

studio d'architettura arch. iglis zorzi

via villa tomba n.4 - tel e fax 045/941031- 37124 (parona di valpolicella) verona
e-mail: zorzi@studioiglis.com

COMUNE DI VERONA

PROPRIETA':
Rossetto Sabrina Rossetto Patrizia

- PUA MAGGIOLINO -

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER L'URBANIZZAZIONE DI DUE
AREE SITE ALL'INTERNO DELLA ATO 3
SAN MASSIMO - via Brigata Aosta - VERONA
SCHEDA NORMA 178

Istanza del 31 luglio 2015, P.G. n°225488

progettista:

ARCH. IGLIS ZORZI

via villa tomba, n.4 - parona di valpolicella, verona

direzione dei lavori:

ARCH. IGLIS ZORZI

via villa tomba, n.4 - parona di valpolicella, verona

committente:

f.to Rossetto Sabrina

f.to Rossetto Patrizia

TAV.

descrizione:

data:

scale:

6c

RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA

25.01.2016

Regione Veneto - Provincia di Verona

COMUNE DI VERONA

PUA MAGGIOLINO
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER L'URBANIZZAZIONE DI DUE
AREE SITE ALL'INTERNO DELLA ATO 3
LOCALITÀ SAN MASSIMO – VIA BRIGATA AOSTA

RELAZIONE COMPATIBILITÀ IDRAULICA
(AI SENSI DELL'ART. 38 DELLE N.A. DEL P.A.T. DEL COMUNE DI VERONA)



**STUDIO
NUCCI**

*Dott. Geol Enrico Nucci
Dott. Ing. Elena Nucci*

**SOCIETÀ DI INGEGNERIA
E GEOLOGIA APPLICATA**

*Via Albere 132 - 37137 Verona
tel e fax 045/8622408
cell +039 335.7597710
e mail studionuccisrl@tiscali.it*

Dott. Geol. Enrico Nucci



Dott. Ing. Elena Nucci



Committente:

SABRINA ROSSETTO E PATRIZIA ROSSETTO

Cod. Rif. SNSRL00315

Data: 21/07/2015

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	5
4	INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO.....	6
5	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DEI LUOGHI	9
6	VALUTAZIONI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	15
6.1	CLASSIFICAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO	15
6.1	STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	16
6.2	ANALISI IDROLOGICA.....	18
6.3	ANALISI DELLE PORTATE DI PIOGGIA.....	19
6.4	STIMA DEI VOLUMI DI PIOGGIA- Metodo dell'invaso lineare.....	21
7	PROPOSTA DI INTERVENTO.....	25
7.1	PROGETTAZIONE FOSSO D'INFILTRAZIONE	26
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	31

IN ALLEGATO:

ALLEGATO 1: DIMENSIONAMENTO FOSSI D'INFILTRAZIONE

1 PREMESSA

Lo studio geologico descritto nella presente relazione è stato redatto su incarico delle Signore Sabrina e Patrizia ROSSETTO in merito al progetto del Piano Urbanistico Attuativo denominato “PUA Maggiolino”.

Il presente studio ha avuto le finalità di analizzare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, del sottosuolo sul quale graveranno gli interventi di progetto, fornendo elementi di base utili per i necessari approfondimenti che si riterranno opportuni in fase di progetto edilizio per ciascun lotto. Le analisi e le valutazioni sono state supportate da dati geognostici rilevati direttamente in sito nel mese di marzo 2015 con l'esecuzione di specifiche prove sismiche e l'esecuzione di alcune trincee esplorative superficiali.

Quanto sopra ha permesso di avere il quadro di riferimento idrogeologico conoscitivo per avviare le valutazioni di calcolo necessarie alla predisposizione della presente Compatibilità Idraulica infatti , in riferimento a quanto contenuto nel DGRV 2948_09: “ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte e mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'” invarianza idraulica”. Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a **50 anni**.

In particolare in accordo con quanto riportato nel Repertorio Normativo, sezione 8 “Impatto Idraulico Manifestazione d'Interesse” del D.G.C. nr 238 del 31.07.2013 Pagina 8: l'area identificata con il numero 178, caratterizzata da una superficie di 7050,00 mq, deve essere progettata in modo da garantire l'invarianza idraulica del volume d'invaso di 343,62 mc calcolato in accordo con il PAT.

Per tale progetto le proposte di intervento ammissibili sono:

- vasca laminazione
- sovradimensionamento delle condotte
- bacino di ritenzione
- bacino e fosso d'infiltrazione

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il presente lavoro è stato eseguito in riferimento alla seguente normativa:

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

Il progetto prevede l'urbanizzazione di due aree adiacenti ubicate all'interno dell'ATO 3 in località San Massimo (VR) in Via Brigata Aosta.

La superficie complessiva delle aree è circa 7050 m², di cui 1.300 m² sono relativi all'area di seguito indicata A, mentre 4050 m² sono relativi all'area indicata B.

L'intervento prevede l'urbanizzazione delle due aree con la realizzazione di due lotti edificabili su ciascuna, la sistemazione di aree verdi comuni e la realizzazione di parcheggi comuni.



Ubicazione delle aree di progetto (estratto dalle mappe di Google Earth)

4 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

L'area d'indagine è ubicata nella periferia ovest di Verona tra il centro abitato della località San Massimo e la S.S. n. 12, in adiacenza al campo sportivo di San Massimo.

Le geometrie delle due aree che compongono la zona d'indagine è irregolare: di forma allungata in direzione Nord – Sud con superficie di circa 1.100 m² per l'area indicata "A"; di forma circa trapezoidale allungata in direzione Est – Ovest con superficie di circa 3.400 m² per l'area indicata "B".

Il contesto ambientale in cui si inseriscono le due aree è urbano con aree edificate nella zona nord e la presenza di impianti sportivi nella zona sud. Nel margine est dell'area B è presente un'area verde di recente realizzazione che sovrasta un'area di discarica.

Le coordinate geografiche centrali a ciascuna area di progetto sono (sistema di riferimento WGS84 in gradi decimali):

AREA "A" 45,43485N 10,94062E

AREA "B" 45,43516N 10,94156E



Panoramica da Est



Panoramica da Ovest

La morfologia del territorio è pianeggiante con quote altimetriche medie di circa $76 \div 77$ m s.l.m. (dato estratto dalle mappe di Google Earth).

Il microrilievo topografico fornito dal progettista ha posto in evidenza all'interno dell'area "A" variazioni di quota poco significative, eccetto che l'intera area è depressa circa 1 m rispetto alla viabilità di Via Brigata Aosta. La superficie dell'area si caratterizza per la presenza continua di terreno vegetale con discontinue piante arbustive. Parte della superficie è stata utilizzata per colture orticole ad uso privato.

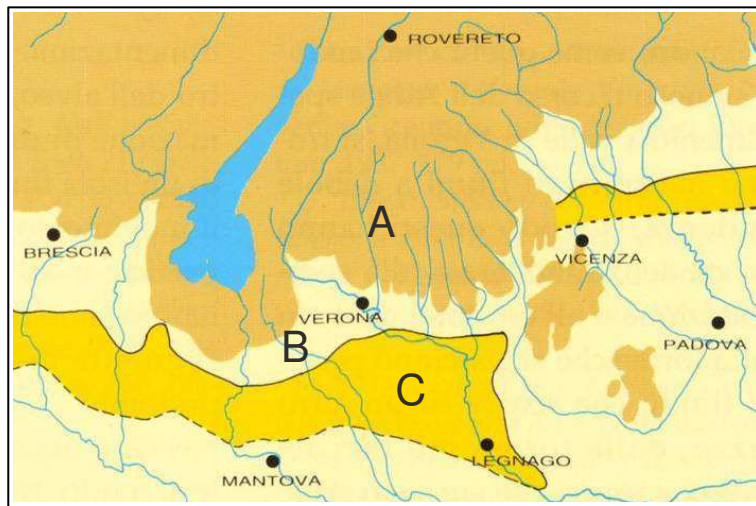
Il microrilievo topografico interno all'area "B" presenta delle variazioni di quota decimetriche con una generale debole pendenza rivolta verso ovest e una variazione di quota massima tra il lato ovest e lato est di circa 1 m. La superficie dell'area si caratterizza per la presenza continua di una copertura vegetale attualmente mantenuta a prato.



5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DEI LUOGHI

La zona d'indagine da un punto di vista geologico - geomorfologico generale si inserisce nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura veronese posta tra le ultime propaggini lessinee, a nord, e la linea delle risorgive, a sud. In generale l'intero territorio della Provincia di Verona è infatti schematizzabile in tre differenti contesti geomorfologici e geolitologici di seguito descritti:

- a) **SETTORE COLLINARE – MONTUOSO**; zona del territorio veronese caratterizzata dalle ultime propaggini dei Monti Lessini, costituiti da un tavolato roccioso prevalentemente calcareo che, proteso verso Sud, degrada progressivamente fino ad immergere sotto i depositi alluvionali dell'Alta Pianura.
- b) **ALTA PIANURA**; tale zona si estende verso sud dai Monti Lessini fino alla fascia dei fontanili. L'evoluzione geomorfologica e geologica della pianura veronese è legata principalmente all'interferenza fra il Fiume Adige (agente morfogenetico), le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvioglaciale. L'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni del flusso idrico e del trasporto solido, hanno determinato la costruzione dello spesso materasso alluvionale che si estende, con forma a ventaglio (conoide), dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago. Fra la parte apicale del conoide, caratterizzata da granulometrie prevalentemente grossolane (Alta Pianura), e la parte più distale del conoide (Media e Bassa Pianura) si determina una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi. Il passaggio dall'Alta alla Bassa Pianura è segnato dal limite superiore della fascia delle risorgive, zona entro cui la superficie piezometrica intercetta quella topografica con conseguente venuta a giorno della falda.
- c) **BASSA PIANURA**; tale zona rappresenta la parte distale del conoide dell'Adige dove l'energia idrodinamica a disposizione per il trasporto, essendo minore, ha determinato l'accumulo di sedimenti a granulometria prevalentemente fine.



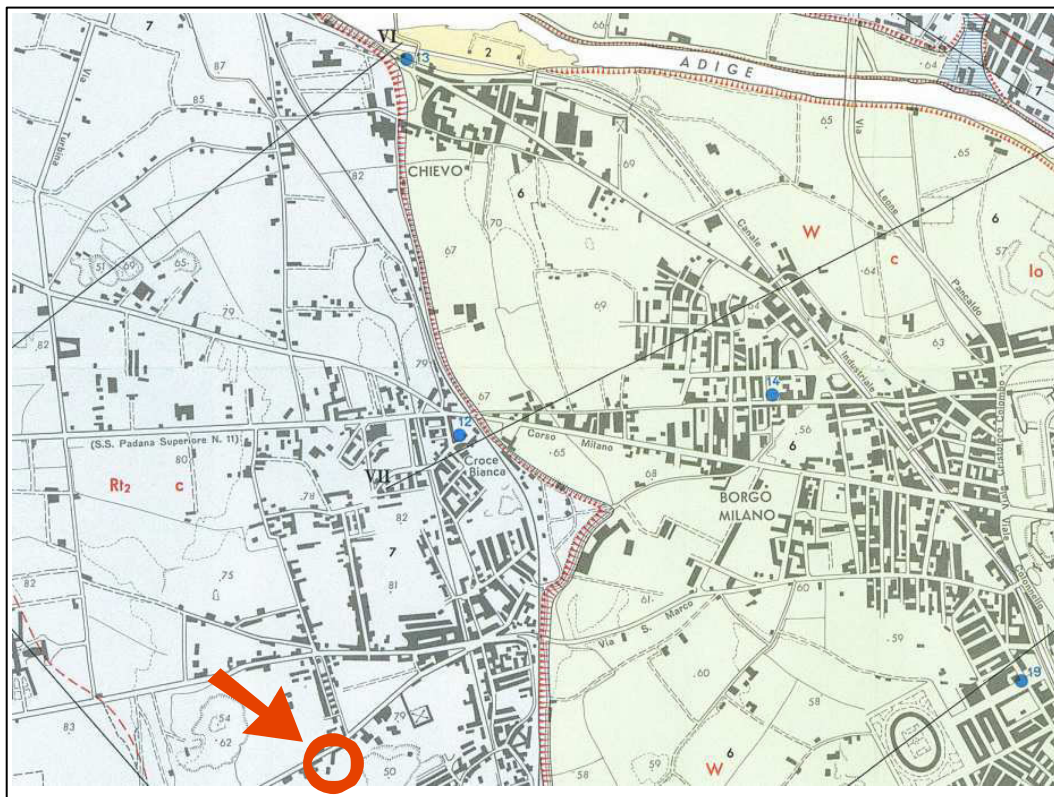
Posizione rispetto Verona dei tre contesti geomorfologici

(estratto da Etsch Adige – Il fiume gli uomini la storia; Cierre edizioni, 1997)

L'area di progetto è inserita nell'Alta Pianura nella quale le litologie derivano dall'accumulo di grandi quantitativi di materiali granulari (ghiaie, ciottoli, sabbie) la cui successione stratigrafica riflette le variazioni climatiche e la capacità di trasporto della rete idrografica. Nel periodo quaternario lo scioglimento delle coltri glaciali atesine, dovuto all'incremento di temperatura post-glaciale, potenziò enormemente la capacità di trasporto della rete idrografica, permettendo così l'accumulo d'ingenti quantità di sedimenti prevalentemente grossolani. L'eterogenea granulometria dei depositi è da porre in relazione con le variazioni del regime idrico: ciottoli e ghiaie sono espressione di alta energia idrodinamica, mentre sabbie e limi sono espressione di bassa energia idrodinamica.

In riferimento alla cartografia geologica della zona l'area di studio è inserita in un contesto geolitologico definito delle "ALLUVIONI TERRAZZATE FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI DELL'ANTICO CONOIDE DELL'ADIGE, GHIAIOSE E CIOTTOLOSE DI ETÀ RISSIANA"; tali accumuli sedimentari sono rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità dal piano campagna.

La cartografia geologica consente inoltre di verificare la presenza di depositi sedimentari e strutture geomorfologiche di età differente, riconducibili all'evoluzione idrografica attuale e pregressa del fiume Adige.



Estratto dalla Carta Geologica del territorio comunale di Verona

Le principali morfologie riconducibili a dinamiche fluviali, laddove non obliterate da antropizzazione ed urbanizzazione, sono evidenziate da ampie superfici terrazzate, poste a quote altimetriche differenti e delimitate da scarpate di erosione fluviale.

Nello specifico il limite tra le aree a tonalità azzurro e verde, ad est della zona d'indagine, è caratterizzato dalla presenza di una scarpata di un terrazzo morfologico di origine fluvioglaciale / fluviale di altezza pari a circa 8 / 10 m.

La dominanza delle litologie granulari grossolane (salvo occasionali intercalazioni lentiformi coesive e talora conglomeratiche) risulta confermata dalla successione stratigrafica relativa ad un pozzo per acqua ubicato nelle vicinanze dell'area d'indagine (indicato con "12" nell'estratto della carta geologica).

<u>POZZO 12</u>	<i>PROFONDITÀ (m da p.c.)</i>	<i>LITOLOGIA</i>
	0,0 ÷ 12,0	Ghiaia e ciottoli
	12,0 ÷ 54,0	Ghiaia e sabbia
	54,0 ÷ 65,0	Ghiaia e ciottoli, conglomerato.
	65,0 ÷ 90,0	Ghiaia e sabbia

Quanto emerso da un'analisi bibliografica degli elementi geologici caratterizzanti la zona è stato confermato con le indagini geognostiche eseguite all'interno dell'area di progetto, le quali saranno descritte nel § 6.1.

I dati rilevati confermano la presenza in sub-superficie di depositi ghiaiosi con ciottoli arrotondati o sub-arrotondati di variabile pezzatura in matrice sabbiosa e/o limoso sabbiosa. Le ghiaie sono in giacitura naturale e seguono uno strato superficiale parzialmente alterato di terreno vegetale con ghiaia.

Relativamente alla qualità dei dati disponibili la stratigrafia di seguito descritta rappresenta una stima di quanto presente nel sottosuolo e si rifà essenzialmente alle caratteristiche di rigidità dei materiali rilevate con le prove sismiche. In fase esecutiva per ogni lotto edificabile il modello descritto dovrà essere verificato prevedendo opportune integrazioni d'indagine geognostica che saranno commisurate in relazione all'importanza delle opere che si andranno a progettare.

Le caratteristiche geologiche, almeno sino alla profondità di circa 20 m, sono analoghe per entrambi le due aree di progetto (A e B) e la stratigrafia può essere così schematizzata:

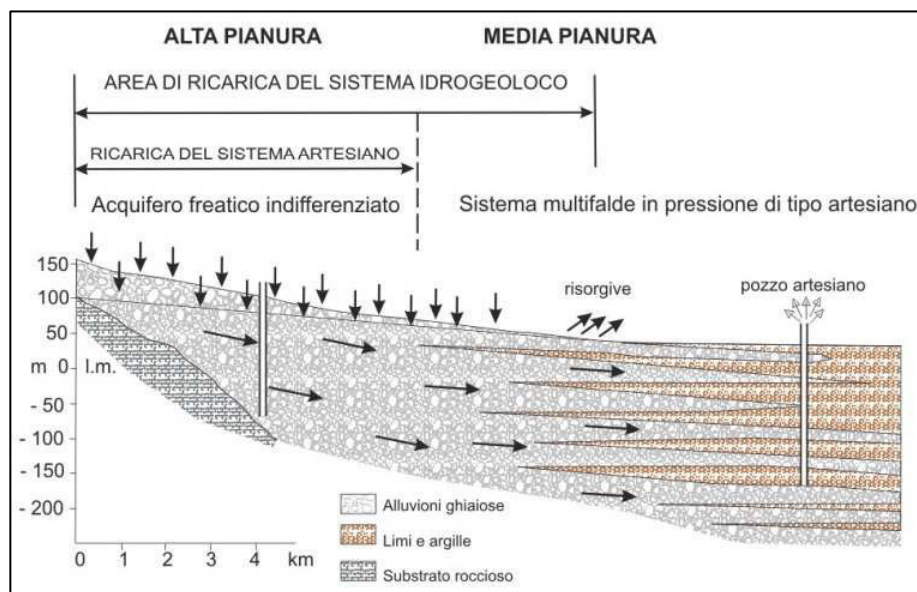
- **LIVELLO 1** - Il sottosuolo è caratterizzato in sub-superficie sino alla profondità di circa 3 / 4 m da materiali alluvionali costituiti da ghiaie da fini a grosse in matrice sabbiosa con ciottoli di varie dimensioni e di forma perlopiù arrotondata. In superficie, al tetto di tale livello, sono presenti dei terreni vegetali rimaneggiati dalle eterogenee e discontinue caratteristiche meccaniche. Il livello 1 ha delle velocità delle onde di taglio "Vs" e di compressione "Vp" relativamente differenti tra le aree "A" e "B", con i valori minori in corrispondenza dell'area "A". Le velocità "Vs" rilevate sono 214 ÷ 254 m/s mentre le "Vp" 441 ÷ 449 m/s.
Il Livello 1 può essere associato alla presenza di materiali con **grado di addensamento MEDIO**.
- **LIVELLO 2** - Dalla profondità di circa 3 / 4 m sino circa 15 m sono presenti dei materiali alluvionali ghiaiosi in matrice sabbioso limosa. Le velocità medie delle onde Vs e Vp sono relativamente eterogenee per le due aree "A" e "B"; "Vs" 400 ÷ 500 m/s, "Vp" 900 ÷ 1100 m/s, i valori minori sono in corrispondenza

dell'area "A". Il Livello 2 può essere associato alla presenza di materiali con **grado di addensamento ALTO**.

- **LIVELLO 3** - Oltre la profondità di 15 m sono probabilmente presenti dei materiali alluvionali ghiaiosi in matrice sabbioso limosa. Le velocità medie delle onde Vs nell'area "A" sono comprese tra 650 e 800 m/s, mentre le Vp sono comprese tra 1300 e 1600 m/s; nell'area "B" le Vs sono mediamente 715 m/s e le Vp 1490 m/s.

Il Livello 3 può essere associato alla presenza di materiali con **grado di addensamento MOLTO ALTO**

Premesso quanto descritto nella caratterizzazione geologica e geomorfologica del territorio, il contesto idrogeologico della provincia di Verona può essere schematizzato nei tre distinti settori precedentemente descritti e rappresentati nella successiva immagine.



Schema idrogeologico della pianura veronese

- a) **SETTORE COLLINARE – MONTUOSO**; la natura prevalentemente calcarea unitamente all'assetto strutturale ha favorito l'instaurarsi di un ben sviluppato carsismo. In tal senso i fenomeni carsici e di fratturazione sono talmente numerosi e importanti che la circolazione idrica superficiale è presente solo in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.

- b) **ALTA PIANURA**; tale unità (compresa fra i monti Lessini a nord, le colline moreniche dell'anfiteatro gardesano ad ovest e la fascia delle risorgive a sud) rappresenta una delle più cospicue riserve idriche sotterranee del Veneto. L'Alta Pianura è infatti sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso approssimativamente Nord Ovest – Sud Est. L'elevata permeabilità e l'omogeneità del sottosuolo permettono l'infiltrazione delle acque superficiali e fanno di questo territorio "area di ricarica" degli acquiferi.
- c) **MEDIO - BASSA PIANURA**; a partire dal limite inferiore della fascia delle risorgive prende inizio il tipico ambiente di bassa pianura caratterizzato da litotipi di natura granulometrica fine e molto fine. Il sottosuolo è costituito da alternanze di orizzonti continui limo - argillosi e strati permeabili sabbiosi o ghiaioso sabbiosi; caratteristica è la sovrapposizione di *acquiclude* e di falde acquifere in pressione. In questa porzione di territorio prevalgono pertanto depositi a permeabilità medio bassa, utili alla protezione delle acque di qualità profonde.

I depositi ghiaioso - sabbiosi che costituiscono il sottosuolo dell'Alta Pianura (nello specifico anche dell'area d'indagine) rappresentano un importante acquifero freatico indifferenziato 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. La direzione di deflusso della falda freatica è da Nord Ovest verso Sud Est. In linea generale la profondità della falda diminuisce da nord verso la porzione sud - orientale della città.

Valutazioni puntuali in merito al contesto idrogeologico dell'area sono descritte in una specifica relazione idrogeologica allegata alla presente progetto.

6 VALUTAZIONI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Come accennato in premessa, in accordo con quanto riportato nel Repertorio Normativo, sezione 8 "Impatto Idraulico Manifestazione d'Interesse" del D.G.C. nr 238 del 31.07.2013 Pagina 8: l'area identificata con il numero 178, caratterizzata da una superficie di 7050,00 mq, deve essere progettata in modo da garantire l'invarianza idraulica del volume d'invaso di 343,62 mc calcolato in accordo con il PAT. Per tale progetto le proposte di intervento ammissibili sono:

- vasca laminazione
- sovradimensionamento delle condotte
- bacino di ritenzione
- bacino e fosso d'infiltrazione

6.1 CLASSIFICAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO

L'area di progetto ha una superficie complessiva di circa 7050 m² per cui in accordo con la precedente normativa rientra nella classe di intervento L'intervento in progetto è classificabile come *intervento a modesta impermeabilizzazione potenziale su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha.*¹

Si divide l'area di intervento in tre unità con differente smaltimento delle acque di pioggia:

- Blocco 1: indica l'area di intervento a sinistra di via Brigata Aosta
- Blocco 2: indica l'area centrale
- Campo da calcio: indica l'area verde adibita a struttura ricreativa

¹ La normativa prevede che nelle zone di bassa pianura oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Lo schema proposto è riportato in figura:

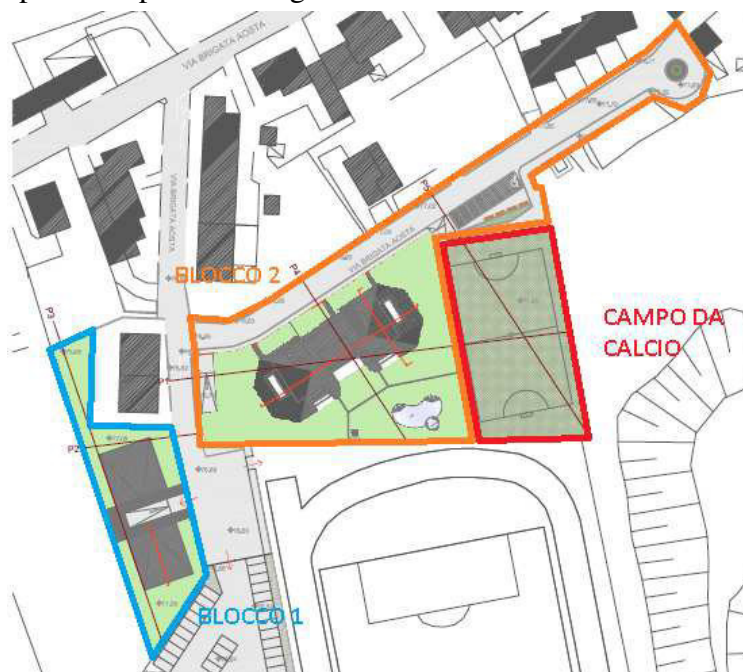


Figure 1: Distinzione dei diversi blocchi di intervento

6.1 STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

In generale si evidenzia quindi un aumento delle superfici impermeabili.

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:

Tabella 2: valori di ϕ vengono convenzionalmente assunti come indicato dall'allegato alla D.G.R. 2948

SUPERFICIE	ϕ
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 PERMEABILI ($\phi = 0,2$): sono state considerate come permeabili le aree verdi previste nel progetto sul lato est della proprietà;

- SUPERFICI SEMIPERMEABILI ($\varphi = 0,6$): sono state considerate come semipermeabili le aree con piste in terre battute in matrice ghiaiosa affioranti presenti allo stato attuale sul lato est della proprietà che verranno interamente sostituite da aree verdi allo stato di progetto.
- SUPERFICI IMPERMEABILI ($\varphi = 0,9$): per lo stato di progetto sono state considerate come impermeabili le coperture degli edifici comprensive delle sagome relative ai vani interrati, le superficie asfaltate, i marciapiedi e le aree pedonali, tali superfici verranno ridotte allo stato di progetto come riportato in tabella

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

$$\varphi = \sum_i \varphi_i S_i / S_{tot}$$

Eseguendo i calcoli con i valori specificati nella precedente tabella si ottengono dei valori del coefficiente di deflusso ponderato pari a 0,5 in tabella 1.

Tabella 3: stima del coefficiente di deflusso dei vari blocchi. Confronto tra i dati dello stato attuale e quelli previsti dal progetto.

Si osserva quindi che allo stato di progetto, il coefficiente di deflusso rispetto allo stato attuale:

- aumenterà di circa il 60% per il blocco 1
- aumenterà di circa il 45% per il blocco 2
- resterà invariato per il campo da calcio

Si osserva in generale sull'intera area di intervento un aumento dell'impermeabilizzazione del suolo di circa il 45%.

Considerando l'intera area interessata dagli interventi di trasformazione, le superfici coinvolte subiranno una variazione d'uso schematicamente riassunta nella seguente tabella:

Tabella 1: dettaglio per tipologia di permeabilità del totale del sito in oggetto.

Totale		
Aree	mq	Phi
permeabili	4170	0.2
semipermeabili	1619	0.6
impermeabili	744	0.9
totale	7050	0.4

Tabella 2: Dettaglio per tipologia di permeabilità del suolo del sito in oggetto.

blocco 1			blocco 2			campo da calcio		
Aree	mq	phi	Aree	mq	phi	Aree	mq	phi
Permeabili	570	0.2	permeabili	780	0.2	permeabili	0	0.2
semipermeabili	0	0.6	semipermeabili	0	0.6	semipermeabili	1700	0.6
Impermeabili	730	0.9	impermeabili	3270.00	0.9	impermeabili	0	0.9
Totale	1300	0.6	totale	4050.00	0.8	totale	1700	0.6

6.2 ANALISI IDROLOGICA

Le misure compensative consistono sostanzialmente nella individuazione e progettazione di volumi e modalità di gestione di essi in modo che l'area interessata da intervento di trasformazione del suolo non modifichi la propria risposta idrologico-idraulica in termini di portata generata o meglio sia in grado di smaltire la portata di pioggia dell'evento.

La seguente valutazione è basata su un tempo di ritorno di 50 anni.

Sulla base di dedicate elaborazioni statistiche è possibile determinare l'altezza di precipitazione corrispondente ad un certo tempo di ritorno e a una certa durata. Le curve di possibilità pluviometrica proposte sono espresse sia con la formula italiana a due parametri (a,n):

$$h = a tp^n$$

dove

- tp = durata della precipitazione;
- a, n = parametri della curva forniti dalla elaborazione statistica in dipendenza della zona territoriale di riferimento e del tempo di ritorno assunto.

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 (Tr = 50 anni), l'elaborazione statistica ha fornito la seguente espressione:

$$h=55,01 tp^{0.235} \text{ (con } h \text{ in mm e } t \text{ in ore)}$$

6.3 ANALISI DELLE PORTATE DI PIOGGIA

Il deflusso superficiale dipende quasi esclusivamente dall'intensità di pioggia, dalla capacità d'infiltrazione e dalla morfologia del bacino imbrifero. La portata del colmo dell'onda di piena può essere stimata in modo sbrigativo con la formula razionale, sviluppata nell'ipotesi che la pioggia sia costante e per un tempo di pioggia minore o uguale al tempo di corrivazione.

Per una stima del tempo di corrivazione utilizziamo la formula di Venturi:

$$t_c = 0.127 A^{0.5} i^{-0.5}$$

Con: A superficie in km^2 e i pendenza media del tratto

Tabella 5: tempo di corrivazione calcolato per il blocco 1

tempo di corrivazione - Blocco 1		
L	85.30	m
Hmax	77.06	mslm
Hmin	75.56	mslm
pendenza media	0.02	-
Area	0.001	km^2
Tc	0.03	h

Tabella 6: tempo di corrivazione calcolato per il blocco 2

tempo di corrivazione-Blocco 2		
L	170.00	m
Hmax	78.00	mslm
Hmin	76.70	mslm
pendenza media	0.008	-
Area	0.004	km^2
Tc	0.10	h

Tabella 7: tempo di corrivazione calcolato per campo da calcio

tempo di corrivazione-campo da calcio		
L	50.00	m
Hmax	77.04	mslm
Hmin	77.04	mslm
pendenza media	0.000	-
Area	0.002	km^2
Tc	-	h

Si osserva quindi un tempo di corrivazione pari a:

- di circa 2 minuti per il blocco 1
- di circa il 6 minuti per il blocco 2
- essendo il campo da calcio posto su un piano orizzontale non si identifica un tempo di corrivazione

Se si ripete il calcolo per tutta l'area di intervento il tempo di corrivazione risulta di 6 minuti.

Il valore della portata massima e l'avvio del processo di esaurimento della piena sono legati al rapporto esistente tra la durata t_p della precipitazione ed il tempo di corrivazione t_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 calcolo della portata defluente viene effettuato attraverso la formula razionale:

$$Q_p = \frac{I \cdot A \cdot \varphi}{3.6} [m^3 / s]$$

con:

I = intensità di pioggia in mm/ora

A = superficie scolante in km^2 . L'area di riferimento è quella della superficie impermeabile.

φ = coefficiente di infiltrazione

3.6 = valore di conversione metrica

L'intensità di pioggia si ricava dalla curva di possibilità pluviometrica ed è pari a:

$$I = a t_p^{n-1}$$

La portata totale dovuta alla pioggia di progetto risulta:

Tabella 8: Calcolo portata di pioggia con il metodo razionale con tempo critico assunto pari al tempo di corrivazione. Confronto tra i valori allo stato attuale e allo stato di progetto. Valori riferiti al blocco 1.

Blocco 1	Stato attuale	Progetto	
Tc	0.03	0.03	h
Hp	24.95	24.95	mm
I	721.46	721.46	mm/h

Phi	0.2	0.5	-
Area	0.001	0.001	km ²
Q	0.05	0.14	mc/s

Tabella 9: Calcolo portata di pioggia con il metodo razionale con tempo critico assunto pari al tempo di corrvazione. Confronto tra i valori allo stato attuale e allo stato di progetto. Valori riferiti al blocco 2.

Blocco 2	Stato attuale	Progetto	
Tc	0.10	0.10	h
Hp	32.09	32.09	mm
I	317.92	317.92	mm/h
Phi	0.4	0.8	-
Area	0.004	0.004	km ²
Q	0.17	0.30	mc/s

Tabella 10: Calcolo portata di pioggia con il metodo razionale con tempo critico assunto pari al tempo di corrvazione dell'intera are d'intervento. Confronto tra i valori allo stato attuale e allo stato di progetto. Valori riferiti al campo da calcio.

Campo da calcio	Stato attuale	Progetto	
Tc	0.10	0.10	h
Hp	32.09	32.09	mm
I	317.92	317.92	mm/h
Phi	0.2	0.2	-
Area	0.002	0.002	km ²
Q	0.03	0.03	mc/s

Si osserva quindi rispetto alla portata di pioggia:

- un incremento di circa 85 l/s per il blocco 1
- un incremento di circa il 140 l/s per il blocco 2
- essendo il campo da calcio non soggetto a cambio di permeabilità del suolo non si misurano variazioni della portata di pioggia superficiale.

In accordo con quanto riportato in normativa si prevede ammissibile uno scarico con coefficiente udometrico di 10 [l/s ha] sul sistema di smaltimento esistente.

6.4 STIMA DEI VOLUMI DI PIOGGIA- Metodo dell'invaso lineare

Integrando la portata nel tempo di pioggia si ottiene il volume di pioggia da smaltire. Assumendo la portata costante nel tempo di pioggia si ottiene:

$$V_{pioggia} = Q_p \cdot t_p$$

Con $V_{pioggia}$ espresso in m³.

Si considera un volume effluente dovuto allo scarico, in accordo con quanto riportato in normativa, con coefficiente udometrico di 10 [l/s ha], nominato V_{eff} espresso in m^3 .

La differenza tra i due volumi è chiamata V_{invaso} espresso in m^3 .

Il volume di pioggia dato di progetto si ottiene come il picco della curva del volume d'invaso dei seguenti grafici (figure 2-3-4). Si ottiene come dato di progetto un volume di pioggia circa:

- Blocco 1 di 40 m^3
- Blocco 2 di 180 m^3
- Campo da calcio 50 m^3

I valori sono ricavati in accordo con i seguenti grafici (figure 2-3-4) :

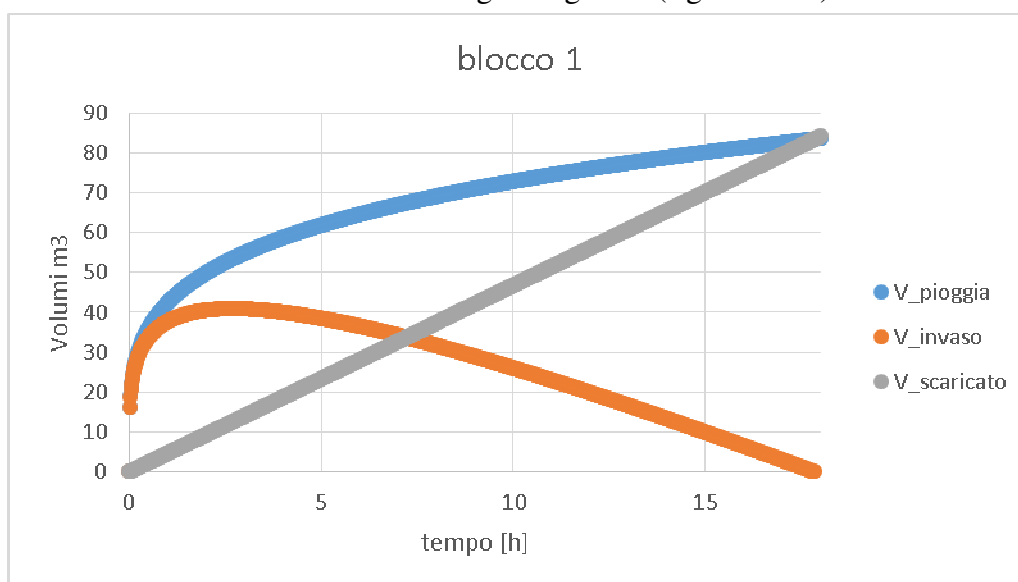


Figure 2: Volumi di pioggia, effluenti e da invasare rispetto al blocco 1

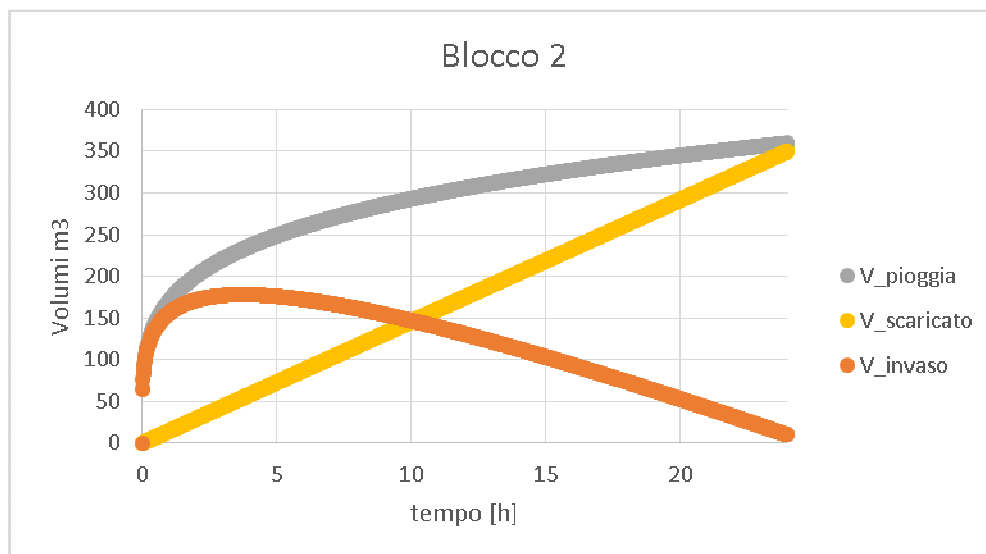


Figure 3: Volumi di pioggia, effluenti e da invasare rispetto al blocco 2

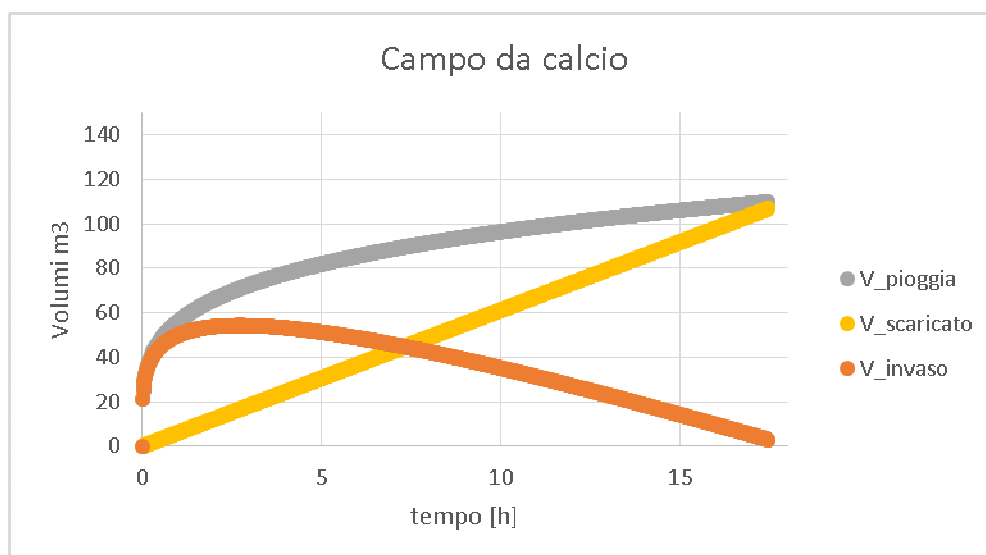


Figure 4: Volumi di pioggia, effluenti e da invasare rispetto al campo da calcio

Osservazioni sul campo da calcio:

Dai dati ottenuti sia con il metodo razionale che con il metodo dell'invaso lineare si ricava la portata di pioggia specifica, q , espressa in [m], dovuta alla pioggia con tempo di ritorno 50 anni, e si confronta questo valore con la capacità filtrante del terreno, q_f , in funzione della permeabilità del terreno e della cadente piezometrica, anche questa espressa in [m].

$q=Q/A$	0.000018
$q_f=ki$	0.001000

Si osserva che la capacità filtrante è maggiore della portata specifica dovuta alla pioggia.

Conclusioni:

- Il blocco 1 necessita di un intervento di laminazione della portata di pioggia
- Il blocco 2 necessita di un intervento di laminazione della portata di pioggia
- Il campo da calcio non necessita di un intervento di laminazione della piena. Si prescrive che la progettazione di tale area sia curata in modo da non modificare le caratteristiche di permeabilità del suolo, ovvero mantenendo la permeabilità elevata. Si suggerisce quindi una copertura di spessore adeguato di materiale sabbioso/torboso, appoggiato sui depositi ghiaiosi in essere.

7 PROPOSTA DI INTERVENTO

Calcolando per il tempo di precipitazione, il valore della portata di pioggia è possibile determinare il volume da laminare dell'evento considerato. Tale valore, 280 mc, risulta minore di quello suggerito nel Repertorio Normativo, sezione 8 "Impatto Idraulico Manifestazione d'Interesse" del D.G.C. nr 238 del 31.07.2013 Pagina 8: l'area identificata con il numero 178, caratterizzata da una superficie di 7050,00 mq, per cui l'area deve essere progettata in modo da garantire l'invarianza idraulica del volume d'invaso di 343,62 mc calcolato in accordo con il PAT. Per il progetto di interventi di Invarianza Idraulica si utilizza quindi quest'ultimo dato.

A livello operativo si fanno le seguenti ipotesi progettuali:

- la permeabilità del suolo stimata nella relazione idrogeologica utilizzata in fase progettuale pari a 0.001m/s (ovvero $K=10^{-1}$ cm/s).
- l'area del blocco 1 e del blocco 2 di progetto sono intese come aree complessive dei due lotti di intervento senza differenziare tra superfici permeabili o impermeabili siano queste coperture, parcheggi, strade e marciapiedi. Questo cautelativamente non conoscendo in dettaglio il livello di impermeabilizzazione definitivo.
- Il volume di pioggia da laminare ottenuto sia con il metodo razionale che con il metodo dell'invaso lineare, risulta in entrambi i casi circa uguale. Il volume di pioggia di progetto utilizzato nel dimensionamento dello smaltimento delle acque di pioggia è preso dalla sezione 8 pari a 350 mc.

Si assume come dato di progetto un volume di pioggia stimato al paragrafo precedente:

- Blocco 1 risulta il 18% dell'area totale per cui si prevede la laminazione di 65 m³
- Blocco 2 risulta il 57 % dell'area totale per cui si prevede la laminazione di 200 m³
- Campo da calcio rappresenta il 24 % dell'area totale su cui riversano 85 mc. Tale apporto risulta però non necessario di interventi basandosi sulla autocapacità di laminazione come filtrazione dell'area in oggetto.

Per lo smaltimento del volume di pioggia calcolatosi propone la messa in opera di un sistema di fossi di infiltrazione, in seguito detti pozzetti perdenti, dotati di pareti forate attraverso i quali le acque bianche s'infiltrano nel sottosuolo.

La rete di pozzetti andrà disposta in serie lungo la linea di scolo delle acque di prima pioggia.

Un accorgimento per aumentare il volume d'acqua laminato dagli anelli in cemento

del pozzo perdente, è di porre esternamente nell'intorno di queste vasche completamente interrate uno strato di ghiaia grossolana che consente l'incremento della capacità di allontanamento delle acque, accompagnato dalla presenza di un geotessile necessario al fine di prevenire il progressivo intasamento del pozzo.

7.1 PROGETTAZIONE FOSSO D'INFILTRAZIONE

Definita la portata influente di prima pioggia, si tratta di definire il volume utile per l'immagazzinamento della stessa. Il volume utile per lo stoccaggio della portata non infiltrata nel sistema, sarà pertanto definito dalla capacità d'immagazzinamento dei singoli pozzi dislocati lungo la rete di drenaggio costituita dai pozzetti in serie. Il dimensionamento dell'apparato d'infiltrazione, viene effettuato oltre che sulla base della portata influente nel sistema dalla capacità d'infiltrazione dello stesso. Il dimensionamento dell'impianto di infiltrazione, viene eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema, calcolata nel capitolo precedente con la formula razionale, con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema; tale confronto può essere espresso con l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante:

$$(Q_p - Q_f) \Delta t = \Delta V$$

con:

Q_p = portata influente

Q_f = portata infiltrata

Δt = intervallo di tempo. Si assume pari al tempo di corrivazione arrotondato per eccesso

ΔV = variazione del volume nel mezzo filtrante

La capacità d'infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_f = k j A_f$$

con:

Q_f = portata infiltrata [m^3/s]

k = coefficiente di permeabilità [m/s] assunto pari a 10^{-3} m/s, come riportato tra le ipotesi di progetto. Si prescrive che il materiale con cui si andrà a costruire la base del pozzo e il dreno esterno dovrà avere tale caratteristica.

j = cadente piezometrica [m/m]. Si assume che il gradiente sia verticale e pari al salto del pozzo

A_f = superficie netta d'infiltrazione considerata. A fattore di sicurezza si suppone che l'infiltrazione avvenga solo lungo la base del sistema filtrante).

In particolare per il tipo di pozzi scelti con anelli in cemento armato di diametro

2 m stipati in 0.5 m di ghiaia, l'area di infiltrazione risulta essere:

$$A_f = \frac{(D + 2L)^2}{4} \pi$$

In figura 4 è riportato uno schema del pozzetto tipo:

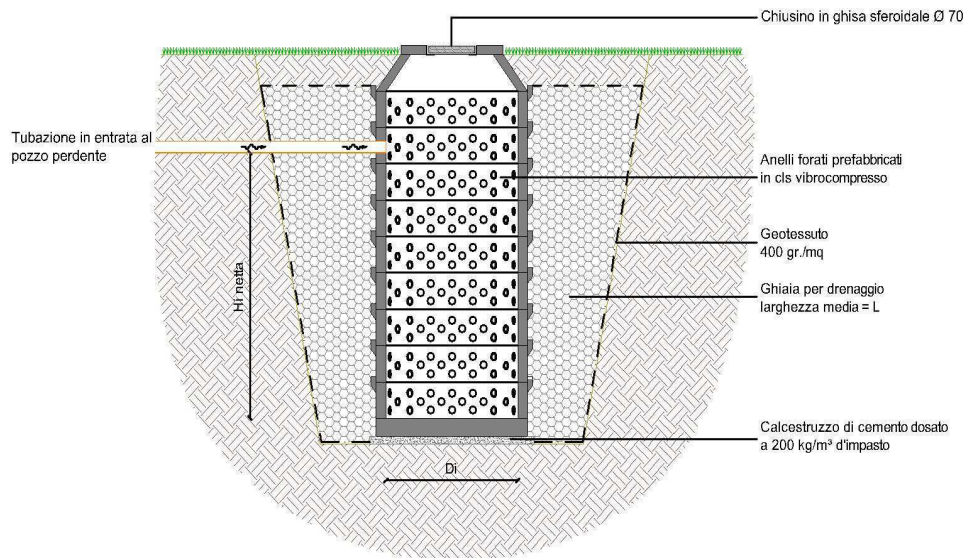


Figure 4: Pozzo disperdente tipo

L'intervento per garantire l'invarianza idraulica del cosiddetto prevedere l'installazione di una batteria di pozzi tipo di sezione circolare le cui caratteristiche geometriche sono riassunte in tabella:

Tabella 11: Caratteristiche di un pozzo tipo di sezione circolare.

Pozzo tipo		
D	2	m
L_filtrante	0.5	m
$\Delta H=H$	3	m
A_f	7.07	m ²

Si stima una capacità filtrante di:

Tabella 12: Stima della capacità filtrante del pozzetto tipo.

Capacità filtrante del pozzo tipo		
K	0.001	m/s
A_f	7.07	m ²
J	1	m/m

Qf	0.002	m ³ /s
----	-------	-------------------

Il volume assorbito dal singolo pozzo dipende dalle caratteristiche di pioggia e filtrazione trovate nei capitoli precedenti, ed è dato dall'integrale nel tempo di pioggia dalle portata di infiltrazione:

$$V_f = Q_f t_p$$

Mentre il volume di accumulo del pozzo dipende dalle sole caratteristiche geometriche del pozzo ed è pari a:

$$V_a = \pi \frac{(D)^2}{4} H$$

BLOCCO 1:

In riferimento al pozzo tipo con caratteristiche riportate in tabelle 11-12 si ottiene necessaria l'installazione di numero 3 pozzi disperdente per garantire lo smaltimento delle acque di prima pioggia stimate con il metodo sbrigativo razionale per un evento meteorico con tempo di ritorno di 50 anni per l'area di 1350 m² del cosiddetto blocco1 dell'area di intervento:

Tabella 13: Stima del numero di pozzi disperdenti.

Vprogetto	60	m ³
V_filtrato	0.8	m ³
V_pozzo	21	m ³
Npozzi	3	

I pozzetti verranno installato in corrispondenza della quota più bassa rilevata nel blocco 1. In figura 5 ne è riportata una indicativa ubicazione:



Figura 5: ubicazione tipo pozzi disperdente nel blocco 1.

BLOCCO 2:

Sempre in riferimento al pozzo tipo con caratteristiche riportate in tabelle 11-12 si ottiene necessaria l'installazione di 9 pozzi disperdenti per garantire lo smaltimento delle acque di prima pioggia stimate con il metodo sbrigativo razionale per un evento meteorico con tempo di ritorno di 50 anni per l'area di 4500 m² del cosiddetto blocco 2 dell'area di intervento:

Tabella 14: Stima del numero di pozzi disperdenti.

Vprogetto	200	m ³
V_filtrato	0.8	m ³
V_pozzo	21	m ³
Npozzi	9	

Per il dettaglio si veda l'allegato 2.



Figura 6: ubicazione tipo pozzi disperdenti nel blocco 2.

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Stimata la variazione di permeabilità del suolo dovuta all'intervento di edificazione delle aree esaminate e la portata di pioggia critica con tempo di ritorno 50 anni, si sono calcolati i volumi di pioggia da smaltire per garantire l'invarianza idraulica. In accordo con le prescrizioni vigenti nel comune di Verona: Repertorio Normativo, sezione 8 "Impatto Idraulico Manifestazione d'Interesse" del D.G.C. nr 238 del 31.07.2013 Pagina 8: l'area identificata con il numero 178, caratterizzata da una superficie di 7050,00 mq, deve essere progettata in modo da garantire l'invarianza idraulica del volume d'invaso di 343,62 mc calcolato in accordo con il PAT.

Per lo smaltimento di tali volumi si prescrive la realizzazione di fossi d'infiltrazione delle dimensioni indicate, ed in particolare:

- il blocco 1 installazione di numero 3 pozzi disperdenti da posizionarsi dell'area a quota più bassa del terreno attuale;
- il blocco 2 installazione di numero 9 pozzi disperdenti da posizionarsi dell'area a quota più bassa del terreno attuale;
- il campo da calcio, caratterizzato da un'area di 1700 mq, su cui ricade un volume di pioggia di 85 mc (corrispondenti a 5 cm d'acqua uniformemente distribuiti sulla superficie del campo) non necessita di un intervento di laminazione della piena. Si prescrive che la progettazione di tale area sia curata in modo da non modificare le caratteristiche di permeabilità del suolo, ovvero mantenendo la permeabilità elevata.

Le superfici relative ai futuri marciapiedi in fregio alla viabilità esistente sono incluse nei calcoli effettuati.

Si evidenzia infine la condizioni particolarmente favorevoli del sito di intervento per le descritte elevate condizioni di elevata permeabilità naturale dei depositi ghiaiosi presenti e la notevole profondità della falda freatica che non interferirà con il processo di dispersione nel sottosuolo.

Dott. Ing. Elena Nucci



Dott. Geol. Enrico Nucci



ALLEGATO 1: DIMENSIONAMENTO POZZI DISPERDENTI

Dettaglio calcolo pozzi disperdenti blocco 1:

IPOTESI 1			
Diametro interno pozzo	<i>Di</i>	2	m
Altezza utile pozzo	<i>Hi</i>	3	m
Coeff. Permeabilità	<i>K</i>	1.0E-03	m/s
Larghezza corona esterna drenante	<i>L</i>	0.5	m
Presenza di vasca di prima pioggia		0	vero/falso
Superficie impermeabile soggetta a prima pioggia	<i>Spp</i>	4500	mq
Superficie impermeabile non soggetta a prima pioggia	<i>Snpp</i>	0	mq
Superficie delle coperture	<i>Sc</i>	0	mq
PIOGGIA			
tr		50	anni
a		55.01	
n		0.235	
pendenza media		0.008	
tc		0.10	ore
tp		0.10	ore
h		31.66	mm
l		332.36	mm/ore
Volume pioggia critica		200.00	mc
Volume assorbito da un pozzo		1.08	mc
Volume accumulato da un pozzo		21.20	mc
Volume totale per pozzo		22.27	mc
Vasca prima pioggia		0.00	mc
Volume netto da smaltire dal sistema drenante		200.00	mc
CALCOLO POZZI PERDENTI		9.0	num
ARROTONDAMENTO NUMERO POZZI PERDENTI		9	num

Dettaglio calcolo pozzi disperdenti blocco 2:

IPOTESI 1			
Diametro interno pozzo	<i>Di</i>	2	m
Altezza utile pozzo	<i>Hi</i>	3	m
Coeff. Permeabilità	<i>K</i>	1.0E-03	m/s
Larghezza corona esterna drenante	<i>L</i>	0.5	m
Presenza di vasca di prima pioggia		0	vero/falso
Superficie impermeabile soggetta a prima pioggia	<i>Spp</i>	1350	mq
Superficie impermeabile non soggetta a prima pioggia	<i>Snpp</i>	0	mq
Superficie delle coperture	<i>Sc</i>	0	mq
PIOGGIA			
tr		50	anni
a		55.01	
n		0.235	
pendenza media		0.02	
tc		0.03	ore
tp		0.03	ore
h		24.68	mm
i		747.86	mm/ore
Volume pioggia critica		65.00	mc
Volume assorbito da un pozzo		0.37	mc
Volume accumulato da un pozzo		21.20	mc
Volume totale per pozzo		21.57	mc
Vasca prima pioggia		0.00	mc
Volume netto da smaltire dal sistema drenante		65.00	mc
CALCOLO POZZI PERDENTI		3.0	num
ARROTONDAMENTO NUMERO POZZI PERDENTI		3	num