

Comune di Verona

Provincia di Verona

TITOLO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PUA "AI PARCHI" SCHEDA NORMA N° 533

FASCICOLO

ANALISI

3

TAVOLE

3.4 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

GRUPPO DI LAVORO

committenti

SARA 72
SOCIETÀ COOPERATIVA
Via S. Annone, 5/A - 37139 VERONA
☎ 045 4647620
Cod. Fisc. e P. Iva: 00774930232

progettista



ulteriori figure professionali

Progetto Infrastrutture
P.I. Simone Burato

Geologo



AGGIORNAMENTI

data

num. rev.

Comune di VERONA

Provincia di Verona

SARA 72 SOCIETA' COOPERATIVA

P.U.A. "AI PARCHI

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA
D.G.R.V. 2948 del 6 ottobre 2009

Verona, agosto 2024

dott. Michele De Rossi
geologo
via Bombardi, 23
37131 V E R O N A
tel. 045-8408069 [REDACTED]
e-mail: michele.derossi93@gmail.com pec: mdr@pec.epap.it





OGGETTO: VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PER OPERE DI URBANIZZAZIONE PUA
"AI PARCHI" VIA FRIULI SAN MASSIMO

COMMITTENTE: SARA 72 Società Cooperativa

RESPONSABILE: Dott. Geol. MICHELE DE ROSSI

COLLABORATORI: /

LOCALITA': SAN MASSIMO ALL'ADIGE – VR – VIA FRIULI

DATA EMISSIONE: 05/05/2025

Questo documento non può essere copiato o riprodotto senza autorizzazione, ogni violazione verrà perseguita a norma di legge.



INDICE

Sintesi dei dati di relazione	4
1 – PREMESSA	5
2 – INQUADRAMENTO	5
2.1 – Inquadramento geografico	5
2.2 – Inquadramento geologico e geomorfologico	7
2.3 – Inquadramento Idrogeologico	7
3 – DESCRIZIONE DEL PROGETTO	10
3.1 – Situazione attuale	11
3.2 – Situazione di progetto	12
4 – CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	12
4.1 – Indagini eseguite	12
4.2 – Caratterizzazione del suolo e sottosuolo	14
5 – CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA E PRECIPITAZIONI ATTESE	15
6 – CALCOLO DELLE PORTATE E DEI VOLUMI	19
6.1 – Fattore riduttivo e calcolo delle portate	19
6.2 – tempo di corrivazione	20
6.3 – Portate e volumi nello stato attuale	21
6.4 – Portate e volumi nello stato di progetto	22
7 – OPERE DI COMPENSAZIONE E VOLUME DI LAMINAZIONE	24
8 – PROTEZIONE DEGLI INTERRATI	25
9 – TUTELA DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI	25
10 – CAPACITA' DI DISPERSIONE	26
11 – CONCLUSIONI	29
ALLEGATO 1 – SAGGI CON SCAVATORE	30
ALLEGATO 2 – GRANULOMETRIE	33
ALLEGATO 3 – SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	35



Sintesi dei dati di relazione

I dati sintetici in tabella non sostituiscono i dati e le valutazioni di dettaglio contenuti in relazione

Indagini	Saggi con scavatore, sondaggio e carotaggio, indagine MASW, prove granulometriche.
Sottosuolo naturale indagato	Ghiaia naturale atesina
Profondità falda	Oltre 20 m p.c.
Permeabilità stimata con	Granulometria
Permeabilità stimata	0.0039m/s
Frazione fine	< 5%
Dimensioni aree trasformate	> 1 ha
Volume idrico calcolato (invarianza)	113,88 (PUA) – 35,9 (extra ambito)
Obbligo volume di invarianza (ALLEGATO A alla Dgr n. 2948 del 06 ottobre 2009)	NO – dispersione interamente nel suolo
Capacità di dispersione pozzo	Stimata in circa 25 l/s (sviluppo in ghiaia di 5 m, diametro 1.5 m)
N° minimo di pozzi PUA	10
N° minimo di pozzi extra ambito	2
N° minimo di pozzi lotti edificabili	11 per gestione integrata di tutti i lotti
Prescrizioni	--



1 – PREMESSA

La società Sara 72 Società Cooperativa intende realizzazione un Piano Urbanistico Attuativo, denominato “Ai Parchi”, in loc. San Massimo all’Adige. Il progetto prevede la realizzazione delle opere di urbanizzazione, di un’area a parco e di quattro strutture ad uso residenziale dotate di 3 piani fuori terra e interrato. Al fine della realizzazione del progetto sono stato incaricato della realizzazione della presente relazione di compatibilità idraulica.

2 – INQUADRAMENTO

2.1 – Inquadramento geografico

Il sito di progetto si trova in via Friuli presso San Massimo in comune di Verona (VR). La quota del sito è di circa 74 m s.l.m.

COORDINATE WGS 84: 45°25'255"N 10°56'20"E



Fig. 1 – tracciato su immagine satellitare. È indicato l’intero ambito di progetto, ma il presente elaborato si occupa solamente delle opere di urbanizzazione

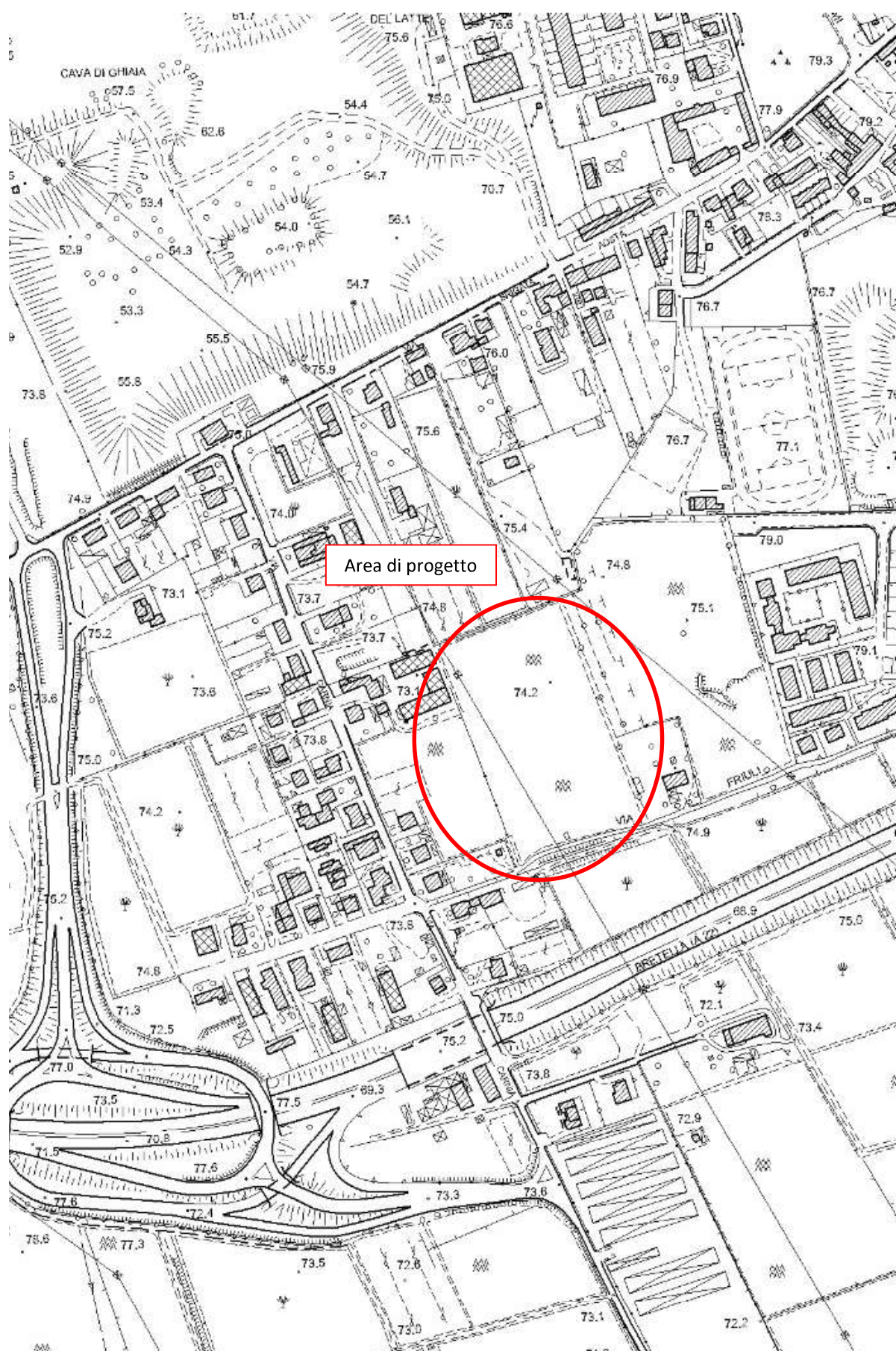


Fig. 2 – tracciato di massima su stralcio CTR 123160 “Verona ovest” (scala 1:10 mila – modificata)



2.2 – Inquadramento geologico e geomorfologico

La zona di intervento si trova alla estrema periferia ovest di Verona nella località di San Massimo all'Adige. Si tratta di un'area dell'alta pianura veronese, ormai estesamente e diffusamente urbanizzata, posta alla quota di circa 74 m s.l.m..

L'area è pianeggiante con debole pendenza verso sud e non presenta evidenti segni morfologici che però sono rilevabili nei dintorni e ascrivibili all'erosione del fiume Adige. Si tratta di vari terrazzi fluviali con andamento parallelo al fiume o che delimitano la bassura della Spianà. Si tratta di lineamenti morfologici che non hanno alcuna rilevanza sulla zona di progetto, trovandosi a distanza da essa.

La zona di intervento fa parte del conoide alluvionale dell'Adige. Il fiume scorre più a nord in un'ampia piana di divagazione erosa dal corso d'acqua e quindi depressa rispetto alla quota del sito. Il dislivello tra le due zone è colmato in gran parte dalle scarpate di erosione di cui si è detto.

L'area è certamente stabile e costituita da terreni ghiaiosi molto permeabili. Pertanto il drenaggio del terreno è buono e non si hanno condizioni preparatorie a dissesti di tipo gravitativo. A causa della permeabilità del terreno, elevata, non esiste rete idrografica superficiale ad esclusione dell'Adige che non può avere alcuna influenza, in relazione alle sue periodiche piene, sia per la distanza, sia per le ragioni altimetriche, come peraltro rilevabile dal Piano di Assetto Idrogeologico del fiume.

La situazione geologica della zona è caratterizzata da sottosuolo costituito da sedimenti alluvionali depositati dal fiume Adige nel recente passato geologico. Tali sedimenti sono di natura ghiaiosa e sabbiosa, ma localmente possono essere presenti livelli argillosi, depositati nelle anse del fiume, dove la velocità della corrente era molto bassa. Il materasso ghiaioso è indifferenziato fino a rilevante profondità e non si rilevano orizzonti argillosi nell'area di interesse.

2.3 – Inquadramento Idrogeologico

Non vi sono corsi d'acqua influenti sul sito di progetto. Il più vicino è il fiume Adige, che scorre ad oltre 3.5 km di distanza dal sito di progetto in un alveo incassato e ad una quota inferiore di circa 15 m rispetto al sito di progetto. Il sito è quindi al riparo da esondazioni del fiume.



La falda acquifera ha quota, nei periodi di piena, di circa 52 m s.l.m., corrispondenti a circa 22 m p.c.. Essa non ha quindi alcuna influenza sul sito di progetto, anche nell'eventualità, comunque possibile, di piene eccezionali.

Il sottosuolo ghiaioso garantisce un buon drenaggio delle acque meteoriche.



Fig. 3 – stralcio cartografia geologica



A. DAL PRÀ e P. DE ROSSI
con la collaborazione di F. Furlan e A. Siliotti

CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE

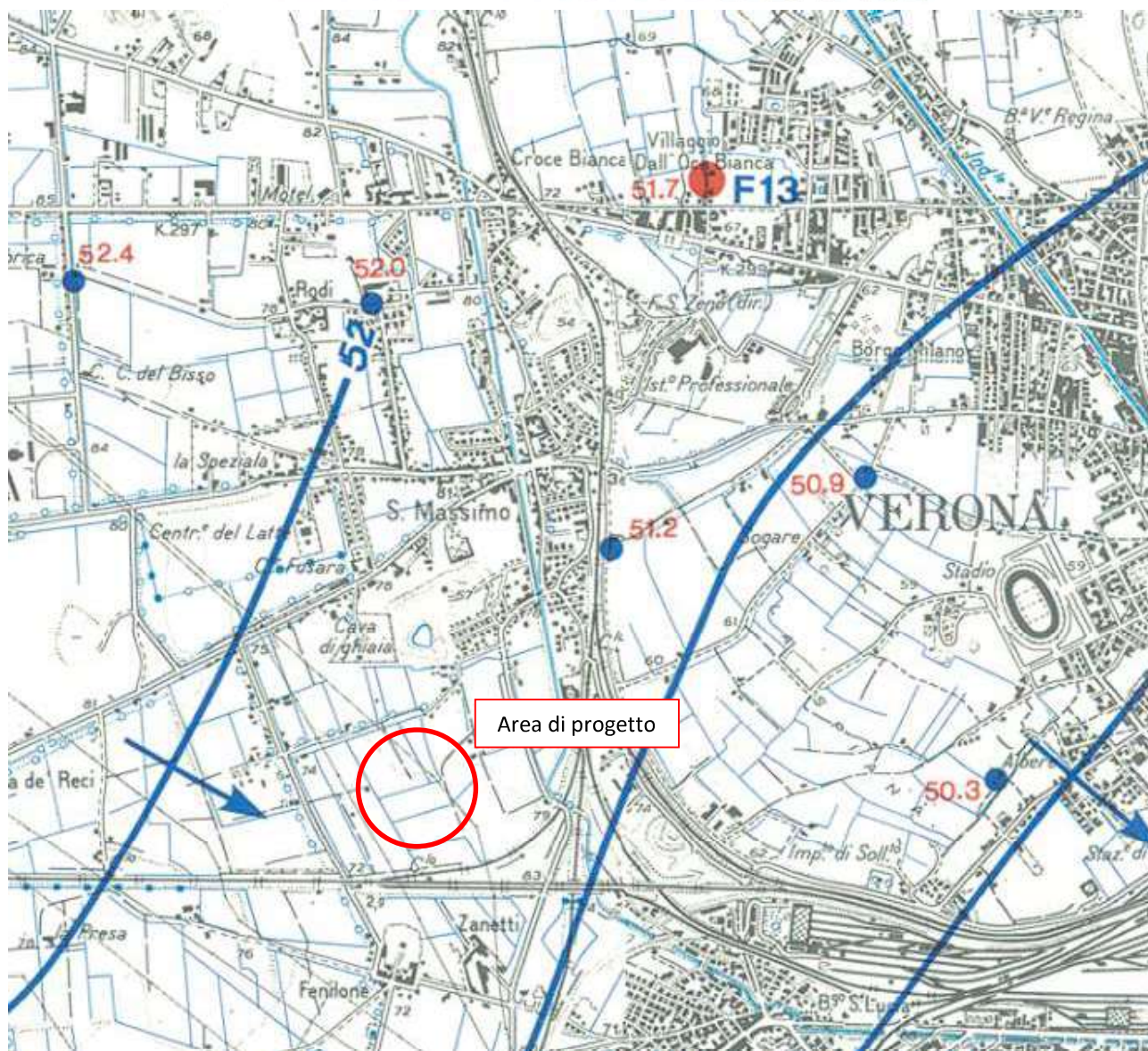


Fig. 4 – stralcio cartografia idrogeologica



3 – DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto oggetto di questa relazione, riguarda la realizzazione di un complesso intervento edilizio in un contesto di Piano Urbanistico Attuativo. L'intervento previsto si compone di un'estesa area verde a parco (del quale si occupa questo elaborato), all'interno della quale sono presenti anche le opere di urbanizzazione, e di una verde edificata ove saranno realizzate alcune strutture residenziali. La superficie totale dell'intervento è di 17.205,62 metri quadrati. Di questi 7.048,50 saranno occupati dai lotti privati (lotto 1, lotto 2 in mappa, superficie minima permeabile 30%), 5.821,90 saranno a verde pubblico, 2.822,40 diventeranno impermeabili e 1.512,65 permeabili.

Oltre a quanto descritto, è previsto un intervento extra ambito, per un'area di 755,25 metri quadrati di cui 530,40 saranno impermeabilizzati e 10,45 diverranno semipermeabili.

Si rimanda alle tavole progettuali per ogni dettaglio.

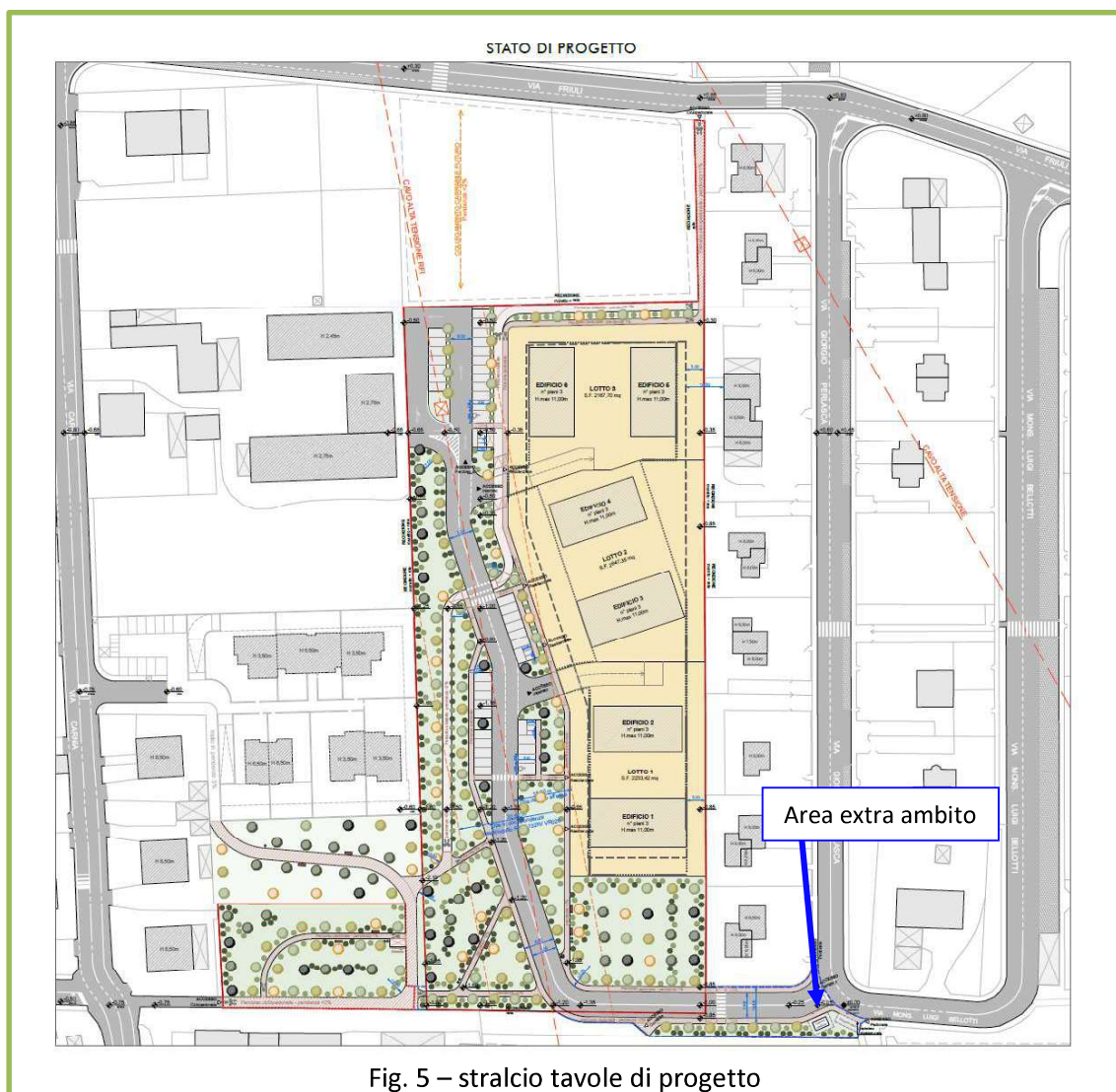


Fig. 5 – stralcio tavole di progetto



3.1 – Situazione attuale

Il sito di progetto è, allo stato attuale, un'area verde incolta. La superficie totale dell'intervento per la parte trattata in questa relazione è di 17.205,62 m². Di questi 10.157,15 m² saranno destinati alla qui denominata "area PUA", 7.048,47 m² saranno destinati ai lotti edificabili (sup. permeabili minima 30%; lotto 1 di 2.205,42 m² e lotto 2 di 4.843,05 m²) e 735,15 m² rappresentano la qui denominata "area extra ambito".

Tab. 1 – superfici **stato attuale**

TIPOLOGIA (STATO ATTUALE)	SUPERFICIE (m ²)	COEFF. DI DEFLUSSO
AREA PUA		
Verde	10.157,15	0.1
Semi-permeabile	0	0.6
Impermeabile	0	0.9
Totale superficie	10.157,15	
AREA EXTRA AMBITO		
Verde	735,15	0.1
Semi-permeabile	0	0.6
Impermeabile	0	0.9
Totale superficie	735,15	
AREA EDIFICATA		
Verde	7048,50	0.1
Semi-permeabile	0	0.6
Impermeabile	0	0.9
Totale superficie	7048,50	



3.2 – Situazione di progetto

Il progetto per l'area interessata dalle opere di urbanizzazione prevede 5.648,35 m² a verde pubblico, 277,60 m² semi-permeabili e 4.231,2 m² impermeabili per il PUA. L'area extra ambito prevede di 240,9 m² permeabili e 494,25 m² impermeabili.

Relativamente ai lotti edificati, dei 7048,50 m² disponibili il 30% rimarrà permeabile ed il restante 70% (4933,95 m²) impermeabile o semi-permeabile. Ai fini di calcolo, in ottica cautelativa, il 70% viene interamente considerato come impermeabile.

Tab. 2 – superfici **stato di progetto**

TIPOLOGIA (STATO ATTUALE)	SUPERFICIE (m ²)	COEFF. DI DEFLUSSO
AREA PUA		
Verde	5.648,35	0.2
Semi-permeabile	277,60	0.6
Impermeabile	4.231,2	0.9
Totale superficie	10.157,15	
AREA EXTRA AMBITO		
Verde	240,9	0.2
Semi-permeabile	0	0.6
Impermeabile	494,25	0.9
Totale superficie	735,15	
AREA EDIFICATA		
Verde	2114,55	0.2
Semi-permeabile	0	0.6
Impermeabile	4933,95	0.9
	7048,50	



4 – CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

4.1 – Indagini eseguite

Presso il sito di progetto sono state eseguite diverse indagini:

- 8 saggi con scavatore (eseguite due granulometrie su saggi S4 ed S8);
- Sondaggio a carotaggio continuo (prof. 15 m) con prove SPT in foto di sonda, eseguite a 3, 6 e 9 m dal piano campagna);
- Indagine sismica MASW e HVSR per la determinazione della categoria sismica di sito.

Le stratigrafie dei saggi, la documentazione fotografica, la scheda del sondaggio. Sia i saggi con il sondaggio hanno individuato un sottosuolo naturale ghiaioso. I saggi S1, S6 hanno individuato terreno di riporto, al di sotto del quale è comunque certamente presente ghiaia naturale.

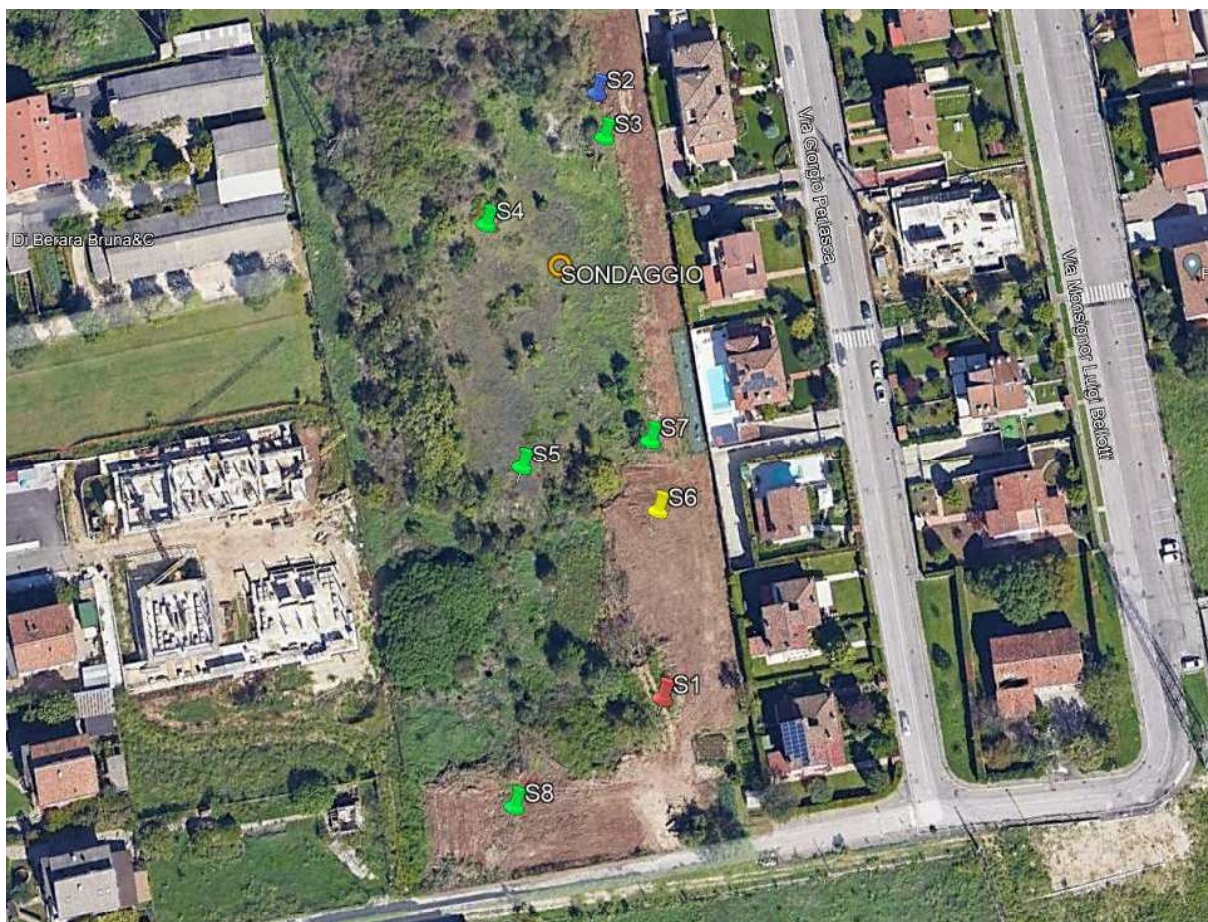


Fig. 6 – posizione delle indagini. In verde i saggi che hanno indagato ghiaia, in blu il saggio S2 (bloccato da soletta in cemento), in giallo il saggio S6, che ha individuato il punto di transizione tra riporto e ghiaia, in rosso il saggio S1 che ha indagato solo riporto. Il sondaggio ha individuato ghiaia.



4.2 – Caratterizzazione del sottosuolo

Il sottosuolo naturale del sito di progetto è caratterizzato da un primo strato superficiale a bassa permeabilità, costituito da argilla con ghiaia. Lo spessore di tale è di circa mezzo metro, in diverse aree esso non è presente a causa di precedenti interventi svolti nei decenni passati. Al di sotto di tale livello, si rinviene uno strato ad alta permeabilità, costituito da ghiaia e sabbia pulita.

La permeabilità può essere calcolata tramite analisi delle granulometrie. Le due granulometrie eseguite hanno calcolato valori di permeabilità di $3,9 \times 10^{-3}$ e $2,14 \times 10^{-2}$. Per entrambe le granulometrie è stato riportato il valore di calcolo minore.

Ai fini di calcolo, viene considerato il valore di permeabilità minimo tra quelli ottenuti, pari a 0,0039 m/s.

Il valore è ovviamente coerente con il tipo di terreno rinvenuto.

Tabella 3.1 Coefficiente di permeabilità k per vari terreni

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Drenaggio	buono					povero			praticamente impermeabile			
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita				sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Tabella 3.2 Classificazione del terreno secondo il valore di k

<i>Grado di permeabilità</i>	<i>Valore di k (m/s)</i>
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Fig. 7 – coefficiente di permeabilità per vari terreni (da Colleselli e Colombo)



5 – CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA E PRECIPITAZIONI ATTESE

Per definire le dimensioni delle opere che costituiscono il sistema di governo delle acque meteoriche provenienti dall'area interessata, viene richiesta la conoscenza delle portate che vi affluiscono. Per la definizione di tali portate bisogna conoscere i dati relativi alle precipitazioni, tenendo anche conto dell'estensione, della natura e della permeabilità della superficie scolante per capire quale frazione della precipitazione concorra alla formazione delle portate stesse. Le precipitazioni che determinano problemi legati alle capacità di immagazzinamento e educazione delle opere di governo sono quelle di elevata intensità e breve durata. Infatti all'aumentare della durata di precipitazione diminuisce progressivamente l'intensità in modo tale che la portata in afflusso diminuisce molto rapidamente. Per questo motivo normalmente i dimensionamenti vengono eseguiti in relazione alla durata di pioggia di 1 ora, che comporta la massima portata in afflusso. La distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 1 ora è legata a fenomeni di tipo temporalesco molto spesso localizzati e distribuiti sul territorio in modo disomogeneo. Pertanto, deve essere messo in evidenza come l'interpolazione di dati sia fortemente collegata alla disponibilità di registrazione di tali fenomeni attraverso idonei strumenti di misura (pluviografi) opportunamente dislocati sul territorio.

La varietà degli eventi possibili, in quanto marcati da diversa frequenza, pone la questione di scegliere tra essi quello cui fare riferimento. L'evento di riferimento da selezionare tra i possibili si deve caratterizzare per un ragionevole valore della sua frequenza probabile. Questo periodo è chiamato Tempo di ritorno.

Il tempo di ritorno T_r è 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.

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

Volendo determinare le portate si deve fare anzitutto una premessa sulla durata dei diversi eventi.

Gli eventi meteorici sono convenzionalmente suddivisi in:



- **eventi di breve durata**, i cosiddetti scrosci; essi hanno una durata mediamente inferiore all'ora e sono caratterizzate da forte intensità e perciò sviluppano elevate portate alla sezione di chiusura del bacino idrografico;
- **eventi di lunga durata**; essi hanno una durata superiore all'ora hanno minore intensità ma sviluppano elevati volumi alla sezione di chiusura del bacino idrografico;

E' evidente che nel nostro caso la situazione critica per quanto riguarda le portate è relativa agli eventi di breve durata che comportano l'afflusso di un volume elevato in poco tempo e quindi di una portata rilevante. All'aumentare del tempo di precipitazione la portata si riduce fino ad essere molto al di sotto delle capacità di dispersione e quindi la criticità diminuisce.

Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche.

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

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

dove:

h = altezza di pioggia in mm

t = tempo in ore

Nelle applicazioni dell'ingegneria idraulica la stima delle portate di piena viene effettuata con metodologie diverse in relazione alla quantità e qualità dell'informazione idrologica disponibile.

Essa può essere condotta:

- metodi diretti: elaborando dati di portata disponibili per il corso d'acqua che si esamina;
- con metodi indiretti: ricorrendo, per supplire alla insufficienza di dati di portata, a dati della stessa grandezza osservati su altri corsi d'acqua della medesima regione idrologica.



Nel caso che si conoscano le precipitazioni sul bacino, si possono utilizzare modelli matematici di trasformazione afflussi-deflussi, il più semplice dei quali è la cosiddetta formula razionale, con l'applicazione di formule empiriche ricavate da vari autori in base all'informazione idrologica nota nei bacini.

Il sito di interesse si trova in posizione baricentrica tra tre stazioni, è stata scelta quella con i dati di piovosità più elevati.

Nello specifico, sono stati utilizzati i dati forniti da ARPAV ed in particolare quelli della stazione 452 “Parco dell'Adige nord” (<https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/dati-storici/meteo-idro-nivo/precipit-max?codseq=300008313>).

I dati utilizzati sono già stati elaborati attraverso la regolarizzazione statistico-probabilistica, e fanno riferimento alla distribuzione di Gumbel. Tale legge si basa sull'introduzione di un'ipotesi relativa al tipo di distribuzione dei più grandi valori estraibili da più serie costituite da osservazioni tra loro indipendenti.

La distribuzione cumulata di probabilità è descritta dalla seguente funzione:

$$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-u}{\alpha}))$$

dove χ e u rappresentano rispettivamente i parametri di concentrazione e della tendenza centrale stimati con il metodo dei momenti:

$$\mu_x = mx = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N xi$$

$$\sigma_x = sx = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (xi - mx)^2}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \cdot sx}{\pi}$$

misura della dispersione attorno al valore medio

$$u = mx - \lambda \cdot \alpha$$

con $\lambda = 0,5772$ è la costante di Eulero.

Indicando con $F(x)$ la probabilità di non superamento del valore x , il tempo medio di ritorno è calcolato dalla relazione:

$$Tr = \frac{1}{(1 - F(x))}$$



dove T_r rappresenta quindi il numero medio di anni entro cui il valore x viene superato una sola volta.

Si riporta di seguito un grafico rappresentante le curve di possibilità pluviometrica relative alla stazione pluviometrica citata. Come esplicitamente previsto dal D.G.R. n° 2948 del 06 dicembre 2009, nei successivi calcoli si fa riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni.

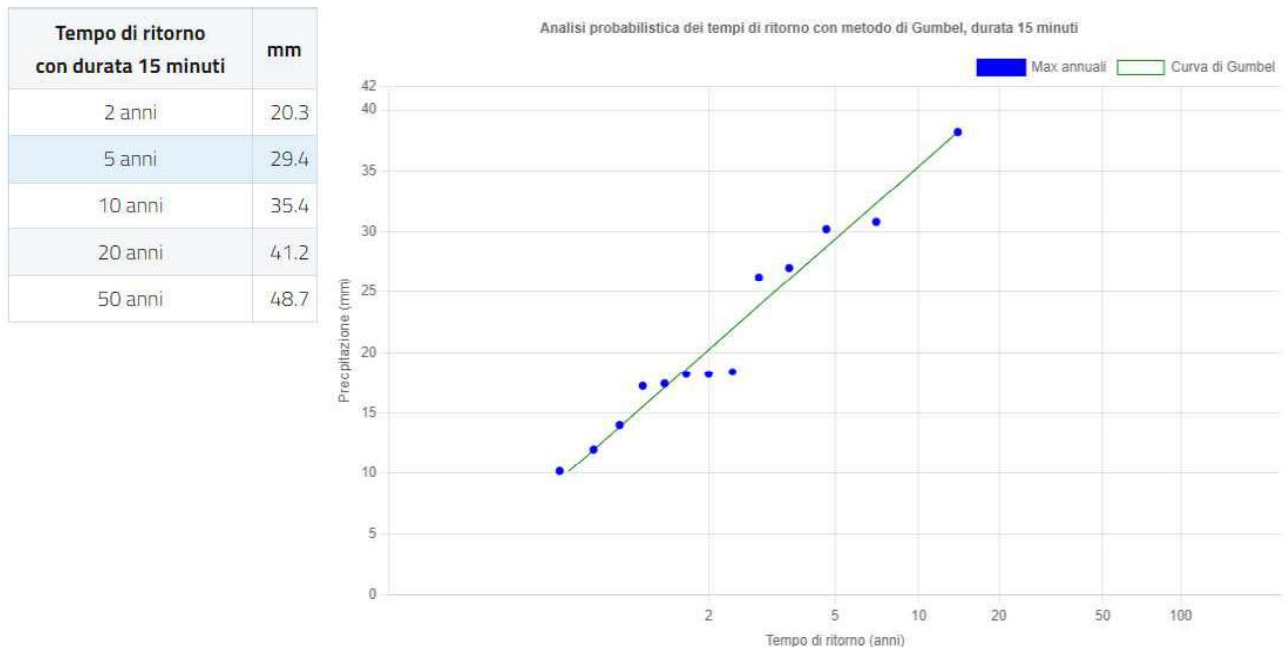


Fig. 8 – CPP per un T_r di 50 ani e durata di precipitazione di 15 min.

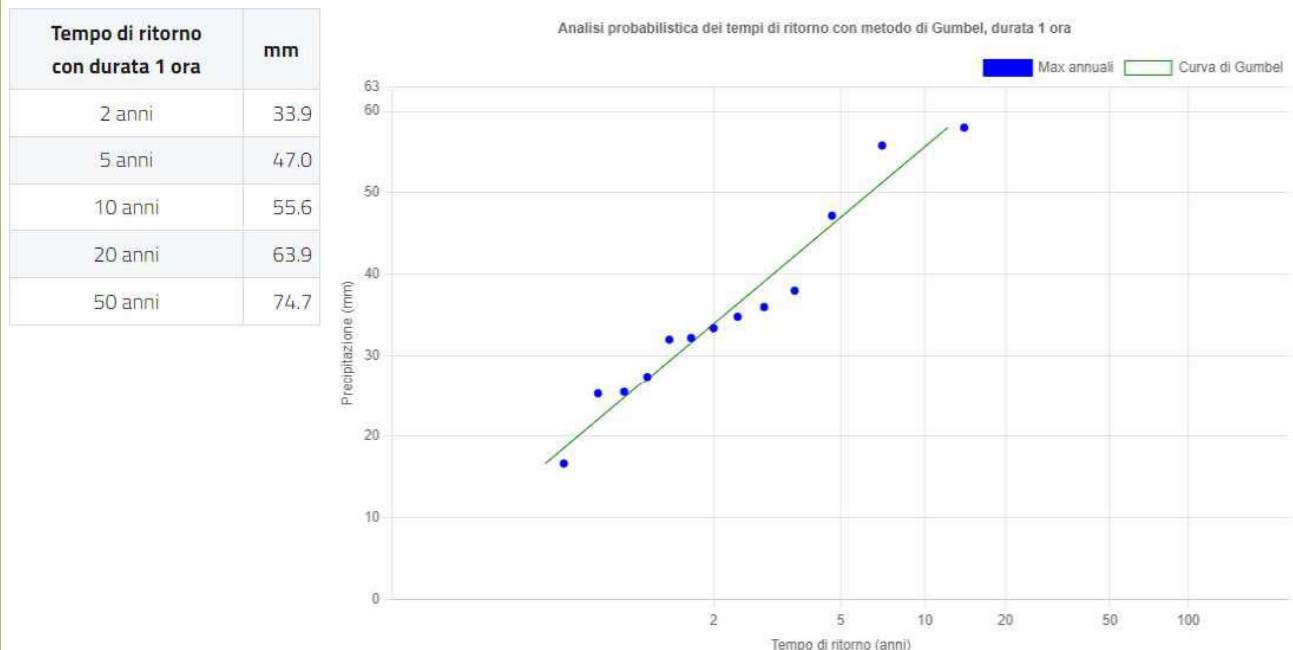


Fig. 8 – CPP per un T_r di 50 ani e durata di precipitazione di 1h



6 – CALCOLO DELLE PORTATE E DEI VOLUMI

6.1 – Fattore riduttivo e calcolo delle portate

Il calcolo della portata affluente su un'area è legato alle precipitazioni meteoriche e deve tener conto di alcuni elementi intrinseci del luogo, espressi sinteticamente dal coefficiente di deflusso, che complessivamente contribuiscono a ridurre tale valore.

Secondo la D.G.R. n° 2948 del 06 dicembre 2009, il fattore riduttivo da utilizzare nei calcoli dei collettori pluviali è riportato a seguire.:

Il coefficiente di deflusso Φ può essere determinato mediante apposite analisi (prove di permeabilità) oppure si possono utilizzare i seguenti valori forniti dalla normativa citata:

0,1 per le aree agricole

0,2 per le superfici permeabili (aree verdi)

0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato etc.)

0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali etc.);

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate. Pertanto ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte a mantenere costante il regime idraulico secondo il principio dell'invarianza idraulica, così come definito dalla D.G.R. n° 2948 del 06 dicembre 2009.

La quantità d'acqua meteorica in uscita da una determinata area, viene calcolata con la formula seguente:

$$Q = \Phi \cdot A \cdot h = \Phi \cdot A \cdot a \cdot t^n \quad \text{Se } A \text{ è in [m}^2\text{]} \text{ e } h \text{ in [m/ora]} \text{ la portata } Q \text{ in [m}^3\text{/h]}$$

in cui, come in parte già visto, si ha:

Φ fattore riduttivo

h intensità oraria

A superficie

t durata dell'evento piovoso (ore)

a, n coefficienti dell'equazione della curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno considerato



Da un punto di vista idraulico, la situazione da verificare è quella che produce un aumento dell'impermeabilità delle superfici passando dalla attuale situazione di zona prevalentemente a verde con coefficiente di deflusso pari a 0,1 ad una lottizzazione con aree verdi e zone parzialmente permeabili o impermeabili.

E' inoltre talora utile valutare il tempo di corrivazione inteso come quello necessario a far si che l'acqua che cade nella parte di bacino più lontana dalla sezione di chiusura la possa raggiungere. E' evidente che quando la durata dell'evento piovoso supera il tempo di corrivazione tutto il bacino concorre alla formazione della

6.2 – Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è il tempo impiegato dalla goccia d'acqua che cade idraulicamente più lontana a raggiungere l'area di accumulo (in questo caso).

È possibile calcolare il tempo di corrivazione come $T_c \text{ (sec.)} = T_a + T_r$

Con T_a tempo di afflusso (s) e T_r tempo di rete (s).

Il Tempo di afflusso è il tempo impiegato dalla goccia d'acqua a raggiungere una caditoia, può essere calcolato con la formula della Federal Aviation Administration:

$$T_a = 1,8 * \frac{(1,1 - \phi)}{p^{0,33}} * \sqrt{L * 3,28}$$

con ϕ coefficiente di afflusso, L percorso idraulico (metri) e P pendenza (%).

Considerando un valore di ϕ pari a 0.9, un percorso idraulico alla prima caditoia di 60 metri ed una pendenza dello 0.2%, si ottiene un valore di T_a di 8.59 minuti.

Per quanto riguarda il tempo di Rete T_r , esso può essere calcolato come la sommatoria del tempo impiegato dall'acqua a percorrere i vari tratti di tubazione.

Considerando un tubo lungo 100 m, con una velocità dell'acqua di 0.2 m/s, si ottiene un T_r di 5.83 minuti.

Il valore di T_c diviene quindi pari a 14.43 minuti.



6.3 – Portate e volumi nello stato attuale

La superficie totale dell'area dove sarà realizzato l'intervento è di 10.157,15 m², interamente a verde agricolo.

Allo stato attuale la portata che affluisce sull'area in esame è data da:

$$Q = \phi \cdot A \cdot h = \phi \cdot A \cdot a \cdot t^n$$

Utilizzando Se A è in [m²] e h in [mm/ora] e dividendo per 3600 (secondi in un'ora) la portata Q è in l/s

$$Q = \frac{\phi \cdot A \cdot h}{3600}$$

Con:

ϕ	fattore riduttivo	secondo tipo di superficie
h	intensità oraria	48.7 mm/h (durata 15 min.) 74.7 mm/h (durata 1h)
A	superficie	secondo tipologia di copertura

Ai fini dei calcoli di invarianza idraulica, il dato rilevante per lo stato attuale è solamente quello del volume idrico generato per la pioggia critica di 1h.

Tab. 3 – volume idrico **stato attuale**

TIPO	ϕ	SUPERFICIE	DURATA PRECIPITAZIONE	VOLUME (m ³)
PUA				
Verde agricolo	0,1	10.157,15	1 h	75,9
AREA EXTRA AMBITO				
Verde agricolo	0,1	735,15	1 h	5,5
AREA EDIFICATA				
Verde agricolo	0.1	7048,50	1 h	52,65



6.4 – Portate e volumi nello stato di progetto

Il progetto prevede le superfici specificate in tabella 2.

La formula utilizzata è ovviamente la medesima, ossia:

$$Q = \phi \cdot A \cdot h = \phi \cdot A \cdot a \cdot t^n$$

I dati rilevanti per i fini della relazione di invarianza, relativamente allo stato di progetto, sono il volume idrico calcolato su pioggia di durata oraria e la portata calcolata sulla durata di 15 minuti.

Nel caso in l'impianto di gestione delle acque meteoriche sia diviso in diversi settori, il calcolo di portate e volumi andrebbe effettuato per ogni sottosettore per ottenere un più dettagliato dimensionamento.

Tab. 4 – **volumi** stato di progetto

TIPO	ϕ	SUPERFICIE (m ²)	VOLUME (m ³)
PUA			
Permeabile	0.2	5.648,35	84,4
Semi-permeabile	0.6	277,6	12,4
Impermeabile	0.9	4.231,2	284,5
Totale		10.157,15	381,3
AREA EXTRA AMBITO			
Permeabile	0.2	240,9	3,20
Semi-permeabile	0.6	--	0,47
Impermeabile	0.9	494,25	35,74
Totale		735,15	36,8
AREA EDIFICATA			
Permeabile	0.2	2114,55	31,59
Semi-permeabile	0.6	0	0
Impermeabile	0.9	4933,95	331,71
Totale	0	7.048,47	363,30

Tab. 5 – portante stato di progetto

TIPO	ϕ	SUPERFICIE (m ²)	PORTATA (l/s)
PUA			
Permeabile	0.2	5.648,35	61,1
Semi-permeabile	0.6	277,6	9,0
Impermeabile	0.9	4.231,2	206,1
Totale		10.157,15	276,2
AREA EXTRA AMBITO			
Permeabile	0.2	240,9	2,6
Semi-permeabile	0.6	--	0,0
Impermeabile	0.9	494,25	24,1
Totale		735,15	26,7
AREA EDIFICATA			
Permeabile	0.2	2114,55	22,88
Semi-permeabile	0.6	0	0
Impermeabile	0.9	4933,95	240,28
Totale	0	7.048,47	263,17



7 – OPERE DI COMPENSAZIONE E VOLUME DI LAMINIZIONE

Per opere di compensazione, si intendono tutte quelle realizzazioni che concorrono a formare volume totale di invaso. Oltre alle vasche di laminazione propriamente dette, si tratta quindi del volume di pozzi perdenti, delle tubature etc. che concorre al volume totale di acqua invasabile.

Il volume che è necessario gestire è dato dal volume calcolato per lo stato di progetto meno il volume allo stato attuale.

Tab. 6 – calcolo dei volumi che andranno dispersi (in metri cubi)

VOLUME ATTUALE	VOLUME DI PROGETTO	VOLUME DA DISPERDERE
PUA		
75,87	381,3	305,4
AREA EXTRA AMBITO		
5,5	36,8	31,3
AREA EDIFICATA		
52,65	363,30	310,65

La normativa vigente (**ALLEGATO A alla Dgr n. 2948 del 06 ottobre 2009**), per un sottosuolo con permeabilità superiore ai 10^{-3} m/, frazione fine inferiore al 5%, piccole superfici impermeabilizzate (<1 ha) e falda freatica sufficientemente profonda, permette di invasare il 50% del volume in afflusso.

Nel caso specifico, la permeabilità calcolata sulla base della prova granulometrica è superiore a 10^{-3} m/s, la frazione fine è < del 5%, la superficie che viene impermeabilizzata è inferiore ad 1 ettaro, la falda freatica ha profondità di oltre 20 m p.c., tali da essere influente sul progetto. Sono quindi rispettate tutte le condizioni perché possa essere invasato solo il 50% del volume idrico generato.

Inoltre la citata normativa riporta che *“Qualora le condizioni del suolo lo consentano e nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione e/o scarico delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno.”*



Trattasi chiaramente del caso di progetto, che non è quindi tenuto ad alcuna opera di invarianza ma solamente a gestire l'intero volume senza gravare suicoli o pubblica fognatura.

8 – PROTEZIONE DEGLI INTERRATI

Nonostante la elevata permeabilità del sottosuolo ghiaioso, si raccomanda di non realizzare opere di dispersione in vicinanza degli interrati o, se necessario, di prevedere l'impermeabilizzazione degli stessi, onde evitare infiltrazioni.

9 – TUTELA DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI

Circa la influenza delle opere di infiltrazione sugli acquiferi sotterranei si ricorda come illustrato in precedenza che la falda acquifera freatica si trova a decine di metri di profondità e che è ospitata in un acquifero ghiaioso e sovrastata uno strato a minore permeabilità rappresentato dal terreno agrario. Il livello di argilla e ghiaia superficiale è una efficace protezione nei confronti di inquinanti provenienti dal suolo.

Il Piano di Tutela delle Acque all'art. 39 prevede adempimenti e trattamenti delle acque pluviali per i parcheggi o piazzali di zone residenziali dove sia possibile il dilavamento di sostanze pericolose o pregiudizievoli per l'ambiente di estensione superiore ai 5.000 metri quadrati. Nel caso in specie questa condizione non ricorre in quanto le aree a parcheggio sono di estensione inferiore ed inoltre non interessate dal deposito di materiali pericolosi dal punto di vista ambientale.

Non ricorre quindi l'obbligo di realizzare impianti di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia. Il medesimo art. 39 al comma 5 precisa che tali acque possono essere recapitate in corpo idrico superficiale o nel suolo, come appunto previsto. La dispersione nel suolo delle acque non contrasta quindi con il Piano di Tutela delle Acque. Inoltre, trattandosi di aree dove difficilmente le acque possono caricarsi di sostanze pericolose per l'ambiente in concentrazioni significative non è ipotizzabile che la dispersione possa recare qualche pregiudizio all'igiene della falda freatica.

In base alle considerazioni riportate in questa relazione, si può affermare che la dispersione nel suolo delle acque non può compromettere l'integrità della risorsa idrica e del sottosuolo e che non è quindi necessario prevedere opere di mitigazione.



10 – CAPACITA' DI DISPERSIONE

Noti i parametri di permeabilità e la profondità di falda, è possibile stimare la capacità di dispersione del terreno considerando varie opere. In questa sede viene effettuato il calcolo per un pozzo perdente.

La portata dispersa da un pozzo perdente può essere calcolata secondo la formula di Dupuit:

$$Q = k \times C \times H \times r$$

Con Q portata dispersa, K coefficiente di permeabilità, C coefficiente secondo formula di

Carnwell/Nasbery/Dupuit/Stephensen e Neusmann, H carico idraulico nel pozzo, r raggio del pozzo.

A seguire si riportano le formule citate per il coefficiente C.

Formula di Carnwell

$$C = 2 \times \pi \times \frac{H}{r_0} / \ln \frac{H}{r_0}$$

Formula di Nasbery

$$C = 2.364 \times \frac{H}{r_0} / \log \left(\frac{2 \times H}{r_0} \right)$$

formula di Dupuit

$$C = \frac{2 \pi \frac{H}{r_0}}{\ln \frac{R}{r_0}} \cos \frac{R}{r_0} = 3.828 \left(\sqrt{1 - \frac{H}{r_0}} - 1 \right)$$

Formula di Stephensen e Neusmann

$$\log C = 0.658 \log \frac{H}{r_0} - 0.398 \log H + 1.105$$

A seguire si riportano i dati di calcolo ed i valori calcolati di portata dispersa. Sono stati eseguiti diversi calcoli ottenendo una media dalla portata dispersa stimabile per singolo pozzo.

Ai fini di calcolo è stato considerato un pozzo avente diametro di 1.5 m e profondità in ghiaia di 5 metri.



PARAMETRI	CALCOLO COEFF. C	PORTATA DISPERSA (l/s)
K = $3,9 \times 10^{-3}$	Carnewell – 20,02	85,18
C = vedi colonna a fianco	Nasbery – 12,26	21,64
H = 5 m	Dupuit – 115,38	16,49
R = 0.75 m	Stephensen e Neusmann 22,07	45,01

I valori calcolati con formula di Carnwell e Stephensen e Neusmann sono molto elevati, mentre gli altri appaiono significativamente più bassi. La media dei valori calcolati è di circa 42 l/s e, in ghiaia pulite, esso va considerato comunque un valore non certo anomalo.

È in ogni caso certamente possibile considerare un valore intermedio e cautelativo, avente anche lo scopo di tenere conto del progressivo calo di efficienza delle opere, di **25 l/s per ogni pozzo con diametro 1,5 metri e profondità 5 m in ghiaia.**

Tali dati sono peraltro confrontabili con i valori di dispersione empirici misurati in ghiaia in comune di Verona da Antonelli e Dal Prà in “Alcune caratteristiche del sottosuolo nella pianura veronese in relazione alle possibilità di smaltimento di acque bianche per dispersione” (Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia, 1974).

PER LA PARTE PUA, considerando una capacità disperdente per singolo pozzo di 25 l/s ed una portata critica di 249,57 l/s, per l'area PUA si ottiene una necessità minima di 11,048 pozzi perdenti.

11 pozzi saranno quindi in grado di disperdere anche la portata massima di calcolo, garantendo un volume di invaso di 5,3 m³ metri cubi per pozzi, pari a 58 metri cubi totali. Al volume di invaso va sommato il volume complessivo delle caditoie e delle tubature.

Ovviamente, il numero di pozzi calcolato è in grado di far fronte ad un evento piovoso critico con Tr di 50 anni. Eventi maggiori potrebbero portare alla tracimazione del sistema, nonostante la cautela utilizzata per la stima della portata dispersa.



PER L'AREA EXTRA AMBITO, considerando una capacità disperdente per singolo pozzo di 25 l/s ed una portata critica di 26,7 l/s, per l'area PUA si ottiene una necessità minima di 1,067 pozzi perdenti.

1 pozzo sarà quindi in grado di disperdere anche la portata massima di calcolo, garantendo un volume di invaso di 5,3 m³ metri cubi. Al volume di invaso va sommato il volume complessivo delle caditoie e delle tubature.

Ovviamente, il numero di pozzi calcolato è in grado di far fronte ad un evento piovoso critico con Tr di 50 anni. Eventi maggiori potrebbero portare alla tracimazione del sistema, nonostante la cautela utilizzata per la stima della portata dispersa.

PER LA PARETE EDIFICATA, considerando una capacità disperdente per singolo pozzo di 25 l/s ed una portata critica di 263,17 l/s, per l'area PUA si ottiene una necessità minima di 10,52 pozzi perdenti.

11 pozzi saranno quindi in grado di disperdere anche la portata massima di calcolo, garantendo un volume di invaso di 5,3 m³ metri cubi per pozzi, per i 58,3 metri cubi totali. Al volume di invaso va sommato il volume complessivo delle caditoie e delle tubature.

Nel caso in cui si volessero differenziare gli impianti per i due lotti edificati, il lotto 1 genera una portata critica di 82.3 l/s, gestibile con 3.29 pozzi (approssimati a 4) ed il lotto 2 genera una portata critica di 180.8 l/s, gestibili con 7.23 pozzi (approssimati ad 8).

Ovviamente, il numero di pozzi calcolato è in grado di far fronte ad un evento piovoso critico con Tr di 50 anni. Eventi maggiori potrebbero portare alla tracimazione del sistema, nonostante la cautela utilizzata per la stima della portata dispersa.



11 – CONCLUSIONI

Il sito di progetto si trova in Verona, in prossimità di via Friuli nella località di San Massimo all'Adige.

Si tratta di una zona di alta pianura alluvionale del fiume Adige, di natura pianeggiante e che non risulta esposta a rischio idrogeologici o geomorfologici.

La falda acquifera è profonda oltre 20 dal piano di campagna attuale ed e non ha influenza sul sito di progetto.

Il sottosuolo è stato indagato è composto da ghiaia e sabbia atesina naturale con elevata permeabilità.

Il sito presenta tutte le condizioni che consentono di non predisporre alcuna volume di laminazione, dato le acque piovane saranno interamente disperse nel sottosuolo, condizione che non comporta alcuna difficoltà nell'area di progetto. .

La portata critica sui 15 minuti è di poco inferiore ai 250 l/s per la parte pua e poco inferiore ai 31 l/s per la superficie extra ambito.

Il pozzo perdente calcolato, con diametro 1.5 m e sviluppo in ghiaia di 1.5 m, ha una capacità di dispersione stimata di circa 25 l/s. Tale dato è coerente con le ghiaie trovate in sito.

Ne consegue che la parte PUA richiede non meno di 11 pozzi perdenti e la parte extra ambito ne richiede 1, la parte edificata richiede 11 pozzi se gestita in modo integrato e 12 se gestita separando i due lotti (4 pozzi lotto 1 e 8 pozzi per il lotto 2). Il calcolo sulle capacità di dispersione e, di conseguenza, la stima del numero di pozzi, è stato eseguito con doverosa cautela, è tuttavia facoltà della direzione lavori prevedere un numero maggiore di pozzi perdenti.

I calcoli si basano sulle indicazioni normative vigenti e consentono di far fronte ad un evento piovoso critico con Tr di 50 anni. Chiaramente eventi più gravosi potrebbero portare ad una tracimazione del sistema.



ALLEGATO 1 – SAGGI CON SCAVATORE



SAGGIO S1

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 3.5	Riporto antropico costituito da ghiaia con argilla, presenza di schegge di laterizio, rinvenuto a 2 m blocco di cemento

SAGGIO S2

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 0.6	Riporto argilloso
0.6	Soletta in cemento armato



SAGGIO S3

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 0.8	Terreno vegetale
0.8 – 3.3	Ghiaia atesina naturale a tratti con orizzonti di ciottolotti cementati

SAGGIO S4

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 2.7	Ghiaia atesina naturale

SAGGIO S5

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 0.2	Terreno vegetale
0.2 – 2.8	Ghiaia atesina naturale

SAGGIO S6 – il saggio ha individuato il punto di contatto tra ghiaia e riporto.

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 1.5	Riporto antropico costituito da ghiaia con argilla e presenza di occasionali schegge di laterizio
1.5 – 3.5	Sul lato nord dello scavo ghiaia atesina naturale Sul lato sud dello scavo prosegue il riporto antropico

SAGGIO S7

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 0.4	Terreno vegetale
0.4 – 3.1	Ghiaia atesina naturale

SAGGIO S8

PROFONDITÀ (m p.c.)	DESCRIZIONE
0 – 0.7	Terreno vegetale
0.7 – 2.0	Ghiaia atesina naturale
2.0 – 2.6	Ghiaia con sabbia
2.6 – 3.4	Ghiaia atesina naturale



Foto settore EST



Saggio S1



Saggio S2



Saggio S3



Saggio S4



Saggio S5



Saggio S6



Saggio S7



Saggio S8





ALLEGATO 2 – GRANULOMETRIE

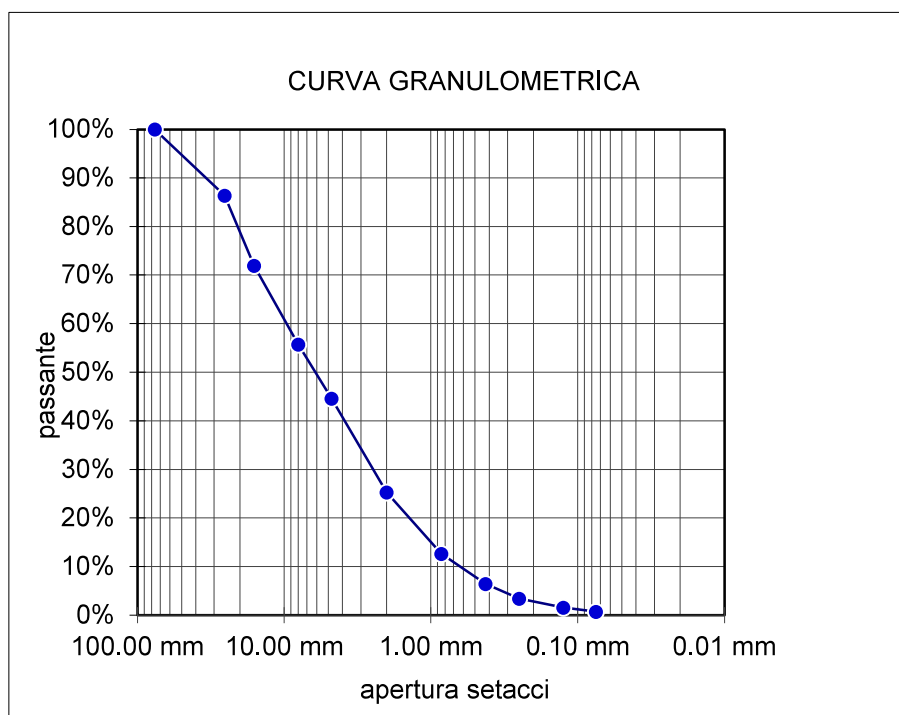
Campione: S4		Profondità: m 2,5			WL= 48	IP= 13
vaglio	peso netto	trattenuto	passante	D60	D20	D10
mm	g	%	%	mm	mm	mm
76,200	0,00	0,00%	100,00%			
25,400	295,00	0,00%	86,34%			
16,000	311,30	0,00%	71,92%			
8,000	349,50	16,18%	55,74%			
4,750	241,37	11,18%	44,56%			
2,000	416,70	19,30%	25,27%			
0,850	272,10	12,60%	12,67%			
0,425	134,50	6,23%	6,44%			
0,250	64,70	3,00%	3,45%			
0,125	41,10	1,90%	1,54%			
0,075	17,20	0,80%	0,75%			
<0,075	16,10	0,75%				
totale	2159,57	100,00%		9,601	1,398	0,632
CU =	15	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA % ghiaia = 74,73 % % sabbia = 24,52 % % limo e arg.= 0,75%				
K1 cm/s =	0,399					
K2 cm/s =	0,7304					
Gruppo UNI:	A-1-a					
Classe USCS:	GW					
limiti di consistenza non eseguiti						

Note: le percentuali di sabbia e limo + argilla sono approssimate, considerando come limite per la sabbia il valore di 0.075 mm (anziché 0,06 mm)

CU = D60/D10 = coefficiente di uniformità

K1 (cm/s) = $100 \times (D10)^2$ = coeff. di permeabilità (rif. HAZEN; D10 in cm)

K2 (cm/s) = $10^{[2,28 \cdot \log(D20) - 0,46865]}$ = coeff. di permeabilità (rif. E.N.E.L.; D20 in mm)





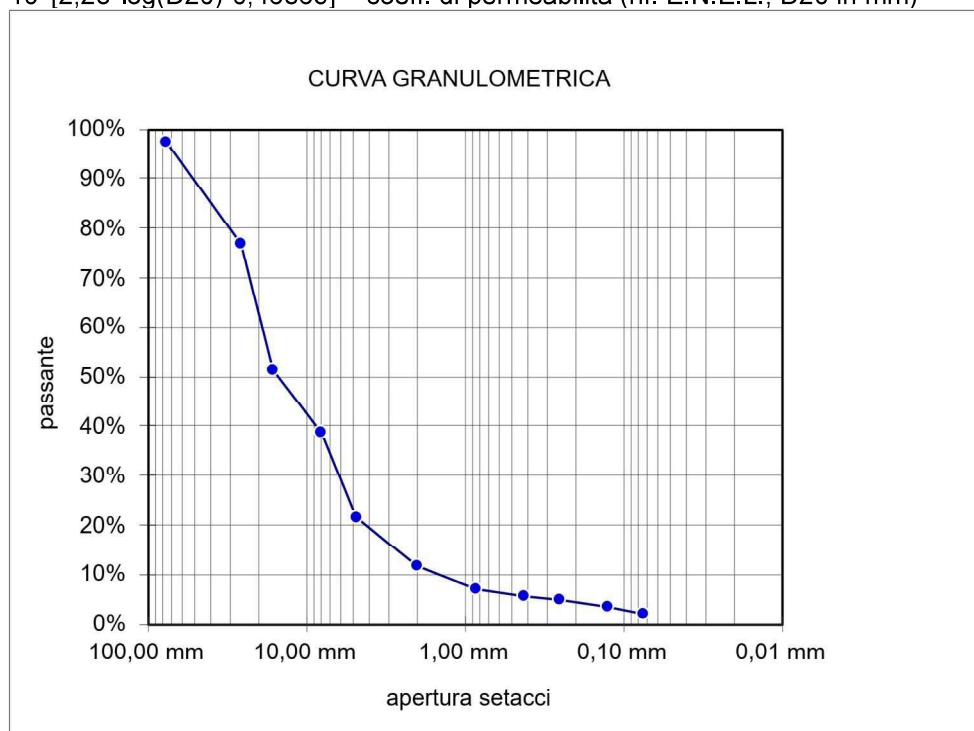
Campione: 8		Profondità: m 3,0			WL= 48	IP= 13
vaglio	peso netto	trattenuto	passante	D60	D20	D10
mm	g	%	%	mm	mm	mm
76,200	98,90	0,00%	97,46%			
25,400	802,70	0,00%	76,81%			
16,000	988,70	0,00%	51,38%			
8,000	494,50	12,72%	38,66%			
4,750	668,80	17,20%	21,46%			
2,000	378,60	9,74%	11,73%			
0,850	183,80	4,73%	7,00%			
0,425	55,30	1,42%	5,58%			
0,250	30,20	0,78%	4,80%			
0,125	50,40	1,30%	3,50%			
0,075	66,10	1,70%	1,80%			
<0,075	70,10	1,80%				
totale	3888,10	100,00%		18,713	4,171	1,463
CU =	13	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA % <i>ghiaia</i> = 88,27 % % <i>sabbia</i> = 9,92 % % <i>limo e arg.</i> = 1,80%				
K1 cm/s =	2,142					
K2 cm/s =	8,8243					
Gruppo UNI:	A-1-a					
Classe USCS:	GW					
limiti di consistenza non eseguiti						

Note: le percentuali di sabbia e limo + argilla sono approssimate, considerando come limite per la sabbia il valore di 0.075 mm (anziché 0,06 mm)

CU = D60/D10 = coefficiente di uniformità

K1 (cm/s) = $100 \times (D10)^2$ = coeff. di permeabilità (rif. HAZEN; D10 in cm)

K2 (cm/s) = $10^{[2,28 \cdot \log(D20) - 0,46865]}$ = coeff. di permeabilità (rif. E.N.E.L.; D20 in mm)



ALLEGATO 3 – SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

		SCHEDA DI SONDAGGIO		COMM. cm117/24	
REV. 1 DATA 28/02/2011		CERTIFICATO cerstr001cm11724		PAG. 1 DI 1	
DIRETTORE Ing. Davide Splendore		SECONDO RACCOMANDEZIONI A.G.I. (1977)		☐ CAMPIONE MEDIO ☒ CAMPIONE PUNTUALE ☒ CAMPIONE INDISTURBATO ☒ PROVA LEFRANC	
COMMITTENTE SARA 72 - Società Cooperativa		CANTIERE Via Friuli, loc. San Massimo, Verona		H ₂ O da T.T. (m) H ₂ O da p.c. (m)	
PERFORAZIONE N. S1 DATA INIZIO 29/03/2024 ULTIMAZIONE 29/03/2024		COORDINATE: Nord Est Quota s.l.m.m.		DATA H DATA H	
RESPONSABILE Dott. Magrin		ATTREZZATURA A.C. Mustang A66R		25/07 ass.	
Da m 0,00 a m 15,00 Profondità Finale m 15,00 Pag. 1 di 1		PROFONDITA' m da p.c.		S.P.T.	
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA		CAMPIONI/PROVE	
Terreno vegetale.		0,10		N H	
Ghiaia poligenica eterometrica perlupù subarrotondata con sabbia limosa, nocciola chiaro. Clottoli poligenici sparsi Ømax=13 cm.		15,00		CAROT. CONT. A SECCO - CAROTIERE SEMPLICE Ø101mm - RIVEST. Ø127mm	
FINE SONDAGGIO		15,00		15,00	



		ATLANTE FOTOGRAFICO		COMM. cm117/24
Rev. DATA		CERTIFICATO	DIRETTORE	PAG: 1 DI 2
1 03/04/2014		cert001cm11724	Dr. Ing. Davide Splendore	

COMMITTENTE: SARA 72 Società Cooperativa

PROGETTO: Via Friuli, loc. San Massimo - Verona

SONDAGGIO n°: S1 **DATA** 25/07/2024 **INSTALLAZIONE** **PROFONDITA' DA m** 0,00 **A m** 15,00



SONDAGGIO n°: S1 **DATA** 25/07/2024 **CASSA n° 1** **PROFONDITA' DA m** 0,00 **A m** 5,00





		ATLANTE FOTOGRAFICO		COMM. cm117/24
				PAG: 2 DI 2
Rev.	DATA	CERTIFICATO	DIRETTORE	
1	03/04/2014	certf001cm11724	Dr. Ing. Davide Splendore	

COMMITTENTE: SARA 72 Società Cooperativa

PROGETTO: Via Friuli, loc. San Massimo - Verona

SONDAGGIO n°: S1 **DATA** 25/07/2024 **CASSA n° 2** **PROFONDITA' DA m** 5,00 **A m** 10,00



SONDAGGIO n°: S1 **DATA** 25/07/2024 **CASSA n° 3** **PROFONDITA' DA m** 10,00 **A m** 15,00

