

COMMITTENTE



Beni Stabili S.p.a. SIIQ

Sede legale: Via Piemonte ,38 - 00187 Roma
tel. +39.06.36222.1 - 06.36222.745
www.benistabili.it



Beni Stabili Engineering s.r.l.

20123 Milano - Via Cornaggia, 10
Tel. 02.36664100 - Fax 02.36664687

ALTA SORVEGLIANZA

PROGETTO:

RECUPERO

COMPLESSO EDILIZIO
EX INTENDENZA DI FINANZA
EX CONVENTO DI SAN BERNARDINO
VIA DEGLI ZABARELLA 54 VIA S.BIAGIO 1

PADOVA



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l.
ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale
geologia applicata

Sede Legale e Uffici: via Piemonte 89 - 20141 Milano - Tel.: +39 025220141 - Fax: +39 02 5891845
E-mail: info@studiogeotecnico.it - P.E.C.: sgi@legalmail.it - Sito web: www.studiogeotecnico.it

PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURE (VARIANTE A 2 PIANI)

OGGETTO: **VERIFICA DI
COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA**

STUDIO GEOTECNICO ITALIANO S.r.l.
Dott. Ing. **Valeriano Pastore**
Iscrizione Anno dagli Ingegneri
Provincia di Milano
N. 22123

DATA AGG.	REV. N°	FILE	DESCRIZIONE DELL'AGGIORNAMENTO	DISEGNATORE	APPL.

EMISIONE			ELABORATO N. 08903-023R01
DATA PRIMA EMISIONE 09-01-2018	SCALA -	FILE 08903-023R01E01.doc	
	DISEGNATO SGI	APPROVATO GIC	

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

STUDY MATERIALS
Call for a sample
order form (attached)
today!
1-800-368-6868

**Sils - Società Italiana Ingegneria e Servizi s.r.l.**

Via Milazzo, 26/C - 35139 Padova
 Tel. 049.8713060 - Fax 049.8717608
 P. I. 02699100281
 www.sils-pd.it
 Info@sils-pd-it

PROJECT MANAGEMENT

Geom. Antonio MICHELETTO

**DOTT. ARCHITETTO MORENO CARNIATO**

Via Brigata Marche 53, 31100 TREVISO

PROGETTO ARCHITETTONICO E DIREZIONE LAVORI

Dott. Arch. Moreno CARNIATO



Servizi e Controlli per la Progettazione s.r.l.
 via dello Squero 4, 31100 Treviso
 tel 0422 412820 fax 0422 412821 E-mail: secpro@tin.it

**STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl**

ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale
 geologia applicata

Ing. Valeriano PASTORE

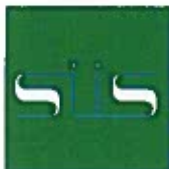
Sede Legale e Uffici: via Ripamonti 89 - 20141 Milano - Tel.: +39 025220141 - Fax: + 39 02 5691845
 E-mail: info@studlogeotecnico.it - P.E.C.: sgi@legalmail.it - Sito web: www.studlogeotecnico.it

CONSULENZA GEOTECNICA**SOGEN s.r.l.**

SEDE PADOVA - Ufficio Tecnico
 via A. Bonazza, 33 - 35132 - Padova (PD) - IT
 tel. +39 049 864 6799
 fax +39 049 605 473
 www.sogen.it sogen@pec.sogen.it
 P.IVA / C.F. IT-03651260287

PROGETTO STRUTTURE

Ing. Maurizio SCHIAVO

**Sils - Società Italiana Ingegneria e Servizi s.r.l.**

Via Milazzo, 26/C - 35139 Padova
 Tel. 049.8713060 - Fax 049.8717608
 P. I. 02699100281
 www.sils-pd.it
 info@sils-pd-it

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE E DI ESECUZIONE**SAP - Società Archeologica s.r.l.**

Strada Fienilli, 39/a - 46020 Quingentole (MN)
 Tel. 038642591 - Fax 038642287
 P. I. 01725150203
 www.archeologica.it
 mail@archeologica.it

CONSULENZA ARCHEOLOGICA

dott. Agostino Favaro

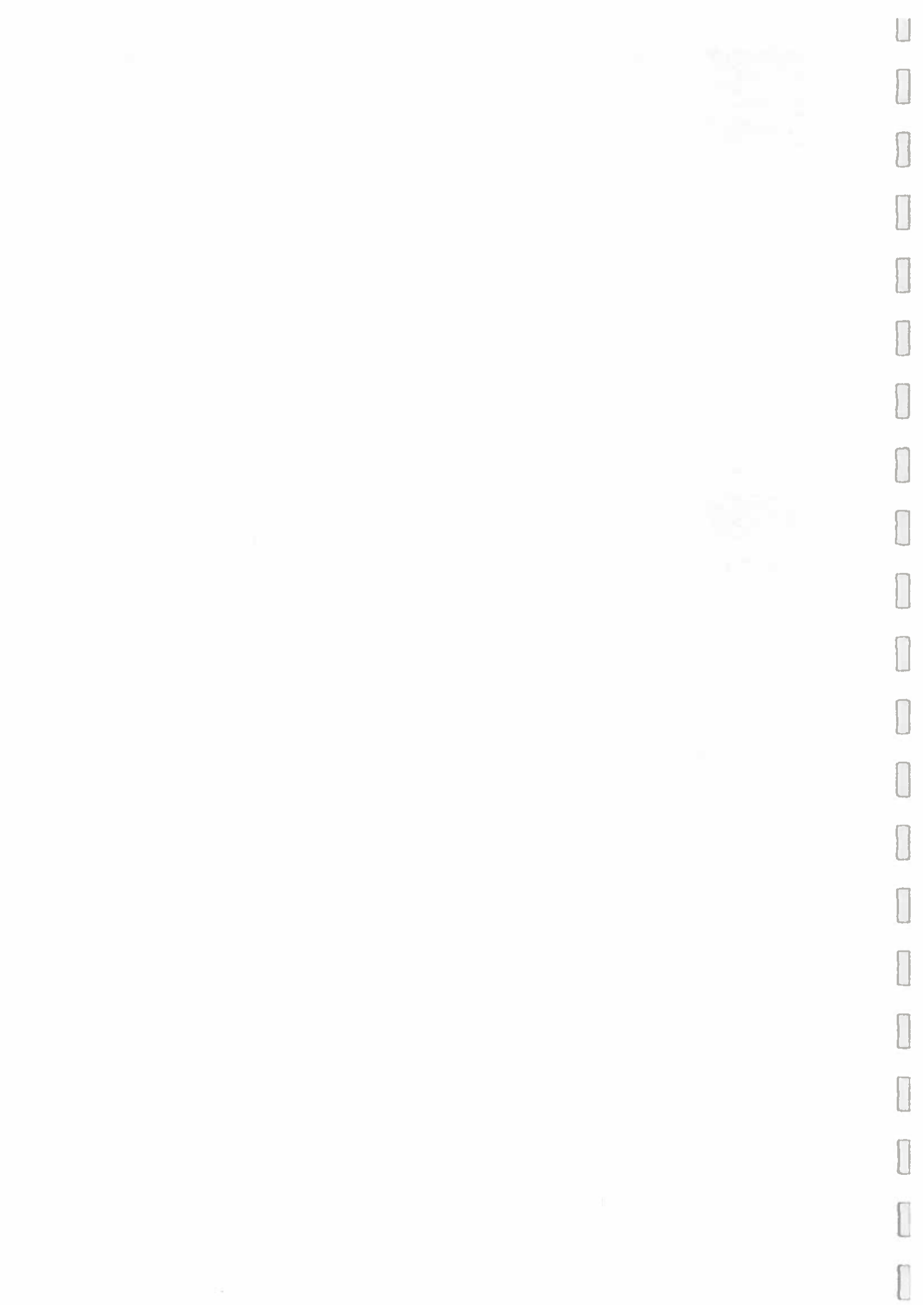


S.G.M. Geologia e Ambiente S.r.l.
 Via M.M. Plattis, 21 - 44124 FERRARA
 Internet: www.sgm-ambiente.it
 e-mail: info@sgm-ambiente.it

PEC: sgm-ambiente@pec.it
 Tel 0532/977899
 Fax 0532/906907
 C.F. e Partita Iva 01299560381

CONSULENZA AMBIENTALE

Dott. Geol. Linda Collina



INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3.	CONTESTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	4
3.1	Inquadramento geologico e litologico	4
3.2	Inquadramento idrogeologico	6
3.3	Inquadramento idrologico	8
3.4	Modello litostratigrafico locale	10
3.5	Modello idrogeologico.....	12
3.6	Considerazioni sull'idrogeologia del sito.....	16
4.	VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	18
4.1	Analisi idrologica ed idraulica	19
4.1.1	Curve di possibilità pluviometrica	19
4.1.2	Coefficienti di deflusso	21
4.1.3	Calcolo delle portate	22
4.1.4	Stima dei volumi d'invaso	22
4.2	Esame delle trasformazioni	23
4.2.1	Stato attuale	23
4.2.2	Stato di progetto	25
4.2.3	Confronto tra stato attuale e stato di progetto	27
5.	CONCLUSIONI.....	29

1. PREMESSA

Lo Studio Geotecnico Italiano è stato incaricato di redigere la Verifica di Compatibilità Idrogeologica della variante all'intervento denominato "Recupero del complesso edilizio ex intendenza di finanza - ex intendenza convento di San Bernardino", che interessa un'area ubicata in corrispondenza dell'intersezione tra via degli Zabarella 54 e via S. Biagio 1 a Padova (Figura 1.1).



Figura 1.1 Vista aerea del sito oggetto degli interventi (fonte: Google earth)

Così come definito negli elaborati allegati alla domanda finalizzata ad ottenere il Permesso di costruire, l'intervento consisteva da una rimessa interrata su 3 livelli, da realizzare in corrispondenza del cortile interno al complesso edilizio.

A seguito di approfondimenti di indagine e approfondimenti progettuali, la Società Beni Stabili S.p.A. SIIQ ha rivalutato l'intervento: all'incirca a parità di superficie impegnata, la rimessa interrata non sarà più su 3 livelli ma su 2 livelli, quindi con minore impatto sulle acque sotterranee.

Nella presente relazione saranno quindi riconsiderate le valutazioni esposte nella relazione di Verifica di compatibilità idrogeologica del progetto alla luce delle modifiche introdotte dalla variante e di nuove indagini geognostiche nel frattempo effettuate.

Le sezioni dedicate all'inquadramento geologico ed idrogeologico ricalcano integralmente i contenuti delle sezioni omologhe della relazione del progetto a suo tempo consegnato, essendo rimasto chiaramente immutato il contesto territoriale nel quale le opere si inseriscono.



2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta utilizzando i documenti seguenti:

- [A.1] Piano Urbanistico Attuativo per il recupero del complesso edilizio "Ex intendenza di finanza – ex convento di S. Bernardino", "Verifica di compatibilità idrogeologica", redatta da Ing. Massimo Tondello e Dott. Geol. Sergio Cifran (Ottobre 2010);
- [A.2] D.g.r. n. 1841 Regione Veneto recante in oggetto "L. 3 agosto 1998, n. 267 – Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica D.G.R. 1322 del 10 maggio 2006, in attuazione della sentenza TAR Veneto n. 1500/07 del 17 maggio 2007";
- [A.3] P.A.T.I. (Piano di Assetto del Territorio Intercomunale), "Relazione geologica, geomorfologia ed idrogeologica";
- [A.4] P.A.T.I. (Piano di Assetto del Territorio Intercomunale), "Valutazione di compatibilità idraulica"
- [A.5] P.A.T. Comune di Padova, "Relazione geologica"
- [A.6] P.A.T. Comune di Padova, "Valutazione di compatibilità idraulica"
- [A.7] Indagine geognostica RCR s.n.c. dell'agosto 2008;
- [A.8] Indagine geognostica RCR s.n.c. dell'agosto 2016.

La revisione dei documenti di pianificazione (P.A.T./P.A.T.I.) è quella resa disponibile dai siti internet istituzionali alla data di stesura della presente.

3. CONTESTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il territorio compreso all'interno della Città Metropolitana si sviluppa nel settore orientale della Pianura Padana, a Nord-Est dei colli Euganei; è interessata dalla presenza di due corsi d'acqua principali, il Bacchiglione a Sud con direzione prevalente Est-Ovest ed il Brenta che ne tocca il limite Nord orientale.

Per quanto riguarda lo studio in oggetto, il complesso geolitologico che interessa l'area metropolitana della città di Padova è per importanza quello costituito dalle alluvioni quaternarie.

3.1 Inquadramento geologico e litologico

Il territorio in oggetto di studio rientra completamente in quella fascia della Pianura Padana definita come bassa pianura; tale fascia si trova a valle della linea delle risorgive, dove, all'aumento di sedimenti più fini, si accompagna l'innalzamento della falda alla superficie topografica. Questa fascia di pianura si è formata in seguito ad eventi alluvionali, posteriori all'arretramento dei ghiacciai, che risalgono al periodo tardiglaciale (Pleistocene). I principali fiumi che ne hanno contribuito alla formazione sono: l'Adige, il Piave, il Tagliamento e, in particolare, il sistema Bacchiglione-Brenta per quanto concerne il territorio padovano. La parte più giovane della bassa pianura è di età olocenica e comprende sedimenti fluviali dei corsi d'acqua citati in precedenza.

L'assetto stratigrafico della pianura risulta fortemente condizionato da peculiari meccanismi deposizionali che hanno dato origine a numerose eteropie di facies ed interdigitazioni dei materiali sedimentatisi. La natura dei sedimenti è di due tipi: fluvio-glaciale e marina. I sedimenti marini intercalati a quelli continentali sono da mettere in relazione alle regressioni e trasgressioni occorse in seguito ad oscillazioni glacioeustatiche, e alla variazioni del rapporto tra apporto detritico e subsidenza, mentre quelli continentali sono dovuti all'azione deposizionale dei corsi d'acqua principali che solcano la pianura padano-veneta.

Dal punto di vista litologico la fascia di bassa pianura è costituita da un materasso di depositi periglaciali e fluvioglaciali caratterizzati da granulometria medio-fine (raramente ghiaie, in prevalenza sabbie e limi) interdigitati con sedimenti molto più

fini (limi argillosi ed argille). I depositi più superficiali sono il risultato della deposizione dei fiumi (Brenta in primis per il territorio padovano) che in periodo post-glaciale (olocene) assunsero un'importante capacità di trasporto e quindi deposizionale: in particolare, allo sbocco delle valli alpine venivano depositati ingenti spessori di materiale ghiaioso-sabbioso talora intercalato da livelli più fini, mentre man mano che i corsi d'acqua si addentravano nella pianura perdevano parte della loro capacità di trasporto, depositando sedimenti via via più fini, da sabbie a limi ed argille (Figura 3.1).

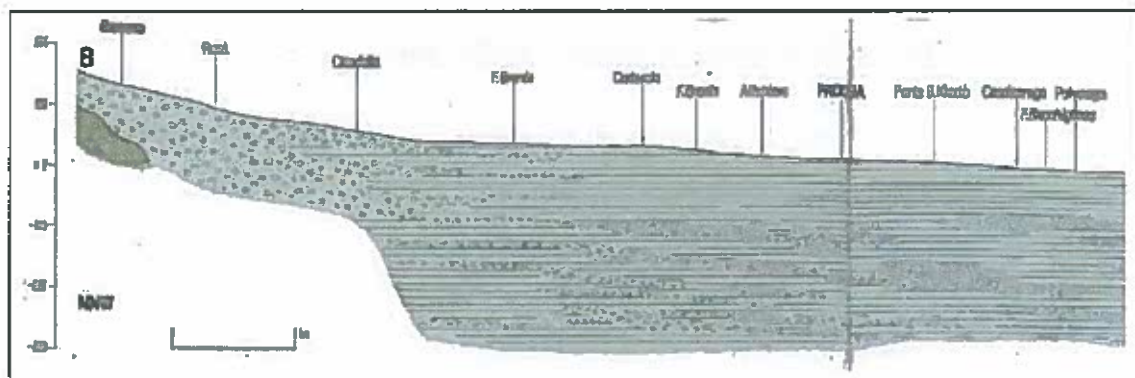


Figura 3.1 Sezione schematica NW-S/E della Pianura Veneta (fonte: Carta Geologica del Veneto)

I processi di sedimentazione fluviale in ambito di pianura hanno portato alla deposizione di materiali a granulometria fine con una notevole variabilità laterale di facies legata alla presenza di macroforme sedimentarie che risultano dalla sedimentazione cumulativa che spazia in tempi anche lunghi. Da ciò risulta che i depositi appartenenti ad ogni singolo sistema fluviale (quali che siano, depositi fini di piana di esondazione o riempimenti di barra di meandro) non sono sufficientemente delineabili e distinguibili da permettere di creare delle unità di pertinenza relative ad ogni singolo corso d'acqua o riconducibili a formazioni geologiche differenziate o di facies specifiche. Nella loro complessa eterogeneità, tali depositi si possono definire come un ripetersi omogeneo dell'alternanza di limi, sabbie ed argille compenstrate o alternate in strati differenziati, a seconda delle particolari condizioni paleo ambientali di deposizione.

La divagazione delle aste fluviali dei principali corsi d'acqua presenti nella zona hanno sovrapposto, nel tempo e nella sequenza stratigrafica, ambienti caratterizzati da differente energia di trasporto e deposizione. Alle aree di rapido deflusso generate dai tratti di fiume costituitisi immediatamente dopo un fenomeno di cut off di meandri o all'esterno dell'ansa di un meandro stesso, ove l'alto livello di energia ha permesso la deposizione dei soli materiali grossolani sabbiosi, si sono susseguite aree con caratteristiche completamente differenti. All'interno delle anse dei meandri, infatti, si sono depositati i sedimenti più fini a granulometria limosa e limo argillosa mentre negli alvei abbandonati dei cut off si sono create condizioni di acque stagnanti ove alla deposizione di sedimenti argillosi si sono, a volte, affiancate condizioni riducenti con l'accumulo di sostanza vegetale che ha generato livelli lenticolari di torba. Da questo scenario di facies estremamente variabile, pur sempre di tipo fluviale terminale, ne è derivata una deposizione che ha dato luogo ad una stratificazione molto eterogenea ed eteropica anche in senso orizzontale con conformazione degli strati di tipo lenticolare o comunque con strati sub orizzontali che presentano marcate variazioni orizzontali di spessore.

Le principali classi litologiche sono quindi:

- materiali alluvionali o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa.
- materiali alluvionali o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa.
- terreno di riporto antropico di varia natura e granulometria.

3.2 Inquadramento idrogeologico

L'assetto generale della pianura Veneta vede un progressivo differenziamento del materasso alluvionale, passando dall'alta pianura, a ridosso dei rilievi collinari, alla bassa pianura.

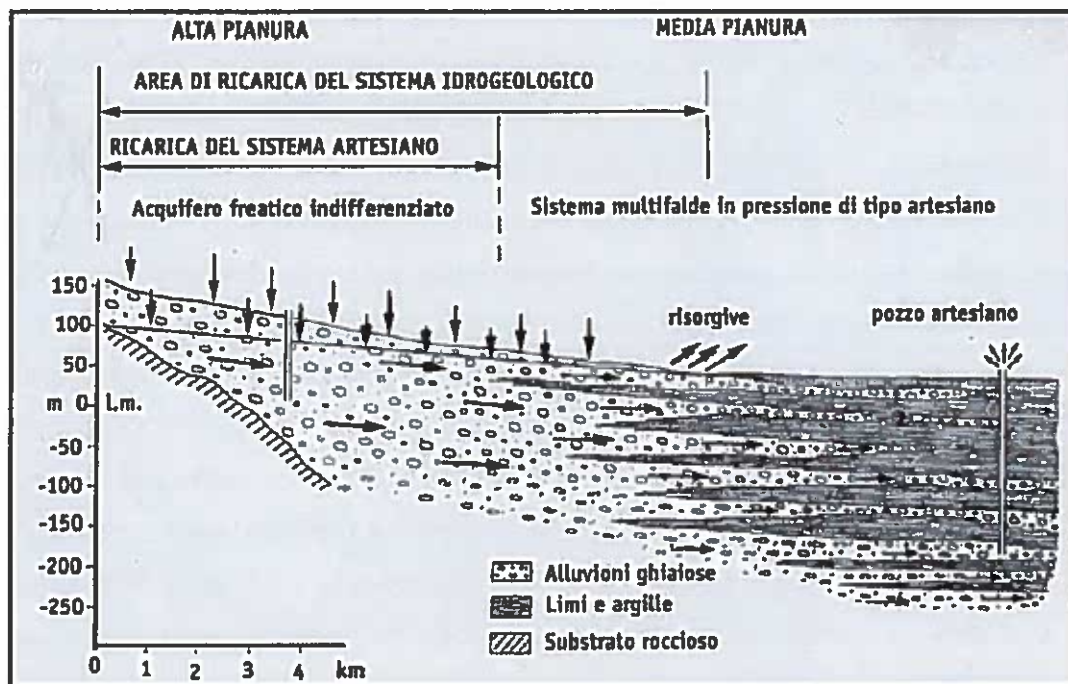


Figura 3.2 Schema idrogeologico della Pianura Veneta (fonte: rif. [A.5])

La coltre di sedimenti che costituisce il materasso alluvionale è formato in prevalenza da ghiaie nell'alta pianura, con un progressivo impoverimento di materiali grossolani a favore di materiali fini verso la bassa pianura. In corrispondenza del passaggio tra alta e bassa pianura, c'è la fascia delle risorgive. In questa striscia larga dai 2 agli 8 Km, con andamento Est-Ovest l'acqua infiltratasi a monte viene a giorno creando le tipiche sorgenti di pianura e alimentando diversi fiumi, tra i quali il più importante è il Sile. La causa della venuta a giorno delle acque, è da ricercarsi nel cambio di pendenza della superficie topografica e dalla progressiva rastremazione superficiale dei materiali più permeabili.

Il sottosuolo dell'area urbana si inserisce nel sistema multifalda tipico della bassa pianura veneta, con un'alternanza, talvolta spiccata di livelli permeabili e impermeabili. Si vengono perciò a formare acquiferi liberi, semiconfinati e acquiferi in pressione. In via generale si avrà una falda superficiale, poco profonda e di modesta "portata", ricaricata prevalentemente da acque meteoriche e indirettamente dagli apporti dei corsi d'acqua presenti nel territorio. Le falde

sottostanti sono per lo più in pressione, alloggiate in acquiferi prevalentemente sabbiosi, separate da strati argillosi impermeabili.

Dall'estratto della carta idrogeologica della provincia di Padova (misure febbraio-marzo 2007) si nota che la falda superficiale ha profondità media di 2,0 m da p.c., con abbassamento della falda freatica da Sud verso Nord. Le oscillazioni medie della falda sono stimabili in ± 1 m nel corso delle variazioni annuali con direzione di flusso NNW-SSE. Dalla stessa non si evince un modello univoco che relazioni la falda idrica, le litologie presenti e gli alvei fluviali attuali: questo fatto è dovuto principalmente all'alta variabilità litologica del sottosuolo che crea, nelle varie zone, domini idrici con caratteristiche diverse caso per caso.

3.3 Inquadramento idrologico

La rete idrografica locale è caratterizzata da una ricca rete di fiumi e di scoli modificati dall'azione dell'uomo nel corso della storia che ne ha variato sia il tracciato che le portate trasportate.

Il territorio cittadino è limitato a nord dal fiume Brenta, a Sud dal Bacchiglione, a Ovest dal canale Brentella e a Est dal Canale Roncaiette (Figura 3.3).

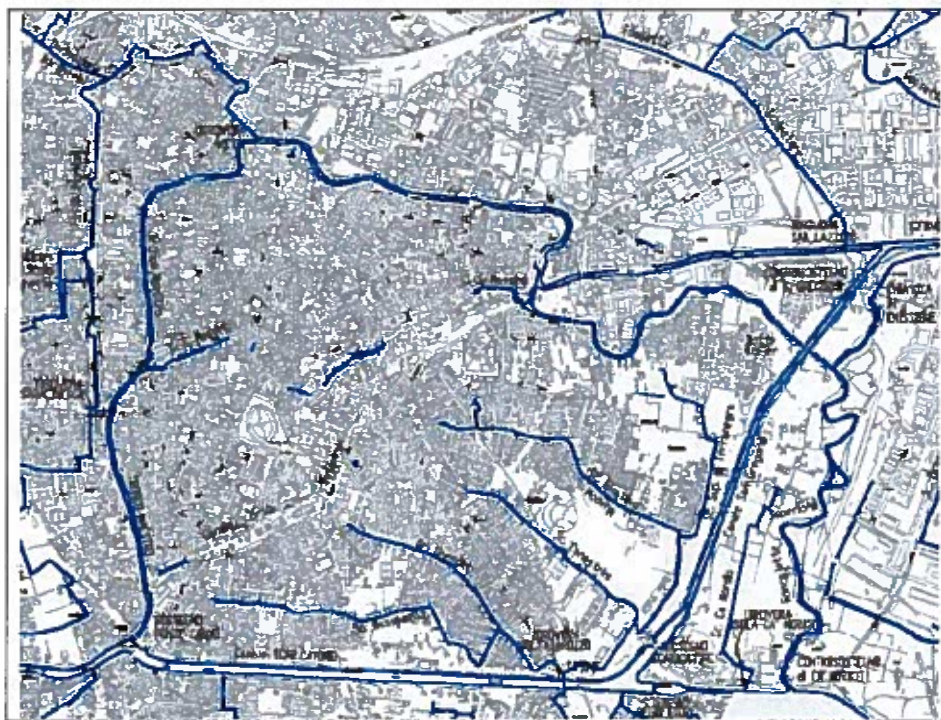


Figura 3.3 Rete idrografica della città di Padova (estratta da rif. [A.1])

Il Brenta arriva da Nord-Ovest e percorre il confine comunale nord orientale, proseguendo poi verso il mare in direzione Sud-Est. Durante il suo percorso in destra idrografica, incontra il Canale Brentella che a sua volta, toccando i margini occidentali del comune di Padova, alimenta le acque del Bacchiglione nei momenti di magra. Il Brenta riceve anche le acque del Canale Piovego, il quale una volta lasciata Padova prosegue con il Naviglio Brenta verso la laguna veneziana.

Il Bacchiglione giunge nel comune padovano da Sud-Ovest, proveniente da Vicenza, e, in località Bassanello, alimenta il Canale Battaglia e il Tronco Maestro (o Piovego). Prosegue quindi verso Est attraverso il canale Scaricatore, rinominato nuovo Bacchiglione, con un'asta rettilinea fino al comune di Voltabarozzo. Qui si divide in due rami, uno verso Est, che raggiunge il canale Roncajette Inferiore, l'altro verso Nord-Est (canele di S. Gregorio) che si ricongiunge con il Piovego.

La situazione idrografica attuale deriva dalla necessità di proteggere nei secoli scorsi la città dalle frequenti esondazioni causate dal fiume Bacchiglione e dal Piovego, che sfociavano nel Canale Roncajette. Il Bacchiglione, che in principio scorreva all'interno della città, determinò diverse esondazioni che resero necessario lo scavo

del Canale Scaricatore, così da deviare le piene estromettendole dalla città. Le opere di regimazione sono state completate con le relative arginature e la creazione del Partitore di Voltabarozzo, con due edifici rispettivamente "Partitore" e "Scaricatore", così da poter deviare parte della piena del fiume attraverso il Canale di S. Gregorio ed il Piovego, nel Brenta. L'opera è stata seguita anche dalla costruzione della Porta dei Cavai nella zona ovest della città, che permette di escludere i rami interni alla città durante le fasi di piena. Da ultimo, negli anni 70 è stato realizzato il Controsostegno di Voltabarozzo così da impedire la risalita verso la città delle onde di piena scaricate dal Rocaiette Inferiore.

Altri canali minori, quasi del tutto tombinati, attraversano il centro Città, staccandosi dal ramo principale del Bacchiglione (ora Tronco Maestro o Piovego), girando attorno agli antichi isolotti e dossi alluvionali sui quali venne edificata e ingrandita la città.

3.4 Modello litostratigrafico locale

La successione stratigrafica riscontrata dalle indagini eseguite da RCR s.n.c. nell'area, nel 2008 e nel 2016 (queste ultime distinte con il suffisso '/16'), confermano la presenza della successione classica di alternanza di livelli limo-argillosi e sabbiosi descritti in precedenza.

Le indagini hanno investigato fino ai primi 30 m di sottosuolo e sono consistite in:

- perforazione a carotaggio continuo di n. 2 sondaggi (S1 ed S2), entrambi spinti alla profondità di 25 m, con esecuzione di prove SPT e Lefranc nei fori di sondaggio;
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo spinti a profondità 18 m, nei quali sono stati installati tubi piezometrici fenestrati tra 3 e 17 m (P1/16, S1pzbis/16, Spz3bis/16, Spz4bis/16);
- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità di 18 m (S1pz/16) o di 30 m (SPZ3/16, SPZ4/16, SDH/16), con esecuzione di prove SPT nei fori di sondaggio;
- n. 3 prove CPTU, spinte a profondità 25 m (CPTU1, CPTU2 e CPTU3);
- n. 2 prove CPTU, spinte a profondità 30 m (CPTU1/16 e CPTU2/16).

L'ubicazione delle indagini è riportata in Figura 3.4.



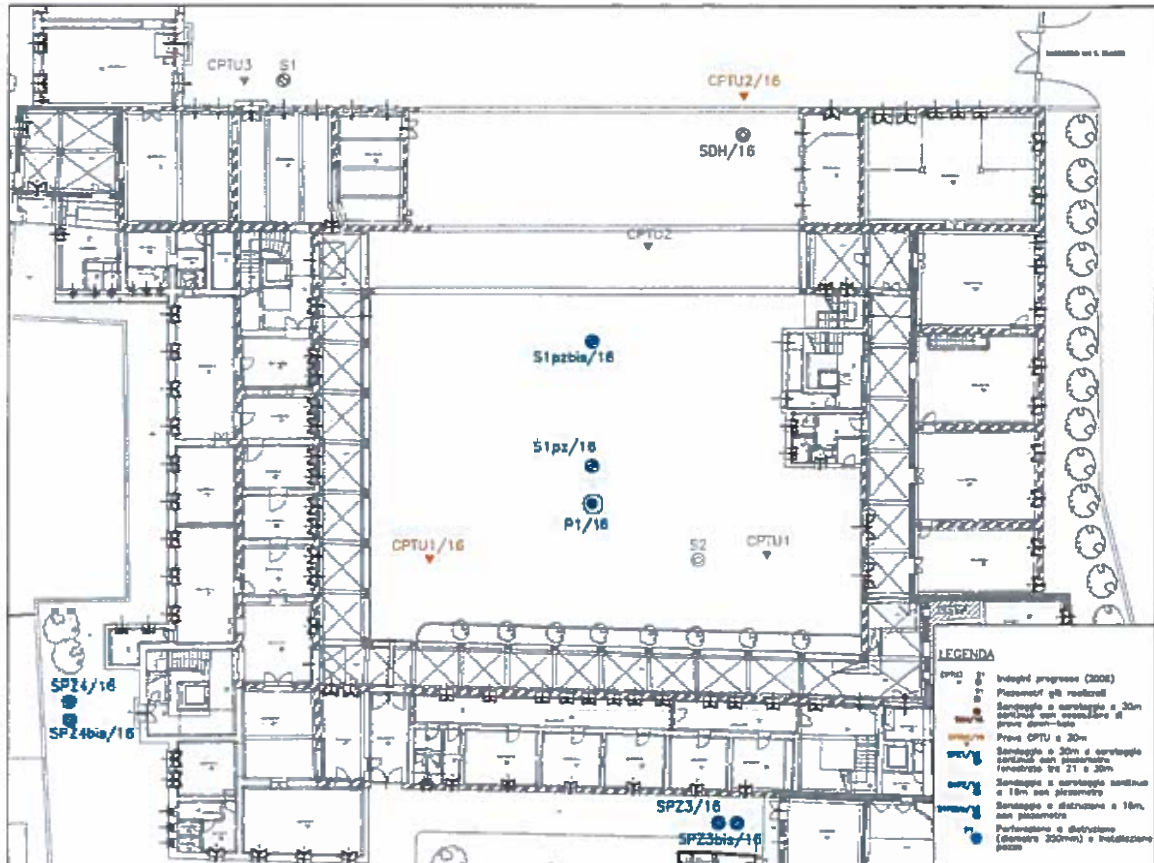


Figura 3.4 Planimetria dei sito con ubicazione dei sondaggi e delle prove in sito

Sulla base dei sondaggi si individua una successione schematizzabile come segue:

da 0 a 3÷4.2 m ca.:

strato di riporto, costituito fino al primo metro da:

- materiali di sottofondo (ghiaia grossa e ciottoli) nel cortile interno del fabbricato da asfalto e;
- terreno vegetale nel cortile esterno;

e da matrice limo argilloso - argilla limosa contenente rottami di cotto, più o meno abbondanti, nella parte rimanente;

da 3÷4.2 a 5 ÷6m ca.:

strato di limo argilloso - argilla limosa, con presenza di livelli torbosi o, localmente, sabbiosi;

da 5÷6 a 16÷17 m ca.:

strato di sabbia medio fine;

da 16÷17 a 21,5 m ca: strato formato da alternanze di strati/livelli sabbiosi e/o argilloso-limosi e limoso-sabbiosi;

da 21,5 m fino a 30 m: strato di sabbie medie e fini.

La Figura 3.5 mostra le sezioni geologiche interpretative dei sondaggi.

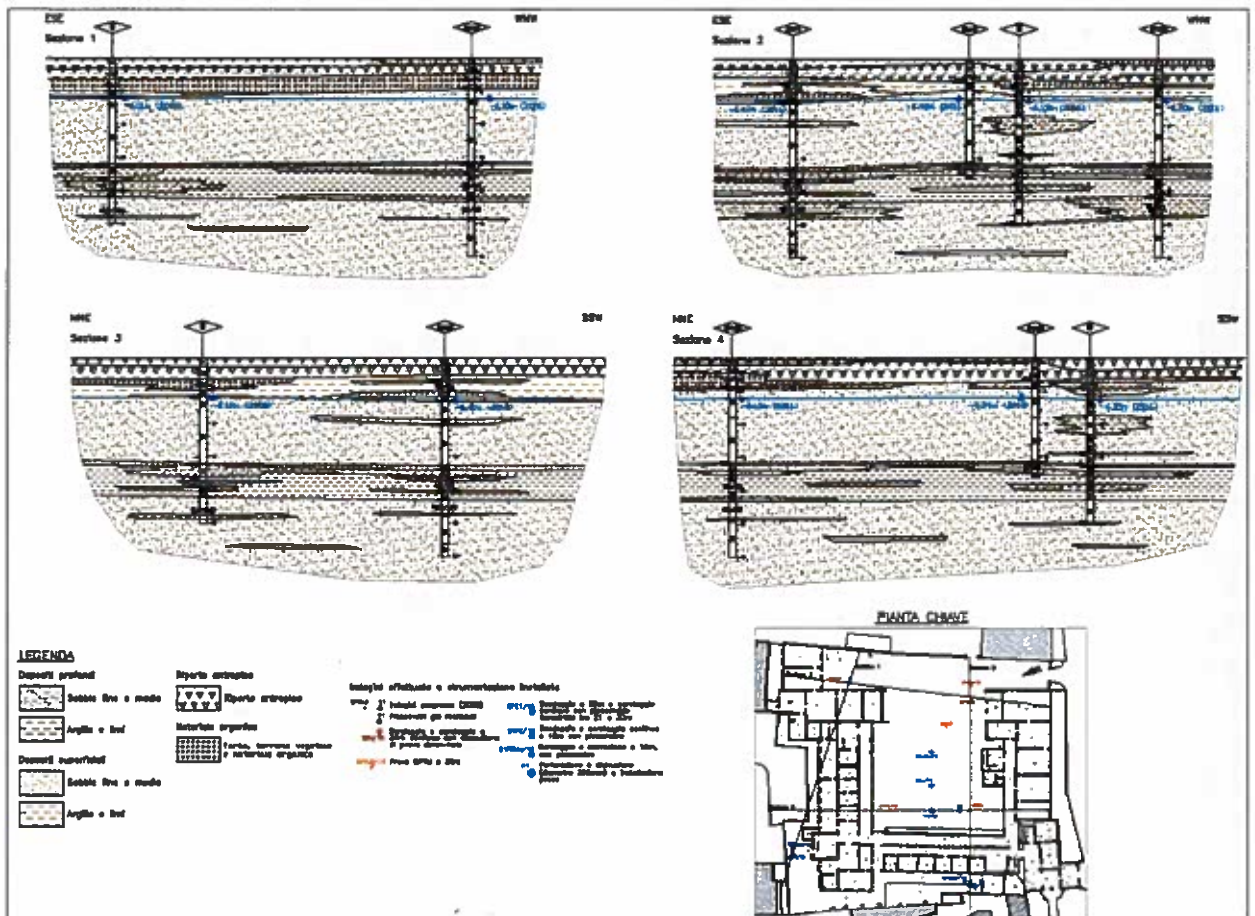


Figura 3.5 Sezioni geologiche del sito

3.5 Modello idrogeologico

Dall'analisi dell'assetto litostratigrafico si individua un acquifero costituito da uno strato di sabbia media e sabbia medio fine che può essere considerato litologicamente omogeneo e possiede spessore di circa 10 m.

L'acquifero è confinato al tetto dallo strato di limo argilloso - argilla limosa e alla base da uno strato a ridotta permeabilità (acquitardo), costituito da alternanze di

livelli decimetrici di argilla limosa, limo argilloso e sabbia limosa avente uno spessore complessivo di circa 4.5 m.

Considerando l'impermeabilizzazione attuale della superficie topografica dell'area e la presenza del livello argilloso superiore, si esclude ogni significativa alimentazione dalla superficie per infiltrazione delle acque meteoriche e, pertanto, nell'area di interesse, si può ritenere che l'acquifero sia di tipo confinato.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche locali e alle conoscenze del sottosuolo a disposizione descritte nei capitoli precedenti, si può affermare che l'estensione spaziale dell'acquifero vada ben oltre le dimensioni dell'area in oggetto e quindi che la falda non sia di carattere locale, ma che faccia parte del complesso idrogeologico a più grande scala del sottosuolo dell'area urbana. In un simile contesto, si deve quindi considerare che il flusso di falda e il gradiente non siano determinati da condizioni locali bensì dipendano da fattori esterni legati alla circolazione sotterranea della struttura idrogeologica, all'influenza dei corsi d'acqua presenti nell'area urbana e, in minore misura, alle eventuali interferenze delle strutture architettoniche interrato e di opere di fondazione.

Nel doc. rif. [A.1] sono riportate le letture piezometriche relative ad un arco temporale superiore ad un anno (agosto 2008 – novembre 2009), qui riproposte nel grafico in Figura 3.6. La soggiacenza media ricavato nel periodo di monitoraggio agosto 2008 – novembre 2009 è stata pari a -5.90 m da p.c. Si evidenzia una escursione (innalzamento dei livelli) di circa 60+80 cm tra i valori rilevati in agosto e quelli rilevati in autunno e primavera, con un picco principale in autunno ed un picco secondario in primavera. Tale riscontro è coerente con il regime pluviometrico che può essere preso a riferimento per l'area, caratterizzato infatti da un massimo principale in autunno ed un massimo secondario in primavera, i quali a volte possono manifestarsi invertiti.

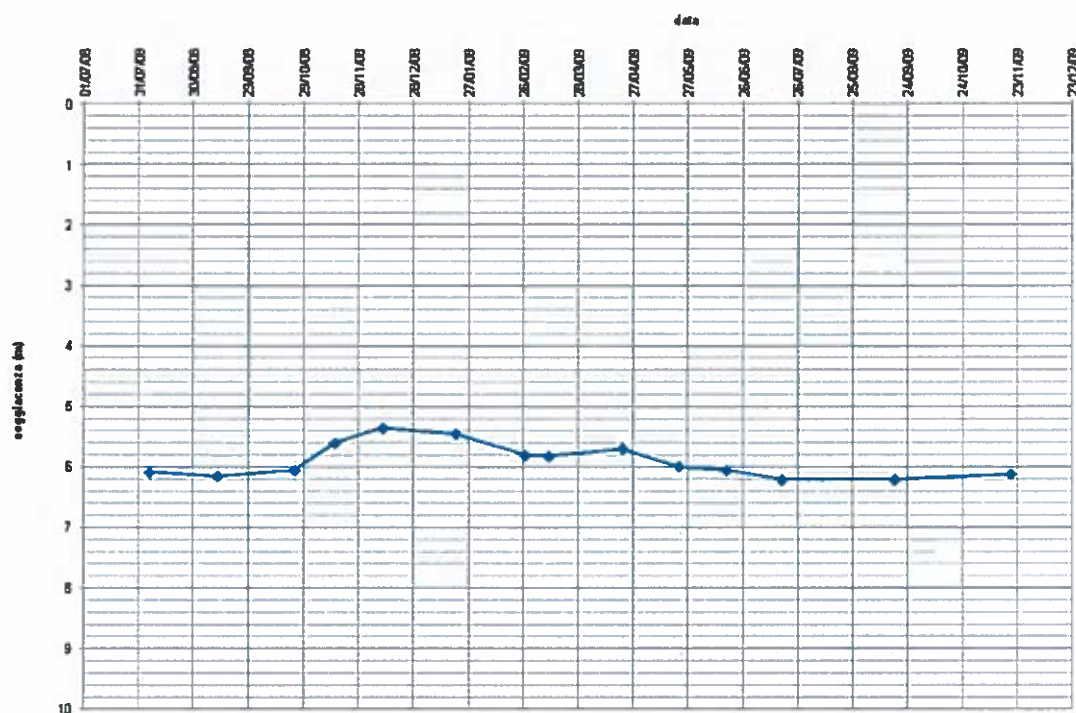


Figura 3.6 Variazioni della soggiacenza nel periodo agosto 2008- novembre 2009

Soggiacenza media sostanzialmente analoga a quella rilevata nell'agosto 2008 è stata riscontrata nel corso delle indagini 2016 (Tabella 1).

Tabella 1 Letture dei livelli piezometrici alle verticali indagate nel 2016 (agosto 2016)

Sond./Piez.	z_w (m da p.c.)
SPZ1/16	-5,95
SPZ3/16	-6,2
SPZ4/16	-6,1
SDH/16	-6,4
S1pzbis/16	-6,05
SPZ3bis/16	-6,35
SPZ4bis/16	-6,25
P1/16	-6,05

La soggiacenza è quindi mediamente superiore rispetto a quanto si evincerebbe nella Carta Idrogeologica allegata al P.A.T.I. (Figura 3.7 seguente)

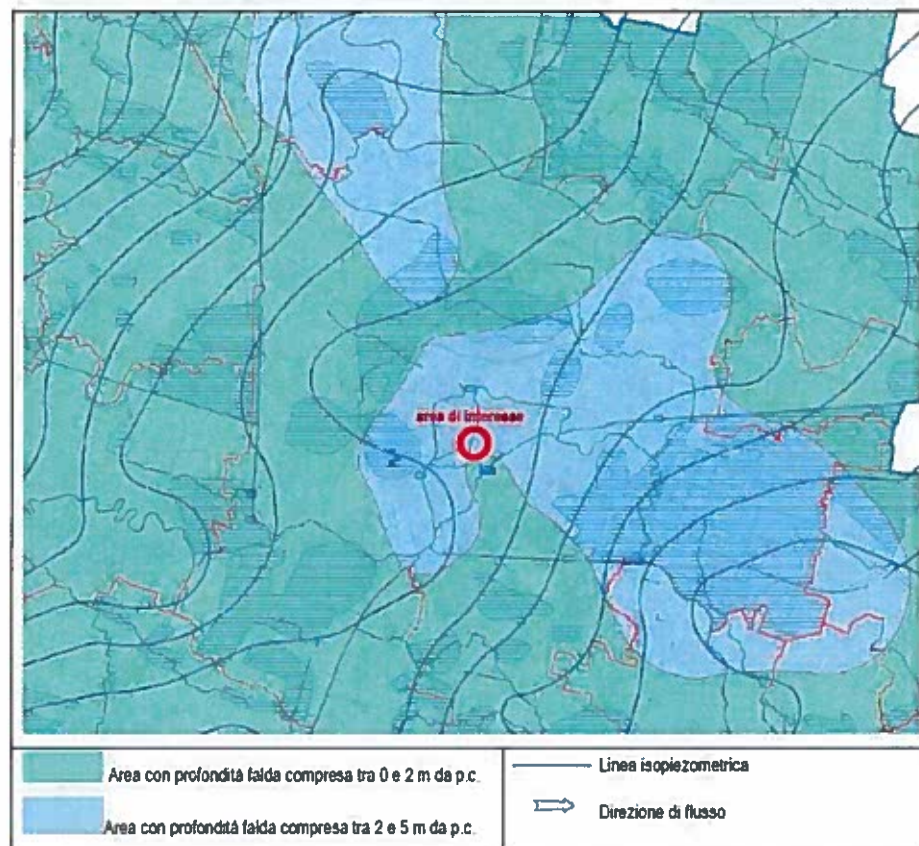


Figura 3.7 Stralcio della Carta Idrogeologica (estratto dal doc. rif.[A.1]; fonte P.A.T.I.)

A partire dal mese di maggio 2017 è stato attivato un monitoraggio periodico dei piezometri installati all'interno dell'area interessata dagli interventi. Con tale occasione, si è proceduto ad un rilievo della testa tubo e del p.c. in corrispondenza dei piezometri, in modo da riportare le soggiacenze ad una quota assoluta di riferimento, definita a +10.19 in corrispondenza della soglia ingresso portone. La situazione che si ricava dalle misure dei livelli, rappresentata in termini di quote s.l.m., è mostrata in Figura 3.8. Sulla base dei dati disponibili, l'aver riferito le soggiacenze alle quote assolute ha permesso di concludere che:

- l'acquifero tra 6 e 16-17 m è effettivamente confinato alla base;
- il livello della falda dei due acquiferi è sostanzialmente uniforme nell'area.

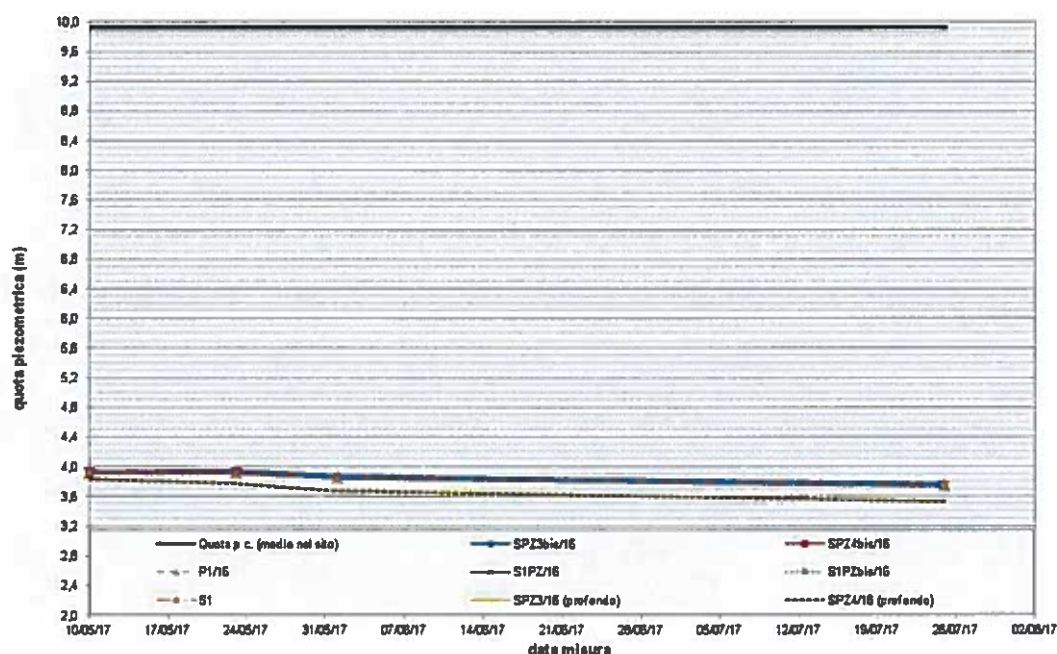


Figura 3.8 Variazioni dei livelli piezometrici a partire da maggio 2017

Quale direzione di flusso locale si considera quella generale NW-SE individuata nella carta sopra citata, non essendo chiaramente determinabile un gradiente data la sostanziale uniformità dei livelli.

3.6 Considerazioni sull'idrogeologia del sito

Come è possibile evincere dal modello idrogeologico presentato al paragrafo precedente, l'area di interesse è caratterizzata dalla presenza di un acquifero principale che si sviluppa da circa -6 a -16÷-17 m dal piano campagna attuale.

Tale acquifero è alloggiato all'interno di uno strato di sabbia media, localmente limosa; la permeabilità stimata con prove tipo Lefranc è dell'ordine di 10^{-4} ÷ 10^{-5} m/s.

Il livello piezometrico e l'alimentazione di tale acquifero sono presumibilmente legati ai corsi d'acqua che interessano il territorio urbano e si trovano a distanze dell'ordine dei 350÷500 m (Figura 3.9).

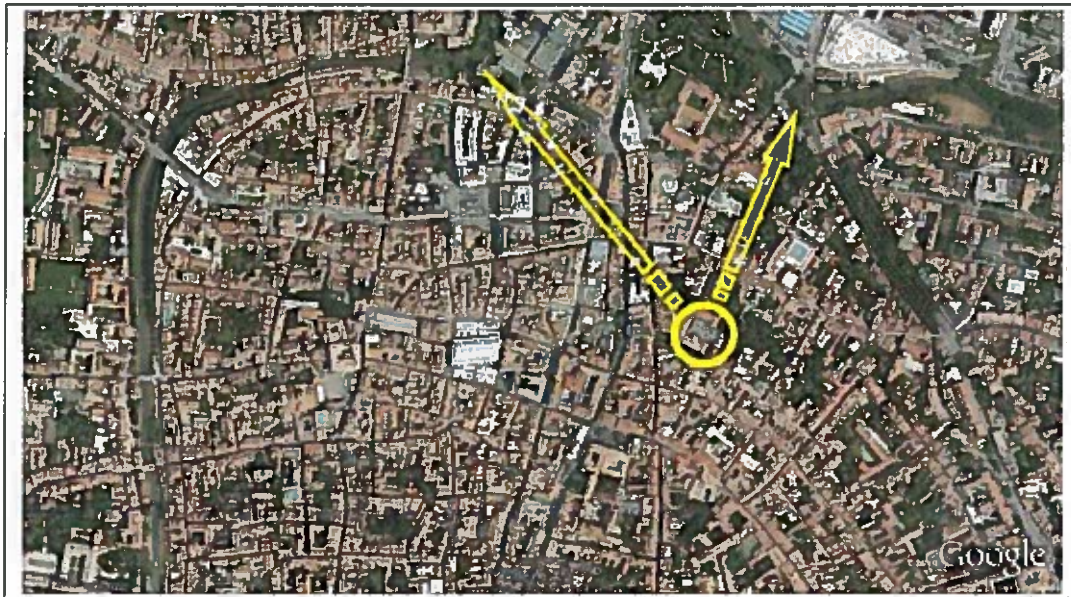


Figura 3.9 Ubicazione dell'area di interesse in relazione ai principali corsi d'acqua (estratta dal doc. rif.[A.1])

L'opera da realizzare in variante, si spingerà a profondità dell'ordine dei 7.5÷8 m dal piano campagna attuale, andando comunque ad interessare direttamente l'acquifero in questione, la cui quota piezometrica risale occasionalmente oltre il tetto dell'acquifero stesso (-5.38 m da p.c. nel dicembre 2008), e rendendo quindi in ogni caso necessario l'abbassamento del livello di falda durante le operazioni di scavo.

Per questo motivo, il progetto in variante prevede che prima dell'esecuzione degli scavi sia realizzata una 'scatola' sostanzialmente impermeabile, formata da una paratia perimetrale e da un tampone di fondo. Così facendo, l'abbassamento del livello interesserà solo il volume dell'acquifero interno al perimetro degli interventi, senza introdurre significative perturbazioni alla falda nell'area circostante.

4. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L'ambito di intervento del P.U.A. si riferisce al complesso edilizio dell'ex intendenza di finanza, che si sviluppa lungo l'incrocio tra Via degli Zabarella e Via S. Biagio (Figura 4.1). Al centro del complesso è ubicata l'area oggetto di intervento, che occupa una superficie complessiva pari a circa 2'200 m².

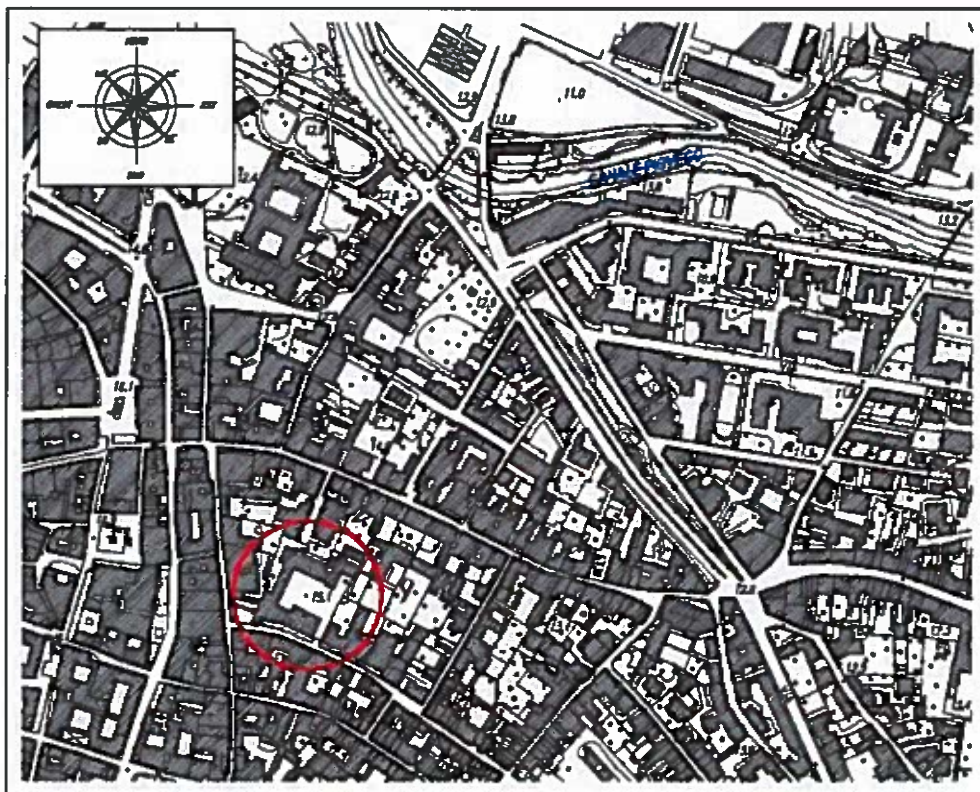


Figura 4.1 Stralcio CTR (126152-Padova Nord Est) con indicazione dell'area interessata dal progetto di recupero (estratto dal doc. rif.[A.1])

Nel più recente passato, l'area è stata adibita a parcheggio a raso, con pavimentazione asfaltata e quindi si presenta completamente impermeabilizzata. L'intervento di recupero dell'area consiste nella realizzazione di un parcheggio interrato e di una porzione di edificio. Il progetto in variante prevede la realizzazione di 2 piani interrati, dotati di rampa di accesso, e di una nuova porzione di edificio di collegamento tra due edifici esistenti, posta a quota pari a circa +5.00 m rispetto alla

quota della copertura del parcheggio interrato (piano campagna dell'attuale parcheggio a raso).

I più recenti riferimenti normativi in materia di regolamentazione degli aspetti idraulici della progettazione sono stati introdotti dalla Regione Veneto con la D.g.r. n. 1841 del 19 giugno 2007.

Con riferimento alle "indicazioni operative" contenute nell'allegato A della D.g.r. di cui sopra, che definisce le classi d'intervento in relazione all'impermeabilizzazione potenziale derivante dall'attuazione dei nuovi strumenti urbanistici, l'intervento in oggetto, come si vedrà nel seguito, si classifica come a "Trascurabile impermeabilizzazione potenziale" (intervento con impermeabilizzazione della superficie inferiore a 0.1 ha). Infatti, come detto, allo stato attuale la superficie è già completamente impermeabilizzata. Per tale classe d'intervento non è necessario adottare misure di mitigazione idraulica.

Nella presente relazione viene comunque riproposta l'analisi idrologico - idraulica già sviluppata nel doc. rif. [A.1], finalizzata a fornire indicazioni sulle misure più opportune da adottare per garantire comunque un volume di invaso in occasione degli eventi più intensi.

4.1 Analisi idrologica ed idraulica

4.1.1 Curve di possibilità pluviometrica

L'analisi idrologica già sviluppata in [A.1] è basata sui dati relativi alle serie delle precipitazioni massime di durata oraria e di durata inferiore all'ora, brevi e intense, pubblicati fino al 1995 dal Servizio Idrografico e Mareografico della Presidenza del Consiglio dei Ministri (ora A.P.A.T. - Venezia), con riferimento alla stazione di Padova. Dopo il 1995, la base di dati è stata integrata con i dati regionali ARPAV (Orto Botanico) fino al 2003. Di seguito si riportano i dati utilizzati (Tabella 2).

Tabella 2 Dati di precipitazione massime annuali utilizzati per l'analisi idrologica (estratta dal doc. rif. (A.1))

ANNO DATA	PIANURA PRA SERRA S. AGNESE		1° 11' Ovest		45° 24'		P1		P2	
	L = 15 mila	L = 33 mila	L = 45 mila	L = 1 ora	L = 3 ore	L = 6 ore	L = 12 ore	L = 24 ore		
1921	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	62,7
1922	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	62,8
1923	12,3	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	58
1924	17,4	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
1925	>>	32,6	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>	>>
1926	>>	>>	>>	>>	18	28	22	31,4	>>	62,4
1927	>>	>>	>>	>>	25,3	68,8	68,8	76,4	>>	76,4
1928	>>	>>	>>	>>	58	66	67	67	>>	67
1929	15	>>	>>	>>	23	23	28,6	36,6	>>	41
1930	>>	>>	>>	>>	37	38	38,9	36,8	>>	29,8
1941	>>	>>	>>	>>	23,2	68	80	181	>>	186
1942	>>	>>	>>	>>	15,8	17,8	18,4	29,2	>>	28,2
1943	8	>>	>>	>>	12	27	26,4	21,6	>>	28
1944	>>	6,5	[1]	11,7	29,5	67	78	84,1	>>	84,1
1946	>>	22,4	[28]	28	31,2	31,2	41,8	61,3	>>	61,3
1947	>>	28	[28]	64	66,6	82	128	134,8	>>	134,8
1948	>>	25	[26]	28	28	26	32,8	87	>>	87
1949	>>	28,4	[28]	28,6	28,6	38,2	38,2	56,2	>>	56,2
1950	>>	22,6	[24]	24,4	24,6	31	44	67	>>	67
1951	>>	18,6	[28]	23,6	61,2	47,4	47,8	64,4	>>	64,4
1952	>>	23	[23]	22,8	31,6	61	68	72,6	>>	72,6
1953	>>	>>	>>	22,8	62,1	58,3	64,4	68,6	>>	68,6
1954	>>	>>	>>	27	28,2	28,6	37,6	37,6	>>	37,6
1955	>>	22,4	[62]	84	68,4	71,2	71,2	71,2	>>	71,2
1956	>>	>>	>>	15,8	37	28,2	31,6	68,6	>>	68,6
1957	>>	22,6	28,4	21,4	28,6	28,6	42,2	57,2	>>	57,2
1958	>>	18	[46]	64	71,4	71	78,6	82,8	>>	82,8
1959	14,2	[14]	[18]	23	22,2	26,4	27,4	58,2	>>	58,2
1960	18	[28]	[28]	26,6	31	36,2	58,4	62,6	>>	62,6
1961	>>	>>	>>	24,4	28,4	26,4	38,6	52,6	>>	52,6
1962	7,8	11,4	11,6	12	21,4	28,2	27,8	58,4	>>	58,4
1963	>>	>>	>>	28,4	68,2	61,4	64,8	68,6	>>	68,6
1964	24,5	[25]	[26]	27,4	27,6	41,2	41,4	62,4	>>	62,4
1965	28,4	[22]	[28]	27	38	42,2	41,4	62	>>	62
1966	18,6	16,2	[28]	22,8	26,2	46,4	64	61,6	>>	61,6
1967	18	21	28,6	21,8	87	112,4	116,2	118,2	>>	118,2
1968	18,6	22,4	26,4	28,4	68,4	72,8	77	77,6	>>	77,6
1969	28,4	28,8	36	44,4	71,4	78,4	76,4	87	>>	87
1970	28,6	21,6	22	22,8	28,2	31,2	21,2	28,2	>>	28,2
1971	23	27,6	28,8	28	28	21	28	49	>>	49
1972	18	18,8	22,4	28	62,6	47,6	44,8	48,8	>>	48,8
1973	14,2	15,4	15,8	16,5	16	24	48,8	54,8	>>	54,8
1985	18,4	12,8	21,2	21,2	21,2	28	45	78	>>	78
1986	26	26,2	28,2	26,2	68,4	44,5	51,8	87,5	>>	87,5
1987	16	28	24	27	58	74	86	86,6	>>	86,6
1988	12	23	48	42,4	43	62,4	76	37	>>	37
1990	27,4	28,6	28,8	24,2	26,4	31	62	68,6	>>	68,6
1994	25	48	55	62	77	88,4	88,6	88,8	>>	88,8
1995 (*)	>>	>>	>>	21,6	28,2	48,8	42,8	76	>>	76
1996 (*)	5,3	18,7	14,1	21,4	24,6	42,4	61,8	81,6	>>	81,6
1997 (*)	5,5	11,8	16,5	22,8	23,5	27,8	31,8	41,2	>>	41,2
1998 (*)	5,8	28,8	15,8	28,8	26,6	48,4	62,2	62,8	>>	62,8
1999 (*)	4,2	8,5	12,8	17	22,6	21,4	24,6	58,8	>>	58,8
2000 (*)	5,4	18,9	16,4	21,8	28,8	28,8	21,9	41,4	>>	41,4
2001 (*)	24,8	28,4	22,2	22,2	42,8	48,8	44,8	78,8	>>	78,8
2002 (*)	18,8	24,8	28,6	48,4	68,1	58,2	62,8	62,6	>>	62,6
2003 (*)	13,4	16,4	16,4	16,8	24,2	27,8	46,6	62,6	>>	62,6

(*) = dati ARPAV (Orio Botanico - Padova)

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
 reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI



L'analisi statistica dei dati ha portato a definire le curve di possibilità pluviometrica definite dai parametri 'a' ed 'n' alle seguenti Tabella 3 e Tabella 4, rispettivamente per gli scrosci e per le piogge orarie.

Tabella 3 Curve di possibilità pluviometrica relative agli scrosci (estratta dal doc. rif.[A.1])

Equazioni di possibilità pluviometrica - Scrosci	
$T_r = 5 \text{ anni}$	$h = 35,9 \cdot r^{0,33}$
$T_r = 10 \text{ anni}$	$h = 42,5 \cdot r^{0,34}$
$T_r = 20 \text{ anni}$	$h = 48,7 \cdot r^{0,37}$
$T_r = 50 \text{ anni}$	$h = 56,8 \cdot r^{0,42}$
$T_r = 100 \text{ anni}$	$h = 62,9 \cdot r^{0,45}$

Tabella 4 Curve di possibilità pluviometrica relative alle piogge orarie (estratta dal doc. rif.[A.1])

Equazioni di possibilità pluviometrica - Piogge orarie	
$T_r = 5 \text{ anni}$	$h = 37,8 \cdot r^{0,24}$
$T_r = 10 \text{ anni}$	$h = 45,7 \cdot r^{0,24}$
$T_r = 20 \text{ anni}$	$h = 53,8 \cdot r^{0,23}$
$T_r = 50 \text{ anni}$	$h = 65,3 \cdot r^{0,23}$
$T_r = 100 \text{ anni}$	$h = 74,5 \cdot r^{0,22}$

4.1.2 Coefficienti di deflusso

Il volume di acqua che, a partire dalle precipitazioni, viene effettivamente raccolto nella rete di drenaggio delle acque meteoriche è stimato per mezzo del coefficiente di deflusso ϕ , che è definito dal rapporto tra volume defluito attraverso un'assegnata sezione, in un definito intervallo di tempo, e volume dovuto all'apporto meteorico nel bacino sotteso nel medesimo intervallo.

In base alle prescrizioni del D.g.r. n. 1841, i coefficienti di deflusso, ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a:

- 0.1 per le aree agricole;
- 0.2 per le superfici permeabili (aree verdi);
- 0.6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...);
- 0.9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,...).

4.1.3 Calcolo delle portate

Le portate di piena che saranno originate dalle aree in oggetto per effetto delle opere in progetto sono stimate mediante il metodo cinematico, che caratterizza ciascun bacino attraverso un tempo caratteristico (tempo di corrivazione, t_c) a cui è associata la durata di precipitazione che provoca la massima portata nel collettore di raccolta.

Il tempo di corrivazione è ottenuto in via semplificata con la formula di Ventura:

$$t_c = 0.315 \cdot \sqrt{S},$$

essendo t_c in giorni e S (area della zona scolante in una determinata sezione) in km^2 .

In ore, la formula diventa:

$$t_c = 7.56 \cdot \sqrt{S},$$

La massima portata Q_{\max} si ottiene quindi dall'equazione di trasformazione degli afflussi in deflussi per la durata considerata:

$$Q_{\max} [\text{l/s}] = \frac{\varphi \cdot S [\text{m}^2] \cdot a [\text{mm/ore}^n] \cdot t_c [\text{ore}]^n}{t_c [\text{ore}] \cdot 3600}$$

dove a ed n sono i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica considerata, mentre gli altri parametri hanno il significato già visto.

4.1.4 Stima dei volumi d'invaso

Nell'ipotesi di limitare la portata in uscita a valori inferiori a quelli della portata massima, è stato stimato il volume di invaso necessario per laminare tale portata.

La base teorica di riferimento per il calcolo dei volumi di invaso è il metodo cinematico, accoppiato all'equazione dei serbatoi per determinare il valore del tempo di pioggia (τ_{\max}) che massimizza il volume da invasare.

Si ha:

$$V_e = S \cdot \varphi \cdot h(\tau) = \text{volume di pioggia entrante nel tempo } \tau;$$

$$V_u = Q_u \cdot \tau = \text{volume di pioggia uscente nello stesso tempo};$$

$$V = V_e - V_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \tau^n - Q_u \cdot \tau = \text{volume da invasare}$$

Il massimo volume da invasare si ottiene quindi derivando l'espressione di V rispetto al tempo τ . La derivazione permette infatti di ricavare il tempo che massimizza tale volume, che è dato da:

$$\tau_{Vmax} = [Q_u / (S \cdot \varphi \cdot a \cdot n)]^{1/(n-1)}$$

Note quindi le caratteristiche dell'evento piovoso (definite da a ed n), le caratteristiche della superficie scolante (definite da φ ed S) e fissata la portata in uscita, si ricava la durata di pioggia corrispondente al volume massimo (τ_{Vmax}) e, sostituendo τ_{Vmax} nell'espressione di V, si ricava infine il massimo volume da invasare.

4.2 Esame delle trasformazioni

4.2.1 Stato attuale

L'ambito di intervento del P.U.A. si riferisce ad un'area che occupa una superficie complessiva pari a circa 2'200 m² e che è già adibita a parcheggio a raso con pavimentazione in conglomerato bituminoso (Figura 4.2). Pertanto l'area è completamente impermeabilizzata, ad eccezione di una porzione marginale (50 m²) in cui è presente una aiuola.



Figura 4.2 Immagine satellitare con evidenza dell'area oggetto di intervento (estratta dal doc. rif.[A.1])

In Tabella 5 si riportano le aree delle superfici ed i relativi coefficienti di deflusso rappresentativi dello stato di fatto. Il coefficiente di deflusso caratteristico dell'area, ottenuto come media ponderata di ciascun valore in base alla specifica area di competenza risulta:

$$\varphi_k = 0.884$$

Tabella 5 Curve di possibilità pluviometrica relative alle piogge orarie (estratta dal doc. rif.[A.1])

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso φ	Area (m ²)
Area asfaltata adibita a parcheggio	0.90	2150
Aiuola	0.20	50
TOTALE		2'200

In Tabella 6 si riporta il calcolo della portata (riferita agli eventi a carattere di scroscio) ottenuta in base alla procedura descritta.

Tabella 6 Calcolo della portata di picco nello stato attuale (estratta dal doc. rif.[A.1])

Tempo di corrivazione (ore)	Superficie (m ²)	a (mm/ore ⁿ)	n	h (mm)	Portata (l/s)
0.35	2'200	56.8	0.42	36.75	55.99

4.2.2 Stato di progetto

Il Piano Urbanistico Attuativo di recupero dell'area (vedi Figura 4.3 e rif. [A.1]) prevedeva la realizzazione di un parcheggio interrato, costituito da 2 o 3 piani interrati. L'opera in variante sarà più precisamente formata da 2 piani interrati, per una volumetria totale nell'ordine di circa 10'000 m³, e dalla relativa rampa di accesso. Inoltre è prevista la realizzazione di una nuova porzione di edificio, posta a quota pari a circa +5.00 rispetto al piano campagna, di collegamento tra due edifici già esistenti.

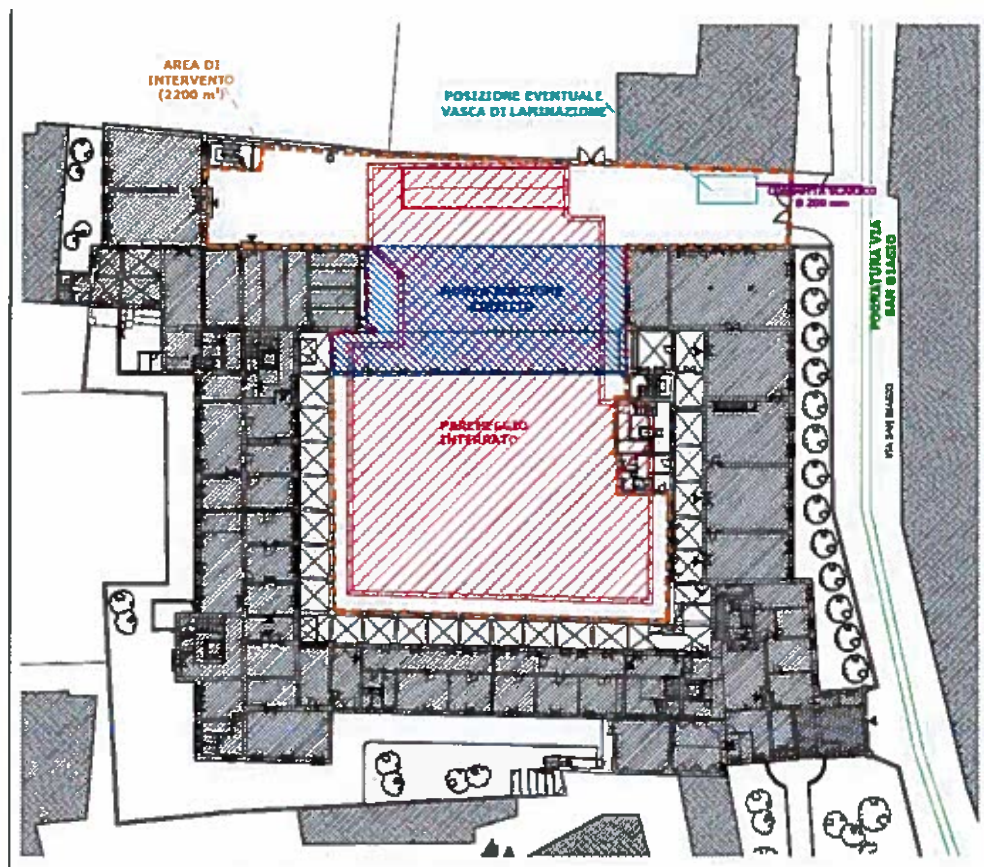


Figura 4.3 Immagine satellitare con evidenza dell'area oggetto di intervento (estratta dal doc. rif.[A.1])

Di seguito (Tabella 7), si riportano le aree delle superfici con i relativi coefficienti di deflusso rappresentativi dello stato di progetto. Infatti, poiché, rispetto all'opera valutata in quella sede nulla cambia agli effetti della presente, si ripropongono gli stessi calcoli.

Il coefficiente di deflusso caratteristico dell'area, ottenuto come media ponderata di ciascun valore in base alla specifica area di competenza risulta:

$$\varphi_k = 0.9$$

Tabella 7 Riepilogo destinazioni d'uso delle superfici in configurazione di progetto e relativo coefficiente di deflusso (estratta dal doc. rif.[A.1])

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso ϕ	Area (m ²)
Copertura impermeabile del parcheggio e copertura nuovo edificio	0.90	2'200
TOTALE		2'200

In Tabella 8 è riportato il calcolo della portata di piena nello stato di progetto.

Tabella 8 Calcolo della portata di picco nello stato di progetto (estratta dal doc. rif.[A.1])

Tempo di corrivazione (ore)	Superficie (m ²)	a (mm/ore ⁿ)	n	h (mm)	Portata (l/s)
0.35	2'200	56.8	0.42	36.75	57.00

La rete di raccolta delle acque meteoriche interna all'area verrà definita nella fase progettuale successiva e scaricherà nella rete di fognatura di via S. Biagio.

4.2.3 Confronto tra stato attuale e stato di progetto

Il confronto tra lo stato attuale e lo stato di progetto è sintetizzato nei numeri di Tabella 9. L'impermeabilizzazione introdotta dal progetto in variante (che peraltro è la stessa del progetto ante - variante) copre un'area di circa 50 m², significativamente inferiore al limite di 0,1 ha superato il quale è necessario adottare misure di mitigazione idraulica.

Tabella 9 – Confronto tra stato attuale e stato di progetto (estratta dal doc. rif.[A.1])

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso ϕ	Area (m ²)		Differenza (m ²)
		Stato attuale	Configurazione progetto	
Impermeabile: asfalto	0.90	2'150	2'200	50
Permeabile: aiuola	0.20	50	0	-50
	TOTALE	2'200	2'200	

Simile trasformazione comporta un incremento assai modesto della portata di picco (circa 1 l/s per un evento cinquantennale).

La portata che verrà scaricata nella fognatura risulterà comunque inferiore a quella determinata, in quanto a tutela della sicurezza idraulica della nuova infrastruttura è comunque previsto di adottare uno scarico di dimensione non superiore a 200 mm nella sezione di chiusura. Tale scarico limiterà la portata in uscita a valori dell'ordine dei 30÷50 l/s (in funzione del tirante che si può realizzare a monte e della quota di scarico nella fognatura), rendendo necessaria quindi l'adozione di dispositivi di laminazione (con eventuali vasche a integrazione dei volumi offerti dalle tubazioni di raccolta), che verranno dimensionati nel dettaglio in fase definitiva in funzione della quota di scarico nella fognatura e del tirante che si può realizzare a monte.

In Tabella 10 sono riportati i volumi di invaso ottenuti con il procedimento di calcolo descritto al paragrafo 4.1.4 in funzione di alcune assegnate portate di scarico (Q_u).

Tabella 10 – Calcolo dei volumi di invaso per differenti portate di scarico (estratta dal doc. rif.[A.1])

Q_u (l/s)	Volume di invaso (m ³)
35	23.3
40	20.3
45	17.9

5. CONCLUSIONI

Nella relazione presente è stata trattata la Verifica della compatibilità idrogeologica dell'intervento P.U.A. per il recupero del complesso edilizio ex intendenza di finanza - ex intendenza convento di San Bernardino in variante.

Poiché, agli effetti della presente, la variante non cambia i risultati dei calcoli già descritti nella relazione di Verifica di compatibilità idrogeologica ante - variante (doc. rif. [A.1] dell'ottobre 2010) e non essendo ovviamente mutato il contesto geologico ed idrogeologico nel quale gli interventi si inseriscono (confermato dalle indagini integrative del 2016), i contenuti ed i calcoli qui presentati sono sostanzialmente ripresi dalla relazione citata (rif. [A.1]).

Sono quindi da considerarsi ugualmente valide le conclusioni in quella sede già formulate, ossia:

- l'intervento prevede l'impermeabilizzazione di una superficie pari a 50 m², inferiore a 0.1 ha, di conseguenza, si classifica come a "trascurabile impermeabilizzazione potenziale". Per tale classe d'intervento non è necessario adottare misure di mitigazione idraulica;
- il sistema di scarico delle acque meteoriche, che sarà oggetto di valutazione più approfondita nella successiva fase progettuale, avverrà per mezzo di tubazione di dimensioni adeguate a non sovraccaricare la rete esistente (non superiore a 200 mm);
- i volumi di invaso per ridurre la portata in uscita, che verranno determinati più precisamente nella fase definitiva, sono dell'ordine di 20 m³.

