliani, corso d'acqua artificiale disposto con orientamento Nord – Sud quasi completamente regimato fra argini artificiali. Sul territorio è inoltre presente una rete idrografica minore gestita dal Consorzio di Bonifica Veronese adibita prevalentemente all'irrigazione dei terreni dell'Alta Pianura. Lungo il confine Ovest del lotto di interesse progettuale si segnala appunto la presenza di un canale irriguo, completamente intubato che scorre in direzione Nord – Sud.

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 a Nord rispetto al sito di interesse progettuale (v. fig. 7).



In corrispondenza della viabilità esistente è presente la rete di raccolta delle acque meteoriche che gestisce però solo gli afflussi provenienti dalla sede stradale e non è quindi in grado di accogliere gli incrementi di deflusso generati dalle modifiche urbanistiche in progetto.

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° repertorio	Superficie intervento (mq)	Volume invaso (metodo)	Volume invaso da PAT (mc)	INVASO PREVALENTE				ASSEVERAZIONE
				vasca	sovradimensi	bacino di	bacino e	
28	cambio destinazione e d'uso	-	-	-	-	-	-	SI
29	1821	-	-	-	-	-	-	SI
30	6342	-	-	-	-	-	-	SI
31	10546	-	-	-	-	-	-	SI
32	1220	-	-	-	-	-	-	SI
33	3635	-	-	-	-	-	-	SI
34/35	31781	-	-	-	-	-	-	SI
36	100592	-	-	-	-	-	-	SI
37	13752	271,99	670,27	si	si	si	si	
38	15389	-	-	-	-	-	-	SI
39-559/II b	28140	-	-	-	-	-	-	SI
40	cambio destinazione e d'uso	-	-	-	-	-	-	SI
41	52933	493,01	2579,95	si	si	si	si	
20/II b	cambio destinazione e d'uso	-	-	-	-	-	-	SI
21/II b	cambio destinazione e d'uso	-	-	-	-	-	-	SI
23/ II b	cambio destinazione e d'uso	-	-	-	-	-	-	SI
285/II b	900	-	-	-	-	-	-	SI
351/II b	5932	-	-	-	-	-	-	SI

N° repertorio	Superficie intervento	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)
36	100592	-	-	-	-
37	13752	si	no	si	si
38	15389	-	-	-	-
39-559/II b	28140	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
41	52933	si	no	si	no
20/II b	-	-	-	-	-
21/II b	-	-	-	-	-
23/ II b	-	-	-	-	-
285/II b	900	-	-	-	-
351/II b	5932	-	-	-	-

N° repertorio	BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE				
	vasca prima pioggia	recupero acque piovane	smaltimento o con caditoie drenanti (4)	tetti verdi	parcheeggi grigliati
41	si	si	si	si	si
20/II b	-	-	-	-	-
21/II b	-	-	-	-	-
23/ II b	-	-	-	-	-
285/II b	si	si	si	si	si
351/II b	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 di 52.933 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 2.579,95 m³. In relazione al contesto stratigrafico ed idrogeologico, fra le possibili misure di compensazione sono ammesse tutte le tipologie con prevalente carattere d'invaso (vasca di laminazione, sovradimensionamento delle condotte, bacino di ritenzione e bacino e fosso d'infiltrazione) e fra i sistemi a carattere prevalentemente di dispersione sono ammessi i pozzi perdenti e le trincee drenanti. E' infine sempre auspicabile l'adozione delle buone pratiche costruttive volte a mitigare le modifiche indotte sul regime idraulico dell'area.

A seguito della procedura di verifica di assoggettabilità alla valutazione di impatto ambientale relativa al progetto di realizzazione del fabbricato commerciale nell'ambito del PUA, il Comune di Verona, attraverso Delibera di Giunta (rep. 2013/47 del 27/02/2013) si è espresso su alcuni aspetti del progetto fra cui quello legato alla "Tutela delle acque e del suolo". In tale ambito, per quanto riguarda le acque meteoriche, il settore Ambiente del Comune rileva che i parcheggi previsti hanno tutti superficie inferiore a 5.000 m² e che quindi, a norma dell'art. 39 comma 5 delle NTA del PTA, il recapito delle acque meteoriche di dilavamento può avvenire in corpo idrico superficiale o sul suolo senza necessità di trattamento. Qualora tali soluzioni non siano autorizzabili dagli enti competenti o non siano convenientemente praticabili, il recapito può avvenire anche negli strati superficiali del sottosuolo purché sia preceduto da un trattamento in continuo di sedimentazione e, se ritenuto opportuno, di disoleazione delle acque convogliate.

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 agricole	-	-
Aree verdi	50.569 m ²	12.640 m ²
Percorsi semipermeabili	-	-
Parcheggi grigliati	-	8.998 m ²
Pavimentazioni impermeabili	1.765 m ²	21.202 m ²
Coperture edifici	-	9.494 m ²
Superficie totale	52.334 m²	52.334 m²

Il lotto afferente alla zona commerciale copre buona parte della superficie del P.U.A. con un totale di 26.000 m² circa, di cui 9.500 m² circa occupati dal fabbricato e la restante area interessata da due zone parcheggio, dalla viabilità di accesso e manovra e dalle aree verdi. Nell'ambito del P.U.A. si distinguono inoltre l'ampia fascia verde a ridosso dell'Autostrada, di superficie pari a circa 8.400 m², e due aree destinate a parcheggio di 2.000 e 4.800 m² circa, mentre le restanti superfici risultano occupate dalla viabilità di accesso alla lottizzazione, da una rotatoria e dalle aree verdi. Gli stalli di tutti i parcheggi, sia pubblici che privati (tutti, presi singolarmente, di superficie inferiore ai 5.000 m²) verranno realizzati in grigliato drenante.

A livello generale, allo stato di progetto si evidenzia quindi una diminuzione del livello di drenaggio con un sostanziale aumento delle superfici impermeabili.

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 di progetto sono state considerate come semipermeabili gli stalli dei parcheggi in grigliato drenante;
- SUPERFICI IMPERMEABILI ($\phi = 0,9$): sia per lo stato di progetto che per lo stato attuale 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 0,22 per quanto riguarda lo stato attuale e 0,68 per lo stato di progetto. L'intervento in progetto è classificabile come *intervento a significativa impermeabilizzazione potenziale su superfici comprese fra 1 e 10 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.

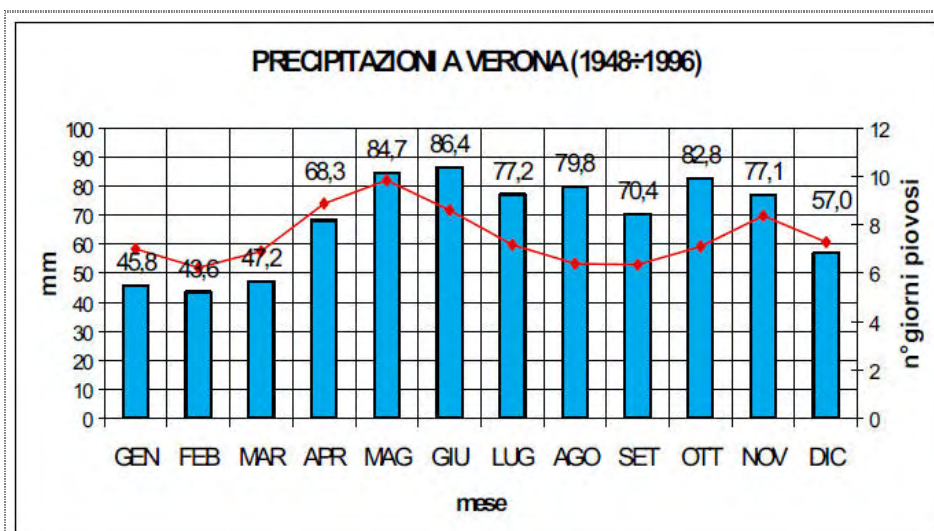


Fig. 8. Andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno a Verona per il periodo 1948 ÷ 1996. Gli istogrammi rappresentano i millimetri di pioggia cumulativi mensili mentre in rosso è rappresentato l'andamento del numero medio dei giorni piovosi.

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 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 ai dati registrati dalla stazione pluviometrica di Verona, relativi ad eventi piovosi intensi di durata oraria (1, 3, 6, 12 e 24 ore) registrati nel periodo 1928 ÷ 1980 (*dati desunti dagli Annali Idrologici degli uffici Idrografici del Magistrato alle Acque di Venezia*). I dati sono stati elaborati con il metodo di Gumbel, al fine di definire il legame tra l'altezza di pioggia h e la durata di precipitazione t attraverso una curva di possibilità pluviometrica (CPP) monomia in forma:

$$h = a \cdot t^n$$

Il progetto idraulico è stato riferito cautelativamente ad eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 50 anni ($T_r = 50$ anni). L'elaborazione statistica ha fornito la seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = 51,3 \cdot t^{0,240} \quad (\text{con } h \text{ in mm e } t \text{ in ore})$$

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 curva di possibilità pluviometrica (CPP) riferita ad una stazione pluviometrica di riferimento, avviene assumendo una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione calcolato.

La curva di possibilità pluviometrica scelta è stata indicata nel precedente paragrafo mentre, per quanto riguarda il tempo di corrivazione, per piccoli bacini può essere calcolato attraverso la formula di *Ventura*:

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

dove

A_b è l'area del bacino in km^2

i_m è la pendenza media del bacino (considerata pari a 0,0075).

Alla luce dell'assetto morfologico dell'area di studio, il tempo di corrivazione secondo la formula considerata risulta di circa 20 minuti. L'evento critico considerato con Tr di 50 anni fornisce per tale durata un'altezza di pioggia di circa 40 mm ed un'intensità di pioggia i di circa 120 mm/ora.

Il calcolo della massima portata defluente viene effettuato attraverso la formula:

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

con:

i = intensità di pioggia in mm/ora

A = superficie scolante in ha

φ = coefficiente di deflusso

A parità di intensità, il contributo idrico dell'area allo stato attuale è pari a 384 l/s mentre a seguito degli interventi progettuali la portata di deflusso massima è di 1186 l/s. *L'incremento dell'apporto idrico dovuto alle modifiche previste è quindi pari a 802 l/s e rende necessarie delle MISURE COMPENSATIVE per non alterare l'attuale equilibrio idraulico.*

Il coefficiente udometrico attuale risulta pari a circa 73 l/s per ettaro mentre nella configurazione di progetto sale a 227 l/s per ettaro, indice di una condizione fortemente 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.

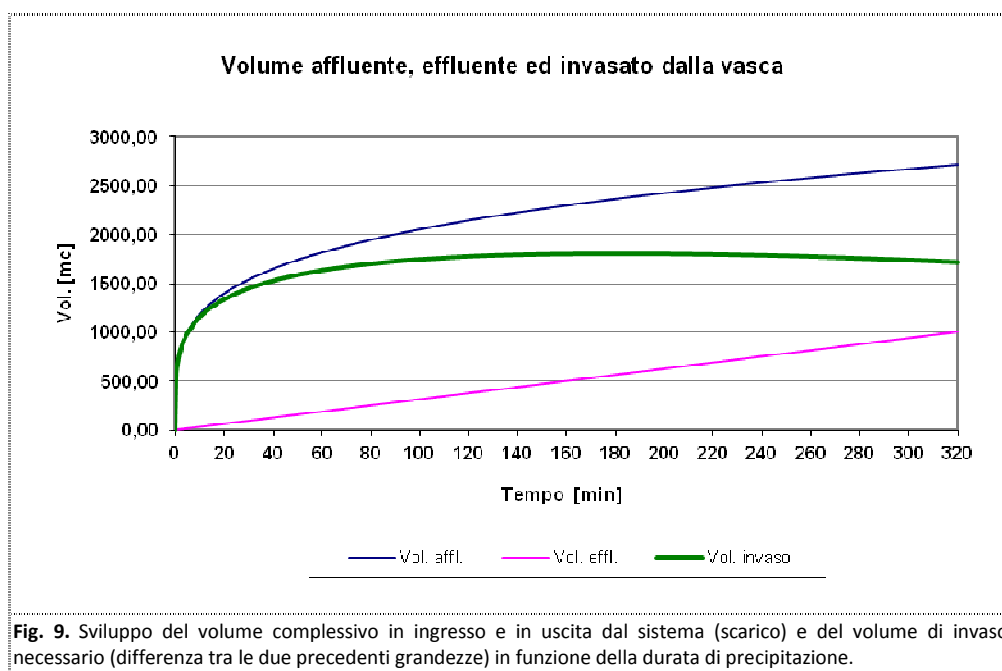
In considerazione delle caratteristiche geotecniche e di permeabilità del sottosuolo e del livello di falda nell'area oggetto di studio, è possibile, secondo normativa, affiancare la predisposizione di volumi d'invaso ad un'altra misura compensativa mediante la realizzazione di sistemi di infiltrazione facilitata quali pozzi o trincee disperdenti. 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.

L'analisi effettuata ha permesso di definire che l'intervento in progetto produrrà un incremento di impermeabilizzazione di circa il 70% rispetto alle condizioni attuali. Per fare in modo che tale incremento non vada ad alterare significativamente l'assetto idraulico della zona, si propone la realizzazione di un sistema di accumulo superficiale integrato con sistemi di dispersione profondi.

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 di 52,3 l/s, dall'analisi dei dati e dei grafici risultanti dall'elaborazione si evince che il **volume di invaso minimo necessario** risulta pari a **1.800 m³** circa. Tale valore corrisponde infatti al picco della curva del volume di invaso, raggiunto per un evento meteorico critico di 180 minuti di durata (3 ore), come risulta dal grafico di seguito illustrato e dai tabulati di calcolo in allegato al testo (v. ALLEGATO 3), ai quali si rimanda per un maggiore dettaglio.

Se si rapporta il valore del volume d'invaso calcolato alle superfici oggetto di trasformazione (intendendo come tali le coperture dei fabbricati, le superfici impermeabili e quelle semipermeabili), si ottiene un volume specifico calcolato pari a 455 m³ per ettaro di superficie impermeabile.



Alla luce dell'assetto stratigrafico locale e della buona permeabilità dei depositi ghiaiosi naturali presenti immediatamente al di sotto dello strato superficiale vegetale, permeabilità che si può assumere nell'ordine di 10^{-3} m/s, è possibile considerare fra le misure compensative, oltre alla predisposizione di volumi d'invaso, anche la realizzazione di sistemi disperdenti purché venga garantito un volume di invaso pari ad almeno il 50% del volume di accumulo totale, che nel caso specifico risulta pari ad almeno 900 m³.

Le scelte progettuali si sono quindi orientate verso un sistema di gestione delle acque meteoriche che integri la predisposizione di volumi d'invaso per favorirne il riutilizzo con la realizzazione di una serie di pozzi perdenti, distribuiti in più batterie, in modo da rendere più funzionale la gestione del sistema di raccolta delle acque meteoriche in rapporto alle diverse aree tipologiche previste dal progetto.

Per quanto riguarda la geometria dei pozzi, alla luce del livello di massima escursione della falda, stimato alla profondità di 7 m dal piano campagna, si ritiene che la profondità massima dei pozzi non debba superare i 6 m, in modo tale da garantire un franco adeguato rispetto al livello di morbida della falda. In riferimento inoltre alla vulnerabilità dell'acquifero, è opportuno che al fondo dei pozzi perdenti venga creato un filtro di terreno granulare dello spessore di almeno 0,5 m ad ulteriore salvaguardia e tutela dell'acquifero stesso, 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., che indica un franco di almeno 1,5 m tra la superficie disperdente ed il massimo livello di falda.

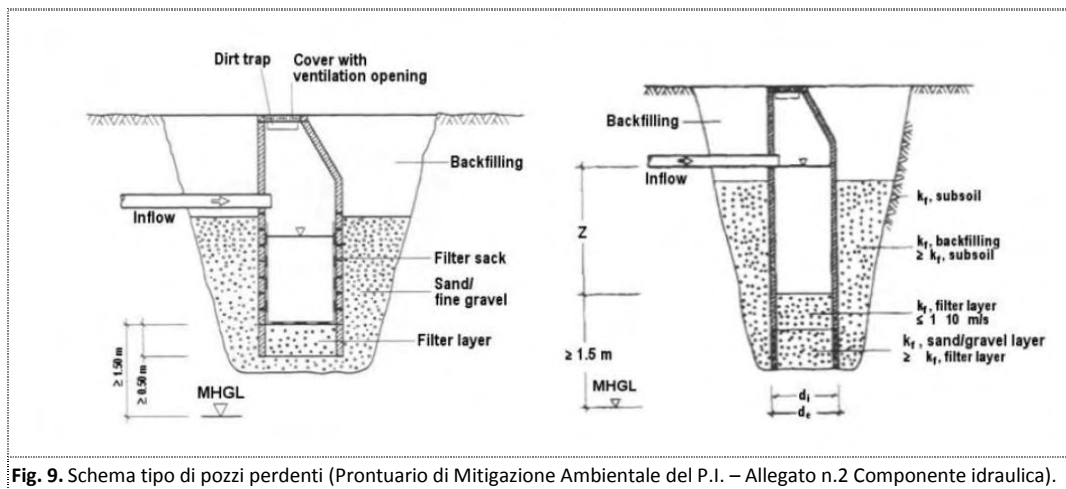


Fig. 9. Schema tipo di pozzi perdenti (Prontuario di Mitigazione Ambientale del P.I. – Allegato n.2 Componente idraulica).

In riferimento all'articolo 39 delle Norme Tecniche del Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto, il lotto oggetto di studio rientra nell'ambito definito dal comma 5, secondo cui per *“parcheggi e piazzali di zone residenziali, commerciali o analoghe, depositi di mezzi di trasporto pubblico, aree intermodali, di estensione inferiore a 5.000 m² [...] le acque meteoriche di dilavamento e le acque di lavaggio, convogliate in condotte ad esse riservate, possono essere recapitate in corpo idrico superficiale o sul suolo [...] 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 delle acque ivi convogliate”*. Il recapito tramite pozzi perdenti negli strati superficiali del sottosuolo dovrà quindi essere preceduto da un idoneo sistema di trattamento in continuo di sedimentazione.

Per quanto riguarda le coperture dei fabbricati, come definito nell'Allegato A alla DGR n.80 del 27/01/2011, trattandosi di edificio commerciale, il recapito negli strati superficiali del sottosuolo può avvenire senza trattamento.

Per quanto detto quindi gli interventi risultano conformi a quanto previsto dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto.

In riferimento infine alle buone pratiche costruttive richiamate nel capitolo 6 del presente testo e nel Prontuario di Mitigazione Ambientale – Allegato n.2 Componente idraulica del P.I., il progetto prevede l'utilizzo di pavimentazioni grigliate per gli stalli dei parcheggi e la raccolta ed il recupero dell'acqua meteorica proveniente dai tetti ad uso irriguo.

Dott. Geol. Lorena Benedetti

Dott. Ing. Alessia Canteri

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

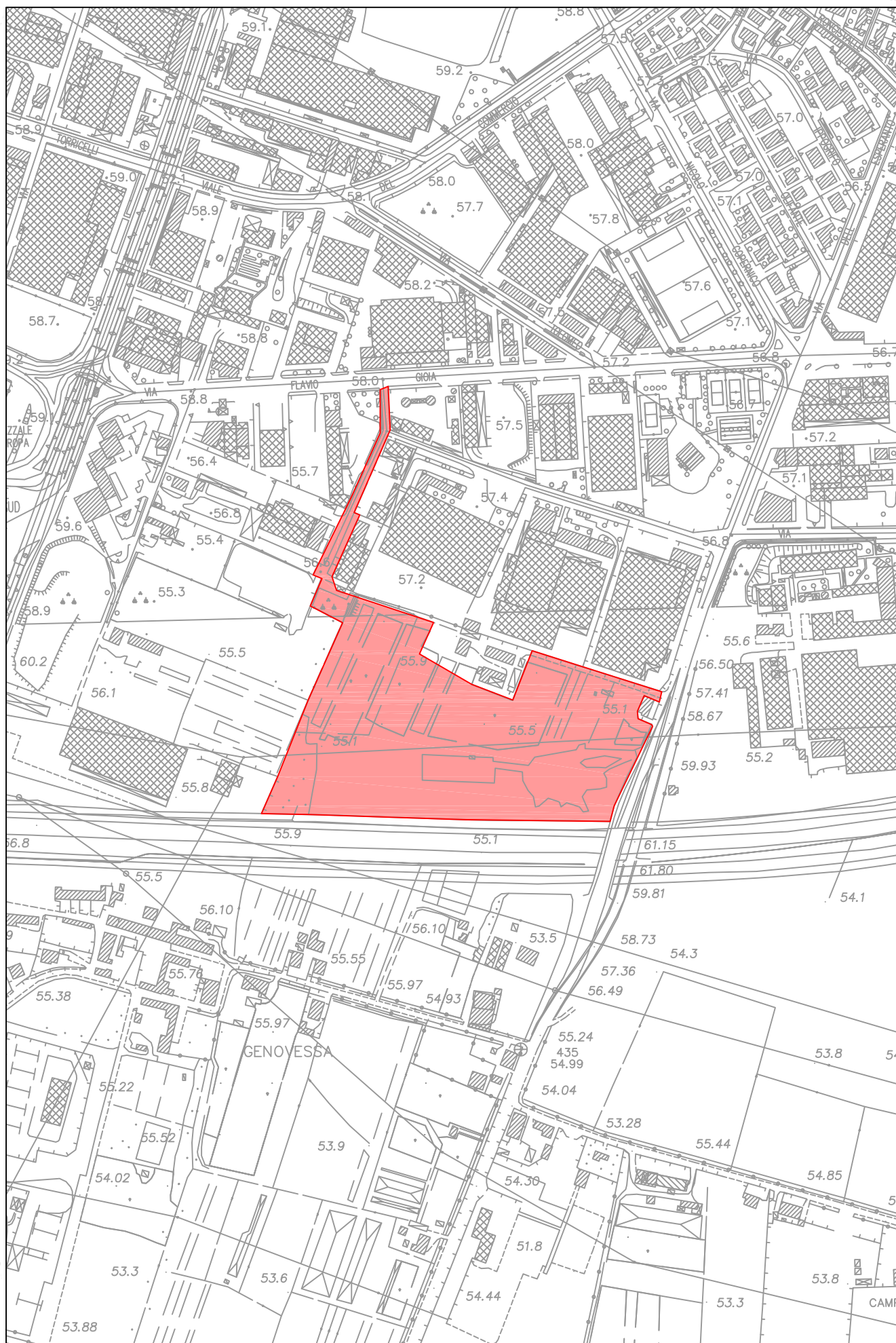
Geotecnica – Zanichelli (1987)

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'

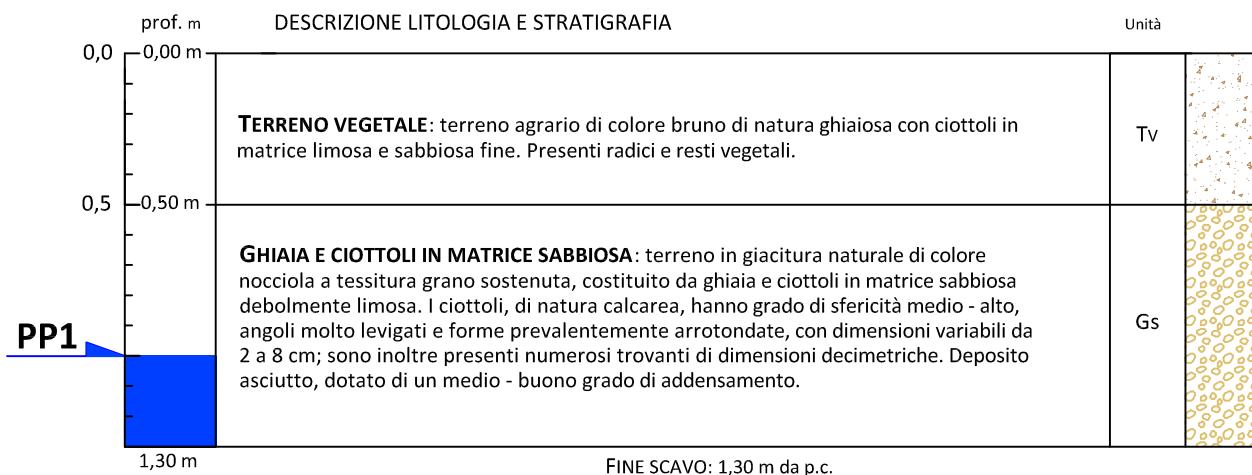
UBICAZIONE PP1



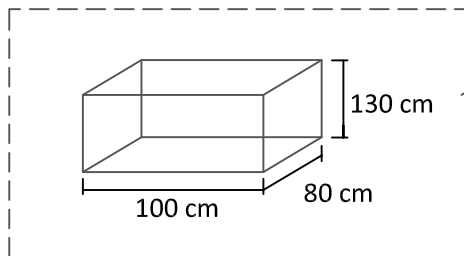
POSTAZIONE PROVA PP1



PARETE DI SCAVO DELLA PROVA PP1



PROVA DI PERMEABILITA' PP1 IN POZZETTO A CARICO VARIABILE



STATO INIZIALE: $t = 0h, 0', 00''$

livello acqua = 30,0 cm

STATO FINALE: $\Delta t = 0h, 0', 50''$

Abbassamento livello acqua = - 30,0 cm

FASE DI RIEMPIMENTO DEL POZZETTO DI PROVA



CUMULO RIFERIBILE ALL'UNITA' "Gs"



PERMEABILITA' UNITA' "Gs"

$k = 1,06 \text{ E-}3 \text{ m/sec}$

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE:	P.U.A. Via dell'Esperanto (Verona)
DATA:	05/06/2013

Profondità (cm)	130
Lato maggiore L (cm)	100
Lato minore A (cm)	80

POZZETTO PP1

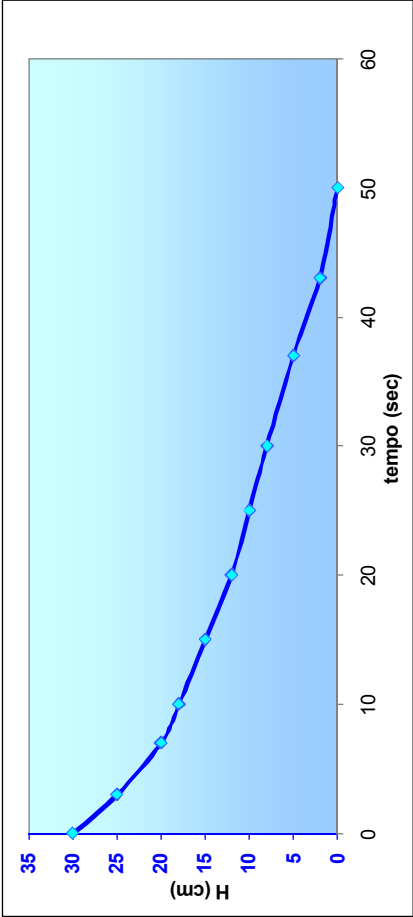
Natura del terreno : UNITA' Gs - Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa

Hm(cm) =	15	h1 (cm) =	30
b (cm) =	89	h2 (cm) =	0,0

Δt (sec) = 50

Calcolo coefficiente di permeabilità			
K (m/sec)=	$\frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)}$	$\cdot \frac{1+(2Hm/b)}{(27Hm/b)+3}$	= 1,06E-03

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
30,0	0	2,00	0,0
25,0	3	1,67	5,0
20,0	7	1,33	5,0
18,0	10	1,20	2,0
15,0	15	1,00	3,0
12,0	20	0,80	3,0
10,0	25	0,67	2,0
8,0	30	0,53	2,0
5,0	37	0,33	3,0
2,0	43	0,13	3,0
0,0	50	0,00	2,0



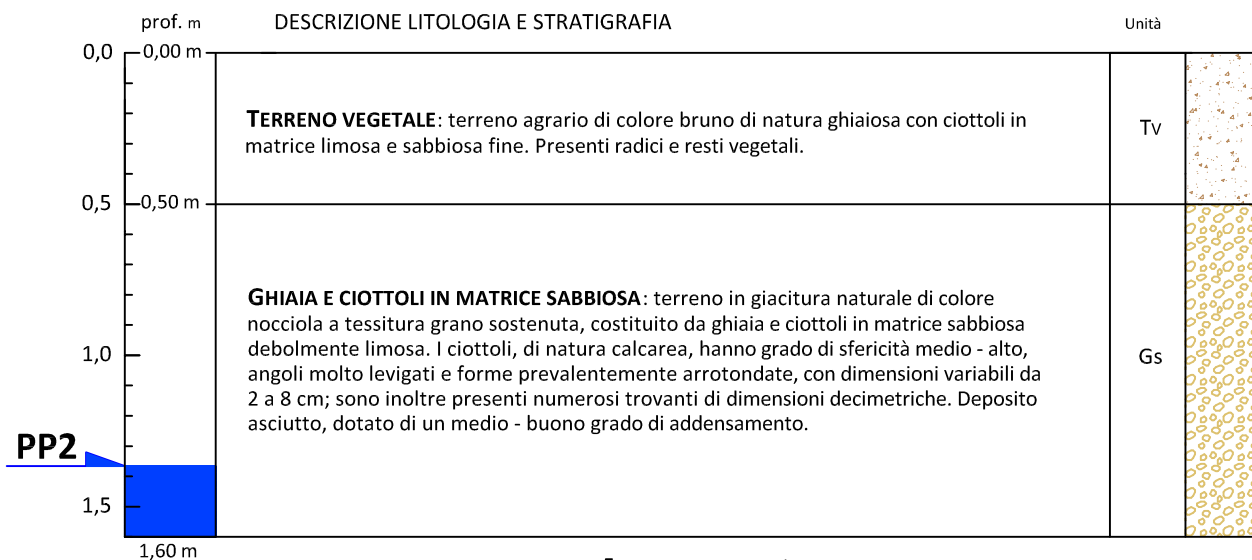
UBICAZIONE PP2



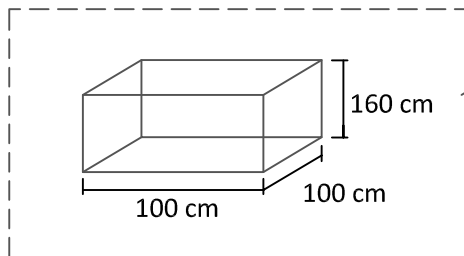
POSTAZIONE PROVA PP2



PARETE DI SCAVO DELLA PROVA PP2



PROVA DI PERMEABILITA' PP1 IN POZZETTO A CARICO VARIABILE



STATO INIZIALE: $t = 0h, 0', 00''$

livello acqua = 23,0 cm

STATO FINALE: $\Delta t = 0h, 1', 30''$

Abbassamento livello acqua = - 23,0 cm

FASE DI RIEMPIMENTO DEL POZZETTO DI PROVA



CUMULO RIFERIBILE ALL'UNITA' "Gs"



PERMEABILITA' UNITA' "Gs"

$k = 5,15 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale

Metodo con carico variabile

CANTIERE:	P.U.A. Via dell'Esperanto (Verona)
DATA:	05/06/2013

Profondità (cm)	160
Lato maggiore L (cm)	100
Lato minore A (cm)	100

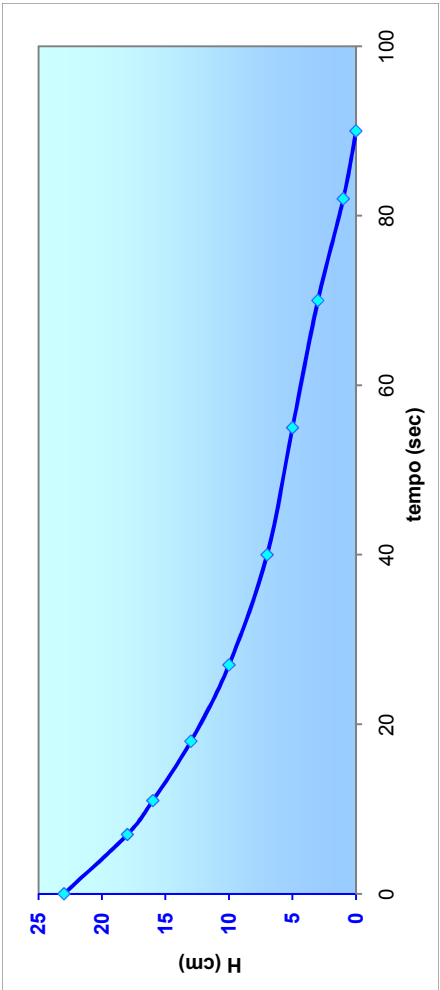
POZZETTO PP2

Natura del terreno : UNITA' Gs - Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa

Hm(cm) =	12	h1 (cm) =	23,0	Δt (sec) =	90
b (cm) =	100	h2 (cm) =	0,0		

Calcolo coefficiente di permeabilità			
K (m/sec)=	$\frac{\Delta H}{(t_2 - t_1)}$	$\cdot \frac{1+(2Hm/b)}{(27Hm/b)+3}$	=
			5,15E-04

H (cm)	t (sec)	H/Hm	ΔH (cm)
23,0	0	1	0,0
18,0	7	1,57	5,0
16,0	11	1,39	2,0
13,0	18	1,13	3,0
10,0	27	0,87	3,0
7,0	40	0,61	3,0
5,0	55	0,43	2,0
3,0	70	0,26	2,0
1,0	82	0,09	2,0
0,0	90	0,00	1,0



ALLEGATO 3

TABULATO DI CALCOLO MISURE COMPENSATIVE

CALCOLO VOLUME DI INVASO

a =	51,30
n =	0,240

Calcolo coeff. deflusso medio

Sup. agricola	Sup. a =	0,00	[mq]	ϕ	0,1
Sup. permeabile	Sup. p =	12640,00	[mq]		0,2
Sup. semipermeabile	Sup. sp =	8998,00	[mq]		0,6
Sup. impermeabile	Sup. im =	30696,00	[mq]		0,9
Coeff. di deflusso medio	ϕ =	0,68			
TOT. Superficie di calcolo	Sup =	52334,00	[mq]		

Calcolo volume di invaso

Portata scarico vasca	Q out =	52,33	[l/sec]
	u =	10,00	[l/s ha]

Tempo	h pioggia	Q max	Vol affl.	Vol effl.	V invaso
[minuti]	[mm]	[l/s]	[mc]	[mc]	[mc]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	VUOTO
1	16,26	390,52	578,09	1,57	576,52
1	19,20	461,20	682,72	3,14	679,58
2	21,17	508,34	752,49	4,71	747,78
2	22,68	544,68	806,28	6,28	800,00
3	25,00	600,34	888,69	9,42	879,27
4	26,78	643,26	952,21	12,56	939,65
5	28,26	678,65	1004,60	15,70	988,90
10	33,37	801,48	1186,42	31,40	1155,02
15	36,78	883,39	1307,68	47,10	1260,58
20	39,41	946,54	1401,16	62,80	1338,36
25	41,58	986,28	1478,24	78,50	1399,74
30	43,44	858,66	1544,36	94,20	1450,16
35	45,08	763,74	1602,57	109,90	1492,67
40	46,54	690,03	1654,76	125,60	1529,16
45	47,88	630,95	1702,20	141,30	1560,90
50	49,10	582,40	1745,79	157,00	1588,79
55	50,24	541,70	1786,19	172,70	1613,48
60	51,30	507,04	1823,88	188,40	1635,48
65	52,30	477,11	1859,26	204,10	1655,15
70	53,23	450,98	1892,62	219,80	1672,82
75	54,12	427,95	1924,22	235,50	1688,72
80	54,97	407,46	1954,26	251,20	1703,05
85	55,77	389,11	1982,90	266,90	1715,99
90	56,54	372,57	2010,29	282,60	1727,68
95	57,28	357,57	2036,54	298,30	1738,24
100	57,99	343,90	2061,77	314,00	1747,76
105	58,67	331,38	2086,05	329,70	1756,35
110	59,33	319,87	2109,47	345,40	1764,07
115	59,97	309,25	2132,10	361,10	1770,99
120	60,58	299,40	2153,99	376,80	1777,18
125	61,18	290,26	2175,19	392,51	1782,69
130	61,76	281,73	2195,77	408,21	1787,56
135	62,32	273,77	2215,75	423,91	1791,84
140	62,87	266,30	2235,17	439,61	1795,56
145	63,40	259,30	2254,07	455,31	1798,77
150	63,92	252,70	2272,49	471,01	1801,48
155	64,42	246,48	2290,44	486,71	1803,74

160	64,92	240,60	2307,96	502,41	1805,56
165	65,40	235,04	2325,07	518,11	1806,96
170	65,87	229,77	2341,79	533,81	1807,98
175	66,33	224,76	2358,14	549,51	1808,63
180	66,78	220,00	2374,13	565,21	1808,93
185	67,22	215,47	2389,80	580,91	1808,89
190	67,65	211,15	2405,14	596,61	1808,53
195	68,07	207,02	2420,18	612,31	1807,87
200	68,49	203,07	2434,93	628,01	1806,92
205	68,89	199,30	2449,41	643,71	1805,70
210	69,29	195,68	2463,61	659,41	1804,20
215	69,69	192,21	2477,56	675,11	1802,46
220	70,07	188,88	2491,27	690,81	1800,46
225	70,45	185,69	2504,75	706,51	1798,24
230	70,82	182,61	2517,99	722,21	1795,78
235	71,19	179,65	2531,02	737,91	1793,11
240	71,55	176,80	2543,84	753,61	1790,23
245	71,91	174,05	2556,46	769,31	1787,15
250	72,25	171,40	2568,89	785,01	1783,88
255	72,60	168,84	2581,13	800,71	1780,42
260	72,94	166,36	2593,18	816,41	1776,77
265	73,27	163,97	2605,07	832,11	1772,96
270	73,60	161,66	2616,78	847,81	1768,97
275	73,93	159,42	2628,33	863,51	1764,82
280	74,25	157,25	2639,72	879,21	1760,51
285	74,56	155,15	2650,96	894,91	1756,04
290	74,87	153,11	2662,04	910,61	1751,43
295	75,18	151,14	2672,99	926,31	1746,68
300	75,49	149,22	2683,79	942,01	1741,78
305	75,79	147,36	2694,46	957,71	1736,75
310	76,08	145,55	2705,00	973,41	1731,58
315	76,38	143,79	2715,40	989,11	1726,29
320	76,66	142,08	2725,69	1004,81	1720,87

Volume da invasare =

1808,93

