

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VERONA

Proprietari:

BAZZANI GIOVANNI

PROGETTO:

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI UN'AREA RESIDUA – AR7
SITA IN VIA LAZZARETTO,

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

secondo quanto disposto dall'art 156, comma 14 della NTO del PI

Dott. Geol

Michele Bertoldo

Pescantina, settembre 2012

Michele Bertoldo

Geologo

Via giareta, 4 – 37026 Pescantina (Verona)

Tel: 0457156501 – e mail: bertoldomichele.geo@tiscali.it

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
1.1	<u>SCOPO DELL'INDAGINE</u>	2
1.1.1	<u>Area di Indagine</u>	3
2.	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INDAGINE.....	4
2.1	<u>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA</u>	4
2.2	<u>IDROGEOLOGIA ED IDROGRAFIA DELL'AREA</u>	5
2.2.1	<u>Idrografia</u>	5
2.2.2	<u>Idrogeologia</u>	5
2.2.3	<u>Area di Progetto</u>	6
3.	LITOLOGIA E PERMEABILITÀ DEI TERRENI.....	7
3.1	<u>DATI STRATIGRAFICI</u>	7
3.2	<u>LITOLOGIA</u>	8
3.3	<u>PERMEABILITÀ</u>	9
4.	ANALISI IDROLOGICA.....	12
4.1	<u>GENERALITÀ</u>	12
4.2	<u>CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA</u>	13
5.	VALUTAZIONE IDRAULICA DEGLI EFFETTI DELLE TRASFORMAZIONI ..	16
5.1	<u>6.1 STIMA DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA</u>	16
5.2	<u>6.2 STIMA DELLE MISURE COMPENSATIVE</u>	21
6.	CONCLUSIONI.....	25
7.	ALLEGATI.....	27

1.PREMESSA.

Per conto del proprietario Bazzani Giovanni, è stato redatto, uno studio geologico geomorfologico e Idrogeologico inerente i terreni interessati dal «Piano Urbanistico Attuativo di un'area residua - AR7 sita in Via Lazzareto» riguardante il terreno sito nel comune di Verona, località Lazzaretto tra i numeri civici 145 e 147.

Il Progetto prevede la realizzazione su due lotti di sette edifici. Inoltre sarà realizzata sulla lato meridionale un'area con parcheggi a servizio dell'area di progetto e una strada privata con accesso carraio e pedonale oltre al mantenimento di una strada sul lato est dell'area di intervento.

La presente relazione, redatta ai sensi del D.G.R. n.2948 del 6 ottobre 2009, si occuperà della gestione delle acque provenienti dalle superfici comuni, comprendenti strade, marciapiedi, verde pubblico, e dalle superfici dei lotti su cui verranno realizzate gli edifici in progetto, per un totale complessivo di circa 5312 mq.

1.1SCOPO DELL'INDAGINE

Sulla base di una valutazione degli aspetti morfologici, litologici e territoriali che caratterizza l'area in progetto, è proposta una soluzione della gestione dello smaltimento delle acque meteoriche, per il conseguimento della sostanziale invarianza idraulica, mediante la realizzazione di opere di mitigazione quali invasi di laminazione e sistemi disperdenti.

Per consentire quindi una valutazione della tipologia del sistema di misure compensative da adottare, in ottemperanza alle normative di legge vigenti, ci si è prefissi di valutare:

- ⇒ La natura del terreno.
- ⇒ Le caratteristiche di permeabilità, ed il riconoscimento litologico.
- ⇒ La eventuale presenza dei vincoli nell'area indagata;
- ⇒ Le condizioni idrologiche dell'area

I dati sono stati ricavati da:

- ricerca di dati bibliografici e cartografici;
- osservazioni di campagna a seguito del rilievo geologico – geomorfologico ed idrogeologico mediante l'esecuzione di 4 trincee esplorative
- dati ricavati dall'analisi ed interpretazione di due prove di permeabilità in corrispondenza dell'area di progetto
- dati ricavati dall'analisi di sezioni del terreno disponibile nell'area circostante;
- dati riguardanti la falda freatica.

1.1.1 Area di Indagine.

L'area di progetto è situata in località San Pancrazio, nel comune di Verona (VR), in via Lazzaretto, ad una quota di circa 46,5 metri s.l.m. - si vedano gli allegati 1 «Corografia alla scala 1:25.000», stralcio della Tavoleta I.G.M. F°49 III N.O. «Verona» e allegato 2 «Inquadramento geografico ed idrogeologico - Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000», tratta dagli elementi n°124134 «Verona Est» e n°124133 «Palazzina».

La superficie si presenta morfologicamente piana con una debole inclinazione del verso est-sud-est. Le quote altimetriche variano, dai 46 ai 47 metri sul livello del mare. L'area è posizionata all'interno di un meandro del fiume Adige a sud est della città di Verona.

Si rende noto che l'area di progetto, secondo i dati ricavati dal PTP del Comune di Verona, in base alla carta della fragilità, è classificata come unità con vulnerabilità idrogeologica intrinseca elevatissima in base alla natura e potenza delle coperture e come zona di ricarica degli acquiferi per il PAT del comune di Verona. L'area di intervento è classificata dal PRG del comune di Verona come Zona 6 e dal PAT come area di urbanizzazione consolidata.

L'area in esame non fa parte delle aree di pericolosità individuate dal "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Adige", adottato con delibera n°1/2005 e approvato con D.P.C.M. del 27/04/2006 - vedi allegati n°3 e n°4.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INDAGINE.

2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.

L'area di indagine, situata a est sud est della città di Verona, e analizzata in un contesto geologico-geomorfologico generale, si colloca nell'alta pianura veronese, più precisamente all'interno del piano di divagazione dell'Adige, costituito dalle alluvioni fluvioglaciali e fluviali deposte dall'Adige; esso si presenta pianeggiante con lieve acclività verso Sud, inferiore al 3%. Gli elementi morfologici naturali che contraddistinguono il territorio indagato sono stati in parte modificati dall'elevato grado di urbanizzazione. In prossimità dell'area di progetto sono presenti alcune scarpate di terrazzi fluviali dell'Adige. Gli elementi morfologici di origini antropica che caratterizzano la zona sono rappresentati da alcune cave attive e abbandonate e/o dismesse.

Dal punto di vista litologico la pianura risulta costituita da materiali sciolti a granulometria prevalentemente ghiaio-sabbiosa. Tale caratterizzazione litologica è stata riscontrata dalle stratigrafie di pozzi in aree limitrofe e dall'osservazione delle trincee esplorative eseguite in all'interno dell'area di progetto.

Si rimanda alla Analisi Geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'intervento allegata al PUA, per maggiori dettagli.

G

IDROGEOLOGIA ED IDROGRAFIA DELL'AREA.

2.1.1 Idrografia

Nella zona indagata la rete idrografica naturale è assente; il corso d'acqua naturale di maggiore entità è il fiume Adige, posto a circa 200m a nord; è poi presente un reticolo di canalette artificiali in cls, utilizzate un tempo per l'irrigazione.

Per il P.A.I. – Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige, adottato con delibera n°1/2005 e approvato con D.P.C.M. 27-4-2006 – questa porzione del territorio comunale non è considerata a pericolosità o a rischio idraulico.

2.1.2 Idrogeologia

Le condizioni idrogeologiche dell'area in esame sono legate alla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, all'assetto stratigrafico ed alla morfologia locale; questi fattori determinano ovviamente anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

La situazione idrogeologica è stata ricostruita sulla base delle stratigrafie redatte in occasione della terebrazione di pozzi. I depositi alluvionali a granulometria grossolana, che costituiscono i primi 15-20 metri del sottosuolo possiedono una permeabilità elevata che consente l'infiltrazione nel sottosuolo delle precipitazioni; queste ultime quindi vanno ad alimentare livelli acquiferi sostenuti da orizzonti argillosi impermeabili di potenza quantomeno metrica.

Nel suo complesso, il sistema è di tipo a multifalde ed è costituito da un primo acquifero freatico e dai sottostanti acquiferi confinati o semiconfinati, dai quali è separato da livelli o lenti argillose impermeabili.

Per quanto concerne la falda più superficiale, le principali grandezze freatimetriche, note in letteratura, relative all'area in esame ed al periodo di locale massima (settembre 1993) sono riportate nella seguente tabella, tratta

da uno studio di Dal Prà et al. - «Carta idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese orientale», 1997.

Quota falda	42-43 metri s.l.m
Direzione del deflusso sotterraneo	N.O.-S.E.
Gradiente locale	~ 3 ‰

La falda quindi si trova, durante il periodo di massima, ad una profondità di circa 4 metri (p.c. 46,5 m s.l.m. – livello falda 42,5 m s.l.m.) anche se dalle testimonianze di chi abita nella zona risulta che durante le grosse piene dell'Adige la falda risalga almeno fino a 3 metri dal piano campagna.

All'interno dell'area in esame sono segnalati diversi pozzi ad uso idrico che permettono di individuare una superficie freatica che evidenzia un paleo alveo dell'Adige che fa da recettore delle acque sotterranee per cui le isofreatiche sono disposte in al suo interno con un gradiente meno elevato, l'area d'intervento si trova in corrispondenza di tale fascia.

Nel corso delle indagini, spinte alla profondità di 3,5 metri dall'attuale piano campagna, non è stata intercettata alcuna venuta d'acqua.

2.1.3 Area di Progetto.

L'area di progetto è si trova circa 200m a sud del Fiume Adige e all'interno dell'area di progetto non sono presenti sorgenti o corsi d'acqua.

Durante l'esecuzione dei sondaggi superficiali, nel periodo in cui si è svolta l'indagine, non è stata infatti riscontrata la presenza d'acqua di falda sub superficiale tale da influenzare l'intervento in oggetto, né l'intervento in oggetto è tale da modificare le caratteristiche idrogeologiche e idrografiche dell'area.

Nella zona di indagine la falda superficiale si trova ad una profondità media di circa 3-4 metri dal piano campagna.

3.LITOLOGIA E PERMEABILITÀ DEI TERRENI.

La caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento oggetto di studio è stata ottenuta attraverso: la raccolta e consultazione di dati bibliografici e cartografici; il rilievo geologico-geomorfologico dell'area; l'ausilio d'informazioni derivanti degli studi svolti in precedenza; dall'osservazione delle sezioni di scavo e dagli scavi eseguiti per lo studio della permeabilità.

3.1 DATI STRATIGRAFICI.

All'interno dell'area di indagine, con riferimento quale quota iniziale il piano campagna, la situazione stratigrafica è la seguente:

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	STRATO
Da 0.00 a 0.90	Suolo vegetale di colore bruno costituito da limo e argilla con ciottoli di diametro variabile da 1-2cm a 10-20cm e con abbondanti resti di vegetali. Lo spessore risulta variabile in base alla morfologia.	S0
Da 0.90 a 1.50	Depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina con tracce di dilavamento del suolo superiore per cui il colore dello strato risulta più rossastro e talora cementato.	S1
Da 1.50 a 1.80 /3.00	Depositi con ghiaia grossolana e sabbia, color grigiastro con tessitura piuttosto omogenea. Lo spessore risulta variabile.	S2
Da 1.80/3.00 a 3.50	Depositi color grigiastro di ghiaia piccola e sabbia con strati ghiaiosi ben addensati e talora cementati.	S3

Tabella 1: modello stratigrafico

3.2 LITOLOGIA.

Per quel che concerne il riconoscimento litologico dei terreni interessati dall'intervento oggetto di studio e della copertura, sono stati distinti, sulla base delle caratteristiche litologiche quattro differenti strati:

STRATO S0: Si tratta di materiale caratterizzato da suolo vegetale color bruno argilloso limoso piuttosto omogeneo con ciottoli atesini con dimensioni dal centimetro e decimetro e resti di vegetali. La potenza di questo primo strato è di circa 80-100cm.

STRATO S1: si tratta di depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia da piccola a ciottoli di 10-20 cm di origine atesina con tracce di dilavamento del suolo superiore per cui il colore dello strato risulta più rossastro e talora cementato. La potenza di questo strato è di circa 40-80cm.

STRATO S2: si tratta di depositi ghiaiosi più grossolani con sabbia color grigiastro; i ciottoli hanno dimensioni 10-30 cm, sono di origine atesina e abbastanza ben classati. La potenza di questo strato è di circa 60-110cm.

STRATO S3: si tratta di depositi ghiaiosi con sabbia con ghiaia piccola ben addensata in strati talora cementati che si alternano a strati più sabbiosi e il colore dello strato risulta grigiastro. La potenza di questo strato è di circa 140cm.

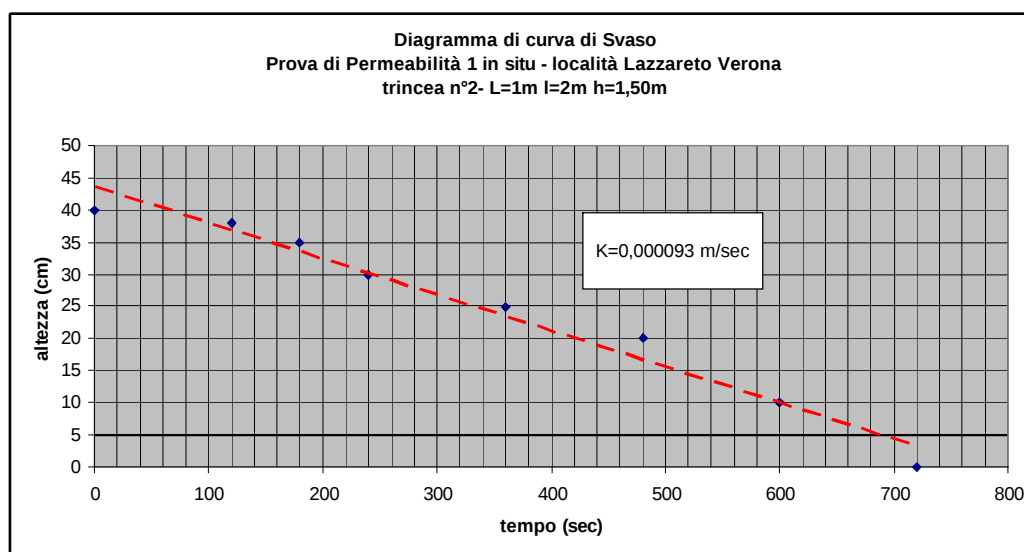
L'osservazione della litologia superficiale è stata possibile grazie alla realizzazione delle trincee esplorative mentre è stato possibile caratterizzare gli strati più profondi grazie alla stratigrafia di un pozzo ad uso irriguo ubicato in prossimità dell'area di intervento.

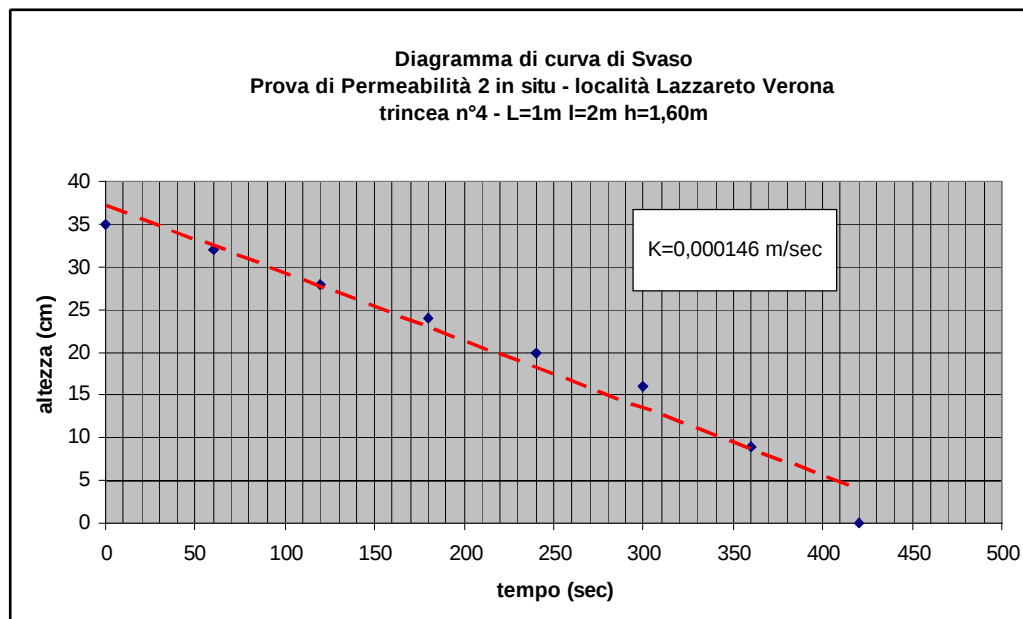
PROFONDITÀ (metri dal p.c.)	LITOLOGIA
0.00 ÷ 0.50	terreno vegetale
0.50 ÷ 7.00	ghiaia
7.00 ÷ 20.00	ghiaia e sabbia
20.00 ÷ 22.00	argilla
22.00 ÷ 37.00	ghiaia e sabbia

Tabella 2: stratigrafia S1

3.3 PERMEABILITÀ

Per la determinazione in situ della permeabilità è stato utilizzato il metodo della curva di svaso, applicabile in presenza di materiali porosi sciolti o coerenti posti sopra falda. Esso consiste nel diagrammare i tempi di svaso di una trincea, appositamente scavata sul terreno di prova e riempita d'acqua.





Il calcolo della permeabilità, in base alla prova di percolazione eseguita a carico variabile, è stata fatta secondo la seguente formula approvata dall'AGI(1977):

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(2 \cdot \frac{h_m}{b}\right)}{\left(27 \cdot \frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

dove h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto/trincea

$h_2 - h_1$ = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo di tempo

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo

b = lato del pozzetto

I diagrammi delle prove in situ riportano i valori di h (altezza dell'acqua rispetto ad un punto di riferimento) in funzione di t (tempo di misura). I punti consentono la costruzione mediante interpolazione di una curva, in parte o in tutto assimilabile ad una retta, la cui inclinazione ha approssimativamente un valore uguale al coefficiente di permeabilità.

L'esame dei dati raccolti permette di fare le seguenti considerazioni:

☞ il coefficiente di permeabilità K calcolato è compreso nell'intervallo $9,3 \times 10^{-5} \div 1,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

- il coefficiente di permeabilità K si mantiene su valori medio alti maggiori di 10^{-4} m/sec ed il materiale si può definire «a permeabilità medio-alta» per porosità e la capacità di drenaggio è buona, come si può vedere dalle tabelle riportate sotto, tratte da Colombo P. e Colleselli F. "Elementi di geotecnica", Zanichelli, 1996.

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							

Classificazione del terreno secondo il valore di k	
Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
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}

4. ANALISI IDROLOGICA

4.1 Generalità

Per caratterizzare il comportamento idrologico dell'area oggetto d'intervento, 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:

$$h = at^n$$

dove: h = altezza di pioggia in mm e t = tempo in ore

Il concetto di rischio idraulico è quantificato dal tempo di ritorno T_r , 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.

$$T_r = \frac{1}{[1 - P(h \leq H)]}$$

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 T_r e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata.

La ricerca presso gli enti dei dati pluviometrici ha portato all'individuazione della stazione pluviometrica di Verona, prossima alla zona in esame e gestita da ARPAV.

Per l'elaborazione dell'indagine idrologica sono stati raccolti i dati pluviometrici delle serie storiche del valore di altezza di precipitazione di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, fornite dal Centro Meteorologico ARPAV di Teolo.

Stazione di VERONA				
Parametri regolarizzazione dati di precipitazione			legge di GUMBEL	
$P(x) = e^{-e^{-\alpha \cdot (x - \beta)}}$				
1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
N: 31	N: 31	N: 31	N: 31	N: 31
Media: 27.110	Media: 33.742	Media: 38.987	Media: 44.781	Media: 52.858
alfa: .100	alfa: .084	alfa: .080	alfa: .075	alfa: .072
beta: 21.713	beta: 27.374	beta: 32.261	beta: 37.611	beta: .419
Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2	Tr = 2
Xt = 25.40	Xt = 31.72	Xt = 36.85	Xt = 42.50	Xt = 50.50
Parametri curva H = a*T**n : a = 9.086 n = .238 (T = minuti)				
Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5	Tr = 5
Xt = 36.78	Xt = 45.16	Xt = 51.04	Xt = 57.63	Xt = 66.19
Parametri curva H = a*T**n : a = 14.696 n = .208 (T = minuti)				
Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10	Tr = 10
Xt = 44.32	Xt = 54.05	Xt = 60.44	Xt = 67.65	Xt = 76.58
Parametri curva H = a*T**n : a = 18.560 n = .196 (T = minuti)				
Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25	Tr = 25
Xt = 53.85	Xt = 65.29	Xt = 72.31	Xt = 80.30	Xt = 89.72
Parametri curva H = a*T**n : a = 23.545 n = .184 (T = minuti)				
Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50	Tr = 50
Xt = 60.92	Xt = 73.63	Xt = 81.12	Xt = 89.69	Xt = 99.46
Parametri curva H = a*T**n : a = 27.296 n = .177 (T = minuti)				
Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100	Tr = 100
Xt = 67.93	Xt = 81.91	Xt = 89.86	Xt = 99.01	Xt = 109.13
Parametri curva H = a*T**n : a = 31.051 n = .172 (T = minuti)				
Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200	Tr = 200
Xt = 74.92	Xt = 90.16	Xt = 98.57	Xt = 108.30	Xt = 118.76
Parametri curva H = a*T**n : a = 34.817 n = .168 (T = minuti)				

4.2 Curve di possibilità pluviometrica

La regolarizzazione statistico-probabilistica, impiegata per il calcolo dei tempi di ritorno, fa 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:

$$F(x) = e^{-e^{\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

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

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

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

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} \cdot sx}{\pi} \quad \text{misura della dispersione attorno al valore medio;}$$

$$u = mx - \lambda \cdot \alpha \quad \text{con } \lambda = 0,5772 \text{ costante di Eulero.}$$

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

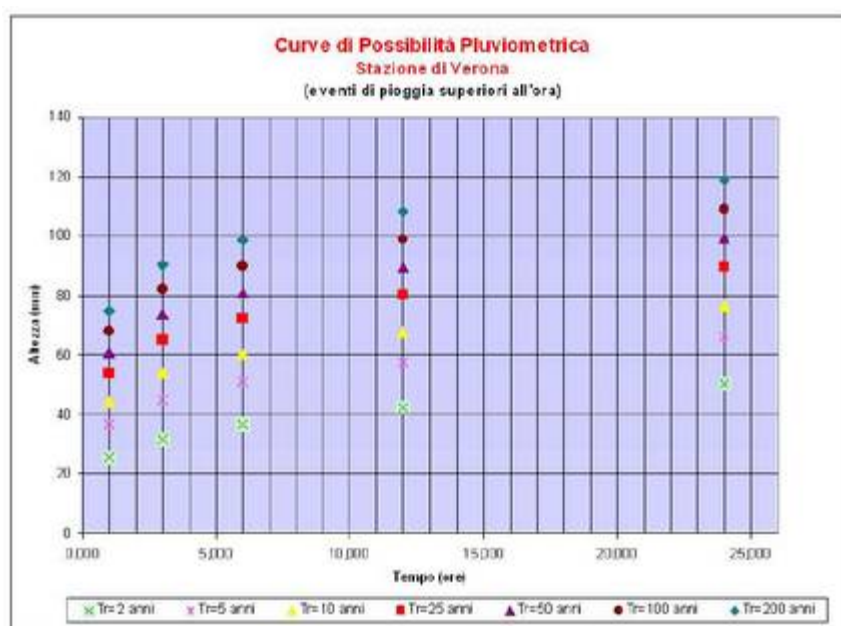
Di seguito si riportano i parametri calcolati a seguito dell'elaborazione statistica secondo Gumbel relative alle precipitazioni massime annue effettive della durata da 1 a 24 ore per la stazione di misura di Verona.

VERONA					
	1h	3 h	6 h	12 h	24 h
$N=$	31	31	31	31	31
$mx=$	27.11	33.74	38.98	44.78	52.85
$a=$	0.100	0.084	0.080	0.075	0.072
$u=$	21.71	27.37	32.26	37.61	45.42

Da cui ne derivano le diverse Curve di possibilità pluviometrica riferite ai diversi tempi di ritorno:

VERONA	
Tempo di ritorno (anni)	Curva di possibilità (h[mm], t[min])
5	$h=36.79 \cdot t^{0.183}$
10	$h=44.49 \cdot t^{0.171}$
25	$h=54.24 \cdot t^{0.159}$
50	$h=61.48 \cdot t^{0.153}$
100	$h=68.66 \cdot t^{0.148}$
200	$h=75.83 \cdot t^{0.144}$

Nel campo bilogaritmico la curva ha forma lineare con coefficiente angolare pari ad "n" ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad "a".



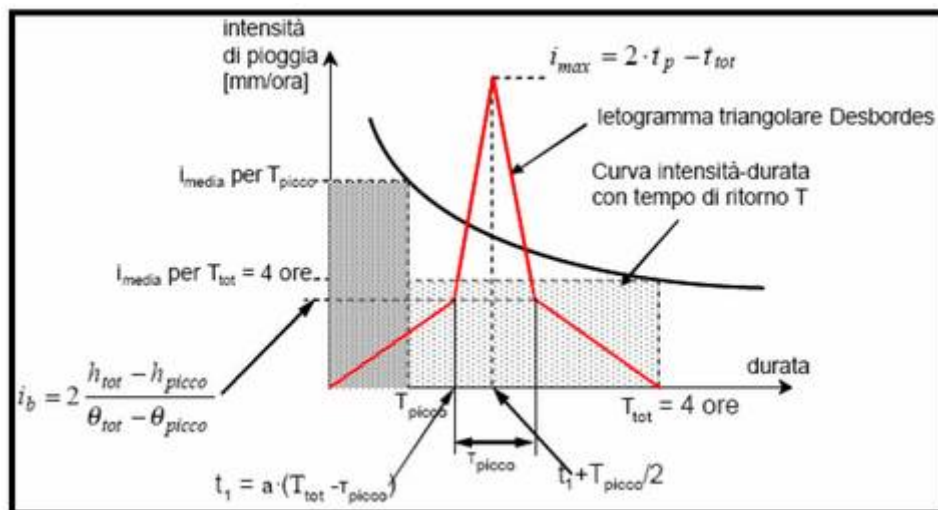
Considerata la modesta estensione del bacino di scolo, e prevedendo pertanto un modesto tempo di corrivazione, la curva è stata discretizzata con una monomia, che caratterizza eventi di durata superiore all'ora, periodo solitamente considerato nella pratica professionale per determinare i volumi di invaso necessari alla laminazione delle portate generate dagli eventi piovosi più gravosi.

5. VALUTAZIONE IDRAULICA DEGLI EFFETTI DELLE TRASFORMAZIONI

5.16.1 Stima degli Idrogrammi di Piena

Per la definizione dell'idrogramma di piena ci si è avvalsi di un software applicativo (UrbisPro del Centro Studi Idraulica Urbana) che tramite processi di tipo iterativo consente di stimare la portata confluyente generata da piogge reali o simulate su bacini naturali o urbani. In questo caso l'evento piovoso è stato simulato con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento dei volumi di invaso necessari alla laminazione delle portate di piena.

La maggior parte degli idrogrammi simulati ed usati oggi sono stati dedotti allo scopo di dare "corrette" valutazioni delle portate al colmo, cioè portate al colmo che abbiano ragionevolmente lo stesso tempo di ritorno associato allo idrogramma simulato.



Un idrogramma triangolare misto è stato proposto da Desbordes e Raus (1980) (Laboratoire d'Hydrologie Mathématique di Montpellier, Francia) per bacini urbani. Esso ha durata totale T_{tot} fissata in 4 ore ed è caratterizzato da un nucleo di picco centrale la cui durata T_{picco} è fissata dall'operatore (generalmente $15' = T_{picco} = 60'$).

L'altezza totale h_{tot} e l'intensità media totale i_{tot} dell'intero evento sono ricavate dall'assegnata curva di possibilità pluviometrica (curva altezza – durata - tempo di ritorno) con riferimento alla durata T_{tot} . Analogamente l'altezza h_{picco} e l'intensità media i_p della fase di picco sono ricavate dalla medesima curva di possibilità pluviometrica con riferimento alla durata T_{picco} .

La parte iniziale dello ietogramma ha una durata:

$$t_1 = a \cdot (T_{tot} - T_{picco})$$

con a pari di solito a 0,5 o più cautelativamente a 0,75, con intensità crescenti linearmente da 0 al valore i_b dato dalla seguente espressione:

$$i_b = 2 \frac{h_{tot} - h_{picco}}{\theta_{tot} - \theta_{picco}}$$

La fase di picco presenta intensità prima crescenti linearmente dal valore i_b al valore di picco i_{max} , che si verifica al tempo $(t_1 + T_{picco}/2)$, e poi decrescenti linearmente da i_{max} a i_b ; dove i_{max} è dato dalla:

$$i_{max} = 2 \cdot i_p - i_{tot}$$

La parte finale dello ietogramma vede intensità decrescenti linearmente da i_b a 0 per la durata pari a:

$$(1 - \alpha) \cdot (\theta_{tot} - \theta_{picco})$$

Lo ietogramma di Desbordes, tenuto conto della sua durata e forma, può considerarsi valido per ogni bacino urbano senza richiedere la ricerca della durata critica.

Non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alle canalizzazioni per essere convogliato verso il recapito finale. I fenomeni idrologici, che avvengono sulla superficie del bacino scolante, modificano sostanzialmente sia la distribuzione temporale che il volume della pioggia utile ai fini del deflusso nella rete di drenaggio. Se si prescinde dall'evapotraspirazione e dall'intercettazione (del tutto trascurabili in un bacino durante un evento di pioggia particolarmente intenso) i fenomeni idrologici, che

intervengono sono sostanzialmente legati all'infiltrazione e immagazzinamento di acqua nelle depressioni superficiali esistenti.

Questi processi, in realtà molto complessi, sono normalmente trattati con un approccio di tipo concettuale, basato cioè su equazioni empiriche e non derivanti dalla modellazione rigorosa del fenomeno fisico.

Per il presente studio è stato preso in considerazione il metodo percentuale, ovvero la pioggia efficace viene determinata moltiplicando ciascuna ordinata per il coefficiente di afflusso costante definito in input dall'utente. In particolare si sono utilizzati i coefficienti di deflusso indicati nell'Allegato A della D.G.R. n.1841 del 19 Giugno 2007 e del D.G.R. n.2948 del 6 ottobre 2009 – indicazioni operative per la redazione dei nuovi strumenti urbanistici – che si differenziano in base all'uso del suolo in:

USO	f
Superfici impermeabili	0.9
Superfici semipermeabili	0.6
Superfici permeabili	0.2
Aree agricole	0.1

Siccome le opere di urbanizzazione progettate contengono superfici con diversa permeabilità, il valore da assumere per il coefficiente di deflusso è la media pesata delle rispettive aree:

$$\phi = \frac{\phi_t A_t + \phi_s A_s + \phi_p A_p}{A_{tot}}$$

Si ha dunque:

TIPOLOGIA	SUPERFICIE	COEFF. AFFLUSSO
PERMEABILE (verde)	2727 mq	0,20
SEMIPERMEABILE (parcheggi e camminamenti grigliati)	784 mq	0,60
IMPERMEABILE (edifici, strade, marciapiedi)	1801 mq	0,90
TOTALE	5312 mq	0,49

L'ultima fase dell'analisi porta all'elaborazione dell'idrogramma di piena.

Tra i diversi metodi a disposizione, si è scelto il "metodo lineare della corrivazione – metodo razionale – ". Tale metodo schematizza il bacino come un insieme di canali lineari, tale cioè che il tempo di percorrenza del bacino sia un'invariante. È possibile quindi, almeno in via concettuale, tracciare le così dette linee isocorrive, che uniscono i punti del bacino ad ugual tempo di corrivazione. Da esse, infine, è possibile costruire la curva aree-tempi che rappresenta in ordinate le aree del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo di corrivazione, rappresentato in ascissa. Quest'ultimo, per una data superficie totale S , si definisce semplicemente tempo di corrivazione del bacino in esame t_c . Dalla curva aree-tempi è possibile dedurre l'IUH – Idrogramma Unitario Istantaneo – che assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{S} \cdot \frac{dS}{dt}$$

dove dS/dt è la derivata dalla curva aree tempi medesima.

Il tempo di corrivazione del bacino è il tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino stesso.

Esso è valutato indipendentemente dalla possibile interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua.

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

$$t_c = t_i + t_r$$

dove:

t_i = tempo di ingresso, cioè il tempo che impiega la particella d'acqua a giungere alla più vicina canalizzazione scorrendo in superficie,

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:

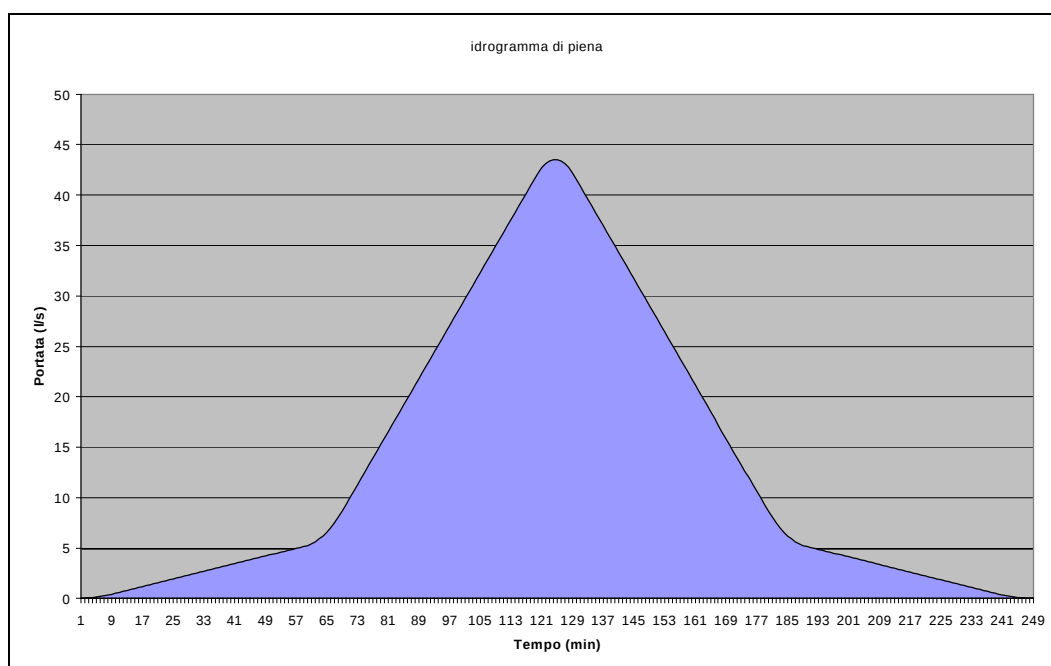
Descrizione del Bacino	t_i [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e frequenti caditoie stradali	<5
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	10-15
Aree residenziali estensive con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	20-30

Per il caso in esame si utilizza un t_i pari a 5 minuti.

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.

Il valore del tempo di corrivazione t_c è assunto pari a 10 minuti.

Si riportano di seguito l'idrogramma di piena calcolato con la procedura sopraesposta.



A questo punto è possibile a partire dai parametri pluviometrici (a,n) di progetto, dal coefficiente di deflusso e dal tempo di corrivazione, ottenere per il tempo di ritorno di 50 anni i volumi necessari alla laminazione delle portate di pioggia.

5.26.2 Stima delle misure compensative

Le acque meteoriche, derivanti dall'incremento delle superfici impermeabili, delle sole opere di urbanizzazione primaria, potranno essere gestite senza gravare sulla rete idrografica superficiale naturale o su condotte fognarie, attraverso trincee disperdenti, pozzi drenanti, invasi o bacini di laminazione.

Nel caso in esame si è deciso di gestire i volumi delle acque meteoriche prodotti dall'aumento delle superfici impermeabili mediante l'utilizzo di pozzi perdenti in combinazione con un invaso di laminazione.

Resta del tutto evidente che la possibilità di disperdere le acque nel sottosuolo è dipendente dalla compatibilità della qualità delle acque da scaricare.

Come riferito dalla Dgr n°1841 del 19/06/07 del D.G.R. n.2948 del 6 ottobre 2009 *"in caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge, 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"*.

Considerata la buona permeabilità dei terreni oggetto d'intervento approssimabile a 1×10^{-4} m/s, mediante un processo iterativo si sono scelte le seguenti misure compensative:

POZZI PERDENTI			
	Area lotti	Area parcheggi	Area strade
Diametro	1,0 m	1,5 m	1,5 m
Altezza filtrante pozzo	1,0 m	1,0 m	1,0 m
Altezza totale pozzo	2,0 m	2,0 m	2,0 m
Superficie laterale drenante	3,14 m ²	4,71 m ²	7,85 m ²
Permeabilità	0,0001 m/s	0,0001 m/s	0,0001 m/s
N° Pozzi	7	4	5
Portata totale massima in uscita (infiltrata) dai pozzi	2,198 l/s	1,884 l/s	2,355 l/s
Volume totale massimo invasato all'interno dei pozzi	10,99 m ³	14,13 m ³	17,66 m ³
BACINI DI INVASO (area posteriore dei lotti)			
Tirante max	0,30 m		
Volume totale massimo invasato all'interno dell'invaso	165 m ³		

La formula utilizzata per i pozzi perdenti è quella di Darcy:

$$Q = k \cdot i \cdot S$$

nella quale si ha:

Q portata drenata da ogni pozzo (m³/h)

K coefficiente di permeabilità, pari a 0,0001 m/s

i gradiente di infiltrazione, posto uguale a 1

S superficie disperdente (m²) pari in modo cautelativo alla metà della reale superficie drenante.

L'ultimo passaggio riassuntivo dell'analisi riguarda la determinazione dei volumi in gioco – in ingresso, in uscita ed invasati –.

Il volume specifico in entrata V_i vale:

$$V_i = Q_i \cdot t$$

dove:

V_i = volume affluente (m³);

Q_i = portata in ingresso secondo l'idrogramma di piena calcolato (l/s);

t = tempo (minuti).

Contemporaneamente, il volume infiltrato uscente V_u attraverso il sistema disperdente è calcolabile secondo la formula:

$$V_u = \sum k_i \cdot 3600 \cdot A_{drenantei} \cdot t_i$$

dove:

V_u = volume infiltrato dai dispositivi infiltranti (m^3);

K_i = permeabilità a seconda del tipo di sistema di drenaggio utilizzato (m/s);

t = tempo di percolazione (minuti);

A_c = area drenante a seconda del tipo di sistema di drenaggio utilizzato (m^2).

Il volume di stoccaggio V_s è dato dal massimo della differenza tra quello in ingresso e quello infiltrato uscente:

$$V_s = V_i - V_u \text{ (} m^3 \text{)}$$

L'area oggetto della trasformazione è stata suddivisa in tre zone e per ognuna è stata ideata un'apposita sistema di misure compensative:

✓ L'area dei parcheggi e strade: per quest'area si è pensato alla realizzazione di nove pozzi drenanti ($d=1,50m$) che fanno anche da bacino di accumulo; tali pozzi potrebbero essere collegati in serie o in parallelo o collocati lungo il percorso di raccolta dell'acqua. Inoltre l'acqua prima di entrare nei pozzi dovrà passare da una prima camera, accessibile per la pulizia, finalizzata alla separazione dei solido grossolani o di eventuali oli, e quindi ai pozzi, inoltre per favorire l'infiltrazione è stata prevista la realizzazione di una condotta drenante ($diam=500mm$) al di sotto del verde adiacente i parcheggi.

✓ L'area de lotto ovest: per quest'area si è pensato alla realizzazione di due pozzi drenanti ($d=1.0m$) che fanno in parte da bacino di accumulo; tali pozzi sono collegati ognuno ad un bacino di laminazione, che entra in azione solo nel caso in cui i pozzi non riescano drenare l'acqua in arrivo. Tale area di laminazione sarà a sezione triangolare profonda circa da 30 a 60 cm, in base a dove si decide di posizionarla, e larga circa 6,0m; l'importante è mantenere la volumetria dell'invaso che dovrà essere di 53-54mc. Ogni pozzo dovrà essere preceduto da una prima camera finalizzata alla separazione dei solido grossolani, accessibile per la pulizia, da qui le acque passano al pozzo.

✓ L'area de lotto est: per quest'area si è pensato alla realizzazione di cinque pozzi drenanti ($d=1.0\text{m}$) che fanno in parte da bacino di accumulo; tali pozzi sono collegati ognuno a due bacini di laminazione, che entrano in azione solo nel caso in cui i pozzi non riescano drenare l'acqua in arrivo. Tali bacini di laminazione potranno essere a sezione triangolare profondi circa 30cm al massimo e larghe circa 6,0m. forma e posizione dei bacini potrà essere variata, importante è mantenere costante la volumetria. Ogni pozzo dovrà essere preceduto da una prima camera finalizzata alla separazione dei solido grossolani, accessibile per la pulizia, da qui le acque passano al pozzo.

Il volume massimo invasato all'interno dal sistema progettato – invaso e pozzi - raggiunge i 205 m^3 , superiore al volume in ingresso pari a 203 m^3 , che se rapportati alla superficie dell'intera area soggetta a trasformabilità, determinano un volume specifico pari a circa $385\text{ m}^3/\text{ha}$.

6.CONCLUSIONI.

Per conto del proprietario Bazzani Giovanni, è stato redatto, uno studio geologico geomorfologico e Idrogeologico inerente i terreni interessati dal «Piano Urbanistico Attuativo di un'area residua - AR7 sita in Via Lazzaretto» riguardante il terreno sito nel comune di Verona, località Lazzaretto tra i numeri civici 145 e 147.

Il Progetto prevede la realizzazione su due lotti di sei edifici. Inoltre sarà realizzata sul lato meridionale un'area con parcheggi a servizio dell'area di progetto e una strada privata con accesso carraio e pedonale oltre al mantenimento di una strada sul lato est dell'area di intervento.

La presente relazione, redatta ai sensi del D.G.R. n.2948 del 6 ottobre 2009, si occuperà della gestione delle acque provenienti dalle superfici comuni, comprendenti strade, marciapiedi, verde pubblico, e dalle superfici dei lotti su cui verranno realizzate gli edifici in progetto, per un totale complessivo di circa 5312 mq.

Sulla base di una valutazione degli aspetti morfologici, litologici e territoriali che caratterizza l'area in progetto, è proposta una soluzione della gestione dello smaltimento delle acque meteoriche, per il conseguimento della sostanziale invarianza idraulica, mediante la realizzazione di opere di mitigazione quali invasi di laminazione e sistemi disperdenti.

L'indagine si è avvalsa ricerca di dati bibliografici e cartografici; delle osservazioni di campagna a seguito del rilievo geologico – geomorfologico, dei dati ricavati dall'analisi ed interpretazione di due prove di permeabilità eseguite in corrispondenza dell'area d'intervento, dei dati ricavati dall'analisi di sezioni del terreno disponibile nell'area circostante, e dei dati riguardanti la falda freatica ricavati anche grazie ad un pozzo presente in prossimità dell'area di intervento.

I dati reperiti in letteratura, il rilevamento idrogeologico di campagna e le indagini dirette con escavatore a braccio meccanico hanno evidenziato che:

- ✓ l'area dal punto di vista litologico è costituita, per i primi metri, materiali sciolti a granulometria prevalentemente ghiaio – sabbiosa, a buone caratteristiche di permeabilità;
- ✓ non sono stati riconosciuti condizioni di dissesto geologico ed idrogeologico;
- ✓ la zona non è soggetta a pericolosità idraulica;
- ✓ la falda freatica si trova in fase di piena ad una profondità di circa 3-4 metri dal piano campagna.

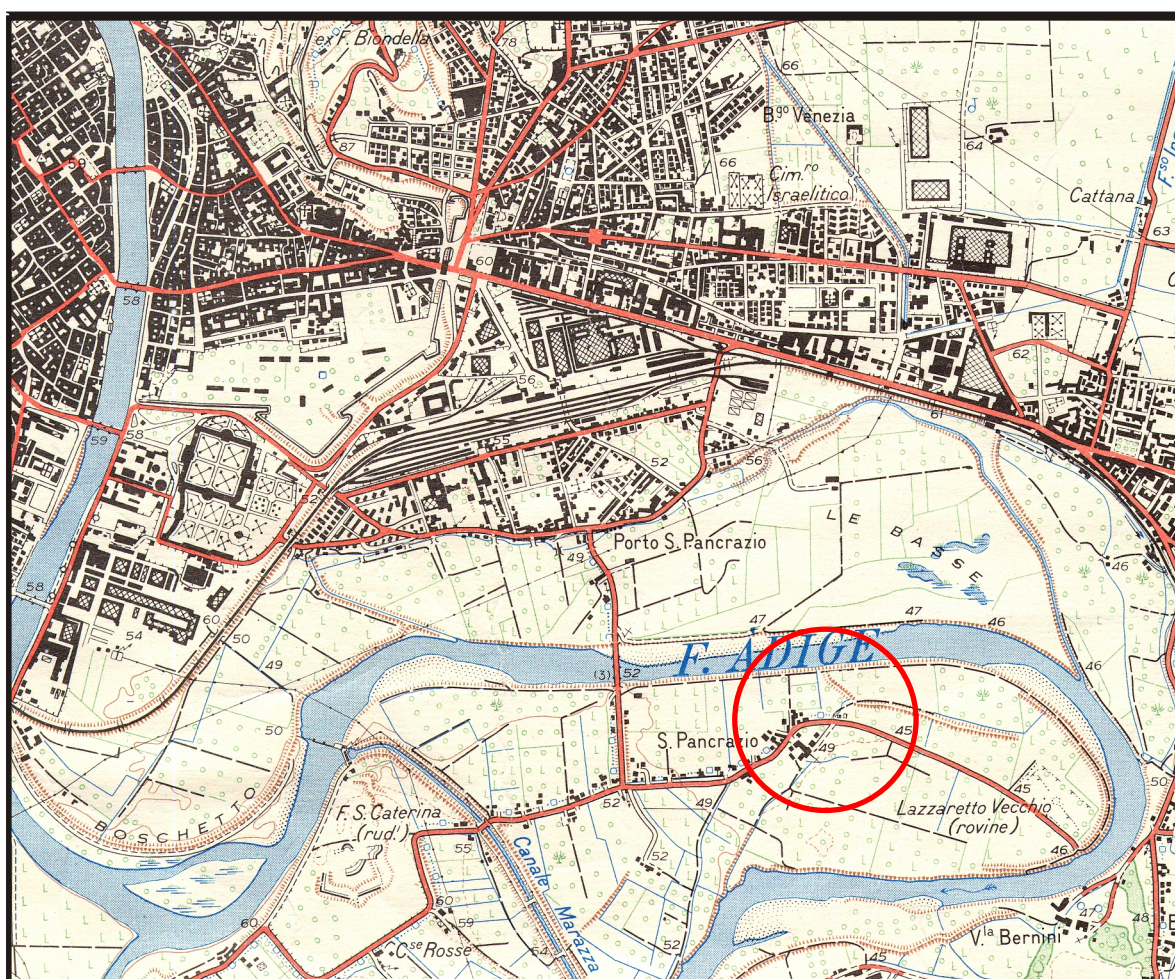
Per quanto riguarda le misure compensative in funzione delle prevedibili variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dell'area in esame, nella relazione è stato illustrato il dimensionamento di sistemi di laminazione ed infiltrazione, che sono in grado di gestire l'intero incremento di portata derivato dalla maggior impermeabilizzazione dell'area di intervento.

7.ALLEGATI.

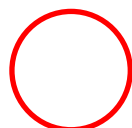
1.	COROGRAFIA	SCALA 1:25000
2.	INQUADRAMENTO	SCALA 1:5000
3.	AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA	
4.	AREE A RISCHIO IDRAULICO	
5.	PIANTA – SUDDIVISIONE SUPERFICI	SCALA 1:500.
6.	PIANTA – SISTEMA DI INVASO DISPERSIONE	SCALA 1:500.

COROGRAFIA

scala 1:25000



LEGENDA

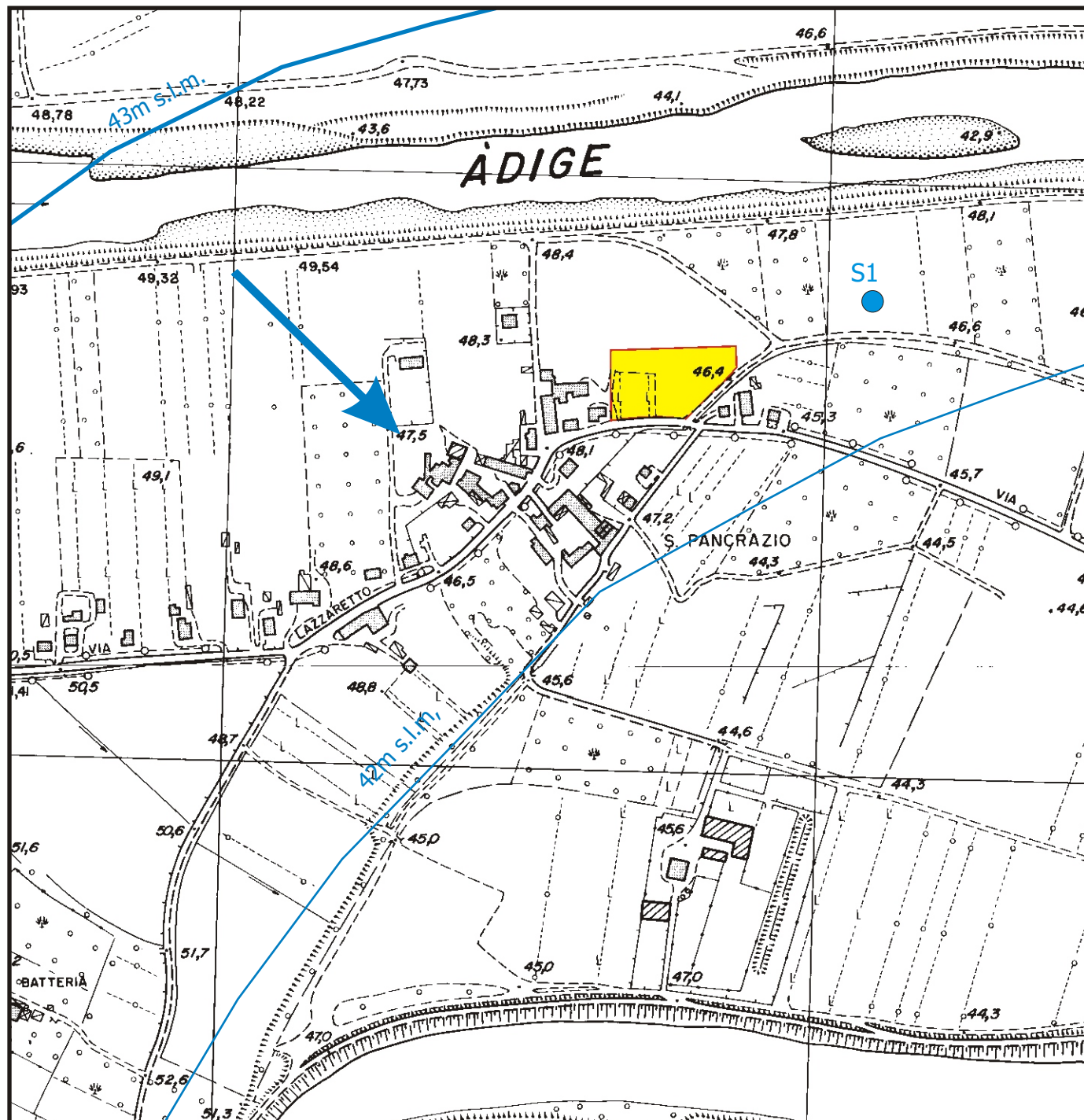


Area d'indagine

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO e IDROGEOLOGICO

Carte Tecnica Regionale

scala 1:5000



LEGENDA



Area d'intervento



Ubicazione stratigrafia

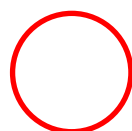
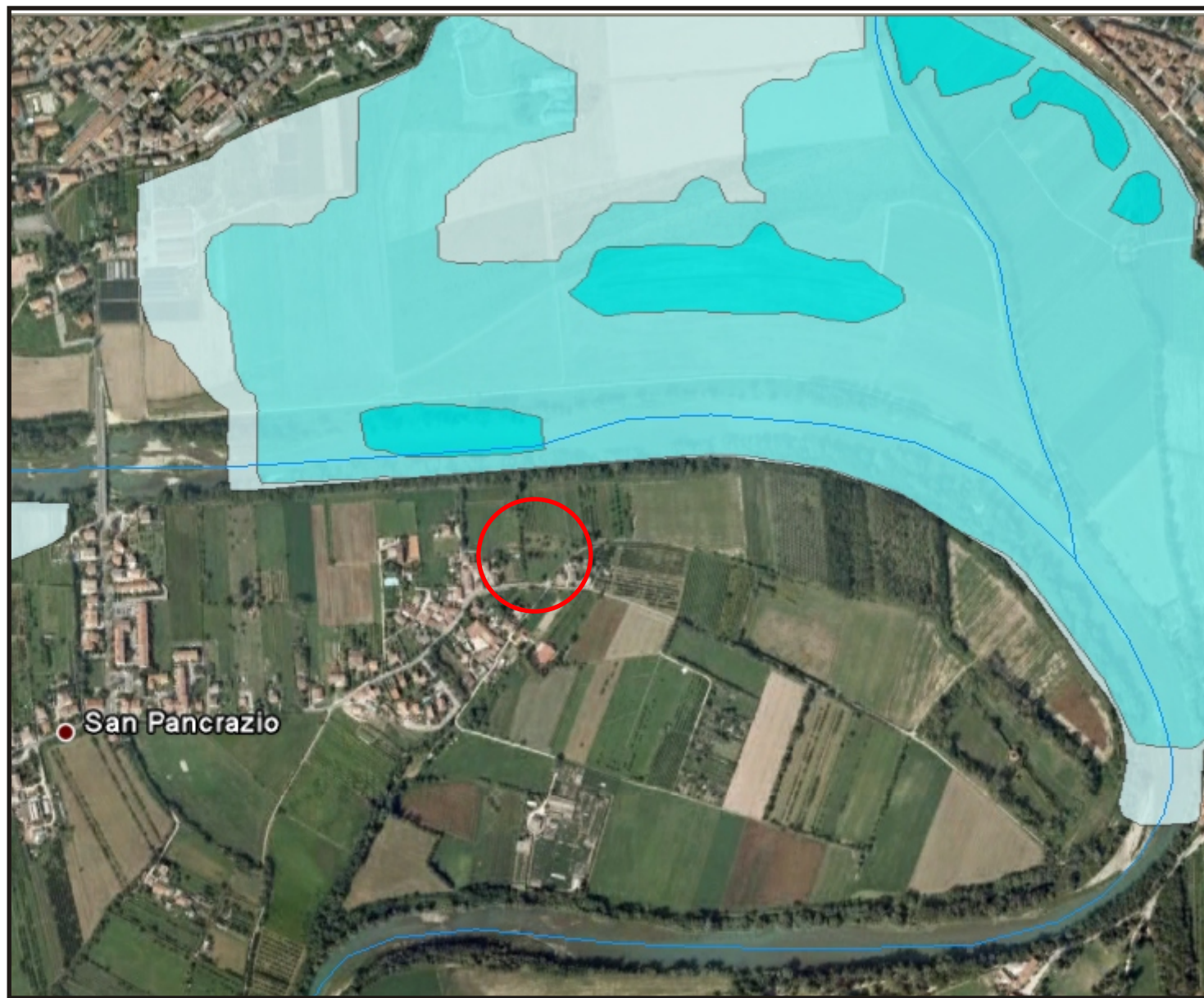


Isofreatiche



Direzione di deflusso sotterraneo

**PIANO DI STRALCIO
PER LA TUTELA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
BACINO DELL'ADIGE
Perimetrazione delle aree
a diverso grado di pericolosità idraulica**



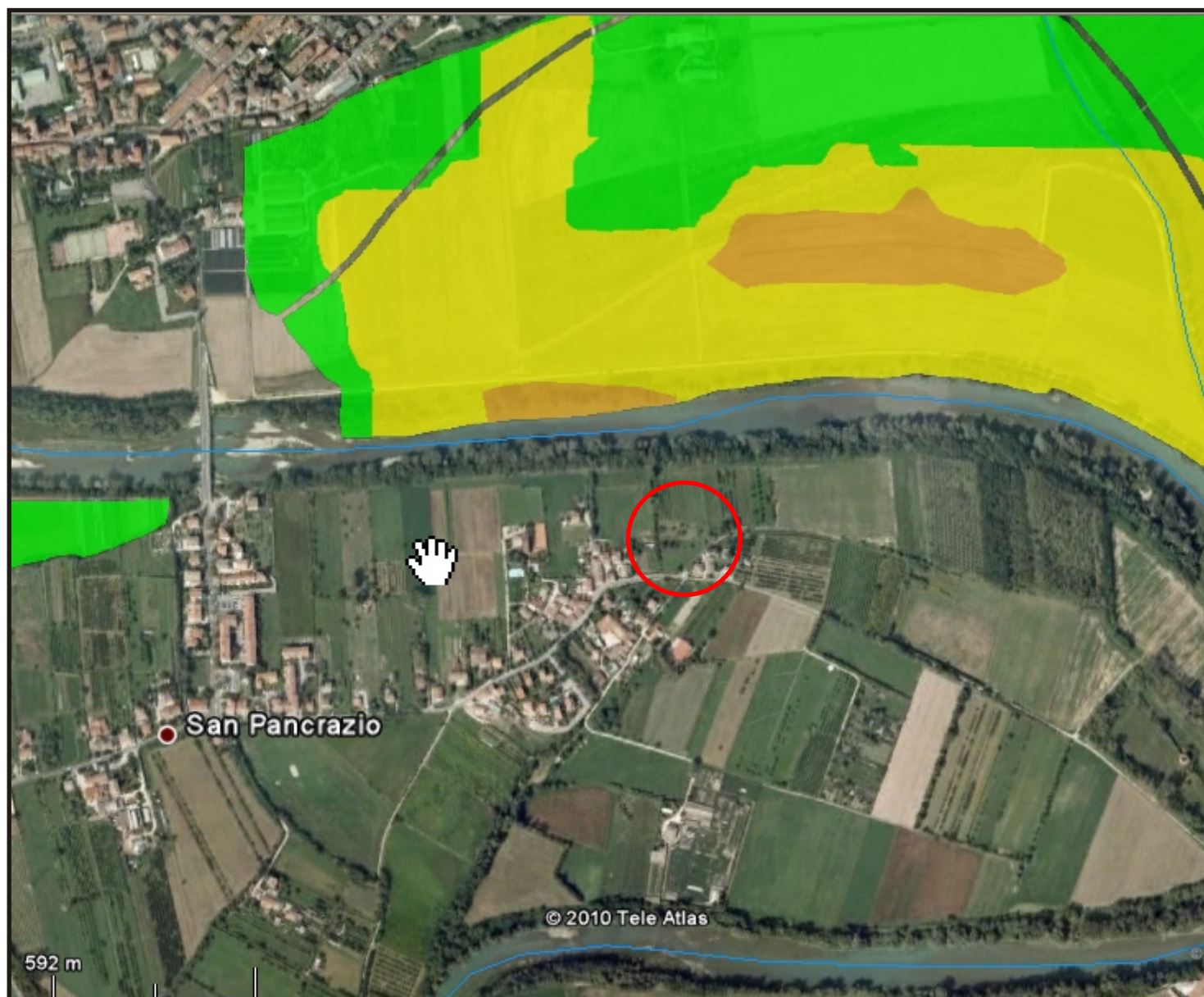
LEGENDA

Area d'indagine

Classi di pericolosità idraulica (Q30-Q100-Q200)(*)

	Pericolosità molto elevata $h_{30} > 1m$ $v_{30} > 1m/s$
	Pericolosità elevata $1m > h_{30} > 0.5m$ $h_{100} > 1m$ $v_{100} > 1m/s$
	Pericolosità media $h_{100} > 0m$
	Pericolosità moderata $h_{200} > 0m$

**PIANO DI STRALCIO
PER LA TUTELA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO
BACINO DELL'ADIGE
Perimetrazione delle aree
a diverso grado di rischio idraulico**

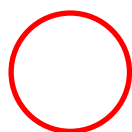


VALUTAZIONE DEI
LIVELLI DI
RISCHIO IDRAULICO

PERICOLOSITA' IDRAULICA [Q30 - Q100 - Q200] (*)

MOLTO ELEVATA	ELEVATA	MEDIA	MODERATA
$h_{30} > 1 \text{ m}$ $v_{30} > 1 \text{ m/s}$	$1 \text{ m} > h_{30} > 0.5 \text{ m}$ $h_{100} > 1 \text{ m}$ $v_{100} > 1 \text{ m/s}$	$h_{100} > 0 \text{ m}$	$h_{200} > 0 \text{ m}$

LEGENDA



Area d'indagine

DANNO POTENZIALE	GRAVE	zone residenziali, insediamenti produttivi, viabilità principale, linee ferroviarie, life lines, edifici pubblici, zone residenziali e produttive di espansione	R4	R4	R2	R2
	MEDIO	aree a vincolo ambientale o paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune (sport e tempo libero, parcheggi, ...)	R3	R3	R2	R1
	MODERATO	vigneti, frutteti	R2	R2	R1	R1
	BASSO	seminativi	R1	R1	R1	R1

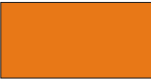
PIANTA
SUDDIVISIONE SUPERFICI

scala 1:500

LEGENDA



Aree drenanti



Aree parzialmente drenanti



Aree impermeabilizzate



Area di proprietà



Area di ambito P.I. AR7



PIANTA
SISTEMA DI INVASO DISPERSIONE

scala 1:500

LEGENDA



Area di laminazione



Pozzo drenante



Condotta disperdente



Area di proprietà



Area di ambito P.I. AR7



