



ING. GIUSEPPE MENEGHELLI
ING. PAOLO SCHENA
ING. PAOLO GUARDINI

Via A. Locatelli 1
37122 Verona
T +39 045 8352447
F +39 045 8352455
info@esaverona.it
www.esaverona.it

COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
"GIOIA 2"

SCHEDA NORMA n° RA 13-270

COMMITTENTE

BON MARCHE' Srl
IMM. S.STEFANO Srl

FASCICOLO

ANALISI GEO-IDROGEOLOGICA

4

PROGETTO
ing. Giuseppe Meneghelli
Ord. Ingegneri Verona A2124
g.meneghelli@esaverona.it

ing. Paolo Schena
Ord. Ingegneri Verona A2122
p.schena@esaverona.it

DIREZIONE LAVORI
ing. Giuseppe Meneghelli
Ord. Ingegneri Verona A2124
g.meneghelli@esaverona.it

ing. Paolo Schena
Ord. Ingegneri Verona A2122
p.schena@esaverona.it

IN COLLABORAZIONE CON:

OGGETTO

COMPATIBILITA' IDRAULICA

STATO

PROGETTO

CLASSIFICA		ELABORATO		REV.	SCALA	ARCHIVIO gdrive	
2112		P	4.2	0		FILE	RelazioneComplIdraulica_PUA_ViaFlavioGioia.pdf
							NOTE
REV.	DATA	DESCRIZIONE				DIS.	VER.
0	24.07.2023	EMISSIONE				MS	GM
A							
B							
C							
D							
E							

In conformità alle vigenti leggi sulla tutela delle opere dell'ingegno ci riserviamo la proprietà esclusiva di questo elaborato.
Facciamo espresso divieto di riprodurlo, copiarlo o comunicarlo a terze persone senza il nostro espresso consenso.

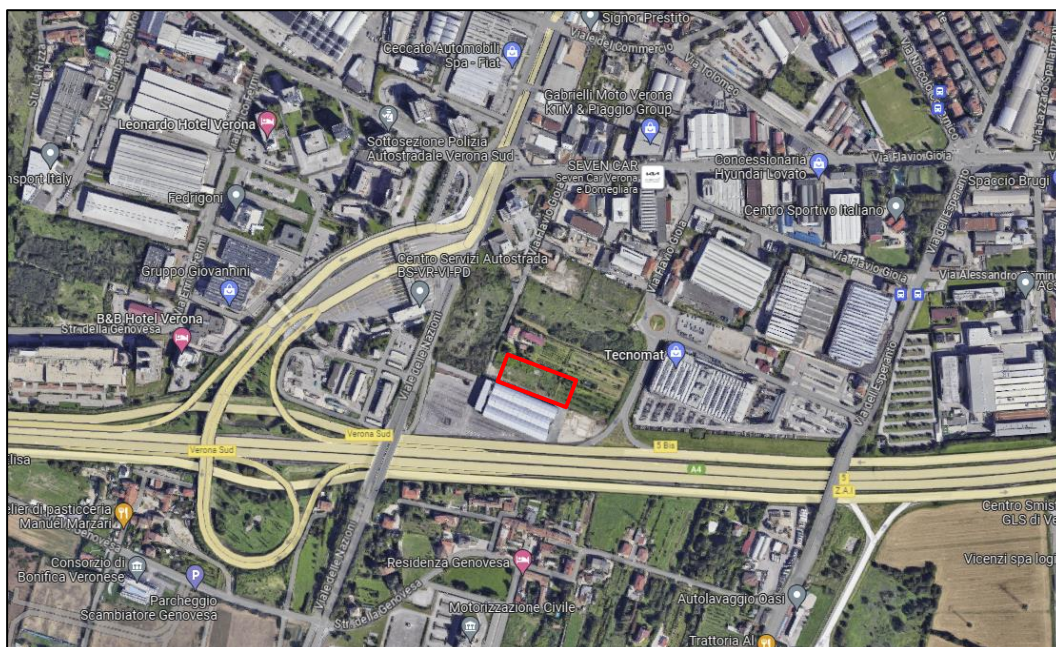


COMUNE DI VERONA
PROVINCIA DI VERONA

Piano Urbanistico Attuativo della Scheda Norma ATO 4 - RA 13-270
del Piano degli Interventi del Comune di Verona
relativa ad un'area ubicata in via Flavio Gioia

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

[D.G.R.V. n. 2948 del 6 ottobre 2009 - art. 44 NTO PI Comune di Verona]



20 giugno 2023

COMMITTENTI:

Bon Marchè S.r.l.
e Immobiliare Santo Stefano S.r.l.

IL TECNICO:

dr.ssa geol. Nicoletta Toffaletti

✉ 37042 Caldiero (VR) - via G. Marconi 20 ☎ 339 5773948 @ geonito@libero.it PEC geonito@pec.epap.it



INDICE

INDICE	1
CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE	1
1.1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO E ARTICOLAZIONE DELLA RELAZIONE	1
1.2) DESCRIZIONE DEL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO E DEL PROGETTO EDILIZIO	2
1.3) PROVE IN SITO E METODI DI INTERPRETAZIONE	4
CAPITOLO 2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOLOGICO	6
2.1) INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
2.2) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	6
2.3) FRAGILITÀ E PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA.....	8
2.4) MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	10
CAPITOLO 3 - PARAMETRI IDROLOGICI ED IDRAULICI	13
3.1) CONTESTO NORMATIVO	13
3.2) PARAMETRI IDRAULICI DI PROGETTO	13
3.3) INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI	18
CAPITOLO 4 - VALUTAZIONE IDRAULICA	DEGLI
EFFETTI DELL'INTERVENTO	19
4.1) CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE CON IL METODO RAZIONALE.....	19
4.2) VERIFICA DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE CON IL METODO DELL'INVASO [MORIGGI E ZAMPAGLIONE - 1978].....	20
4.3) VERIFICA DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE CON IL METODO CINEMATICO [ALFONSI - ORSI - 1979]	20
4.4) CONFRONTO DEI RISULTATI DEI METODI DI CALCOLO.....	21
4.5) LE OPERE DI MITIGAZIONE IDRAULICA DELL'INTERVENTO	22
ALLEGATO 1 - TRINCEE ESPLORATIVE	23

CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE

1.1) Normativa di riferimento e articolazione della relazione

Per conto delle società Bon Marchè S.r.l. e Immobiliare Santo Stefano S.r.l. è stato eseguito uno Studio di Compatibilità Idraulica per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento del Piano Urbanistico Attuativo della Scheda Norma ATO 4 - RA 13-270 del Piano degli Interventi del Comune di Verona, relativa ad un'area ubicata in via Flavio Gioia nel Comune di Verona (VR).

In ottemperanza alla D.G.R.V. n. 2948 del 6 ottobre 2009 e alle prescrizioni conseguenti la Valutazione di Compatibilità Idraulica del Piano di Assetto del Territorio e del Piano degli Interventi del Comune di Verona, la presente analisi, sulla base della valutazione degli aspetti morfologici, litologici e territoriali che caratterizzano l'area indagata, valuta la risposta idrologica conseguente l'attuazione dell'intervento e presenta una soluzione della gestione dello smaltimento delle acque meteoriche.

1.2) Descrizione del Piano Urbanistico Attuativo e del progetto edilizio

Ai fini della presente relazione, si descrivono sinteticamente i caratteri di interesse degli elaborati progettuali redatti dallo Studio ESA Verona Engineering, a cui si rimanda per una dettagliata caratterizzazione.

L'area in esame è collocata nella Z.A.I. Storica all'interno della Circoscrizione 5^ "Borgo Roma, Cadidavid" ed è delimitata a nord ovest dalla via Flavio Gioia, a sud ovest da un esistente insediamento artigianale - commerciale, a sud est e nord est (parte) da aree intonse incolte e a nord (parte) da un esistente insediamento residenziale. Essa presenta una superficie territoriale complessiva di **4.174 mq**.

Nel recente passato, l'area è stata utilizzata come cantiere di appoggio per i lavori di ampliamento della contigua Autostrada A4 Torino - Trieste, di cui sono ancora visibili alcune residue strutture (piazzole in cemento o stabilizzato) anche se, allo stato attuale, essa si presenta largamente destinata a prato incolto con arbusti e rare alberature.

Il PUA in esame determina una superficie fondiaria di 3.899 mq a cui è assegnata una **SUL di progetto di 1.984 mq, di cui 1.684 mq ad uso U2 - Commerciale e 300 mq ad uso U3 - Terziario** da realizzarsi con edifici, con un massimo di n. 3 piani fuori terra. L'ambito di intervento ospita, inoltre, le **aree a Verde e Servizi per 1.264 mq** (VP - Verde pubblico, P2 - Parcheggio pubblico, VC - Marciapiedi, strade, parcheggi, VM - Verde di mitigazione) e verrà dotato di tutti i sottoservizi pubblici, compresa la rete fognaria attualmente non presente.



Veduta panoramica dell'area oggetto di PUA.

Carature Urbanistiche - SCHEDA NORMA RA13-270		
ST	Superficie Territoriale Ambito	4.175 mq
SUL	U2 - COMMERCIALI	1.787 mq
SUL	U3 - TERZIARI	300 mq
UT	Indice Utilizzazione Territoriale	
VS	Verde e Servizi (min. 50% ST)	2.087 mq
P	N. di piani fuori terra	max. 3
CI	Capacità Insediativa	
SUL	Superficie Utile Lorda	2.087 mq
Prescrizioni	1. Si richiede soluzione progettuale in linea con le indicazioni del Masterplan - Ambito I.	
	2. La soluz. progettuale dovrà prevedere misure arboree a verde come mitigazione ed una copertura arborea per almeno il 30% della superficie a verde.	
	3. In sede di PUA delle schede norma 13 - 3781 RA44 - 1181 RA45 - RA13 270, la quota di VS dovrà essere localizzata preferenziando soluzioni di continuità.	

Carature Urbanistiche - PARAMETRI DI RIFERIMENTO		
ST	Superficie Territoriale Ambito	4.174 mq
SUL	Superficie Utile Lorda Progetto - TOTALE	1.984 mq
SUL	Superficie Utile Lorda Progetto - U2 - COMMERCIALI	1.684 mq
SUL	Superficie Utile Lorda Progetto - U3 - TERZIARI	300 mq
UT	Indice Utilizzazione Territoriale	
VS	Verde e Servizi (min. 50% ST Scheda Norma)	2.087 mq
P	N. di piani fuori terra	max. 3
DMS	Dotazione minima di Servizi (comm./terziario 100 mq/100 mq SUL) Art. 20, comma 1, quarto c) NTO del P.I.	1.984 mq
P2	Superficie Parcheggio P2 - Terziario (3,00 mq/10 mq SUL) Art. 14, comma 2, NTO del P.I. Superficie Parcheggio P2 - Commerciale (6,00 mq/10 mq SUL) Art. 14, comma 2, NTO del P.I.	90 mq 1.011 mq
	Dotazione altri Servizi (DMS - P2) Art. 20, comma 2, NTO del P.I.	883 mq
SPT	Superficie Permeabile Territoriale (30% ST) Art. 8, comma 1, NTO del P.I.	1.252 mq

Quantificazione essenze arboree ed arbustive (DA e DAr)		
ST	Superficie Territoriale Ambito (4.174-290mq)	3.884 mq
DA	Densità arborea (3 alberi/100 mq ST)	58
DAr	Densità arbustiva (3 arbusti/100 mq ST)	58

Quantificazione essenze arboree ed arbustive (DA e DAr)		
AREA PUBBLICA		
DA	Densità arborea (58 alberi TOTALI - 58 alberi SF)	0
DAr	Densità arbustiva (58 arbusti TOTALI - 58 arbusti SF)	0

Quantificazione essenze arboree ed arbustive (DA e DAr)		
AREA PUBBLICA DI PROGETTO		
Essenze arboree	Olea europea (ulivo europeo)	3
Essenze arbustive	TOTALE ESSENZE ARBUSTIVE	3

Quantificazione essenze arboree ed arbustive (DA e DAr)		
AREA DI PROGETTO		
Essenze arboree	Acer Platanoides	12
	Cercis siliquastrum	12
	Zelkova serrata	12
Essenze arbustive	TOTALE ESSENZE ARBUSTIVE	36
	Photinia	58
Essenze arbustive	TOTALE ESSENZE ARBUSTIVE	58

Tot. 19 Essenze Arboree da monetizzare
(58 alberature TOT. - 36 Progetto - 3 Area Pubblica)

DATI DI RIFERIMENTO

DATI DI PROGETTO

Carature Urbanistiche DI PROGETTO IN AMBITO		
VP	Superficie verde pubblico	14 mq
P2	Superficie vincolata a Parcheggio Pubblico	690 mq
VC	Superficie Nuovi Marciapiedi	70 mq
	Superficie Nuove Strade	94 mq
	Superficie Parcheggi	96 mq
VM	Verde di Mitigazione	300 mq
	TOTALE SUPERFICIE A VERDE E SERVIZI	1.264 mq

Carature Urbanistiche FONDIARIE				
N.	Superficie Fondiaria	SUL	Verde di Mitigazione	Superficie Permeabile (30%)
n.1	3.899 mq	1.984 mq	300 mq	1.158 mq

VERIFICHE	
Verifica VS:	1.264 mq < 2.087 mq
Verifica Prescrizione n.2: $V_{AR} = 314 \text{ mq} > 94 \text{ mq} (VM \times 0,3)$	
Verifica PARCHEGGI PUBBLICI P2:	1.101-786 = 315 mq da monet.
Verifica SUPERFICIE PERMEABILE AREE PUBBLICHE:	comp. idraulica

Allegato D rev. 2

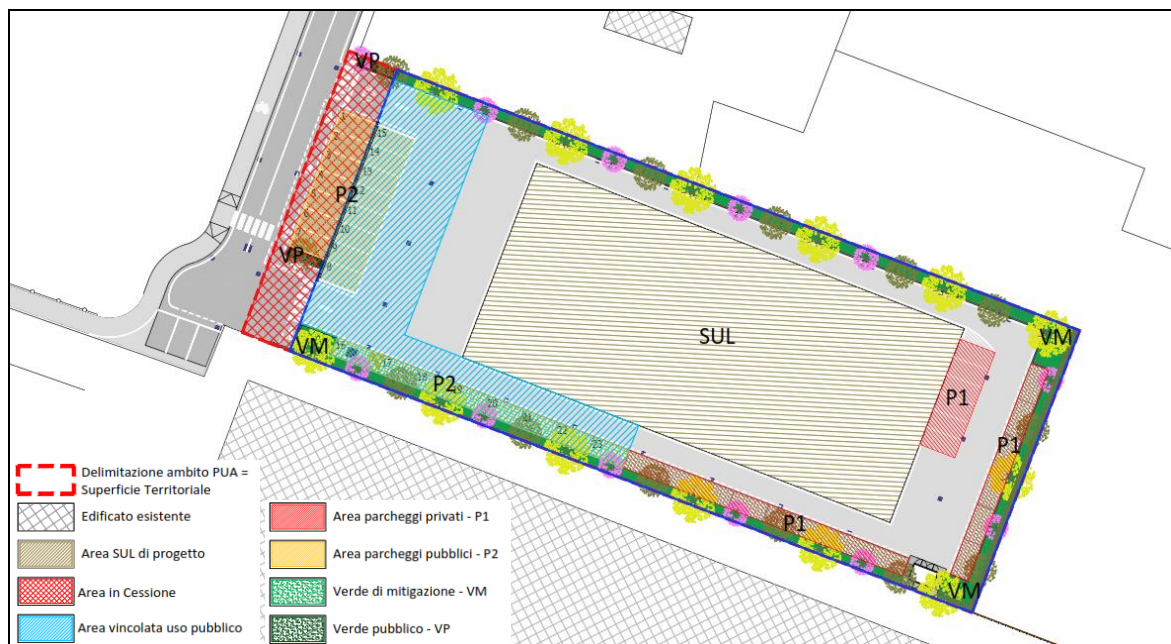
Carature urbanistiche del PUA (estratto del Piano Urbanistico Attuativo elaborato dallo Studio ESA Verona Engineering).

Da un punto di vista idraulico, il piano in esame prevede la trasformazione delle superfici tale da comportare un grado di impermeabilizzazione potenzialmente modesto ai sensi della D.G.R.V. n. 2948/2009 e, pertanto, sono previste le necessarie opere di mitigazione idraulica.

Il progetto edilizio prevede la realizzazione di un nuovo edificio ad uso commerciale / terziario dalla forma, in pianta, rettangolare con misure massime di 61,00 x 27,60 m.



Caratteristiche progettuali del PUA (estratto del Planivolumetrico elaborato dallo Studio ESA Verona Engineering).



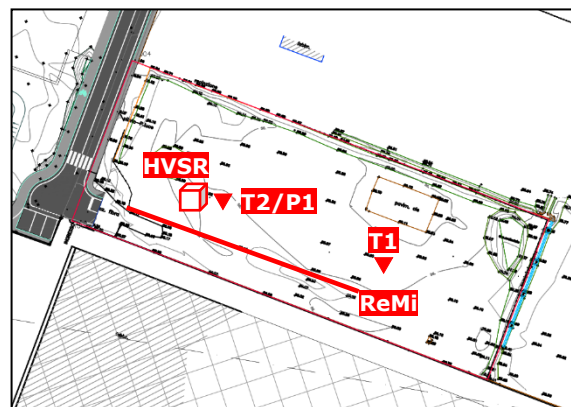
Caratteristiche progettuali del PUA (estratto del Planivolumetrico elaborato dallo Studio ESA Verona Engineering).

1.3) Prove in sito e metodi di interpretazione

In accordo con la committenza, il 9 e 15 febbraio 2023 presso l'area di intervento è stata condotta una specifica campagna di indagini e prove in sito, rappresentata dall'esecuzione di:

- **n. 2 trincee esplorative**, denominate T1 e T2, della profondità massima rispettivamente di 2,1 m (T1) e di 2,2 m (T2) dal p.c. locale, allo scopo di verificare direttamente il profilo litostratigrafico superficiale;
- **n. 1 prova di permeabilità in pozzetto**, denominata P1, adatta per i terreni granulari per fornire una valutazione della permeabilità dei terreni superficiali al di sopra del livello di falda;
- **n. 4 prelievi di campioni di terreno** dal cumulo delle trincee esplorative T1 e T2, denominati T1C1, T1C2, T2C1 e T2C2, al fine di accertare la corretta modalità di gestione delle terre e rocce da scavo originato a seguito dell'attività di costruzione dell'intervento;
- **n. 1 prospezione sismica con tecnica passiva Re.Mi.** (*Refraction Microtremor*) e **n. 1 registrazione di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R.** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) o Nakamura, per l'analisi sismica sito specifica.

L'ubicazione delle prove è riportata nella figura a lato, mentre i relativi risultati complessivi sono riportati in allegato alla presente relazione unitamente alla documentazione fotografica.



Ubicazione delle prove eseguite
(REMI+HVSR = indagine sismica; T1 e T2 = trincee esplorative; P1 = prova di permeabilità)

La campagna di prove in sito, i cui risultati complessivi sono riportati negli allegati alla presente relazione, ha permesso di ricostruire presso l'area di intervento il profilo litostratigrafico, di verificare l'assenza della falda superficiale nelle verticali di indagine e di determinare i parametri geotecnici e sismici caratteristici dell'area di intervento.

Dal punto di vista metodologico il **profilo litostratigrafico** viene *direttamente* determinato dalla visione del materiale esposto nelle pareti delle trincee esplorative ed *indirettamente* determinato dall'interpretazione delle prove sismiche, così come peraltro evidenziato negli allegati a fine relazione.

In via puramente indicativa, l'indagine sismica di tipo passivo in *array* (Re.Mi.) consente di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo attraverso i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004). Con i risultati registrati nella tecnica sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.) si può ricostruire la stratigrafia del sottosuolo attraverso la definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

La **falda freatica** è risultata assente nelle trincee esplorative.

Il **coefficiente di permeabilità** viene calcolato, sulla base dei risultati della prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto, con la seguente relazione:

$$K = [(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)] \times \{[(1 + 2h_m/d)] / [27(h_m/d)+3]\}$$

dove h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > d/4$);

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$ = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$;

d = lato del pozzetto.

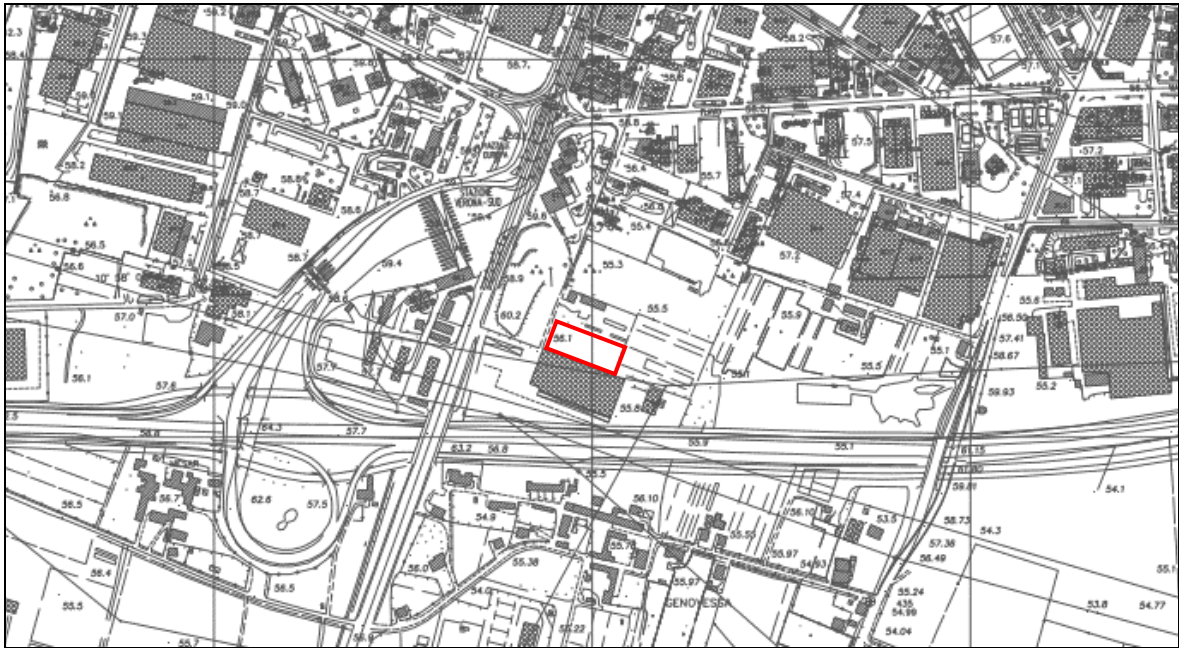
L'esame osservazionale e l'analisi bibliografica consentono la determinazione dei **parametri geotecnici caratteristici** del sottosuolo indagato.

I campioni di terreno sono stati sottoposti ad analisi chimica di laboratorio, per le cui specifiche si veda il Capitolo 6 della presente relazione.

CAPITOLO 2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOLOGICO

2.1) Inquadramento territoriale

L'area di intervento, ubicata all'estremità meridionale di via Flavio Gioia, si sviluppa all'interno della Z.A.I. Storica della Città di Verona, caratterizzata da una densa urbanizzazione a destinazione artigianale, produttiva e infrastrutturale.



Corografia dell'area di intervento (estratto degli Elementi n. 123162 "VERONA SUD-OVEST" e n. 144041 "CA' DI DAVID" della CARTA TECNICA REGIONALE ALLA SCALA 1:5.000).

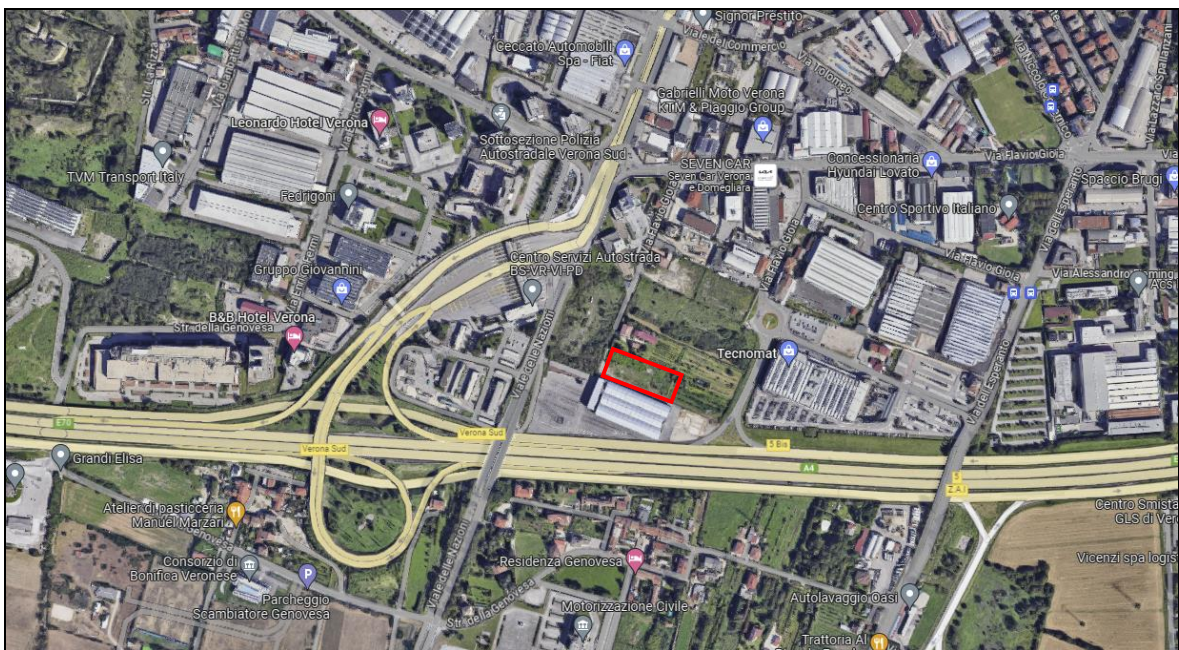


Foto satellitare dell'area di intervento (fonte: <https://www.google.it/maps>).

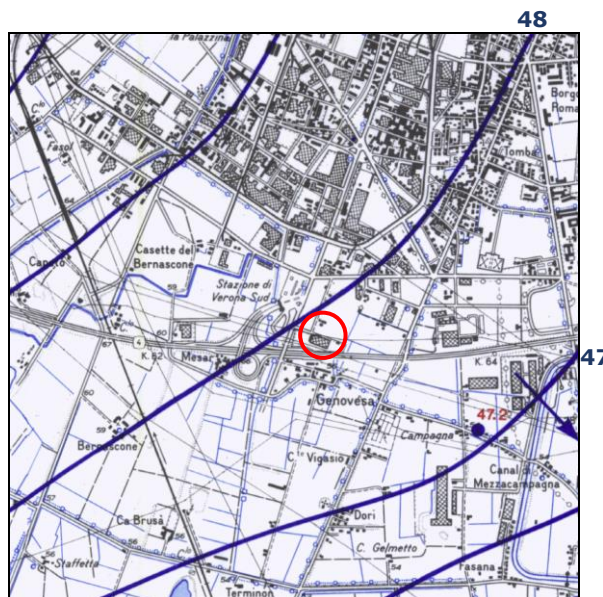
2.2) Inquadramento geomorfologico, geologico e idrogeologico

Per quanto riguarda le informazioni geologiche generali dell'area di intervento e di un suo adeguato intorno, si evidenzia che:

- l'area si sviluppa ad una quota di circa 56 m s.l.m. nella fascia sub-pianeggiante dell'**Alta Pianura Veronese**, all'interno del terrazzo topograficamente più elevato dell'antico conoide fluvio-glaciale e fluviale del fiume Adige, originatosi allo sbocco del fiume dalla valle alpina; a settentrione e oriente, esso degrada verso il piano di divagazione a meandri dello stesso fiume, che scorre ad una distanza minima di circa 3 km in direzione nord, tramite una serie di scarpate per lo più elise dalla forte antropizzazione locale;
- in superficie, la litologia è mascherata dalla spinta urbanizzazione del territorio, che comporta la presenza di strutture antropiche e materiali di riporto di spessore variabile; in profondità, il sottosuolo in giacitura naturale è rappresentato dai **depositi continentali quaternari di origine fluvio - glaciale e fluviale** del fiume Adige, rappresentati, quasi esclusivamente, da ghiaie ciottolose con matrice sabbiosa; subordinatamente, sono presenti intercalazioni limose e livelli di granulometria mista;
- la natura delle alluvioni grossolane di cui sopra rispecchia la composizione della successione stratigrafica affiorante nel bacino idrografico atesino, rappresentata in particolare dai termini carbonatici e dolomitici mesozoici e cenozoici, dai porfidi atesini e da subordinati elementi di porfiriti, gneiss pegmatitici e rocce anfiboliche; lo spessore di tali depositi grossolani è potente diverse decine di metri, come evidenziano le stratigrafie desunte dalla realizzazione dei pozzi per acqua;
- dal punto di vista idrogeologico, il materasso alluvionale precedentemente descritto ospita l'importante **acquifero monostrato dell'alta pianura veronese** (Unità dell'Alta Pianura Occidentale), caratterizzato da una permeabilità per porosità generalmente elevata e dove è reperibile una potente falda freatica;
- secondo i dati bibliografici (Dal Prà e De Rossi "Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige", 1989), **la superficie freatica della falda**, misurata nel 1986 in periodo di piena, si attesta ad una quota sul livello del mare di circa 48÷47 m e cioè ad una **profondità minima di circa 8÷9 m dal piano campagna locale**; la direzione di deflusso risulta da nord-ovest a sud-est;
- l'area oggetto di pianificazione attuativa ricade all'interno dell'**Area di ricarica degli acquiferi**;
- il reticolo idrografico superficiale, ad eccezione del fiume Adige, a causa dell'elevata permeabilità del suolo / sottosuolo, è poco esteso e contrassegnato, nelle aree non urbanizzate, dalla presenza del **reticolo di distribuzione delle acque ad uso irriguo gestito dal Consorzio di Bonifica Veronese**; alcune terminazioni del canale 25/118 del bacino irriguo CONAGRO sono poste in prossimità dell'area in esame senza interessarla direttamente;
- nelle aree a più elevata urbanizzazione e infrastrutturazione, il locale deflusso delle acque superficiali avviene tramite il sistema di collettamento fognario, prevalentemente della tipologia mista acque nere / acque bianche; esso risulta attualmente assente per l'area in esame e previsto in progetto;
- secondo lo studio "Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto - Determinazione dei valori di fondo" a cura della Regione del Veneto e dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, l'area in esame appartiene all'**Unità Deposizionale A = Adige**.



Estratto, fuori scala, del Foglio n. 49 "VERONA" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:100.000; LEGENDA: : fg^R = alluvioni fluvio-glaciali e fluviali (RISS).



Estratto, fuori scala, della "CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE" alla scala 1:30.000, elaborata dal C.N.R.

2.3) Fragilità e pericolosità geologica, idraulica e sismica

A completare l'inquadramento geologico dell'area di intervento, si evidenzia che nella Carta delle Fragilità del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona:

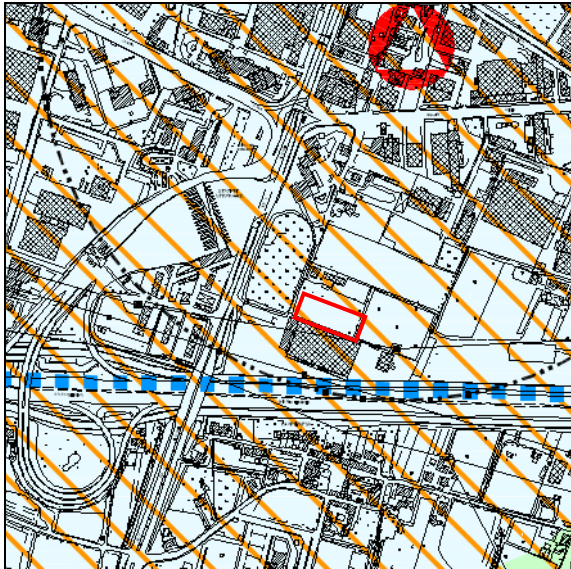
- al tematismo **"Penalità ai fini edificatori"** il terreno è classificato **"ottimo"**;
- per quanto riguarda la Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi l'area è compresa nell'**Unità A - Vulnerabilità intrinseca alta** che è riferita ad aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria, con strati di alterazione superficiale di scarsa potenza e presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 m dal piano campagna; l'alta vulnerabilità intrinseca dell'acquifero non risulta problematica in rapporto agli usi attuali e futuri dell'area.

Si evidenzia che l'area oggetto di pianificazione attuativa NON ricade all'interno della zona di rispetto pari a 200 m di raggio dal punto di derivazione delle acque destinate al consumo umano ai sensi dell'art. 94 "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano" del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

Ai sensi dell'art. 42 "Compatibilità Geologica" delle Norme Tecniche Operative del vigente Piano degli Interventi, l'area di intervento è classificata come **"Area idonea"**.

In materia di rischio idraulico, la Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali ha adottato, in data 21 dicembre 2021, il **primo aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni** ai sensi degli articoli 65 e 66 del D.Lgs. n. 152/2006, successivamente approvato con D.P.C.M. 1° dicembre 2022. Secondo gli elaborati del nuovo PGRA 2021-2027 pubblicati sul sito istituzionale, l'area ricade nel quadrante AH10 dove nell'elaborato AH10_PI "Carta della pericolosità idraulica", l'area in esame **NON risulta interessata da alcuna classe di pericolosità idraulica**.

Ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 244 del 9 marzo 2021 "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94; D.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021" il Comune di Verona ricade nella **Zona Sismica 2**.



Estratto, non in scala, della Carta della Fragilità del PAT del Comune di Verona. Legenda:

PENALITA' AI FINI EDIFICATORI - art. 37

TERRENO OTTIMO



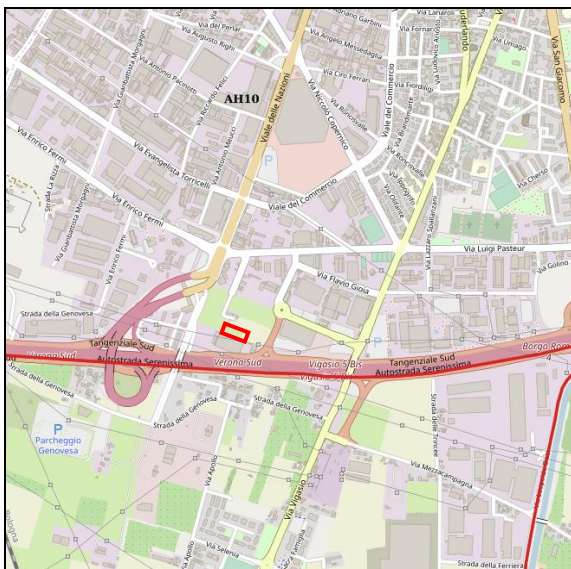
VULNERABILITA' INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI - art. 38

UNITA' A



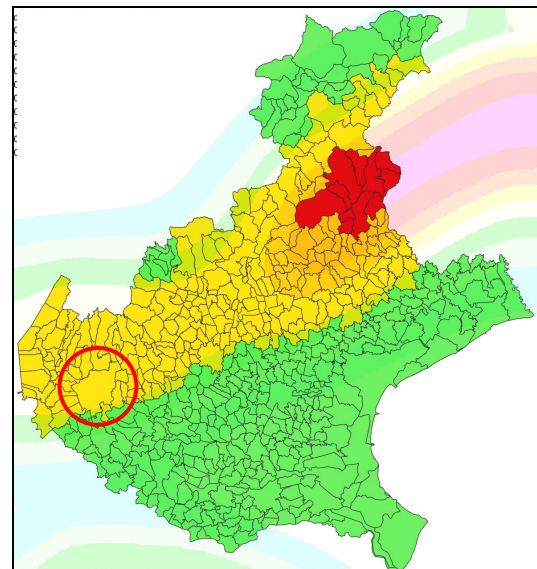
Carta della Compatibilità Geologica del PI del Comune di Verona. Legenda:

■ Area idonea



Estratto dell'elaborato AG9_PI "Carta della pericolosità idraulica" del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni 2021-2027 del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali. Legenda:

■ Zone di Attenzione
■ Area Fluviale
■ Pericolosità idraulica moderata (P1)
■ Pericolosità idraulica media (P2)
■ Pericolosità idraulica elevata (P3a)
■ Pericolosità idraulica elevata (P3b)



Classificazione sismica del Veneto ai sensi della D.G.R.V. n. 244/09.03.2021. Legenda:

Zone
■ 1
■ 2
■ 3

2.4) Modello geologico di riferimento

Il rilevamento geologico e la campagna di prove in sito, come coadiuvati dall'analisi bibliografica esposta ai paragrafi 2.1÷2.3 della presente relazione, hanno permesso di ricostruire i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del sito di intervento.

All'esame osservazionale si rileva che, in superficie, l'area di intervento risulta sub-pianeggiante e in posizione rilevata rispetto al p.c. circostante di circa 0,7 m; essa risulta occupata da alcune modeste strutture residue del cantiere dei lavori autostradali (piazzole in cemento o stabilizzato), mentre, più estesamente, essa si presenta destinata a prato incolto con arbusti e rare alberature.

In corrispondenza dei punti di indagine T1 e T2 si è riscontrato un primo sottile strato di **terreno vegetale**, di colore marrone dello spessore di circa 0,1 m, a cui fa seguito, verso il basso, un secondo strato di **ghiaie ciottolose di riporto** di colore grigio, che rappresenta, verosimilmente, il rilevato antropico realizzato per il cantiere autostradale che ha, localmente, sopraelevato il piano campagna locale; lo spessore di tale strato è di circa 0,6 m.

Seguono, verso il basso, i terreni in giacitura naturale, rappresentati dapprima da un terzo strato di **ghiaie ciottolose pedogenizzate di colore rossastro (suolo profondo)** dello spessore di circa 0,8÷0,9 m e, poi fino alla massima profondità indagata di circa 2,1÷2,2 m, da un quarto strato di **depositi ghiaiosi con ciottoli e matrice sabbiosa**, talora grossolana e abbondante (fino ad essere organizzata in lenti sabbiose di esiguo spessore e a rapida chiusura laterale), incoerenti, da moderatamente addensati ad addensati; la ghiaia si presenta poligenica ed eterogranulare ed i clasti che la costituiscono hanno forme subpoligonali ad elevato indice di arrotondamento con diametro medio compreso fra $20 < \varnothing < 50$ mm e massimo $\varnothing \approx 200$ mm.

La natura di detti depositi rispecchia la composizione della successione stratigrafica affiorante nel bacino idrografico atesino, rappresentata in particolare dai termini carbonatici e dolomitici mesozoici e cenozoici, dai porfidi atesini e da subordinati elementi di porfiriti, gneiss pegmatitici e rocce anfiboliche; lo spessore complessivo dei depositi alluvionali in prossimità dell'area di intervento è desumibile dall'esame delle stratigrafie rilevate a seguito della trivellazione di pozzi per acqua, che testimoniano che il materasso alluvionale di natura prevalentemente ghiaiosa è localmente potente fino ad oltre il centinaio di metri.

La ricostruzione sismo - stratigrafica di sito, attraverso l'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche (Re.Mi. + HVSR), ha evidenziato la presenza di un materiale moderatamente addensato fino a circa 4,5 m dal p.c. locale, caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde di taglio S (Vs) pari a $V_s \approx 250$ m/s, mentre all'aumentare della profondità il grado di rigidità del sottosuolo diventa più elevato con valori di Vs di circa 450 m/s; un ulteriore incremento della rigidità si è riscontrato a circa 30 m di profondità dal p.c. locale con i valori di Vs che raggiungono i 600 m/s. Il *bedrock* sismico, inteso come quel mezzo caratterizzato da valori di Vs > 800 m/s, è stato riconosciuto ad una profondità di circa 95 m dal p.c. locale e presenta valori di Vs ≈ 850 m/s.

Per quanto riguarda le proprietà idrogeologiche di dettaglio del sottosuolo indagato, il rilevamento geologico - tecnico ha permesso di accertare che i terreni oggetto dell'intervento di progetto sono afferenti all'acquifero alluvionale di pianura (Unità dell'Alta Pianura Occidentale), nelle cui porzioni superficiali (0 ÷ 2,2 m) si è

constatata, a seguito dell'esecuzione dei sondaggi geognostici, l'assenza di falda idrica attiva; i fori dei sondaggi si presentavano infatti completamente asciutti.

L'analisi bibliografica evidenzia che **la potente falda freatica atesina si attesta ad una profondità di circa 8÷9 m dal p.c. locale**. Non si esclude comunque la presenza discontinua di falde effimere legate all'infiltrazione meteorica diretta in corrispondenza degli eventi piovosi più intensi.

L'acquifero, essendo costituito prevalentemente da rocce sciolte a grana grossolana, presenta una **permeabilità per porosità elevata**. In occasione dell'esecuzione del sondaggio geognostico denominato T2 si è cercato di eseguire una prova di permeabilità in pozzetto per la determinazione sperimentale del locale coefficiente di permeabilità k (m/s); tale prova in sito non è riuscita per la rapida scomparsa dell'acqua nel foro di prova: l'immissione nel pozzetto di prova di circa 800 l di acqua ha determinato livelli idrici di altezza massima dal fondo di 5 cm, tali da invalidare le condizioni di contorno di esecuzione della prova stessa.



Fasi esecutive della prova di permeabilità P1: i livelli idrici all'interno del pozzetto di prova, delle dimensioni di 2,2 x 1,6 x 1,0 m, hanno raggiunto un'altezza massima di 5 cm.

Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente di permeabilità dell'area si sono quindi analizzati i risultati di ricerche e prove in campo eseguite da Renzo Antonelli e Antonio Dal Prà, in zone con caratteristiche geologiche simili. Lo studio evidenzia una capacità di assorbimento generale di circa 15 litri/sec con invasi d'acqua di 1 - 1,5 m; fanno eccezione alcuni punti d'indagine, dove gli assorbimenti sono risultati nettamente inferiori, dell'ordine di 4 - 5 litri/s. Nelle zone che hanno indicato gli assorbimenti più elevati si sono ottenuti valori del coefficiente di permeabilità k variabili tra 5×10^{-2} m/s e 3×10^{-1} m/s, nelle altre zone tale coefficiente è risultato più basso: $k = 2 \times 10^{-2}$ m/s. A favore di sicurezza, all'acquifero locale è stato associato un **coefficiente di permeabilità pari a 10^{-3} m/s**.

$K(m/s)$		10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia			Sabbia			Sabbia molto fine			Silt		Argilla
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia		Sabbia e argilla — Limi							
GRADI DI PERMEABILITÀ		ELEVATA						BASSA					NULLA
TIPI DI FORMAZIONI		PERMEABILI						SEMI-PERMEABILI					IMPER.

limiti convenzionali

limiti convenzionali

Valori del coefficiente di permeabilità (da Castany, 1982).

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

del Piano Urbanistico Attuativo della Scheda Norma ATO 4 - RA 13-270 del Piano degli Interventi relativa ad un'area ubicata in via Flavio Gioia nel Comune di Verona (VR)

Il modello geologico locale risulta, quindi, schematicamente suddivisibile come riportato nella seguente tabella.

Strato	Profondità (m da p.c.)	Litologia correlata	Soggiacenza falda (m dal p.c.)
A	0,0 - 0,1	Terreno vegetale di colore marrone	Assente (in T1 e T2) 8÷9 (da fonti bibliografiche)
B	0,1 - 0,6÷0,7	Ghiaie ciottolose di riporto di colore grigio	
C	0,6÷0,7 - 1,5	Ghiaie ciottolose pedogenizzate di colore rossastro (suolo profondo) con tracce di cementazione secondaria al letto	
D	1,5 - 2,0÷2,2	Ghiaia con ciottoli e matrice sabbiosa , talora grossolana e abbondante (fino ad essere organizzata in lenti sabbiose di esiguo spessore e a rapida chiusura laterale), incoerente, da moderatamente addensata ad addensata; clasti poligenici ed eterogranulari con forme subpoligonali ad elevato indice di arrotondamento con diametro medio compreso fra $20 < \varnothing < 50$ mm e massimo $\varnothing \approx 200$ mm	
E	2,0÷2,2 - ? (diversi metri)	Depositi grossolani di origine atesina	

Modello geologico di riferimento: profilo litostratigrafico locale e soggiacenza della falda in corrispondenza delle trincee esplorative T1 e T2 e come dedotta dalle fonti bibliografiche.

CAPITOLO 3 - PARAMETRI IDROLOGICI ED IDRAULICI

3.1) Contesto normativo

Il presente Studio di Compatibilità Idraulica è elaborato alla luce, oltre che delle specifiche disposizioni della D.G.R.V. n. 2948/2009, delle prescrizioni conseguenti la Valutazione di Compatibilità Idraulica del Piano di Assetto del Territorio e del Piano degli Interventi del Comune di Verona.

L'intervento in esame, che si sviluppa su una superficie complessiva di 4.175 mq, secondo la D.G.R.V. n. 2948/2009 presenta un **grado di impermeabilizzazione potenzialmente modesto**, essendo la superficie di intervento compresa tra 0,1 ha e 1 ha.

In riferimento alle disposizioni degli strumenti urbanistici comunale, si rileva che:

- le trasformazioni urbanistiche (PUA, Comparti urbanistici convenzionati, interventi diretti) devono assumere un valore minimo del **volume specifico di laminazione idraulica pari a 487,4 mc per ettaro** dell'area oggetto di intervento;
- lo scarico massimo delle acque meteoriche deve essere pari a **10 l/s x ha nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Veronese.**

La valutazione di compatibilità idraulica del PI stabilisce, inoltre, che le misure compensative atte a favorire la realizzazione di nuovi volumi di invaso, sono distinte con la seguente modalità:

- CASO A - coefficiente di afflusso finale < coefficiente di afflusso iniziale: è una situazione di riqualificazione idraulica per cui l'intervento può essere asseverato e si prescrivono solo buone pratiche;
- CASO B - coefficiente di afflusso finale > coefficiente di afflusso iniziale con volume specifico invaso ottenuto < di quello previsto dal PAT (487,4 m³/ha): in tal caso, essendo che il volume specifico d'invaso ottenuto dal calcolo è inferiore a quello previsto dal Parere del Genio Civile relativo alla Compatibilità idraulica dal PAT, si ritiene che debba essere assunto come volume minimo di invaso il volume calcolato con quest'ultimo valore;
- CASO C - coefficiente di afflusso finale > coefficiente di afflusso iniziale ma con volume specifico invaso ottenuto > di quello previsto dal PAT (487,4 m³/ha): in tal caso il volume specifico d'invaso ottenuto dal calcolo è superiore a quello previsto dal Parere del Genio Civile relativo alla compatibilità idraulica dal PAT, per cui si ritiene che debba essere assunto come volume minimo di invaso il volume più cautelativo.

3.2) Parametri idraulici di progetto

Curva di possibilità climatica

Per caratterizzare il comportamento idrologico delle aree oggetto di trasformazione, con la determinazione della portata, che la rete di drenaggio deve essere in grado di convogliare e smaltire, si utilizzano opportuni metodi di trasformazione afflussi-deflussi, che consentono di associare ad una determinata grandezza idrologica un'assegnata probabilità di accadimento a partire da eventi pluviometrici caratterizzati dalla medesima probabilità.

Lo scopo dell'elaborazione statistica dei dati è la determinazione dei coefficienti a (mm/ore) e n che compaiono nelle equazioni di possibilità pluviometrica:

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

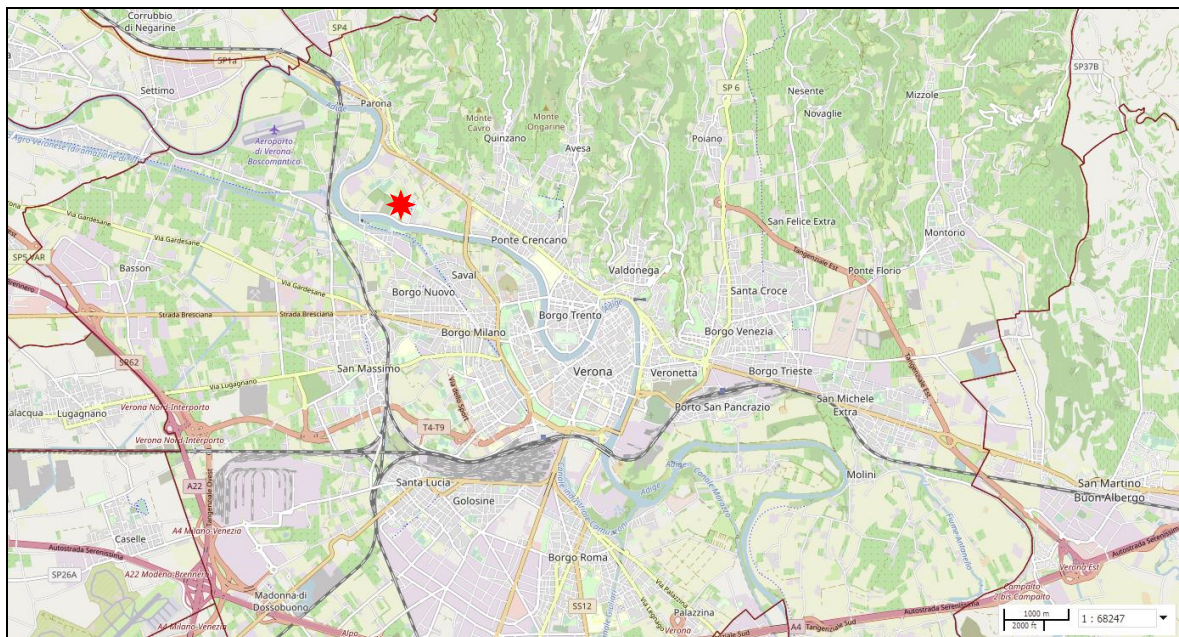
dove h è l'altezza di pioggia in mm e t il tempo in ore.

Il concetto di rischio idraulico è quantificato dal tempo di ritorno Tr , definito come l'inverso della frequenza media probabile del verificarsi di un evento maggiore, ossia il periodo di tempo nel quale un certo evento è mediamente uguagliato o superato.

$$Tr = 1 / [1 - P(h \leq H)]$$

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce, per un fissato tempo di pioggia t , il massimo valore di h nel periodo pari al tempo di ritorno Tr e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata.

Nel territorio comunale di Verona è presente una stazione meteorologica per il monitoraggio ed il controllo delle variabili idro-meteorologiche, la cui gestione è stata affidata ad ARPAV con la D.G.R.V. n. 3501/2003. Tale stazione è denominata **Verona - Parco Adige Nord** (Codice n. 452 - 67 m s.l.m.) ed è ubicata a circa 7,2 km a nord dall'area in esame.



Ubicazione della stazione meteorologica dell'ARPAV denominata Verona - Parco Adige Nord.

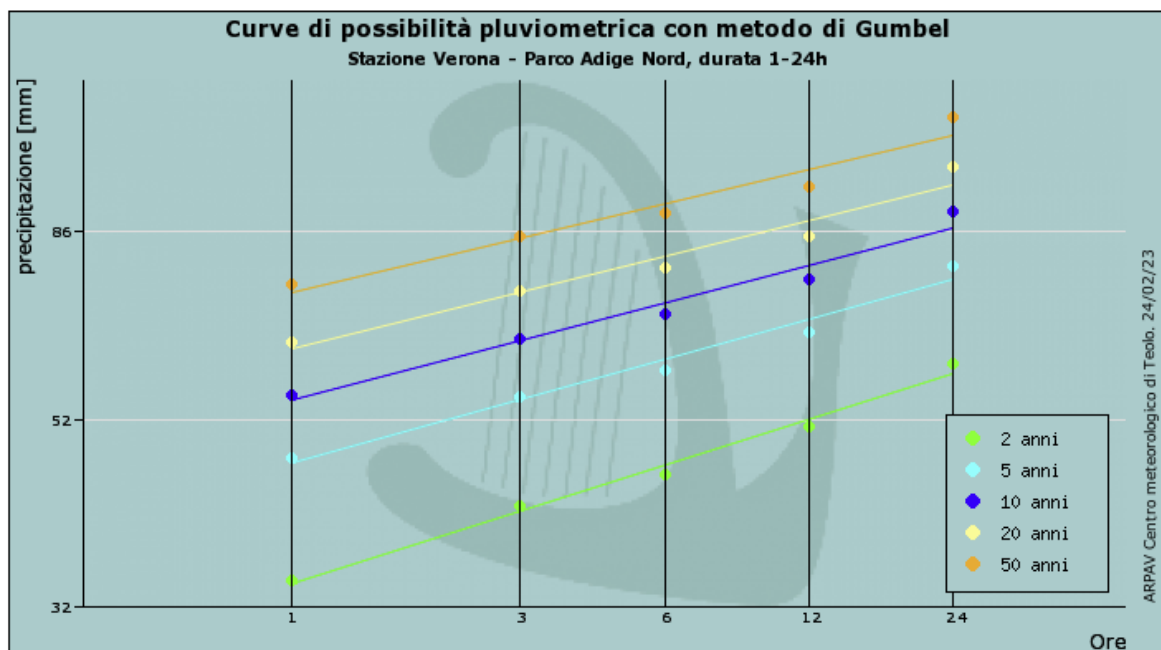
Per la determinazione delle precipitazioni di progetto, si è, pertanto, assunto una **curva di possibilità pluviometrica**, calcolata alla Stazione di Verona - Parco Adige Nord per un tempo di ritorno di 50 anni, di equazione pari a:

- tempo di ritorno di 50 anni $h = a \times t^n = 73,188 \times t^{0,131} \text{ [mm]}$
(per scarico in acque superficiali o nella rete delle acque meteoriche di dilavamento)

in cui h è l'altezza di pioggia in millimetri, t è la durata in ore, a [mm/oraⁿ] ed n [adimensionale] sono i parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica.

Stazione	Verona - Parco Adige Nord	
Quota	67	m s.l.m.
Coordinata X	1652782	Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
Coordinata Y	5036169	
Comune	VERONA (VR)	
Inizio attività sensore di pioggia 12/02/2009		
Fine attività sensore di pioggia 14/12/2021		

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	33.686	0.176
5 anni	46.346	0.154
10 anni	54.731	0.145
20 anni	62.775	0.138
50 anni	73.188	0.131



Curve di possibilità pluviometrica con durata 1-24h (espressa in ore) alla stazione meteorologica di Verona - Parco Adige Nord realizzate il 24 febbraio 2023 (fonte: <https://www.arpa.veneto.it>).

Per quanto riguarda i tempi di ritorno più lunghi (tempo di ritorno di 200 anni), necessari, ai sensi della D.G.R.V. n. 2948/2009, a documentare la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata attraverso l'infiltrazione sul suolo e/o negli strati superficiali del sottosuolo, si è proceduto alla rielaborazione dei dati pluviometrici della stazione meteorologica di Verona - Parco Adige Nord. I dati desunti dal portale dell'ARPAV sono i seguenti:

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

del Piano Urbanistico Attuativo della Scheda Norma ATO 4 - RA 13-270 del Piano degli Interventi
relativa ad un'area ubicata in via Flavio Gioia nel Comune di Verona (VR)

Anno	Pioggia in mm									
	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora
2009	32.0	04/07/2009 01:40	32.2	04/07/2009 03:35	32.2	04/07/2009 03:35	32.2	04/07/2009 03:35	40.2	30/03/2009 04:25
2010	55.8	20/08/2010 18:55	63.0	20/08/2010 18:50	64.4	20/08/2010 20:20	64.4	20/08/2010 20:20	75.6	20/06/2010 13:50
2011	33.4	05/06/2011 17:50	43.8	05/06/2011 19:50	50.0	05/06/2011 21:15	61.8	05/09/2011 06:30	73.4	05/09/2011 08:20
2012	34.8	31/08/2012 14:25	35.2	31/08/2012 14:35	41.6	28/11/2012 12:30	61.6	28/11/2012 12:15	71.4	28/11/2012 13:20
2013	36.0	24/08/2013 21:15	39.2	24/08/2013 22:55	42.8	12/07/2013 02:55	67.2	16/05/2013 18:15	80.8	16/05/2013 18:10
2014	38.0	24/06/2014 22:25	57.2	24/06/2014 23:25	57.2	24/06/2014 23:25	59.6	25/06/2014 09:35	64.0	25/06/2014 13:35
2015	25.4	14/09/2015 02:50	52.8	14/09/2015 04:40	67.6	14/09/2015 05:35	69.0	14/09/2015 07:40	86.6	14/09/2015 07:40
2016	32.2	02/06/2016 16:35	35.6	28/07/2016 00:20	40.2	28/07/2016 02:30	42.0	14/10/2016 23:05	52.0	14/10/2016 23:05
2017	16.6	15/05/2017 00:45	18.8	05/02/2017 23:40	21.0	13/11/2017 02:45	28.2	05/02/2017 23:40	35.6	06/02/2017 11:55
2018	47.2	16/07/2018 02:45	50.0	16/07/2018 03:45	50.2	16/07/2018 05:05	50.2	16/07/2018 05:05	74.4	02/09/2018 01:55
2019	27.4	11/05/2019 20:00	36.4	07/07/2019 18:25	42.4	04/04/2019 20:55	51.8	04/04/2019 22:30	56.4	05/05/2019 22:50
2020	58.0	23/07/2020 00:00	59.8	23/07/2020 00:30	60.0	23/07/2020 03:40	60.0	23/07/2020 03:40	64.0	30/08/2020 10:45
2021	25.2	01/05/2021 20:15	37.2	01/05/2021 20:25	38.0	01/05/2021 20:55	40.0	02/05/2021 05:15	40.6	02/05/2021 05:15

Tabella dei valori massimi annui delle precipitazioni, con durata 1-24h (espressa in ore) alla stazione meteorologica di Verona - Parco Adige Nord (fonte: <https://www.arpa.veneto.it>).

Per un tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, con il metodo di Gumbel, si è ottenuta la seguente curva di possibilità pluviometrica:

- tempo di ritorno di 200 anni $h = 88,79 \times t^{0,124} \quad [mm]$
(per scarico sul suolo e/o negli strati superficiali del sottosuolo)

in cui h è l'altezza di pioggia in millimetri, t è la durata in ore, a [mm/oraⁿ] ed n [adimensionale] sono i parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica.

Portata allo scarico

La **portata rilasciata alla rete idrografica superficiale, naturale o artificiale, o al suolo / strati superficiali di sottosuolo** è stata assunta pari a 10 l/s · ha di superficie di trasformazione, in accordo con i pareri dei competenti uffici del Genio Civile di Verona e del Consorzio di Bonifica Veronese.

Tempo di corrivazione

Per quanto riguarda il **tempo di corrivazione t_c** , nei bacini artificiali esso può, in prima approssimazione, essere valutato come somma di due termini:

$$t_c = t_i + t_r \quad [min]$$

in cui t_i = tempo di ingresso, cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie, e t_r = è il tempo di trasferimento lungo i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura. Per la determinazione dei valori di t_i si può far uso della tabella di Fair del 1966:

Descrizione del bacino	Tempo di ingresso t_i (min)
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie stradali	< 5
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	10 - 15
Aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20 - 30

Valori del tempo di ingresso t_i secondo Fair, 1966.

Per la determinazione del tempo t_r si accetta normalmente che esso si possa calcolare sulla base della velocità di moto uniforme dell'acqua nelle canalizzazioni, pari a 1 m/s, ipotizzate piene ma non in pressione.

Nel caso delle aree oggetto di trasformazione in esame si assume che, allo stato di progetto, il tempo di corrivazione t_c è pari a 8-9 minuti.

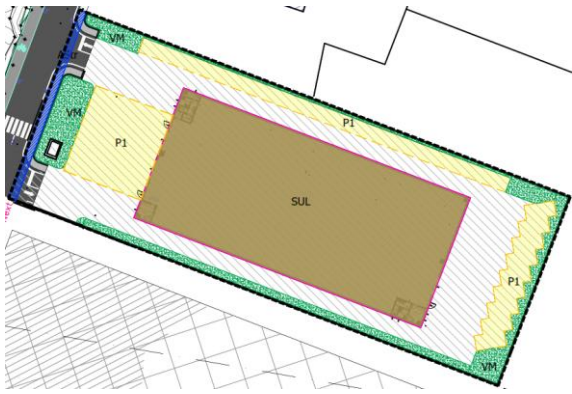
Coefficiente di deflusso

Per il calcolo del **coefficiente di deflusso medio ponderale**, la D.G.R.V. n. 2948/2009 definisce i valori standard riportati nella seguente tabella.

Tipologia di area	Coefficiente di deflusso
Agricola	0,1
Permeabile (aree verdi)	0,2
Semi-permeabile (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0,6
Impermeabile (strade, tetti, marciapiedi)	0,9

Valori standard del coefficiente di deflusso secondo la D.G.R.V. n. 2948/2009.

Per quanto riguarda lo stato di progetto, tenuto conto dei valori standard definiti dalla D.G.R.V. n. 2948/2009, il **coefficiente di deflusso medio ponderale è pari a 0,83**.

Rappresentazione delle superfici scolanti	Tipologia	Superficie (mq)	Coefficiente di deflusso
	Aree impermeabili (edificio, pavimentazioni)	3.586	0,9
	Aree semi-permeabili (parcheggi in autobloccante drenante)	278	0,6
	Aree verdi	310	0,2
	Area di intervento	TOTALE 4.174	0,83

Determinazione del coefficiente di deflusso medio ponderale per l'area di intervento allo STATO DI PROGETTO.

3.3) Individuazione dei ricettori

Considerata la permeabilità dei terreni superficiali locali, sperimentalmente determinata, che si configurano ad elevata capacità di accettazione delle piogge¹, le acque meteoriche di dilavamento potranno essere gestite, senza gravare sulla rete idrografica superficiale naturale o sulla rete fognaria, a mezzo di sistemi di infiltrazione facilitata con la predisposizione di un sistema di collettamento, laminazione e **dispersione nel suolo / strati superficiali del sottosuolo; in tale caso le verifiche idrauliche vanno condotte con una curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 200 anni.**

Dal punto di vista pedologico, il suolo è ben individuabile e rappresenta lo strato di terreno composto da una miscela estremamente variabile di sostanza organica e di sostanza minerale che permette la vita di piante ed animali; esso è, pertanto, distinguibile dal sottosuolo, che non presenta componenti biotiche.

Circa la definizione di "strato superficiale di sottosuolo" la normativa non è esplicita e occorre riferirsi all'applicazione dei criteri tecnici della Delibera del Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento del 4 febbraio 1977 che individua lo "strato superficiale di sottosuolo" come un corpo nel quale deve avvenire la depurazione degli effluenti sfruttando i naturali processi biologici, chimici e fisici che accompagnano i moti di filtrazione e percolazione dei liquami scaricati, e comunque di norma non superiore a 1,5 m, al fine di assicurare "fenomeni biochimici utili all'autodepurazione del refluo".

Come descritto al paragrafo 2.4 della presente relazione, la stratigrafia dell'area in esame è costituita (dall'alto verso il basso) dalla presenza di un orizzonte di materiali di origine antropica dello spessore variabile fra 0,6÷0,7 m, seguito dal sottosuolo in giacitura naturale che è rappresentato da un orizzonte di ghiaie ciottolose pedogenizzate di colore rossastro (suolo profondo) dello spessore di circa 0,8÷0,9 m e, poi fino alla massima profondità indagata di circa 2,1÷2,2 m, da uno strato di depositi ghiaiosi con ciottoli e matrice sabbiosa, talora grossolana e abbondante, di colore grigiastro.

Pertanto **si ritiene che il fondo dei sistemi disperdenti debba essere posato ad una profondità massima di circa 2,0÷2,5 m entro gli strati di materiali di riporto e di suolo / sottosuolo superficiale**, al netto di eventuali ulteriori spessori di materiali di riporto o rilevati tecnici di progetto necessari per raggiungere le quote di progetto.

Considerato che la potente falda freatica atesina presenta, secondo i dati bibliografici consultati, una soggiacenza nel periodo di piena (fine agosto - inizio settembre 1986) di circa 8÷9 m dal p.c. locale, si ritiene che tale estensione dello strato di suolo / sottosuolo superficiale sia idonea a ricevere le acque meteoriche di dilavamento garantendo un'adeguata protezione delle acque sotterranee.

¹ In base alla D.G.R.V. n. 2948/2009 sono terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge quelli con coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%.

CAPITOLO 4 - VALUTAZIONE IDRAULICA DEGLI EFFETTI DELL'INTERVENTO

La trasformazione dell'area in esame produrrà l'**aumento delle superfici impermeabilizzate al suolo** e una conseguente alterazione locale del ciclo idrico con potenziale aumento del rischio idraulico (esprimibile di fatto con l'aumento del coefficiente udometrico del bacino idraulico locale). Pertanto, ai sensi della D.G.R.V. n. 2948/2009, è necessario elaborare uno Studio di Compatibilità Idraulica al fine di programmare la corretta gestione delle acque di origine meteorica attraverso il dimensionamento delle **idonee misure di mitigazione idraulica volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'invarianza idraulica**.

4.1) Calcolo dei volumi di laminazione con il metodo razionale

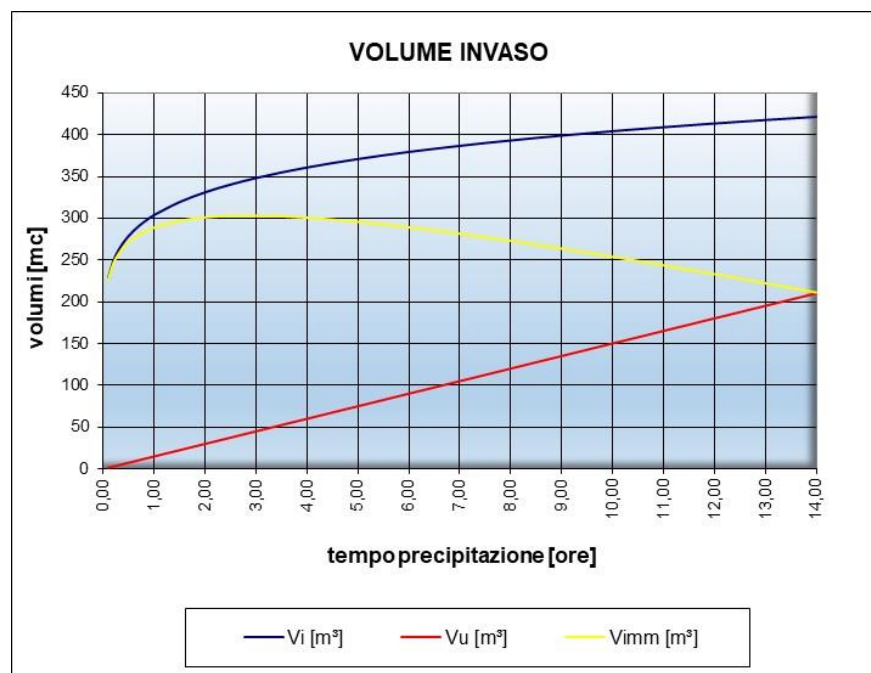
Risulta che il volume specifico immagazzinato, $V_{\text{immagazzinato}}$, nella vasca di laminazione è dato dalla differenza:

$$V_{\text{immagazzinato}} = V_i(t) - V_u(t) [m^3]$$

Per il caso in esame si ottiene il seguente valore massimo di differenza tra V_i e V_u , che, rapportato alla superficie di intervento, determina il relativo volume specifico.

Area di intervento	Volume massimo immagazzinato (mc)	Volume specifico di laminazione (mc/ha)
4.174 mq (Tr = 200 anni)	307,5	736,6

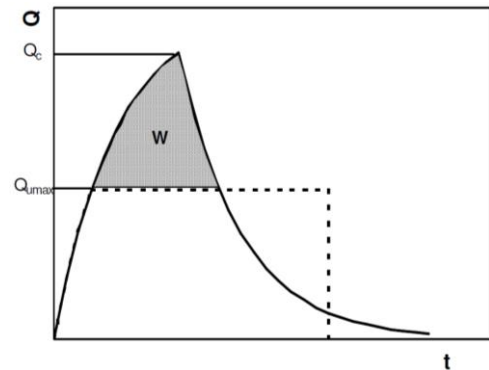
Volumi di laminazione, assoluti e specifici, per l'area di intervento dedotti con il metodo razionale.



4.2) Verifica dei volumi di laminazione con il metodo dell'invaso [Moriggi e Zampaglione - 1978]

La metodologia dell'invaso si basa sulla schematizzazione del bacino afferente come un serbatoio lineare di costante d'invaso K , interessato da una precipitazione costante di durata θ ed avente un coefficiente di deflusso φ costante durante tutto l'evento.

Sulla base di tale ipotesi si può dimostrare che, fissato il rapporto m tra la massima portata entrante e quella uscente, la durata critica θ_w e il corrispondente volume da assegnare alla vasca W si possono ottenere mediante le seguenti espressioni:



$$W = \varphi S a \theta_w^n \left[0.95 - \left(\frac{1}{m} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}$$

dove:

$$m = \frac{Q_{in,max}}{Q_{out,max}}$$

$$Q_{in,max} = 0.65 \varphi a K^{n-1} S$$

$$K = 0.7 t_c$$

$$\theta_w = \frac{1}{C} \left(\frac{Q_{out,max}}{\varphi a S} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$C = \frac{0.165n}{\frac{1}{m} + 0.01} - \frac{\frac{1}{m} - 0.1}{30} + 0.5$$

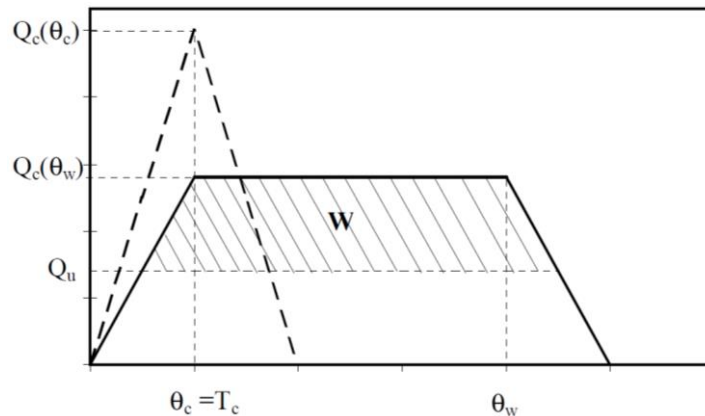
Nel caso in esame, ricordando che la portata in uscita è pari a 5 l/s ettaro, si sono calcolati i seguenti volume d'invaso e volume specifico.

Area di trasformazione	Volume W di laminazione (mc)	Volume specifico di laminazione (mc/ha)
4.174 mq (Tr = 200 anni)	284,8	682,1

Volumi di laminazione, assoluti e specifici, per l'area di intervento dedotti con il metodo dell'invaso.

4.3) Verifica dei volumi di laminazione con il metodo cinematico [Alfonsi - Orsi - 1979]

Con il *metodo cinematico* i volumi di accumulo sono stati stimati utilizzando la formulazione di *Alfonsi - Orsi (1979)*, riassunta nel seguente grafico e formulazione analitica.



$$W = 10 \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot T_c$$

con: W volume della vasca in m³;
 A superficie scolante in ha;
 θ durata della precipitazione in h;
 φ coefficiente di afflusso;
 a, n parametri curva di possibilità pluviometrica;
 t_c tempo di corrvazione in ore;
 Q_u portata in uscita in l/s.

In questo caso, la durata di precipitazione da considerare è quella critica per l'accumulo di progetto; tale durata si determina esplicitando la seguente equazione:

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

Per la validità dei risultati ottenuti, è necessario che la durata critica del bacino drenato e dell'accumulo di progetto siano compatibili con la curva di possibilità pluviometrica adottata.

Con l'applicazione del metodo cinematico si sono ottenuti i seguenti valori:

Area di trasformazione	Volume $W_{0, cinematico}$ (mc)	Volume specifico di laminazione (mc/ha)
4.174 mq (Tr = 200 anni)	305,8	732,3

Volumi di laminazione, assoluti e specifici, per l'area di intervento dedotti con il metodo cinematico.

4.4) Confronto dei risultati dei metodi di calcolo

I valori del volume specifico di laminazione idraulica desunti dai vari metodi di calcolo ed il valore prescritto dalla valutazione di compatibilità idraulica del PAT sono riassunti nella seguente tabella. Come si può notare, il metodo razionale fornisce il valore più elevato di volume specifico di laminazione.

Metodo razionale	Metodo dell'invaso	Metodo cinematico	Valore PAT / PI
736,6 m³/ha	682,1 m ³ /ha	732,3 m ³ /ha	487,4 m ³ /ha

Confronto dei volumi specifici di laminazione per l'intervento in esame.

4.5) Le opere di mitigazione idraulica dell'intervento

Considerata la buona permeabilità dei terreni superficiali locali, sperimentalmente determinata, la gestione delle acque meteoriche del nuovo insediamento produttivo sito in via Flavio Gioia del Comune di Verona avverrà attraverso la predisposizione di sistemi disperdenti nel suolo / strati superficiali del sottosuolo senza gravare sulla rete idrografica superficiale naturale o sul reticolo fognario pubblico.

Come riportato dalla D.G.R.V. n. 2948 del 6 ottobre 2009 "in caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata [...]. Le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata".

Nel caso in esame dunque il volume utile da invasare è pari a:

Volume specifico di laminazione (mc/ha)	Volume da invasare per l'area totale (mc)	Volume al 50% (mc)
736,6 m ³ /ha	307,5 m ³	154 m³

In particolare, il progetto prevede la realizzazione di una rete per la raccolta, il collettamento e la dispersione nel suolo / strati superficiali del sottosuolo delle superfici scoperte di dilavamento.

Caldiero, 20 giugno 2023


dr.ssa geol. NICOLETTA TOFFALETTI
via Guglielmo Marconi 20 - 37042 Caldiero (VR)
tel. 339 5773948 - email geonito@libero.it



ALLEGATO 1 - TRINCEE ESPLORATIVE

Sondaggio T1	Metodo di perforazione MECCANICO CON ESCAVATORE		
	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E STRATIGRAFIA		
COMMITTENTI: Bon Marchè S.r.l. e Imm. Santo Stefano S.r.l. LAVORO: Indagine geologica LOCALITA': Via Flavio Gioia, Comune di Verona DATA: 9 febbraio 2023			
Profondità da p.c. (m)	Campioni	Descrizione litologica	Soggiacenza falda (m da p.c.)
0,0 - 0,1	T1C1*	Terreno vegetale di riporto marrone	-
0,1 - 0,6		Ghiaie ciottolose di riporto di colore grigio	
0,6 - 1,5	T1C2**	Ghiaie ciottolose pedogenizzate di colore rossastro (suolo profondo) con tracce di cementazione secondaria al letto	
1,5 - 2,1		Ghiaia con ciottoli e matrice sabbiosa, talora grossolana e abbondante (fino ad essere organizzata in lenti sabbiose di esiguo spessore e a rapida chiusura laterale), incoerente, da moderatamente addensata ad addensata; clasti poligenici ed eterogranulari con forme subpoligonali ad elevato indice di arrotondamento con diametro medio compreso fra 20 < Ø < 50 mm e massimo Ø ≈ 200 mm	

NOTE:

* campione medio da cumulo di scavo prelevato tra 0,0 e -0,6 m di profondità da p.c.

** campione medio da cumulo di scavo prelevato tra -0,6 e -2,1 m di profondità da p.c.

☒ Verticalità dello scavo

☐ Si sono verificate venute d'acqua



STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

del Piano Urbanistico Attuativo della Scheda Norma ATO 4 - RA 13-270 del Piano degli Interventi
relativa ad un'area ubicata in via Flavio Gioia nel Comune di Verona (VR)

Sondaggio T2	Metodo di perforazione MECCANICO CON ESCAVATORE		
	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E STRATIGRAFIA		
COMMITTENTI: Bon Marchè S.r.l. e Imm. Santo Stefano S.r.l. LAVORO: Indagine geologica LOCALITA': Via Flavio Gioia, Comune di Verona DATA: 9 febbraio 2023			
Profondità da p.c. (m)	Campioni	Descrizione litologica	Soggiacenza falda (m da p.c.)
0,0 - 0,1	T2C1*	Terreno vegetale di riporto marrone	-
0,1 - 0,6		Ghiaie ciottolose di riporto di colore grigio	
0,6 - 1,5	T2C2**	Ghiaie ciottolose pedogenizzate di colore rossastro (suolo profondo) con tracce di cementazione secondaria al letto	
1,5 - 2,2		Ghiaia con ciottoli e matrice sabbiosa, talora grossolana e abbondante (fino ad essere organizzata in lenti sabbiose di esiguo spessore e a rapida chiusura laterale), incoerente, da moderatamente addensata ad addensata; clasti poligenici ed eterogranulari con forme subpoligonali ad elevato indice di arrotondamento con diametro medio compreso fra 20 < Ø < 50 mm e massimo Ø ≈ 200 mm	

NOTE:

* campione medio da cumulo di scavo prelevato tra 0,0 e -0,6 m di profondità da p.c.

** campione medio da cumulo di scavo prelevato tra -0,6 e -2,2 m di profondità da p.c.

☒ Verticalità dello scavo

☐ Si sono verificate venute d'acqua

