



studio di geologia rigo perricone

**Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia
Provincia di Udine
Comune di Tavagnacco**

**STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA AI FINI DELL'INVARIANZA
IDRAULICA**

**VARIANTE NON SOSTANZIALE AL P.A.C. DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO
"AMBITO A" SITO A TAVAGNACCO, redatta ai sensi della L.R. 05/2007 art. 63 sexies**

Committente: SEBAH S.R.L, Rigo Pietro e Rigo Stefano

Cividale del Friuli, 13/11/2023

Dott. Geol. Davide Rigo

Dott Geol. Luigi Perricone

STUDIO DI GEOLOGIA RIGO PERRICONE
Viale Libertà 28 corte 3 int. 8 - 33043 Cividale del Friuli (UD)
Fax 0432.1840248 – E-mail: studiorigoperricone@gmail.com
P.IVA / C.F. 02559330309

• **Indice generale**

1 Premessa.....	3
2 Descrizione della trasformazione oggetto dello studio di compatibilità idraulica e delle caratteristiche dei luoghi.....	3
2.1 Ubicazione della proposta trasformazione.....	3
2.2 Descrizione generale dei luoghi.....	3
2.3 Descrizione della trasformazione e delle caratteristiche dei luoghi.....	5
2.4 Descrizione della tipologia di trasformazione e dell'uso del suolo <i>ante</i> e <i>post operam</i>	5
2.5 Eventuali pareri pregressi relativamente all'invarianza idraulica.....	9
2.6 Eventuali vincoli sull'area oggetto di trasformazione o in aree contermini.....	9
2.7 Altre informazioni utili.....	9
3 Valutazione delle caratteristiche dei luoghi ai fini della determinazione delle misure compensative caratteristiche della rete drenante esistente.....	9
3.1 Rete di drenaggio esistente (<i>ante operam</i>).....	9
3.2 Valutazione delle criticità idrologiche ed idrauliche attuali.....	9
3.3 Determinazione dei coefficienti di defflusso Ψ e Ψ_{medio}	10
3.4 Analisi pluviometrica.....	11
3.5 Ente competente e coefficiente udometrico.....	11
3.6 Calcoli idrologici/idraulici.....	11
3.6.1 Metodo del serbatoio lineare.....	13
3.6.2 Metodo delle sole piogge.....	15
3.6.3 Metodo della corrivazione o cinematico.....	15
3.6.4 Calcolo dei volumi.....	16
3.7 Aspetti idrogeologici.....	17
3.8 Misure compensative e/o di mitigazione del rischio idraulico proposte.....	17
3.8.1 Bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione.....	17
3.8.1.1 Verifica e dimensionamento dei pozzi drenanti.....	17
3.8.2 Bacino 2 – Area adibita a parcheggio.....	19
3.8.2.1 Verifica e dimensionamento dei pozzi drenanti.....	19
3.8.3 Bacino 3 – Area verde con percorsi ciclabili e pedonali.....	20
3.8.3.1 Verifica e dimensionamento della trincea drenante.....	21
3.8.4 Bacino 4 – Viabilità pubblica e parcheggi privati.....	23
3.9 Note sul posizionamento dei dispositivi idraulici.....	23
3.10 Piano di manutenzione.....	23
4 Indicazioni e prescrizioni per il rispetto dell'invarianza idraulica.....	24
5 Conclusioni dello studio.....	27
• Allegati:	
• <i>Corografia dell'area di indagine</i> (in scala 1:5.000)	
• <i>Tavola del coefficiente di afflusso in condizioni ANTE OPERAM</i> (in scala 1:1000)	
• <i>Tavola del coefficiente di afflusso in condizioni POST OPERAM</i> (in scala 1:1000)	
• <i>Ubicazione dei dispositivi idraulici (bacini 1-3)</i> (in scala 1:750)	
• <i>Sezione pozzo perdente</i> (non in scala)	
• <i>Explicitazione dei calcoli delle grandezze idrologiche e idrauliche</i>	

1 Premessa

Il presente Studio di compatibilità idraulica ai fini dell'invarianza idraulica relativa alla "VARIANTE NON SOSTANZIALE AL P.A.C. DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO "AMBITO A" SITO A TAVAGNACCO, redatta ai sensi della L.R. 05/2007 art. 63 sexies" rappresenta un documento di carattere idrologico/idraulico volto a dimostrare, per la trasformazione di tipo urbanistico-territoriale in progetto, il rispetto del principio di invarianza idraulica, per un assegnato tempo di ritorno, al fine di attuare le politiche di contenimento di consumo del suolo.

A tal proposito si fa riferimento al documento tecnico "Metodi e criteri per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica nella Regione Friuli Venezia Giulia", allegato al Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque) e successive modifiche introdotte con l'art. 9 della L.R. n. 6 del 29/04/2019.

2 Descrizione della trasformazione oggetto dello studio di compatibilità idraulica e delle caratteristiche dei luoghi

2.1 Ubicazione della proposta trasformazione

L'area oggetto di studio si situa nel quadrante settentrionale del comune di Tavagnacco in corrispondenza del centro abitato del capoluogo (si veda l'allegato *Corografia dell'area di indagine*); risulta delimitata a nord da strada privata, a ovest da terreni agricoli, a est da Via Tricesimo e, a sud, dal parco annesso all'Albergo Ristorante "Al Parco". L'accesso è garantito dalla rotatoria nella porzione sud-est del sito. Risulta catastalmente censita al foglio 11 mappali 536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547 e 548 per una superficie totale misurata di 19725 m².

2.2 Descrizione generale dei luoghi

Il lotto si presenta di forma approssimabile ad un rettangolo con asse principale che si sviluppa in direzione nord-sud; la morfologia dell'area è piuttosto irregolare con la presenza di un alto morfologico nel quadrante nord occidentale degradante verso sud, con una differenza di quota superiore a 5 m (si veda fig. 1).

L'area è suddivisa, lungo la direzione nord-sud, in due porzioni da un tratturo leggermente incassato rispetto alle zone contermini; in termini idraulici esso rappresenta un evidente impluvio, essendo elemento di raccolta e allontanamento del deflusso superficiale verso la parte meridionale del comparto.

Considerato l'utilizzo finale dell'area e la relativa gestione del deflusso superficiale delle acque meteoriche, si è deciso di suddividere il lotto in 4 bacini distinti che quindi verranno trattati separatamente ai fini del presente studio.

In particolare i bacini sono così definiti (si veda fig. 2):

	Denominazione	Superficie di riferimento [m ²]	Livello di significatività
1	Area oggetto di futura edificazione	10100	ELEVATO
2	Area adibita a parcheggio	2233	MODERATO
3	Area verde con percorsi ciclabili e pedonali	6026	MEDIO
4	Viabilità pubblica e parcheggi privati	863	CONTENUTO

L'area indicata con "0" in figura 2, per quanto compresa nel PAC, non viene considerata nello studio in quanto non oggetto di alcuna trasformazione.

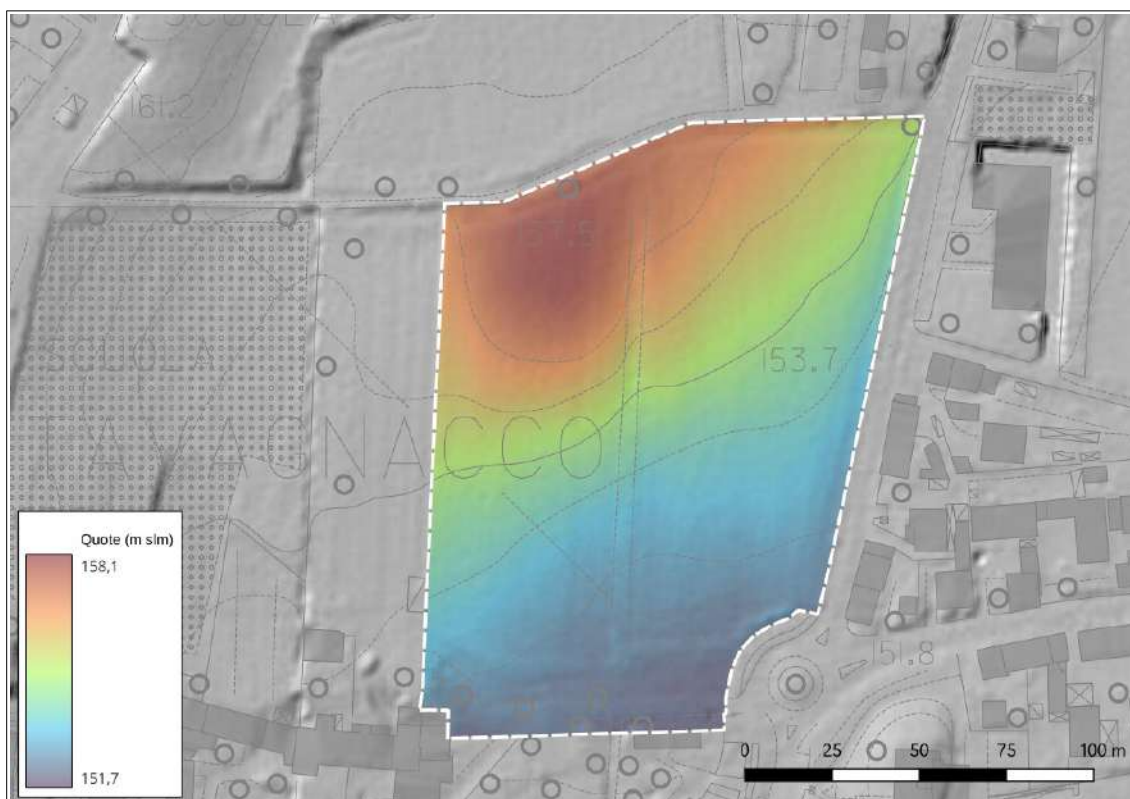


Fig. 1 – Delimitazione area PAC su base CTR e modello digitale del terreno



Fig. 2 – Distinzione dei bacini

La superficie complessiva dei quattro bacini sarà pari a 19222 m².

2.3 Descrizione della trasformazione e delle caratteristiche dei luoghi

La trasformazione consiste in un intervento urbanistico denominato "VARIANTE NON SOSTANZIALE AL P.A.C. DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO "AMBITO A" SITO A TAVAGNACCO, redatta ai sensi della L.R. 05/2007 art. 63 sexies"; a seguito degli interventi progettuali previsti l'area subisce una parziale impermeabilizzazione.

Il presente PAC interessa una superficie di 19725 m² (area di studio pari a 19222 m²). La soluzione progettuale proposta è quella che meglio sposa le esigenze dei Proponenti e dell'Amministrazione Pubblica, garantendo la riqualificazione dell'area in termini urbanistici e ambientali.

In particolare il progetto si articola nei seguenti interventi:

- realizzazione di una viabilità pubblica a fondo cieco che consente di accedere al comparto e alla sua articolazione interna (lotti e viabilità privata); la viabilità sarà completata da parcheggi pubblici e privati;
- parcheggio pubblico e relativo spazio di manovra posizionati all'ingresso dell'area nella porzione sud-est del comparto; si prevedono 86 stalli rivestiti in masselli in cls seminabili;
- ampi spazi dedicati al verde pubblico in cui verranno messe a dimora piante di varie essenze, preferibilmente autoctone; la zona verde sarà inoltre opportunamente attrezzata e organizzata con un percorso pedonale (lungo il tracciato dell'attuale tratturo) rivestito in pietrisco di cava e con una pista ciclabile, oltre a quella già esistente, che si svilupperà lungo il limite orientale del comparto rivestita in conglomerato bituminoso;
- la distinzione di tre lotti edificabili capaci di ospitare presumibilmente 17 unità abitative nel complesso.

2.4 Descrizione della tipologia di trasformazione e dell'uso del suolo *ante e post operam*

La superficie destinata alla trasformazione descritta è attualmente costituita quasi interamente da fondo incolto (superficie di circa 16945 m²) in cui sono si distinguono, per i diversi bacini, (per il riferimento cartografico si veda in allegato la *tavola dei coefficienti di afflusso in condizioni ante operam*) le seguenti tipologie di superfici:

Bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
1.1	Area incolta	10100	0.25

Bacino 2 – Area adibita a parcheggio

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
2.1	Area incolta	1849	0.25
2.2	Area inghiaata	353	0.45
2.4	Superficie cementata	31	0.85

Bacino 3 – Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
3.1	Area incolta	4912	0.25
3.2	Area inghiaata	44	0.45
3.3	Area verde	778	0.30
3.5	Pista ciclabile	292	0.75

Bacino 4 – Viabilità pubblica e parcheggi privati

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
4.1	Area incolta	82	0.25
4.2	Area inghiaata	781	0.45

La tabella che segue riporta le superfici di trasformazione previste da progetto per i singoli bacini (si veda l'allegata *tavola dei coefficienti di afflusso in condizioni post operam*). Per l'Area adibita ad edificazione si è ritenuto di applicare, con approccio cautelativo, un coefficiente di afflusso di 0.60.

Bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
1.1.1	Area adibita ad edificazione	6583	0.60
1.1.2	Area adibita ad edificazione	916	0.60
1.1.3	Area adibita ad edificazione	1015	0.60
1.2.1	Area asfaltata	1307	0.85
1.3.1	Parcheggi	57	0.65
1.3.2	Parcheggi	25	0.65
1.3.3	Parcheggi	31	0.65
1.3.4	Parcheggi	38	0.65
1.3.5	Parcheggi	25	0.65
1.3.6	Parcheggi	50	0.65
1.3.7	Parcheggi	25	0.65
1.3.8	Parcheggi	29	0.65

Bacino 2 – Area adibita a parcheggio

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
2.2.1	Area asfaltata	859	0.85
2.3.1	Parcheggi	234	0.65
2.3.2	Parcheggi	383	0.65
2.3.3	Parcheggi	213	0.65
2.3.4	Parcheggi	89	0.65
2.3.5	Parcheggi	187	0.65
2.4.1	Area verde	165	0.20
2.4.2	Area verde	42	0.20
2.5.1	Superficie cementata	32	0.85
2.5.2	Superficie cementata	14	0.85
2.5.3	Superficie cementata	15	0.85

Bacino 3 – Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
3.4.1	Area verde	777	0.20
3.4.2	Area verde	3399	0.20
3.4.3	Area verde	231	0.20
3.4.4	Area verde	475	0.20
3.4.5	Area verde	128	0.20
3.4.6	Area verde	117	0.20
3.6.1	Pista ciclabile in porfido	292	0.75
3.7.1	Pista ciclabile in asfalto	324	0.85
3.8.1	Camminamento pedonale	181	0.65
3.8.2	Camminamento pedonale	102	0.65

Bacino 4 – Viabilità pubblica e parcheggi privati

Rif. cartografico	Tipologia superficie	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
4.2.1	Area asfaltata	417	0.85
4.3.1	Parcheggi	50	0.65
4.3.2	Parcheggi	111	0.65
4.4.1	Area verde	26	0.20
4.4.2	Area verde	13	0.20
4.5.1	Rivestimento in porfido	246	0.75

Le figure 3 riassumono graficamente la situazione di confronto fra *ante* e *post operam*, per ogni singolo bacino.

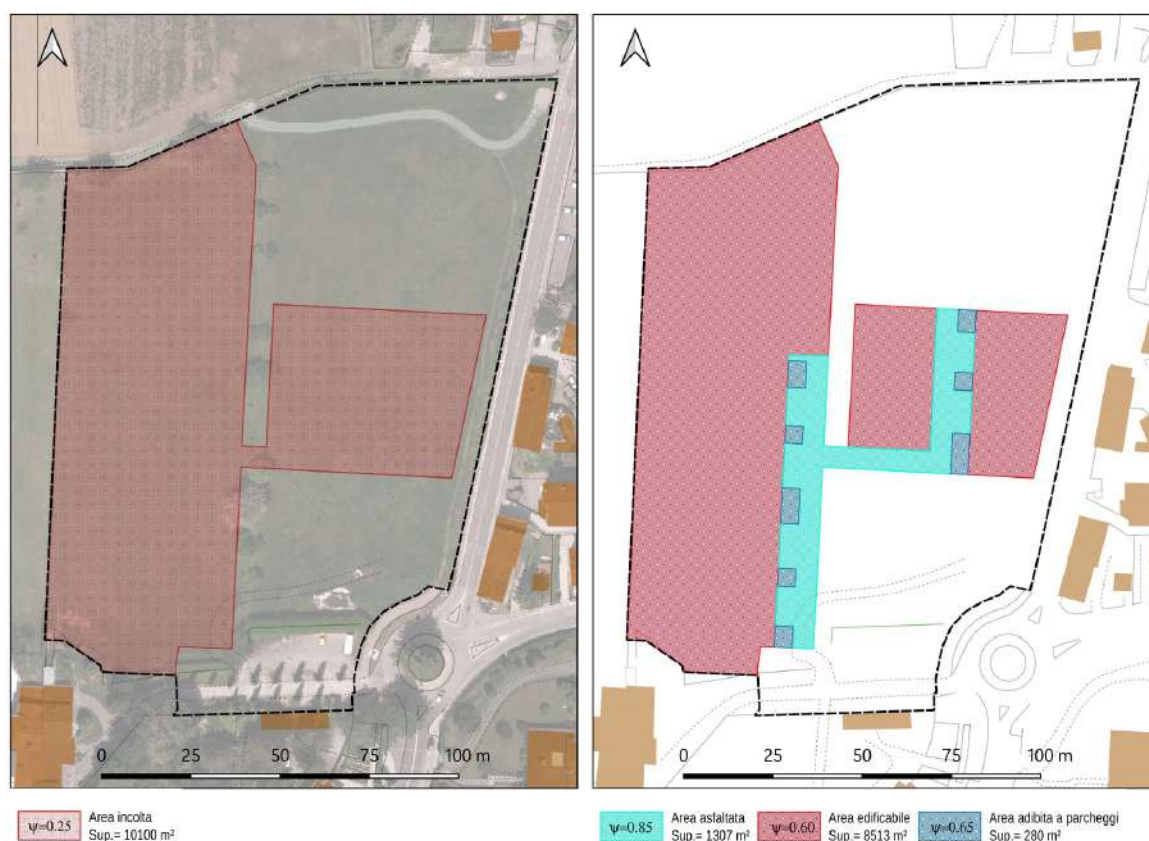


Fig. 3A – Bacino 1 "Area oggetto di futura edificazione". *Ante operam* a sinistra, *post operam* a destra

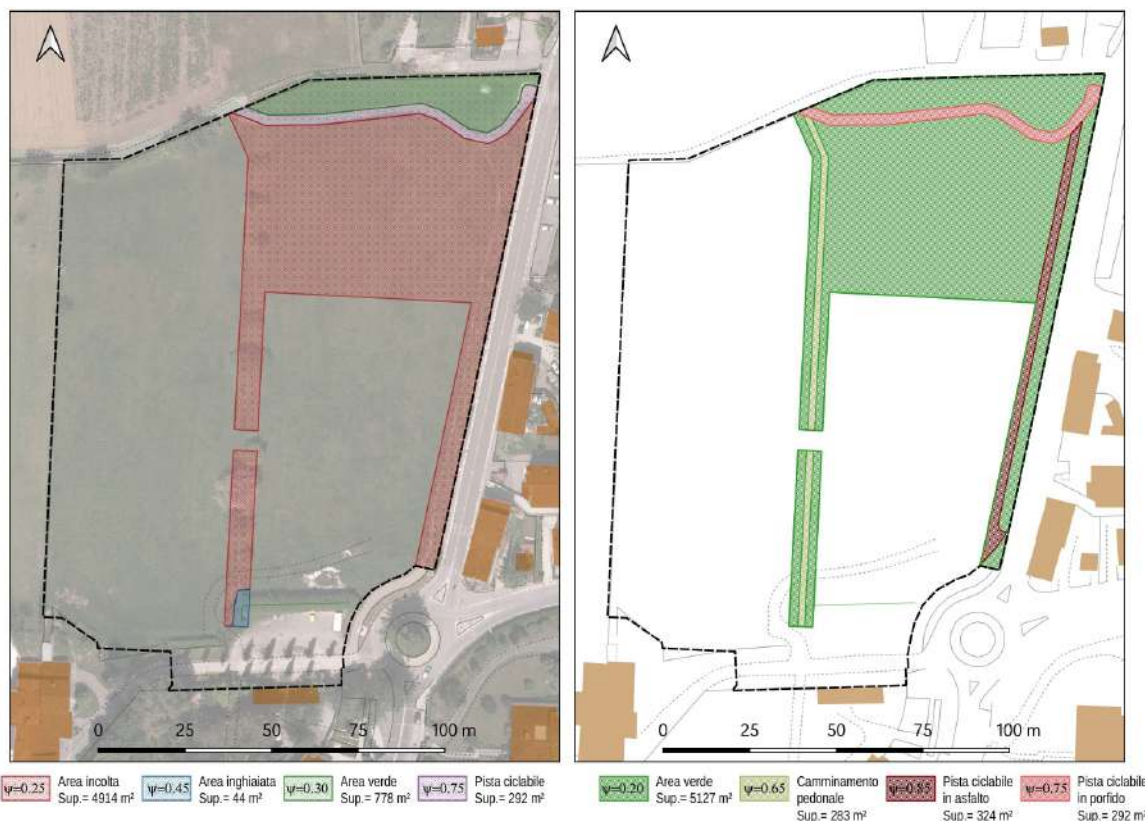
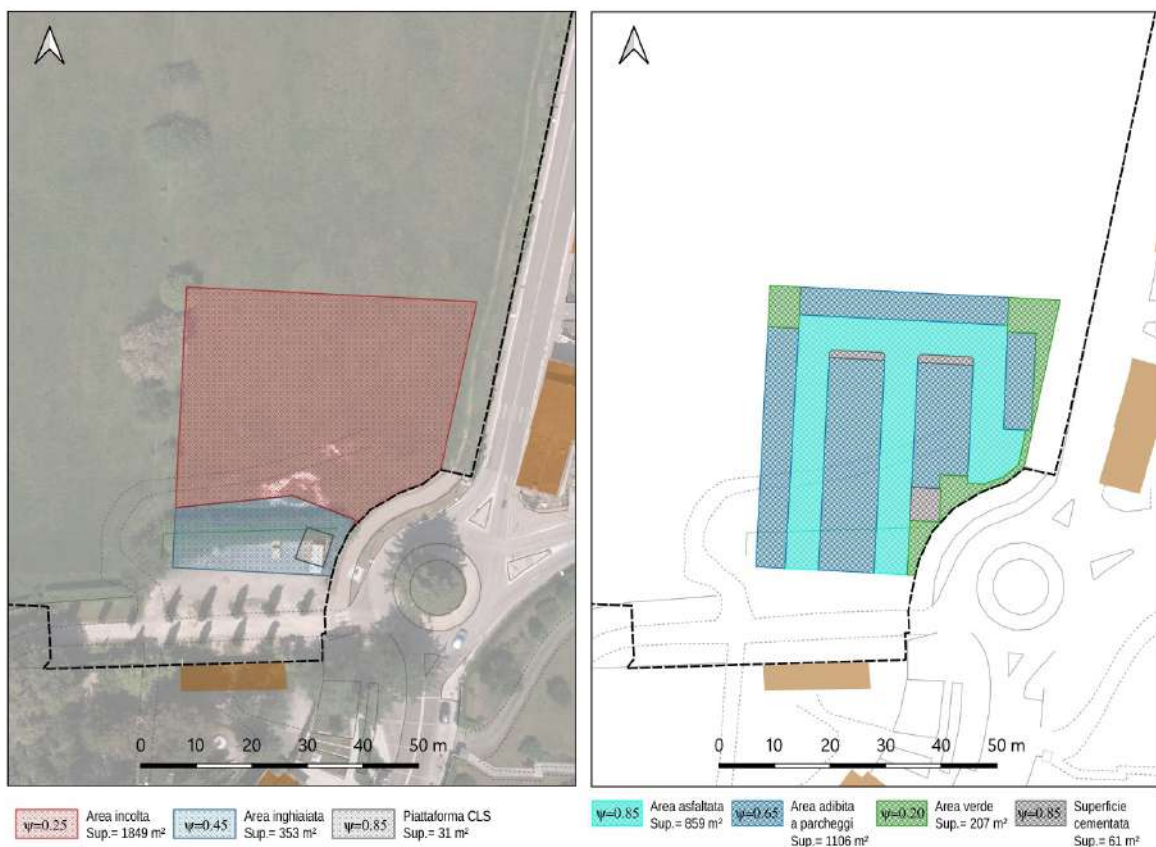


Fig. 3C – Bacino 3 “Area verde con percorsi ciclabili e pedonali”. Ante operam a sinistra, post operam a destra



Fig. 3D – Bacino 4 “Viabilità pubblica e parcheggi privati”. *Ante operam* a sinistra, *post operam* a destra

2.5 Eventuali pareri pregressi relativamente all’invarianza idraulica

Nulla da evidenziare.

2.6 Eventuali vincoli sull’area oggetto di trasformazione o in aree contermini

Il territorio è interessato dal Piano Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA, tav. S37. L’area oggetto di trasformazione non ricade in alcuna classe di pericolosità idraulica. Inoltre il sito non rientra fra gli areali vincolati ai sensi del R.D. 3267/1923.

2.7 Altre informazioni utili

Assenti.

3 Valutazione delle caratteristiche dei luoghi ai fini della determinazione delle misure compensative caratteristiche della rete drenante esistente

3.1 Rete di drenaggio esistente (*ante operam*)

Sulla porzione attualmente inghiaata, posta nel quadrante meridionale dell’area ed adibita a parcheggio, è presente un sistema di raccolta tramite pluviali e allontanamento con recapito finale in fognatura; come anticipato in precedenza, per la restante area, la morfologia e conformazione del sito fanno sì che il tratturo centrale rappresenti un’area di accumulo e scorrimento verso sud del deflusso superficiale.

3.2 Valutazione delle criticità idrologiche ed idrauliche attuali

Assenti.

3.3 Determinazione dei coefficienti di deflusso Ψ e Ψ_{medio}

Nel seguito si riportano le tabelle con la determinazione dei coefficienti di afflusso Ψ e Ψ_{medio} ponderale calcolato (*ante operam* e *post operam*) per i singoli bacini:

Bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione

Uso del suolo	ANTE OPERAM		POST OPERAM	
	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
Area incolta	10100	0.25	-	-
Area adibita ad edificazione	-	-	8513	0.60
Area asfaltata	-	-	1307	0.85
Parcheggi	-	-	280	0.65
afflusso medio ponderale	0.25		0.63	

Bacino 2 – Area adibita a parcheggio

Uso del suolo	ANTE OPERAM		POST OPERAM	
	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
Area incolta	1849	0.25	-	-
Area inghiaiaata	353	0.45	-	-
Superficie cementata	31	0.85	61	0.85
Parcheggi	-	-	1106	0.65
Area verde	-	-	207	0.30
Area asfaltata	-	-	859	0.85
afflusso medio ponderale	0.29		0.70	

Bacino 3 – Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Uso del suolo	ANTE OPERAM		POST OPERAM	
	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
Area incolta	4912	0.25	-	-
Area inghiaiaata	44	0.45	-	-
Area verde	778	0.30	5127	0.30
Pista ciclabile in porfido	-	-	292	0.85
Pista ciclabile in asfalto	-	-	324	0.20
Camminamento pedonale	-	-	283	0.65
afflusso medio ponderale	0.28		0.37	

Bacino 4 – Viabilità pubblica e parcheggi privati

Uso del suolo	ANTE OPERAM		POST OPERAM	
	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso	Superficie (m ²)	Coefficiente di afflusso
Area incolta	82	0.25	-	-
Area inghiaiaata	781	0.45	-	-
Area verde	-	-	39	0.30
Area asfaltata	-	-	417	0.85
Parcheggi	-	-	161	0.65
Rivestimento in porfido	-	-	246	0.75
afflusso medio ponderale	0.28		0.76	

3.4 Analisi pluviometrica

Lo studio di compatibilità idraulica relativo all'applicazione del principio dell'invarianza idraulica viene corredato di un'analisi pluviometrica eseguita grazie all'utilizzo del software *RainMap FVG* contenente la regionalizzazione del regime pluviometrico. *RainMap FVG* fornisce le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) e la rappresentazione tabellare delle precipitazioni massime orarie attese, in funzione della durata e del tempo di ritorno per l'area in esame. Sebbene l'area PAC sia distinta in quattro bacini si considera un'unica analisi perché i parametri risultanti sarebbero comunque gli stessi.

Le LSPP possono essere riassunte nella seguente equazione:

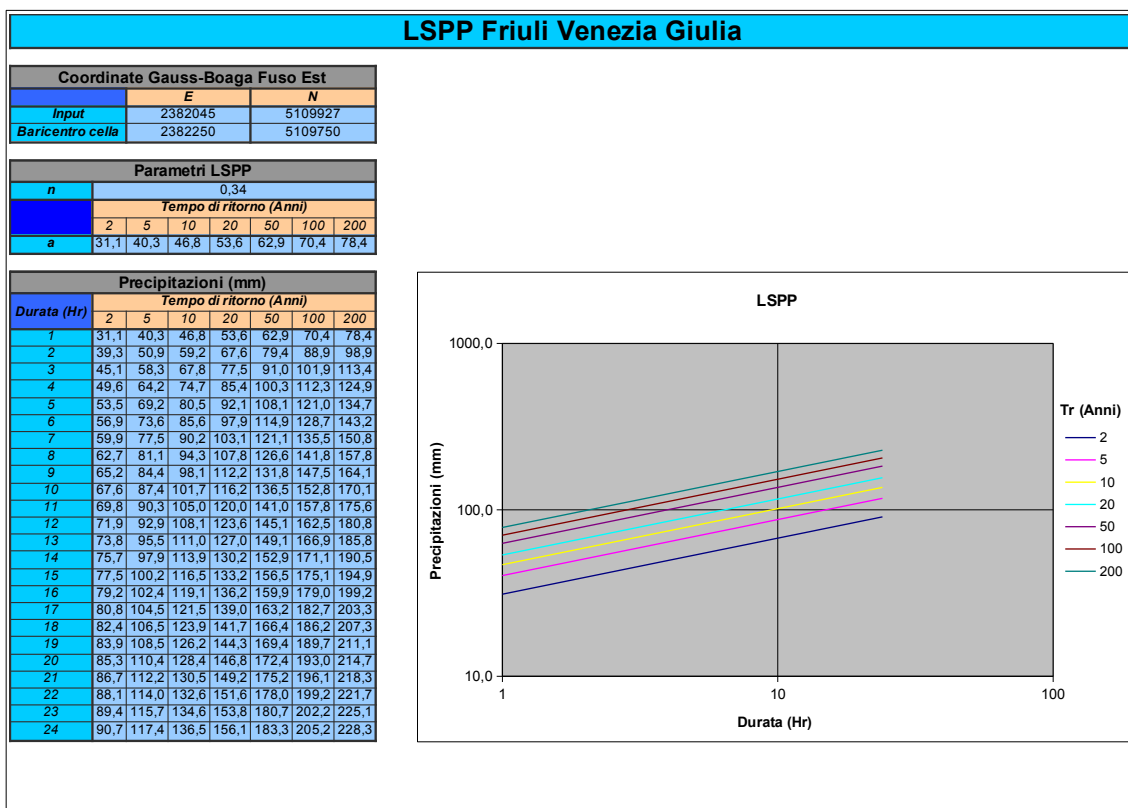
$$h = at^n$$

dove:

h = altezza della precipitazione attesa (mm)

a = coeff. pluviometrico orario (funzione del $Tr=200$ ed espresso in mm/ora^n)

n = coefficiente di scala (assunto scala-invariante nel modello utilizzato)



Per il tempo di ritorno di 200 anni:

$a = 78.363$

$n = 0.3365$

$n' = 0.4487$

3.5 Ente competente e coefficiente udometrico

L'ente competente in virtù del livello di significatività è la Regione FVG. Non è indicato alcun coefficiente udometrico.

3.6 Calcoli idrologici/idraulici

I livelli di significatività indicati in precedenza comportano la determinazione dei volumi di invaso utilizzando la soluzione più conservativa fra i seguenti metodi di calcolo idrologico-idraulico proposti dall'allegato 1:

1. Metodo del serbatoio lineare (Paoletti-Rege Gianas, 1979);

2. Metodo delle sole piogge;
3. Metodo cinematico o della corrivazione (Alfonsi-Orsi, 1967).

Alla base dei calcoli sono stati utilizzati i dati di input riportati nella tabella seguente:

DATI DI INGRESSO			Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3	Bacino 4
Superficie di riferimento	[ha]	S	1.0100	0.2233	0.6026	0.0863
Coefficiente udometrico Ente Gestore	[l/s ha]	u_{max}	-	-	-	-
Tempo di entrata nel sistema (*)	[s]	t_e	113.26	94.65	101.63	-
Tempo di rete (**)	[s]	t_r	260	140	280	-
Quota max	[m]		158.1	153.3	157.5	-
Quota min	[m]		152.2	152.0	152.5	-
Lunghezza collettore massimo	[m]	l_{max}	130	70	140	-
Pendenza		s	0.0454	0.0186	0.0357	-
Tempo di corrivazione	[ore]	θ_c	0.1037	0.0652	0.1060	-
Costante di invaso	[ore]	k	0.0726	0.0456	0.0742	-
Parametro della curva pluviometrica		n		0.3365		
Parametro della curva pluviometrica (frazione oraria)		n'		0.4487		
Coefficiente pluviometrico orario	[mm/ora ⁿ]	a		78.363		
Coefficiente di afflusso <i>ante operam</i>		ψ_0	0.25	0.29	0.28	0.28
Coefficiente di afflusso <i>post operam</i>		ψ	0.63	0.70	0.37	0.76

(*) Per quanto riguarda la scelta del tempo di entrata nel sistema (t_e) si è fatto riferimento alla seguente formula (Cancelliere A., 2010):

$$t_e = \left(\frac{3600^{\frac{(n'-1)}{4}} \cdot 120 \cdot S^{0.3}}{S^{0.375} \cdot (a \cdot \Psi)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{(n'+3)}}$$

Per il bacino 1:

$$t_e = \left(\frac{3600^{\frac{(0.4487-1)}{4}} \cdot 120 \cdot 1.01^{0.3}}{0.0454^{0.375} \cdot (78.4 \cdot 0.25)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{(0.4487+3)}} = 113.26 \text{ sec}$$

Per il bacino 2:

$$t_e = \left(\frac{3600^{\frac{(0.4487-1)}{4}} \cdot 120 \cdot 0.2233^{0.3}}{0.0186^{0.375} \cdot (78.4 \cdot 0.29)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{(0.4487+3)}} = 94.65 \text{ sec}$$

Per il bacino 3:

$$t_e = \left(\frac{3600^{\frac{(0.4487-1)}{4}} \cdot 120 \cdot 0.6026^{0.3}}{0.0357^{0.375} \cdot (78.4 \cdot 0.28)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{(0.4487+3)}} = 101.63 \text{ sec}$$

dove:

- S superficie espressa in ettari
- s pendenza media dell'area
- a coefficiente pluviometrico orario (funzione del tempo di ritorno ed espresso in mm/oraⁿ)
- n' coefficiente di scala (assunto scala-invariante nel modello utilizzato)
- ψ coefficiente di afflusso *ante operam*

(**) Il tempo di rete (t_r) è dato dal rapporto fra la lunghezza massima del collettore e la velocità della particella d'acqua, stimata in 0.5 m/s.

Il tempo di corrivazione può essere assunto come la somma del tempo di entrata e quello di rete.

3.6.1 Metodo del serbatoio lineare

Tale procedura si basa sull'ipotesi che il bacino a monte dell'invaso di laminazione si comporti come un invaso lineare e quindi che le portate in ingresso possano essere stimate mediante il modello dell'invaso.

Tale approccio per la ricerca dell'evento critico dell'invaso di laminazione è stato seguito da diversi autori e, in particolare, gli studiosi Paoletti e Rege Gianas (1979) lo hanno interpretato in maniera originale determinando gli andamenti delle seguenti grandezze adimensionali:

$$F(n, m) = \theta_w / k$$

$$G(n, m) = W_0 / k Q_c$$

dove:

- k costante d'invaso del bacino (in genere vale $k = 0.7 \cdot \theta_c$, con θ_c che rappresenta il tempo di corrivazione ovvero la durata della pioggia che origina la portata critica Q_c)
- θ_w durata critica della pioggia per l'invaso di laminazione (ovvero quella che conduce al minimo volume d'invaso W_0). Si evidenzia che, normalmente, $\theta_w > \theta_c$;
- W_0 volume d'invaso
- Q_c portata critica del bacino (*post operam*).

Le due grandezze F , G vengono calcolate per via analitica, attraverso le seguenti formule e con un processo iterativo:

$$n \cdot F + (1 - n) \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{(2-n)}}{1 - \exp(-F)} = 0$$

$$g(n, m) = \frac{F^{(n-1)}}{D} - \frac{F^{(n-2)}}{D} \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{1}{m} - \frac{1}{m \cdot F} \cdot \ln\left[\left(\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-F))\right]$$

$$G(n, m) = g(n, m) \cdot F(n, m)$$

D è una grandezza adimensionale ricavata dalla seguente relazione

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C})$$

dove C rappresenta un ulteriore valore adimensionale funzione di n' , ottenuto, nel caso specifico, dal seguente grafico (figura 4)

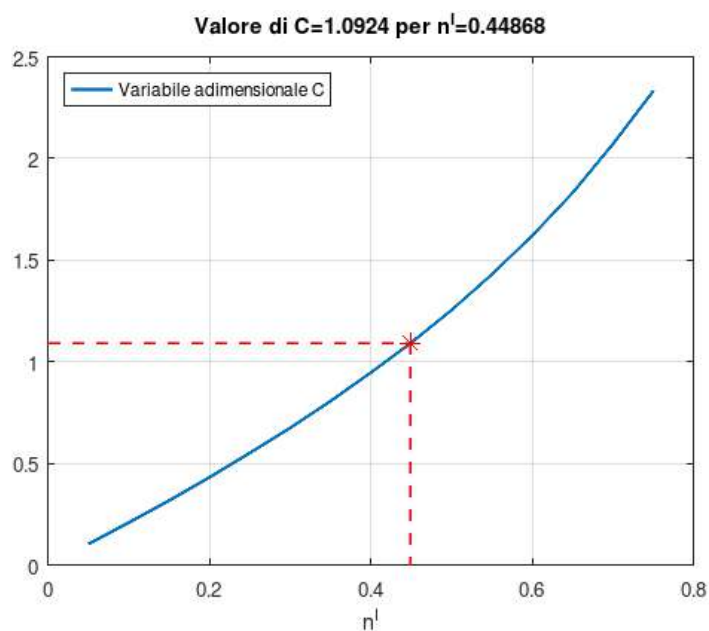


Figura 4 – Valore della grandezza adimensionale C

Pertanto

$$D = C^{(n'-1)} \cdot (1 - e^{-C}) = 1.092^{(0.4487-1)} \cdot (1 - e^{-1.092}) = 0.6330$$

Le grandezze F e G sono funzioni del parametro n' della curva di possibilità pluviometrica e del valore di m , in particolare:

$m = Q_c / Q_{u\max}$ rapporto tra le portate critiche calcolate con il metodo dell'invaso lineare (*post operam* e *ante operam*/valore imposto da Ente gestore)

$Q_{u\max}$ portata massima di svuotamento della vasca e, quindi, del sistema di invarianza idraulica. Tale valore è calcolato seguendo il modello dell'invaso lineare nelle ipotesi *ante operam* oppure è un valore imposto dal competente Ente gestore

Si ha pertanto:

$$Q_c \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot k^{(n'-1)} \quad [l/s]$$

Seguendo il modello dell'invaso lineare, in assenza di indicazioni da parte del competente Ente gestore, la portata massima di svuotamento dell'eventuale vasca è:

$$Q_{u\max} \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot k^{(n'-1)} \quad [l/s]$$

dove:

- S superficie espressa in ettari;
- k costante di invaso espressa in ore;
- a coefficiente pluviometrico orario (funzione del Tr ed espresso in mm/ora^n)
- n' coefficiente di scala (assunto scala-invariante nel modello utilizzato)
- ψ coefficiente di afflusso *post operam*
- ψ_0 coefficiente di afflusso *ante operam*

La durata critica della pioggia sarà data dalla relazione:

$$\theta_w = k \cdot F \quad \text{ore}$$

Mentre il volume W_0 , espresso in metri cubi, che rappresenta il volume minimo da adottare per l'invaso di laminazione si ricava dalla relazione:

$$W_0 = G \cdot k \cdot Q_c$$

3.6.2 Metodo delle sole piogge

Tale procedura si basa sul confronto fra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

Il volume di invaso necessario a garantire l'invarianza idraulica sarà calcolato attraverso le seguenti espressioni:

$$\theta_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2.78 \cdot S \cdot \psi \cdot a \cdot n'} \right)^{1/n'-1}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \psi \cdot a \cdot \theta_w^n - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta_w$$

dove:

θ_w durata critica della pioggia per l'invaso di laminazione

W_0 volume d'invaso

Q_{umax} portata massima di svuotamento della vasca e, quindi, del sistema di invarianza idraulica. Valore calcolato o imposto dal competente Ente gestore

S superficie espressa in ettari

a coefficiente pluviometrico orario (funzione del Tr ed espresso in mm/oraⁿ)

n' coefficiente di scala (assunto scala-invariante nel modello utilizzato)

ψ coefficiente di afflusso *post operam*

3.6.3 Metodo della corrivazione o cinematico

Il presente approccio ipotizza l'intero bacino come un sistema composto da tanti canali lineari disposti in parallelo ovvero si considerano prevalenti all'interno del bacino di scolo i fenomeni di traslazione dell'acqua: la schematizzazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino di monte è di tipo cinematico.

Sulla base di questa impostazione Alfonsi e Orsi (1967) hanno sviluppato un metodo pratico per il calcolo del volume critico dell'invaso di laminazione nelle seguenti ipotesi semplificate:

1. ietogrammi netti di pioggia ad intensità costante
2. curva aree-tempi lineare
3. svuotamento a portata costante pari a Q_{umax} (laminazione ottimale)

Il volume W_0 invasato può pertanto essere ottenuto in funzione della durata critica θ_w della pioggia, del tempo di corrivazione θ_c del bacino, della portata massima uscente dall'invaso Q_{umax} , del coefficiente di afflusso ψ , della superficie di riferimento S e dei parametri pluviometrici a ed n' :

$$W_0 = 10 \cdot \psi \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^n + 1.295 \cdot \theta_c^2 \cdot Q_{umax}^2 \frac{\theta_w^{(1-n')}}{\psi \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta_w - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta_c \quad [m^3] \quad (1)$$

dove:

$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{(n'-1)} \quad [l/s]$$

θ_w espressa in ore, è frutto di un processo iterativo ricavato dalla relazione (1).

3.6.4 Calcolo dei volumi

Si riportano i valori cautelativi delle grandezze calcolate, per ogni bacino e in funzione del livello di significatività, con due dei metodi descritti nel paragrafo precedente (i relativi calcoli sono esplicitati in allegato).

In accordo con quanto consigliato nell'allegato al regolamento di invarianza idraulica, si ricorre poi all'aumento maggiorativo del 20% del volume.

Nelle tabelle si riassume quanto ottenuto.

Bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione

Grandezza calcolata			Metodo del serbatoio lineare	Metodo della corrivazione o cinematico
Portata critica	[l/s]	Q_c	372.62	483.59
Portata massima di svuotamento della vasca	[l/s]	Q_{umax}	147.87	191.90
Portata massima ammessa allo scarico (coefficiente udometrico)	[l/s · ha]	u_{max}	146.4	190.0
Rapporto fra le portate		m	2.52	-
Costante di invaso del bacino	[ore]	k	0.0726	-
Funzione adimensionale F(n,m)		F	4.0868	-
Funzione adimensionale G(n,m)		G	0.8553	-
Funzione adimensionale g(n,m)		g	0.2093	-
Durata critica della pioggia	[ore]	θ_w	0.2966	0.1800
Volume di invaso	[m ³]	W_0	83.3	73.6
Volume di progetto	[m ³]	W	100	89

Bacino 2 – Area adibita a parcheggio

Grandezza calcolata			Metodo del serbatoio lineare	Metodo delle sole piogge
Portata critica	[l/s]	Q_c	118.23	-
Portata massima di svuotamento della vasca	[l/s]	Q_{umax}	48.98	63.57
Portata massima ammessa allo scarico (coefficiente udometrico)	[l/s · ha]	u_{max}	219.4	284.7
Rapporto fra le portate		m	2.414	-
Costante di invaso del bacino	[ore]	k	0.0456	-
Funzione adimensionale F(n,m)		F	3.8511	-
Funzione adimensionale G(n,m)		G	0.7897	-
Funzione adimensionale g(n,m)		g	0.2051	-
Durata critica della pioggia	[ore]	θ_w	0.1757	0.0753
Volume di invaso	[m ³]	W_0	15.3	21.2
Volume di progetto	[m ³]	W	18.5	25.5

Bacino 3 – Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Grandezza calcolata			Metodo del serbatoio lineare	Metodo della corrivazione o cinematico
Portata critica	[l/s]	Q_c	128.98	167.39
Portata massima di svuotamento della vasca	[l/s]	Q_{umax}	97.61	126.68
Portata massima ammessa allo scarico (coefficiente udometrico)	[l/s · ha]	u_{max}	162.0	210.2
Rapporto fra le portate		m	1.321	-

Costante di invaso del bacino	[ore]	k	0.0742	-
Funzione adimensionale $F(n,m)$		F	1.6581	-
Funzione adimensionale $G(n,m)$		G	0.1015	-
Funzione adimensionale $g(n,m)$		g	0.0612	-
Durata critica della pioggia	[ore]	θ_w	0.1230	0.110
Volume di invaso	[m ³]	W_0	3.5	3.7
Volume di progetto	[m ³]	W	4.2	4.5

Bacino 4 – Viabilità pubblica e parcheggi privati

Per il livello di significatività “contenuto” non sono previsti calcoli.

3.7 Aspetti idrogeologici

L'area si colloca al passaggio fra la provincia idrogeologica dell'anfiteatro morenico e quella dell'alta pianura orientale. La soggiacenza della falda freatica, in condizioni di massimo impinguamento, si ipotizza a circa 85 m dal p.c.

Le indagini geognostiche eseguite nel sito dagli scriventi hanno evidenziato una certa variabilità laterale dei terreni superficiali; in generale si stimano i seguenti coefficienti di permeabilità idraulica:

tipo di terreno:	Coefficiente di permeabilità idraulica (m/s):
Limo sabbioso con argilla	10^{-6}
Sabbia ghiaiosa con limo	10^{-5}
Ghiaia, sabbia e ciottoli in matrice limosa	$2 \cdot 10^{-4}$

La permeabilità adottabile per il dimensionamento dei sistemi di dispersione è pari a $2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

3.8 Misure compensative e/o di mitigazione del rischio idraulico proposte

Dal momento che lo scarico finale delle acque meteoriche verrà effettuato al suolo grazie a opportuni dispositivi idraulici senza ricorrere a dispositivi di compensazione (vasche di laminazione), nel paragrafo successivo si procede al dimensionamento di suddetti dispositivi per ognuno dei bacini. Per i pozzi perdenti è opportuno che le sezioni filtranti siano posizionate in corrispondenza degli strati a maggior componente ghiaiosa; si consiglia opportuna verifica in fase esecutiva.

Le verifiche che seguono vengono effettuate tramite software “PTDrain - pozzi e trincee drenanti”, versione 1.1.3.64, di Digicorp Ingegneria.

In merito alle *buone pratiche costruttive* la progettazione prevede il ricorso a pavimentazioni semi-permeabili per i parcheggi, per il camminamento pedonale e il ricorso ad ampie aree verdi.

Per i singoli lotti valgono i vincoli urbanistici e le opportune scelte progettuali sito specifiche che andranno adottate.

3.8.1 Bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione

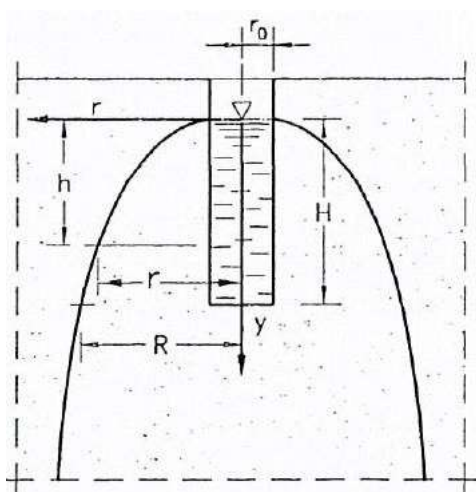
3.8.1.1 Verifica e dimensionamento dei pozzi drenanti

Portata in ingresso nel sistema dei pozzi perdenti

Per la portata meteorica da smaltire si tiene conto del valore critico più cautelativo calcolato in precedenza con il metodo cinematico, ovvero 483.59 l/s.

Dati pozzo drenante

r_0 (raggio del pozzo) [m] = 1.000
 H (altezza utile del pozzo) [m] = 3.500
Numero di pozzi = 13
 K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.0002



Verifica del pozzo drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite le seguenti relazioni (a favore di sicurezza non si considera il contributo di infiltrazione dovuto al fondo del pozzo):

$$\frac{R}{r_0} = 3.828 \left(\sqrt{1 + \frac{H}{r_0}} - 1 \right)$$

$$C = 2\pi \frac{\frac{H}{r_0}}{\ln \left(\frac{R}{r_0} \right)}$$

$$Q_f = CKr_0H$$

da cui si ricava:

$$R/r = 4.29$$

$$C = 15.09$$

La verifica del pozzo avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

ovvero la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento del pozzo.

Verifica svuotamento del pozzo drenante

Si verifica che lo svuotamento del sistema di pozzi perdenti avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 48 ore, pari a 172800 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 172800 \text{ sec}$$

R/r = 3.83
C = 15.09

La verifica del pozzo avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

ovvero la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento del pozzo.

Verifica svuotamento del pozzo drenante

Si verifica che lo svuotamento del sistema di pozzi perdenti avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 48 ore, pari a 172800 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 172800 \text{ sec}$$

La seguente schermata riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

DATI PORTATA METEORICA

Metodo Cinematico

Curve di possibilità pluviometrica

a(Tr) [mm/ora^n]

n(Tr)

Cd

S [mq]

Imposta valori

Qp [l/s]

tp [min]

DATI POZZO GENERICO

K [m/s]

r0 [m]

H [m]

Falda Superficiale

H0 [m]

z0 [m]

H1 [m]

R [m]

N° pozzi

Risultati

Δt [min]	Qp [l/s]	Qf [l/s]	Wp [mc]	Wf [mc]	Wpt [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	Tsv [sec]	Verifica Tsv
4	153.41	33.70	35.898	7.886	37.699	-9.687	OK	1,119	OK

Risulta verificato che il volume meteorico entrante (W_p) nel sistema disperdente costituito dai 4 pozzi risulta inferiore di quello uscente(W_f) per un valore di 9.687 m³.

Risulta verificato che il tempo di svuotamento (T_{sv}) del sistema disperdente costituito dai 26 pozzi risulta di circa 1119 sec e quindi inferiore a quello previsto dalla normativa pari a 172800 sec.

Pertanto, a seguito di verifica, si prevede un numero minimo di **4 pozzi perdenti**. In allegato si riporta la *Sezione pozzo perdente*.

Si veda la tavola allegata *Bacino 2 - Ubicazione dei dispositivi idraulici*, che rappresenta solo un'indicazione di massima.

3.8.3 Bacino 3 – Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Per il bacino si adotta un sistema costituito da una trincea disperdente (fig. 5) e da un canale filtrante posto lungo il camminamento (fig. 6); quest'ultimo consiste in una leggera depressione (profondità di circa 30 cm) tale da creare un piccolo vaso adeguatamente modellato con pendenze inferiori a 30° e salti di quota minori di 45 cm che hanno la funzione di accumulare momentaneamente e smaltire, tramite infiltrazione, i deflussi.

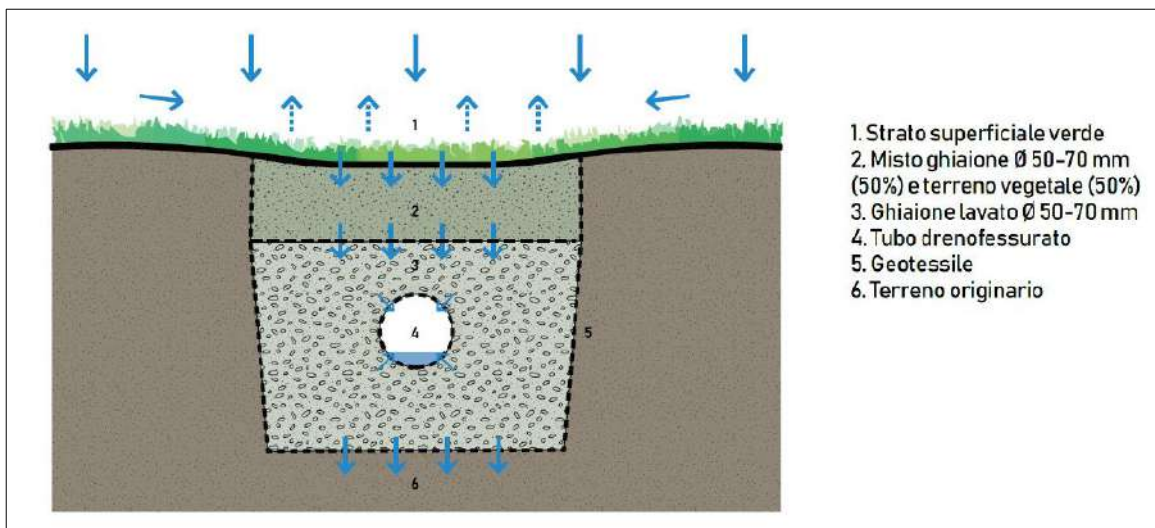


Fig. 5 – Sezione tipo di trincea drenante (da *Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale* - Comune di Milano - Direzione Transizione Ambientale - Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale)

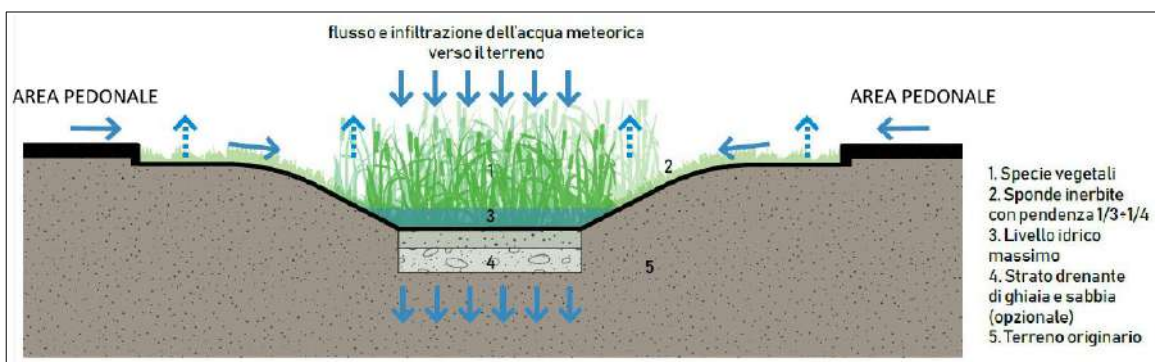


Fig. 6 – Sezione tipo di canale filtrante (da *Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale* - Comune di Milano - Direzione Transizione Ambientale - Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale)

3.8.3.1 Verifica e dimensionamento della trincea drenante

Portata in ingresso nella trincea drenante

Per la portata meteorica da smaltire si tiene conto del valore critico più cautelativo calcolato in con il metodo della corrivazione, ovvero 167.39 l/s.

Dati trincea drenante

H (altezza drenante) [m] = 1.00
 b (larghezza liquida) [m] = 2.00
 Forma: rettangolare
Lunghezza trincea [m] = 100
 K (permeabilità del terreno) [m/s] = 0.00001
 A_c (area tubo invasabile) [m²] = 0.06
 n (porosità materiale trincea) = 0.3

Verifica della trincea

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [m²] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

ovvero la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento del pozzo drenante

Si verifica che lo svuotamento del sistema della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 48 ore, pari a 172800 secondi):

$$T_{sv} = W_{pt} \cdot 1000.0 / Q_f < 172800 \text{ sec}$$

La seguente schermata riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

DATI PORTATA METEORICA		DATI TRINCEA DRENANTE <small>(Falda convenientemente al di sotto della superficie disperdente)</small>		Risultati					
<input type="radio"/> Metodo Cinematico <input type="button" value="Durate..."/>		<input checked="" type="radio"/> Rettangolare <input type="radio"/> Trapezia							
Curve di possibilità pluviometrica a(Tr) [mm/ora^n] <input type="text" value="78.360"/> n(Tr) <input type="text" value="0.449"/>		Lunghezza [m] <input type="text" value="100"/> H (Altezza drenante) [m] <input type="text" value="1"/> b (Larghezza liquida) [m] <input type="text" value="2.000"/> m (scarpa = ctg(α)) <input type="text" value="1/1"/>							
Cd <input type="text" value="0.37"/> S [mq] <input type="text" value="6026"/>		K (permeabilità terreno) [m/s] <input type="text" value="0.00001"/> Ac (area tubo invasabile) [mq] <input type="text" value="0.06"/> n (porosità materiale trincea) <input type="text" value="0.3"/>							
<input checked="" type="radio"/> Imposta valori Qp [l/s] <input type="text" value="167.39"/> tp [min] <input type="text" value="6.36"/>									
Δt [min]	Qp [l/s]	Qf [l/s]	Wp [mc]	Wf [mc]	Wpt [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	Tsv [sec]	Verifica Tsv
6	167.39	4.00	63.876	1.526	64.200	-1.850	OK	16,050	OK

Risulta verificato che il volume meteorico entrante (W_p) nel sistema disperdente costituito dalla trincea risulta inferiore di quello uscente (W_f) per un valore di 1.85 m³.

Risulta verificato che il tempo di svuotamento (T_{sv}) del sistema disperdente costituito dalla trincea risulta di circa 16050 sec e quindi inferiore a quello previsto dalla normativa pari a 172800 sec.

Pertanto, a seguito di verifica, si prevede una **trincea** di lunghezza pari a 100 m con le caratteristiche geometriche indicate in precedenza.

Si veda la tavola allegata *Bacino 3 - Ubicazione dei dispositivi idraulici*, che rappresenta solo un'indicazione di massima.

3.8.4 Bacino 4 – Viabilità pubblica e parcheggi privati

Le acque meteoriche afferenti al bacino continueranno ad essere convogliate nella pubblica fognatura attraverso un sistema di caditoie.

3.9 Note sul posizionamento dei dispositivi idraulici

L'area è stata suddivisa in bacini costituiti da sistemi di drenaggio indipendenti. Il posizionamento, all'interno degli stessi dei dispositivi idraulici, risulta un'indicazione di massima; ciò vale in particolare per il "*bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione*" in cui sarà compito dei futuri singoli interventi edilizi, in funzione delle scelte progettuali individuate per ognuno di essi, la valutazione su quali siano le migliori soluzioni tecniche da adottare per il rispetto dell'invarianza idraulica, in accordo con quanto previsto dalla normativa in vigore.

In generale si prescrive, come poi riportato all'articolo 8 del paragrafo 4, di non posizionare i pozzi perdenti a ridosso del confine dei singoli bacini/proprietà per evitare eventuali interferenze con analoghi dispositivi realizzati in aree adiacenti.

Inoltre i singoli bacini dovranno prevedere canalette di drenaggio o analoghe soluzioni tecniche in grado di trattenere e smaltire i deflussi superficiali all'interno del bacino di competenza senza gravare su quelli contermini.

3.10 Piano di manutenzione

Il sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dovrà possedere caratteristiche che agevolino e garantiscano le periodiche operazioni manutentive. In particolare l'ispezione e la pulizia dei pozzetti devono essere effettuate almeno una volta l'anno, salvo situazioni particolari susseguenti ad eventi meteorici intensi e soprattutto dopo fenomeni piovosi che seguono lunghi periodi di siccità al fine di garantire l'officialità idraulica del sistema di drenaggio.

Per una descrizione maggiormente dettagliata si veda l'articolo 8 del paragrafo 4.

4 Indicazioni e prescrizioni per il rispetto dell'invarianza idraulica

Art. 1	<p>Riferimento normativo</p> <p>Per quanto non disciplinato nel presente articolato si fa riferimento al <i>Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k</i> della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (<i>Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque</i>) e successive modifiche introdotte con l'art. 9 della L.R. n. 6 del 29 aprile 2019, nonché all'allegato tecnico "<i>Metodi e criteri per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica nella Regione Friuli Venezia Giulia</i>".</p>
Art. 2	<p>Validità del presente studio</p> <p>Il presente Studio di compatibilità idraulica ai fini dell'invarianza idraulica rappresenta un documento idraulico/idrologico redatto ai fini della presentazione del PAC e regola la regimazione delle acque meteoriche dei bacini (1-4), definiti come entità caratterizzate da sistemi di drenaggio indipendenti fra loro.</p> <p>Per le aree edificabili, qualora previsto dalla normativa in vigore, i singoli progetti, sito specifici, si dovranno dotare di opportuno studio di compatibilità idraulica ai fini dell'invarianza idraulica, rientrando fra gli interventi edilizi soggetti al rilascio di titolo abilitativo.</p> <p>I singoli bacini/lotti dovranno prevedere canalette di drenaggio o analoghe soluzioni tecniche in grado di trattenere e smaltire i deflussi superficiali all'interno del lotto di competenza senza gravare sulle aree comuni.</p>
Art. 3	<p>Sostenibilità risorsa idrica</p> <p>Le acque meteoriche rappresentano una fonte rinnovabile e locale e necessitano di trattamenti semplici ed economici per un loro utilizzo in applicazioni che richiedono acque di minor pregio (per esempio, irrigazione di aree a verde, alimentazione di vasche antincendio, alimentazione delle cassette di risciacquo dei WC, sistemi di climatizzazione passiva/attiva). In questa ottica di sostenibilità della risorsa idrica si consiglia l'adozione di soluzioni progettuali che puntino al recupero e riutilizzo delle acque meteoriche.</p>
Art. 4	<p>Caratterizzazione stratigrafico-idrogeologica</p> <p>Le caratteristiche stratigrafiche e di conducibilità idraulica dei terreni dell'area di studio consentono in generale una discreta capacità dispersiva. Considerata l'estensione dell'area, l'eterogeneità del sottosuolo, la morfologia accidentata e la possibilità di specifiche esigenze progettuali, si consiglia, per i lotti edificabili, opportuno approfondimento con adeguata campagna geognostica volta a meglio definire il modello stratigrafico ed idrogeologico.</p>
Art. 5	<p>Pozzi perdenti (si veda anche art. 8)</p> <p>Per sistemi disperdenti verticali (per es. pozzi perdenti) si prescrive di raggiungere gli orizzonti maggiormente permeabili e di posizionare, intorno alla parete forata, uno strato di pietrisco, per uno spessore di 50-100 cm: la granulometria del materiale in corrispondenza delle feritoie deve essere maggiore rispetto a quella del granulare posto più esternamente, per facilitare il deflusso delle acque.</p>
Art. 6	<p>Buone pratiche costruttive</p> <p>L'utilizzo delle <i>buone pratiche costruttive (Best Management Practices, BMP)</i> è obbligatorio. Esse rappresentano un insieme di strategie atte a incentivare l'infiltrazione e la laminazione locale delle portate meteoriche.</p> <p>Nello specifico si prescrive l'adozione di almeno una o più soluzioni combinate.</p> <p>In modo non completo e non esaustivo si suggeriscono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • cunette filtranti: hanno sviluppo prevalentemente lineare essendo spesso realizzate in corrispondenza di strade, parcheggi, ecc. Le superfici impermeabili devono essere progettate in modo da convogliare i deflussi verso le cunette, opportunamente dimensionate perché la velocità media dell'acqua non superi gli 0.3 m/s. • pavimentazioni permeabili: pavimentazioni che hanno lo scopo di ridurre al minimo lo scorrimento superficiale, drenando l'acqua verso il terreno sottostante. Possono essere di due tipi: <ul style="list-style-type: none"> • <i>continue</i>: costituite da asfalto o cls permeabile, ottenuti eliminando dalla miscela la sabbia e gli altri inerti di granulometria fine; • <i>discontinue</i>: realizzate accostando elementi prefabbricati in cls, perforati e autobloccanti; <p>In entrambi i casi al di sotto della pavimentazione si realizza un sottofondo filtrante, composto da strati di granulometria crescente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • pozzetti di infiltrazione: sono costituiti da un corpo sotterraneo di materiale ghiaioso grossolano in cui viene convogliata direttamente l'acqua da smaltire attraverso un tubo fessurato;

	<ul style="list-style-type: none"> • cisterne: sistemi (superficiali o sotterranei) di raccolta e accumulo temporanei capaci di ridurre e ritardare gli effetti del deflusso in concomitanza di un evento meteorico intenso e di conservare la risorsa idrica e riutilizzarla in seguito per scopi non potabili (si veda art. 3). <p>Manutenzione La mancata manutenzione delle <i>buone pratiche costruttive</i> comporta una progressiva e inevitabile riduzione delle capacità di infiltrazione e di funzionalità delle stesse. Per ognuna delle soluzioni adottate pertanto va previsto un piano manutentivo che garantisca nel tempo l'efficienza dell'opera, sulla base della specificità della stessa.</p>
Art. 7	<p>Dispositivi di compensazione I dispositivi di compensazione svolgono la funzione di abbattimento delle portate di piena mediante laminazione e vanno opportunamente dimensionati in funzione delle risultanze dello studio idrologico. Si indicano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vasche volano: costituite da un unico elemento o da più elementi in batteria, generalmente prefabbricate, possono essere interrate o poste in superficie; la vasca volano dovrà essere dotata di un impianto di sollevamento o di uno scaricatore a gravità capace di inviare una portata costante in uscita pari al limite di scarico consentito. • supertubi: tubi di sezione maggiorata rispetto a quelli della rete posti a monte o a valle di essi; saranno dotati di valvola di scarico per il rilascio della portata costante secondo il limite consentito in uscita. • sistemi alveolari disperdenti o impermeabili: sono costituiti da elementi componibili in plastica, in genere in polietilene ad alta densità (HDPE); gli elementi possono essere liberamente accostati in modo da formare una vasca di accumulo (qualora impermeabilizzati con guaina) e/o dispersione a sviluppo orizzontale. Una volta posati, gli elementi alveolari devono essere ricoperti di ghiaia per aumentare la capacità di accumulo per resistere ai carichi indotti dal terreno soprastante e, eventualmente, dai mezzi in transito. Una volta realizzato, il sistema alveolare è infatti carrabile anche con mezzi pesanti. <p>Manutenzione Pulizia del materiale accumulato, di controllo delle paratoie del flusso di uscita, di verifica dell'integrità delle pareti e dei materiali (assenza di corrosione, degrado e fratturazione). Per i sistemi di accumulo alveolari la manutenzione non è necessaria, se non in caso di deterioramento.</p>
Art. 8	<p>Dispositivi idraulici Si tratta di opere che hanno lo scopo di smaltire per infiltrazione nel terreno il deflusso meteorico, o una sua aliquota e vanno opportunamente dimensionate in funzione delle risultanze dello studio idraulico (lo svuotamento del sistema disperdente deve essere verificato in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi, non superiore a 2 giorni). Rientrano nella pratica comune:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pozzi perdenti: sono generalmente realizzati con anelli forati prefabbricati in calcestruzzo di vario diametro, tipicamente con altezza di 0.50 m per ogni anello, con fori di uscita per l'acqua (di norma 16 fori per anello, ognuno con diametro di 100 mm); devono essere ubicati lontano dai fabbricati, dalle aree pavimentate o da altre sistemazioni che possano ostacolare l'aerazione del terreno interessato; inoltre il pozzo deve essere situato ad una distanza di almeno 50 m da qualunque tipo di condotta, serbatoio o altra struttura destinata al servizio di acqua potabile. Quando lo schema di dispersione prevede l'utilizzo di più pozzi perdenti la distanza da interporre fra gli assi dei pozzi non deve essere inferiore ad almeno quattro volte il diametro degli stessi. Si prescrive di non posizionare i pozzi perdenti a ridosso del confine di proprietà/bacino per evitare eventuali interferenze con analoghi dispositivi realizzati in lotti/bacini adiacenti. • trincee drenanti: sono costituite da scavi riempiti con materiale ghiaioso, sabbia e pietre oppure con elementi prefabbricati in materiali plastici realizzati con lo scopo di favorire l'infiltrazione, l'immagazzinamento (all'interno della trincea) e la successiva filtrazione dell'acqua meteorica nel sottosuolo attraverso i lati e il fondo della trincea; può essere installato anche un tubo di dispersione per aumentare la capacità d'accumulo e per garantire una più regolare distribuzione delle acque lungo lo sviluppo della trincea. Possono essere riempite interamente con ghiaia senza essenze erbacee oppure possono essere riempite di ghiaia per la metà inferiore e di terreno estremamente permeabile nella parte superiore; il fondo e le pareti dovranno essere rivestite di geotessile non-tessuto ad azione filtrante. • Canali filtranti o aree verdi filtranti: aree adatte all'infiltrazione in cui convogliare le portate meteoriche; sono realizzate sfruttando avvallamenti naturali del terreno, ricoperti di vegetazione o creandone ad hoc. Hanno il doppio vantaggio di ridurre i valori massimi di portata in ingresso per effetto del temporaneo invaso nel terreno e la riduzione significativa delle eventuali impurità per l'azione filtrante operata dal terreno. • sistemi alveolari disperdenti: sono costituiti da elementi componibili in plastica, in

genere in polietilene ad alta densità (HDPE); gli elementi possono essere liberamente accostati in modo da formare una vasca di dispersione a sviluppo orizzontale. Una volta posati, gli elementi alveolari devono essere ricoperti di ghiaia, che serve sia ad aumentare la capacità di accumulo, sia a resistere alle pressioni prodotte dal terreno soprastante e, eventualmente, dai mezzi in transito. Una volta realizzato, il sistema alveolare è carrabile anche con mezzi pesanti.

Manutenzione

Le operazioni manutentive dovranno prevedere :

- pozzo perdente prevedere periodicamente, generalmente ogni sei mesi, il controllo e la rimozione di eventuali accumuli di sedimenti o fanghi dal fondo.
- trincee drenanti: pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulla fascia inerbita, minimo una volta l'anno. Ispezioni e rimozione di sedimenti accumulati per prevenire l'intasamento della tubazione drenante e la diminuzione della capacità filtrante. Asportazione e sostituzione dello strato di ghiaia fine quando completamente intasato dai sedimenti. Si consiglia di installare a monte delle trincee dei pre-trattamenti per la rimozione del particolato sottile al fine di evitare problemi di ostruzione della struttura.
- Canali filtranti o aree verdi filtranti: taglio erba (almeno 5 tagli annui). Periodicamente è necessaria la rimozione dei sedimenti, l'ispezione delle sponde e del letto per individuare eventuali processi erosivi, naturali o provocati da animali, la ripulitura del canale da rifiuti e detriti depositatesi, la velocità di infiltrazione e la rimozione dei sedimenti trasportati dal deflusso e il dissodamento del terreno.
- sistemi alveolari disperdenti: non necessitano di manutenzione se non in caso di deterioramento del materiale.

5 Conclusioni dello studio

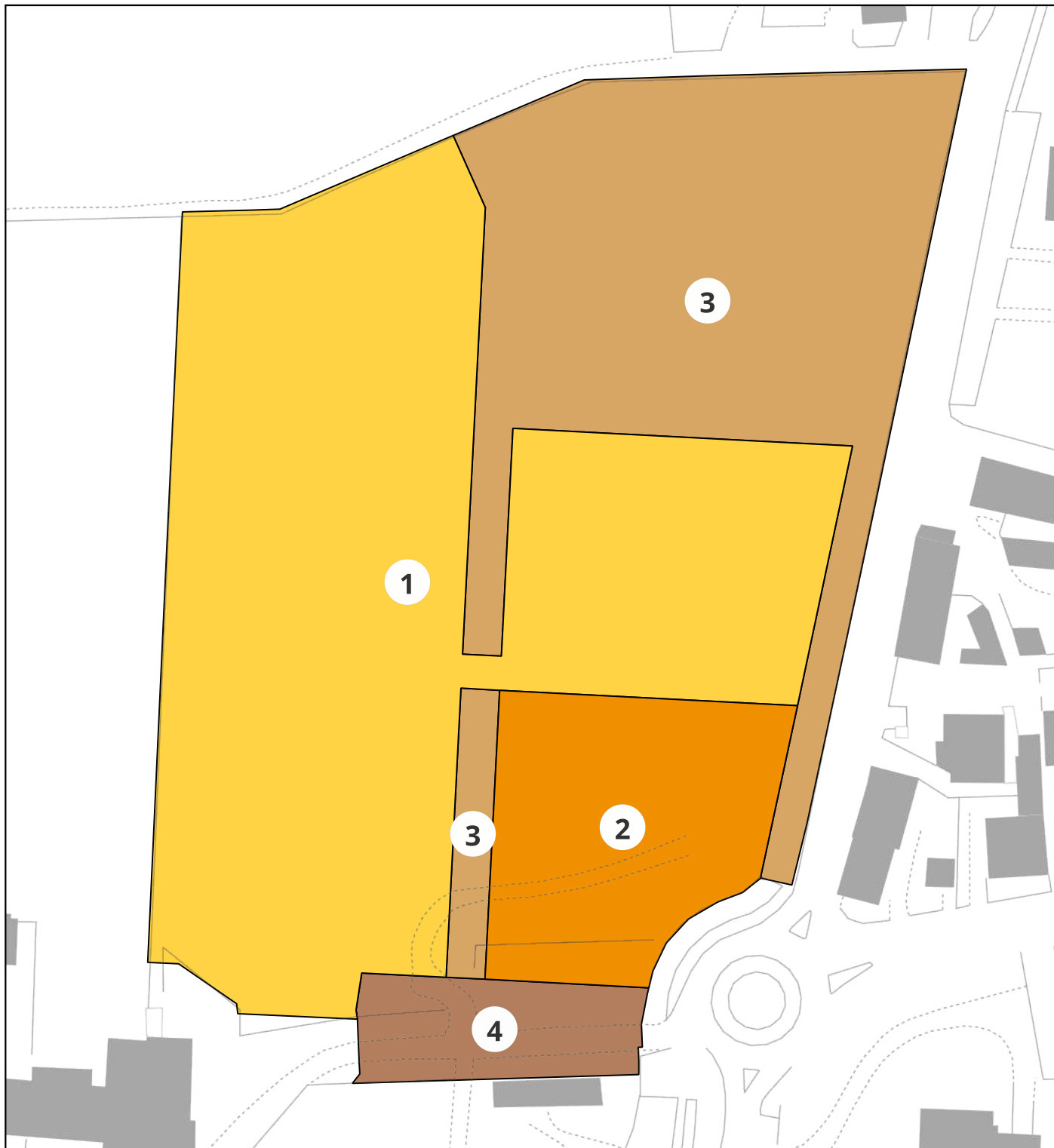
Nel seguito si riporta la tabella riassuntiva con i dati principali e le risultanze dello studio al fine di riassumere i contenuti principali dello studio di compatibilità idraulica.

Tabella riassuntiva di compatibilità idraulica	
Descrizione della trasformazione oggetto dello studio di compatibilità idraulica	
Nome della trasformazione e sua descrizione	<p>La trasformazione consiste in un intervento urbanistico denominato "VARIANTE NON SOSTANZIALE AL P.A.C. DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO "AMBITO A" SITO A TAVAGNACCO, redatta ai sensi della L.R. 05/2007 art. 63 sexies"; a seguito degli interventi progettuali previsti l'area subisce una parziale impermeabilizzazione. Il lotto è stato suddiviso in 4 bacini distinti, trattati separatamente ai fini del presente studio:</p> <p><i>Bacino 1 Area oggetto di futura edificazione</i> Livello di significatività ELEVATO</p> <p><i>Bacino 2 Area adibita a parcheggio</i> Livello di significatività MODERATO</p> <p><i>Bacino 3 Area verde con percorsi ciclabili e pedonali</i> Livello di significatività MEDIO</p> <p><i>Bacino 4 Viabilità pubblica e parcheggi privati</i> Livello di significatività CONTENUTO</p>
Località, Comune, Provincia	<p>PAC <i>AMBITO A</i> Comune di Tavagnacco Provincia di Udine</p>
Tipologia della trasformazione	<p>Il PAC interessa una superficie di 19725 m² (area di studio pari a 19222 m²).</p> <p>Il progetto si articola nei seguenti interventi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • realizzazione di una viabilità pubblica a fondo cieco che consente di accedere al comparto e alla sua articolazione interna (lotti e viabilità privata); la viabilità sarà completata da parcheggi pubblici e privati; • parcheggio pubblico e relativo spazio di manovra posizionati all'ingresso dell'area nella porzione sud-est del comparto; si prevedono 86 stalli rivestiti in masselli in cls seminabili; • ampi spazi dedicati al verde pubblico in cui verranno messi a dimora piante di varie essenze, preferibilmente autoctone; la zona verde sarà inoltre opportunamente attrezzata e organizzata con un percorso pedonale (lungo il tracciato dell'attuale tratturo) rivestito in pietrisco di cava e con una pista ciclabile, oltre a quella già esistente, che si svilupperà lungo il limite orientale del comparto rivestita in conglomerato bituminoso; • la distinzione di tre lotti edificabili capaci di ospitare presumibilmente 17 unità abitative nel complesso.
Presenza di altri pareri precedenti relativamente all'invarianza idraulica sulla proposta trasformazione	-
Descrizione delle caratteristiche dei luoghi	

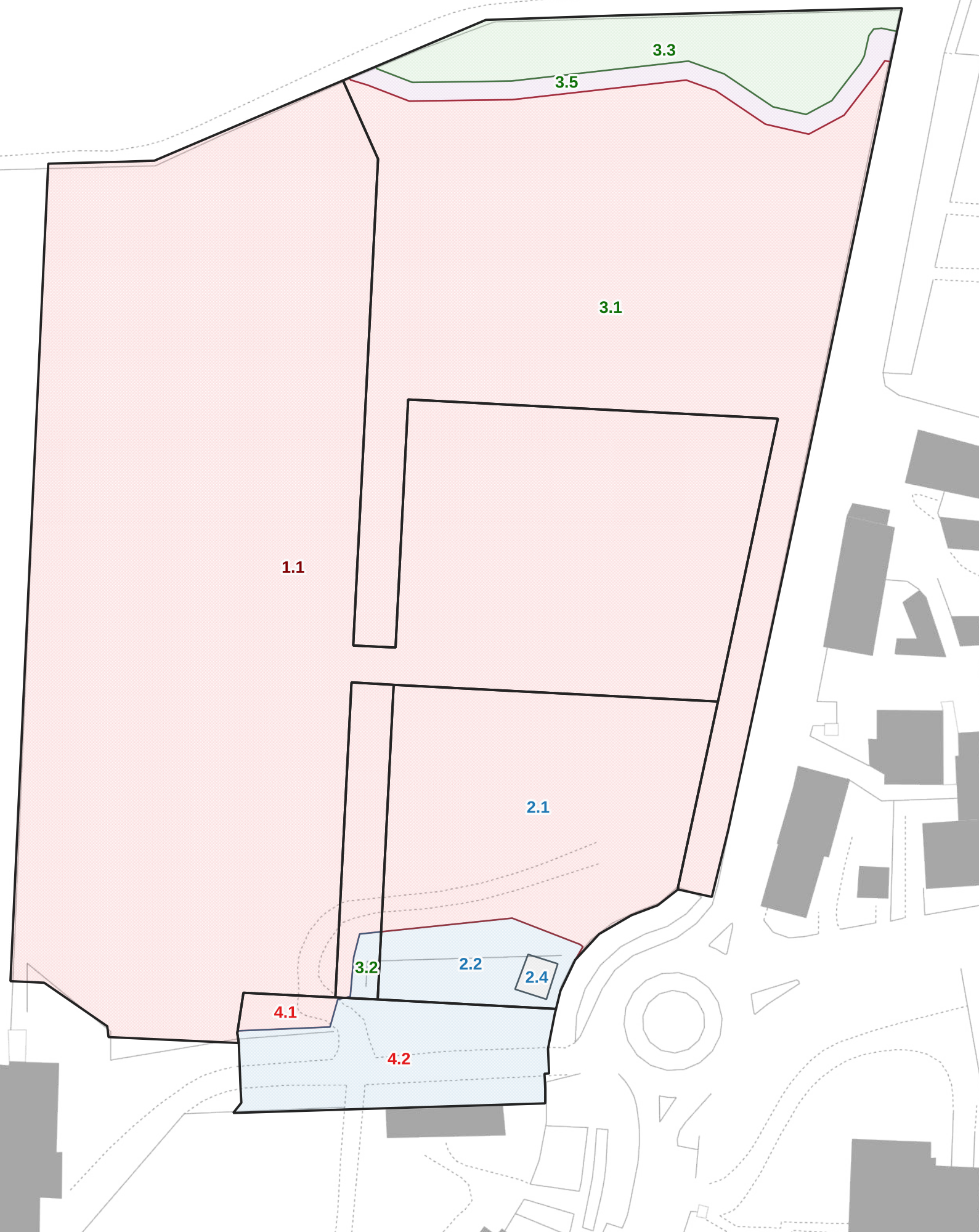
Bacino idrografico di riferimento	Bacino idrografico del Tresemane
Presenza di eventuali vincoli che interessano, in parte o totalmente, la superficie di trasformazione S	Il territorio è interessato dal Piano Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA, tav. S37. L'area oggetto di trasformazione non ricade in alcuna classe di pericolosità idraulica. Inoltre il sito non rientra fra gli areali vincolati ai sensi del R.D. 3267/1923.
Sistema di drenaggio esistente	Sulla porzione attualmente inghiaata, posta nel quadrante meridionale dell'area ed adibita a parcheggio, è presente un sistema di raccolta tramite pluviali e allontanamento con recapito finale in fognatura.
Sistema di drenaggio di valle	-
Ente competente	L'ente competente in virtù del livello di significatività è la Regione FVG.
Valutazione delle caratteristiche dei luoghi ai fini della determinazione delle misure compensative	
Coordinate geografiche (GB EST ed GB OVEST) del baricentro della superficie di trasformazione S (oppure dei baricentri dei sottobacini nel caso di superfici di trasformazione molo ampie e complesse) per la quale viene fatta l'analisi pluviometrica (da applicativo RainMap FVG)	<i>Coordinate baricentro Gauss Boaga EST:</i> 2382045 EST 5109927 NORD
Coefficienti della curva di possibilità pluviometrica (Tr=200 anni, da applicativo RainMap FVG): a (mm/oraⁿ), n, n'	$a = 78.363$ [mm/ora ⁿ] $n = 0.3365$ $n' = 0.4487$
Estensione della superficie di riferimento S espressa in ha	$S = 1.9222$ [ha] Bacino 1 = 1.0100 [ha] Bacino 2 = 0.2233 [ha] Bacino 3 = 0.6026 [ha] Bacino 4 = 0.0863 [ha]
Quota altimetrica media della superficie S (+ mslmm)	+154 m (slm)
Valori coefficiente afflusso Ψ_{medio} ANTE OPERAM (%)	Bacino 1 = $\Psi_{medio} = 25\%$ Bacino 2 = $\Psi_{medio} = 29\%$ Bacino 3 = $\Psi_{medio} = 28\%$ Bacino 4 = $\Psi_{medio} = 28\%$
Valori coefficiente afflusso Ψ_{medio} POST OPERAM (%)	Bacino 1 = $\Psi_{medio} = 63\%$ Bacino 2 = $\Psi_{medio} = 70\%$ Bacino 3 = $\Psi_{medio} = 37\%$ Bacino 4 = $\Psi_{medio} = 76\%$
Livello di significatività della trasformazione ai sensi dell'art.5	Bacino 1 = ELEVATO Bacino 2 = MODERATO Bacino 3 = MEDIO Bacino 4 = CONTENUTO
Portata totale massima ammessa allo scarico (m³/s) dal sistema di drenaggio ai fini del rispetto dell'invarianza idraulica	Bacino 1 = 0.484 Bacino 2 = 0.153 Bacino 3 = 0.167 Bacino 4 = non calcolata
Descrizione delle misure compensative proposte	
Metodo idrologico-idraulico utilizzato per il calcolo dei volumi compensativi	Metodo del serbatoio lineare Metodo delle sole piogge Metodo della corrivazione o cinematico
Volume di invaso ottenuto con il metodo idrologico-idraulico utilizzato (m³)	Bacino 1 = 83.3 Bacino 2 = 21.2

	<p>Bacino 3 = 3.7 Bacino 4 = non calcolato</p>
Volume di invaso di progetto ovvero volume che si intende adottare per la progettazione (m³)	<p>Bacino 1 = 100 Bacino 2 = 25.5 Bacino 3 = 4.5 Bacino 4 = non calcolato</p>
Dispositivi di compensazione	NON UTILIZZATI
Dispositivi idraulici	<p>Bacino 1: 13 Pozzi drenanti Bacino 2: 4 Pozzi drenanti Bacino 3: trincea drenante+canale filtrante Bacino 4: nessuno</p>
Buone pratiche costruttive/buone pratiche agricole	<p>In merito alle buone pratiche costruttive la progettazione prevede il ricorso a pavimentazioni semi-permeabili per i parcheggi, per il camminamento pedonale e il ricorso ad ampie aree verdi. Per le aree edificabili valgono i vincoli urbanistici e le opportune scelte progettuali sito specifiche che andranno adottate.</p>
Piano di manutenzione	<p>Il sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dovrà possedere caratteristiche che agevolino e garantiscano le periodiche operazioni manutentive. In particolare l'ispezione e la pulizia dei pozzetti devono essere effettuate almeno una volta l'anno, salvo situazioni particolari susseguenti ad eventi meteorici intensi e soprattutto dopo fenomeni piovosi che seguono lunghi periodi di siccità al fine di garantire l'officialità idraulica del sistema di drenaggio. Per una descrizione maggiormente dettagliata si veda l'articolo 8 del paragrafo 4</p>
NOTE FINALI	<p>L'area è stata suddivisa in bacini costituiti da sistemi di drenaggio indipendenti. Il posizionamento, all'interno degli stessi dei dispositivi idraulici, risulta un'indicazione di massima; ciò vale in particolare per il "bacino 1 – Area oggetto di futura edificazione" in cui sarà compito dei futuri singoli interventi edilizi, in funzione delle scelte progettuali individuate per ognuno di essi, la valutazione su quali siano le migliori soluzioni tecniche da adottare per il rispetto dell'invarianza idraulica, in accordo con quanto previsto dalla normativa in vigore. In generale si prescrive, come poi riportato all'articolo 8 del paragrafo 4, di non posizionare i pozzi perdenti a ridosso del confine dei singoli bacini/proprietà per evitare eventuali interferenze con analoghi dispositivi realizzati in aree adiacenti. Inoltre i singoli bacini dovranno prevedere canalette di drenaggio o analoghe soluzioni tecniche in grado di trattenerne e smaltire i deflussi superficiali all'interno del bacino di competenza senza gravare su quelli contermini.</p>

Tavola della suddivisione dei bacini
(scala 1:1.000)



Rif.	Nome bacino	Sup. (mq)
1	Area oggetto di futura edificazione	10100
2	Area adibita a parcheggio	2233
3	Area verde con percorsi ciclabili e pedonali	346
3	Area verde con percorsi ciclabili e pedonali	5680
4	Viabilità pubblica e parcheggi privati	863



Bacino 1 - Area oggetto di futura edificazione

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area incolta	10100	0,25	1.1

Bacino 2 - Area adibita a parcheggio

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area incolta	1849	0,25	2.1
Area inghiaata	353	0,45	2.2
Piattaforma CLS	31	0,85	2.4

Bacino 3 - Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area incolta	4912	0,25	3.1
Area inghiaata	44	0,45	3.2
Area verde	778	0,3	3.3
Pista ciclabile	292	0,75	3.5

Bacino 4 - Viabilità pubblica e parcheggi privati

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area incolta	82	0,25	4.1
Area inghiaata	781	0,45	4.2

- X.1 Area incolta
- X.2 Area inghiaata
- X.3 Area verde
- X.4 Piattaforma CLS
- X.5 Pista ciclabile

X.Y
Numero di riferimento della
tipologia di rivestimento (1-5)
Numero di riferimento del bacino
(1-4)



Bacino 1 - Area oggetto di futura edificazione

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area adibita ad edificazione	6583	0,6	1.1.1
Area adibita ad edificazione	916	0,6	1.1.2
Area adibita ad edificazione	1015	0,6	1.1.3
Area asfaltata	1307	0,85	1.2.1
Parcheggi	57	0,65	1.3.1
Parcheggi	25	0,65	1.3.2
Parcheggi	31	0,65	1.3.3
Parcheggi	38	0,65	1.3.4
Parcheggi	25	0,65	1.3.5
Parcheggi	50	0,65	1.3.6
Parcheggi	25	0,65	1.3.7
Parcheggi	29	0,65	1.3.8

Bacino 2 - Area adibita a parcheggio

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area asfaltata	859	0,85	2.2.1
Parcheggi	234	0,65	2.3.1
Parcheggi	383	0,65	2.3.2
Parcheggi	213	0,65	2.3.3
Parcheggi	89	0,65	2.3.4
Parcheggi	187	0,65	2.3.5
Area verde	165	0,2	2.4.1
Area verde	42	0,2	2.4.2
Superficie cementata	32	0,85	2.5.1
Superficie cementata	14	0,85	2.5.2
Superficie cementata	15	0,85	2.5.3

Bacino 3 - Area verde con percorsi ciclabili e pedonali

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area verde	777	0,2	3.4.1
Area verde	3399	0,2	3.4.2
Area verde	231	0,2	3.4.3
Area verde	475	0,2	3.4.4
Area verde	128	0,2	3.4.5
Area verde	117	0,2	3.4.6
Pista ciclabile in porfido	292	0,75	3.6.1
Pista ciclabile in asfalto	324	0,85	3.7.1
Camminamento pedonale	181	0,65	3.8.1
Camminamento pedonale	102	0,65	3.8.2

Bacino 4 - Viabilità pubblica e parcheggi privati

Tipologia	Sup. (mq)	Coeff. afflusso	Rif.
Area asfaltata	417	0,85	4.2.1
Parcheggi	50	0,65	4.3.1
Parcheggi	111	0,65	4.3.2
Area verde	26	0,2	4.4.1
Area verde	13	0,2	4.4.2
Rivestimento in porfido	246	0,75	4.9.1

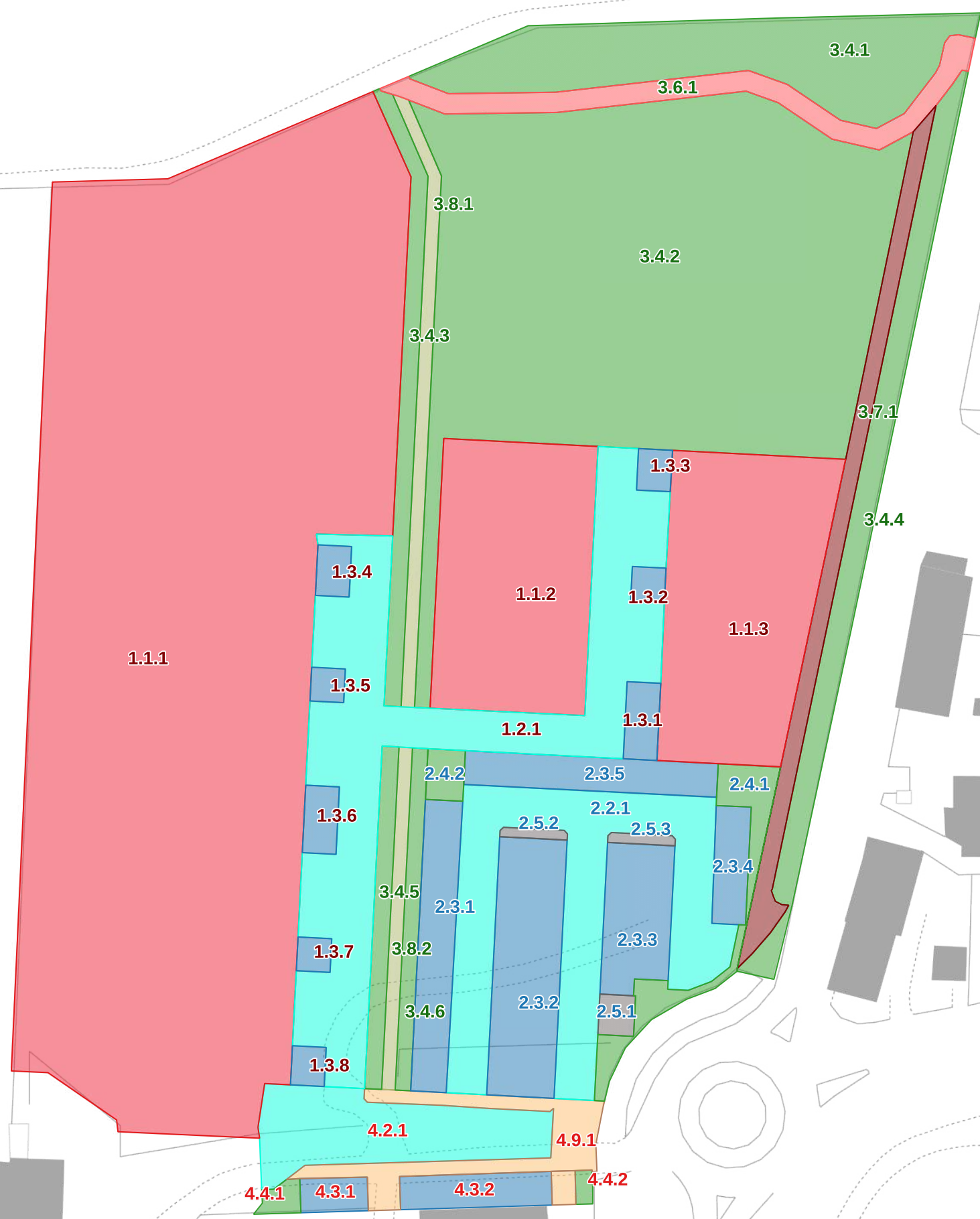
- X.1.n Area edificabile
- X.2.n Area asfaltata
- X.3.n Area adibita a parcheggi
- X.4.n Area verde
- X.5.n Superficie cementata
- X.6.n Pista ciclabile in asfalto
- X.7.n Pista ciclabile in porfido
- X.8.n Camminamento pedonale
- X.9.n Rivestimento in porfido

Numero progressivo


X.Y.n

Numero di riferimento della
tipologia di rivestimento (1-9)

Numero di riferimento del bacino
(1-4)






 Pozzi perdenti





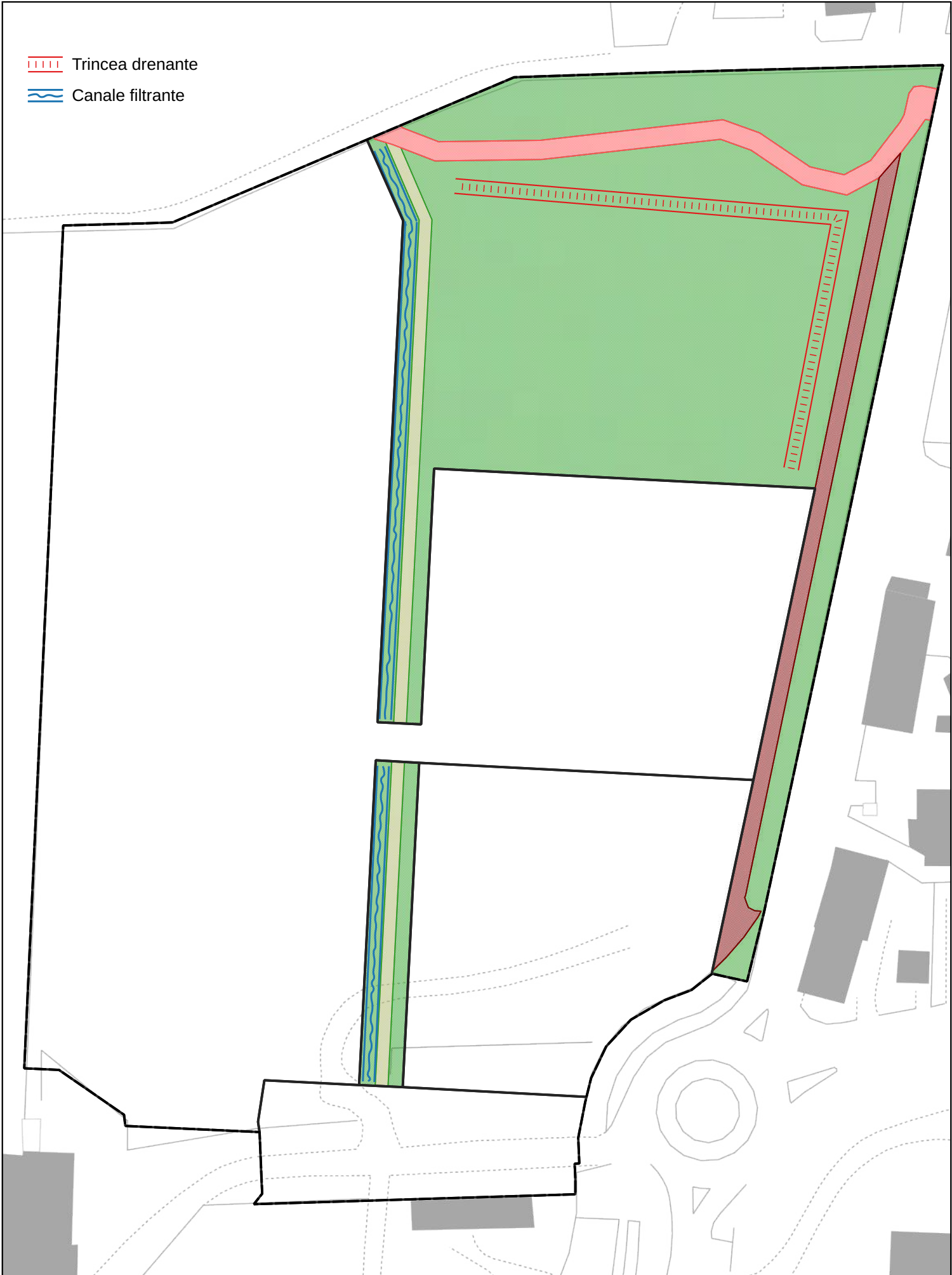


 Pozzi perdenti





-  Trincea drenante
-  Canale filtrante



Esplicitazione dei calcoli delle grandezze idrologiche e idrauliche

Bacino 1:

Metodo del serbatoio lineare

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{(2-n)}}{1 - \exp(-F)} = 0$$

$$0.4487 \cdot 4.0868 + (1-0.4487) \cdot \ln\left(\frac{\frac{2.52}{0.6330} \cdot 4.0868^{(0.4487-1)}}{\frac{2.52}{0.6330} \cdot 4.0868^{(0.4487-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{0.6330}{2.52} \cdot 4.0868^{(2-0.4487)}}{1 - \exp(-4.0868)} = 0 \quad \text{da cui } F=4.0868$$

$$g(n, m) = \frac{F^{(n-1)}}{D} - \frac{F^{(n-2)}}{D} \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{1}{m} - \frac{1}{m \cdot F} \cdot \ln\left[\left(\frac{m \cdot F^{(n-1)}}{D} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-F))\right]$$

$$g(n, m) = \frac{4.0868^{(0.4487-1)}}{0.6330} - \frac{4.0868^{(0.4487-2)}}{0.6330} \cdot \ln\left(\frac{\frac{2.52}{0.6330} \cdot 4.0868^{(0.4487-1)}}{\frac{2.52}{0.6330} \cdot 4.0868^{(0.4487-1)} - 1}\right) - \frac{1}{2.52} - \frac{1}{2.52 \cdot 4.0868} \cdot \ln\left[\left(\frac{2.52 \cdot 4.0868^{(0.4487-1)}}{0.6330} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-4.0868))\right] = 0.2093$$

$$G(n, m) = g(n, m) \cdot F(n, m)$$

$$G(n, m) = 0.2093 \cdot 4.0868 = 0.8553$$

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C})$$

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C}) = 1.092^{(0.4487-1)} \cdot (1 - e^{-1.092}) = 0.6330$$

$$Q_c \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot k^{(n-1)}$$

$$Q_c \approx 0.6330 \cdot 2.78 \cdot 0.63 \cdot 1.0100 \cdot 78.363 \cdot 0.0726^{(0.4487-1)} = 372.62$$

$$Q_{umax} \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot k^{(n-1)}$$

$$Q_{umax} \approx 0.6330 \cdot 2.78 \cdot 0.25 \cdot 1.0100 \cdot 78.363 \cdot 0.0726^{(0.4487-1)} = 147.87$$

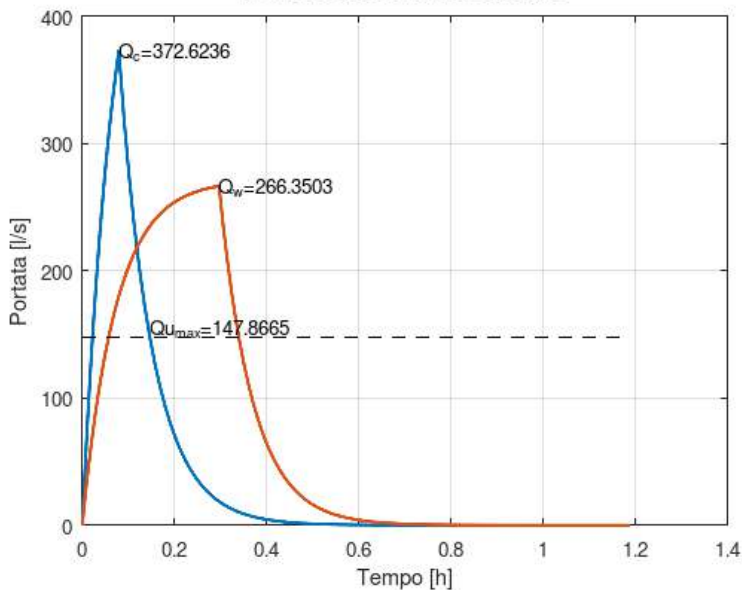
$$\theta_w = k \cdot F$$

$$\theta_w = 0.726 \cdot 4.0868 = 0.2966$$

$$W_0 = G \cdot k \cdot Q_c$$

$$W_0 = 0.8553 \cdot 0.0726 \cdot 372.62 = 83.3$$

Metodo del serbatoio lineare



Metodo della corrivazione o cinematico

$$W_0 = 10 \cdot \psi \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^n + 1.295 \cdot \theta_c \cdot Q_{umax}^2 \frac{\theta_w^{(1-n)}}{\psi \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta_w - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta_c$$

$$W_0 = 10 \cdot 0.63 \cdot 1.0100 \cdot 78.363 \cdot 0.1800^{0.4487} + 1.295 \cdot 0.1037 \cdot 191.90^2 \frac{0.1800^{(1-0.4487)}}{0.63 \cdot 1.0100 \cdot 78.363} - 3.6 \cdot 191.90 \cdot 0.1800 - 3.6 \cdot 191.90 \cdot 0.1037 = 73.6$$

$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{(n'-1)}$$

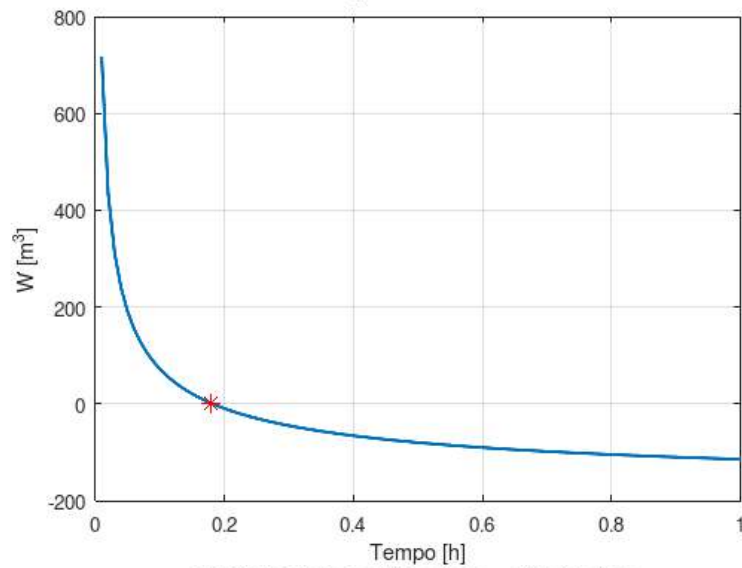
$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot 0.25 \cdot 1.0100 \cdot 78.363 \cdot 0.1037^{(0.4487-1)} = 191.9$$

$$Q_c \approx 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{(n'-1)}$$

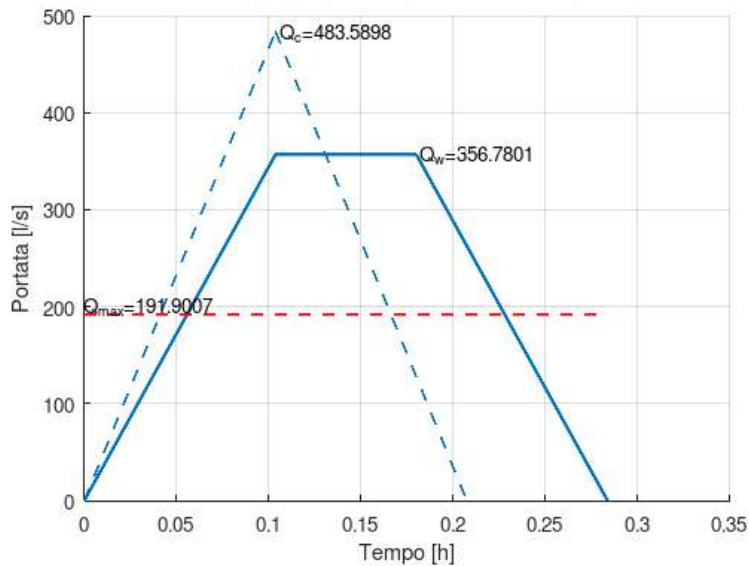
$$Q_c \approx 2.78 \cdot 0.63 \cdot 1.0100 \cdot 78.363 \cdot 0.1037^{(0.4487-1)} = 483.59$$

$$\theta_w = 0.1800$$

T_wmin=0.18ore



Metodo della corrivazione - Cinematico



Bacino 2:

Metodo del serbatoio lineare

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{(2-n)}}{1 - \exp(-F)} = 0$$

$$0.4487 \cdot 3.8511 + (1-0.4487) \cdot \ln\left(\frac{\frac{2.414}{0.6330} \cdot 3.8511^{(0.4487-1)}}{\frac{2.414}{0.6330} \cdot 3.8511^{(0.4487-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{0.6330}{2.414} \cdot 3.8511^{(2-0.4487)}}{1 - \exp(-3.8511)} = 0 \quad \text{da cui } F=3.8511$$

$$g(n, m) = \frac{F^{(n-1)}}{D} - \frac{F^{(n-2)}}{D} \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{1}{m} - \frac{1}{m \cdot F} \cdot \ln\left[\left(\frac{m \cdot F^{(n-1)}}{D} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-F))\right]$$

$$g(n, m) = \frac{3.8511^{(0.4487-1)}}{0.6330} - \frac{3.8511^{(0.4487-2)}}{0.6330} \cdot \ln\left(\frac{\frac{2.414}{0.6330} \cdot 3.8511^{(0.4487-1)}}{\frac{2.414}{0.6330} \cdot 3.8511^{(0.4487-1)} - 1}\right) - \frac{1}{2.414} - \frac{1}{2.52 \cdot 3.8511} \cdot \ln\left[\left(\frac{2.414 \cdot 3.8511^{(0.4487-1)}}{0.6330} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-3.8511))\right] = 0.2051$$

$$G(n, m) = g(n, m) \cdot F(n, m)$$

$$G(n, m) = 0.2051 \cdot 3.8511 = 0.7897$$

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C})$$

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C}) = 1.092^{(0.4487-1)} \cdot (1 - e^{-1.092}) = 0.6330$$

$$Q_c \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot k^{(n-1)}$$

$$Q_c \approx 0.6330 \cdot 2.78 \cdot 0.70 \cdot 0.2233 \cdot 78.363 \cdot 0.0456^{(0.4487-1)} = 118.23$$

$$Q_{u_{max}} \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot k^{(n-1)}$$

$$Q_{u_{max}} \approx 0.6330 \cdot 2.78 \cdot 0.29 \cdot 0.2233 \cdot 78.363 \cdot 0.0456^{(0.4487-1)} = 48.98$$

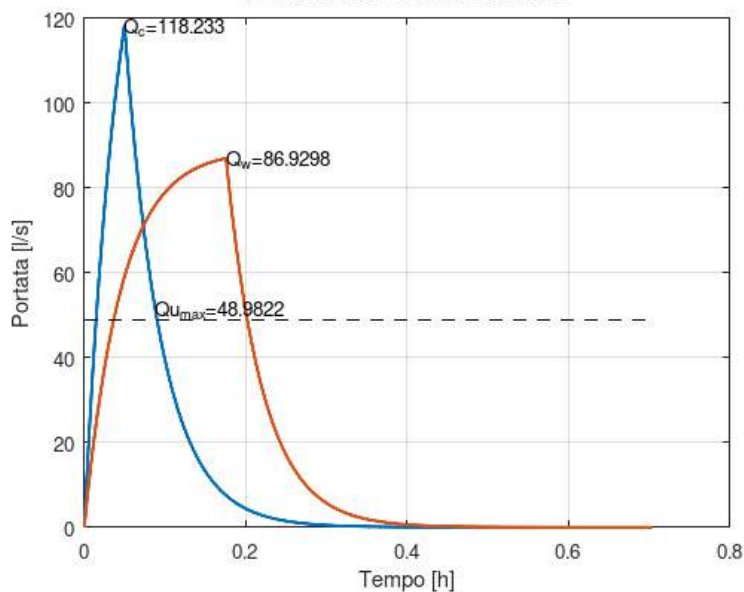
$$\theta_w = k \cdot F$$

$$\theta_w = 0.0456 \cdot 3.8511 = 0.1757$$

$$W_0 = G \cdot k \cdot Q_c$$

$$W_0 = 0.7897 \cdot 0.0456 \cdot 118.23 = 15.3$$

Metodo del serbatoio lineare



Metodo delle sole piogge

$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{n'-1}$$

$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot 0.29 \cdot 0.2233 \cdot 78.363 \cdot 0.0652^{(0.4487-1)} = 63.57$$

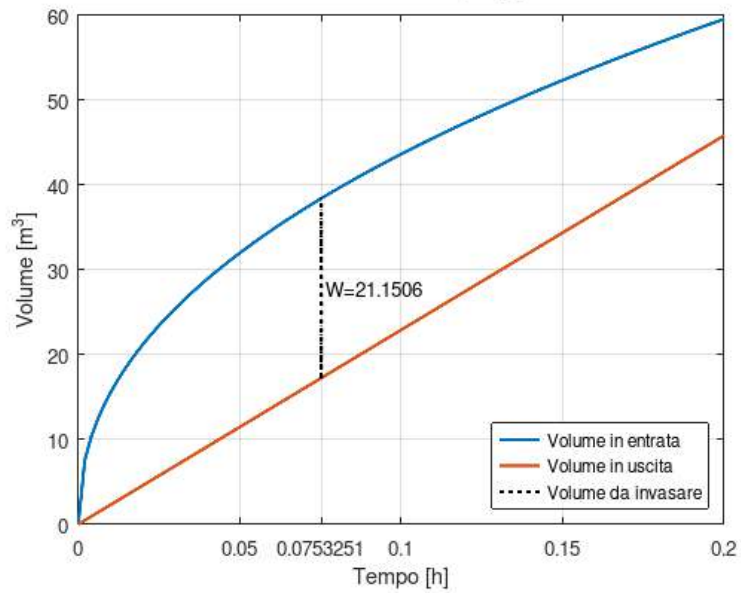
$$\theta_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2.78 \cdot S \cdot \psi \cdot a \cdot n'} \right)^{1/n'-1}$$

$$\theta_w = \left(\frac{63.57}{2.78 \cdot 0.2233 \cdot 0.70 \cdot 78.363 \cdot 0.4487} \right)^{1/0.4487-1} = 0.0753$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \psi \cdot a \cdot \theta_w^n - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta_w$$

$$W_0 = 10 \cdot 0.2233 \cdot 0.70 \cdot 78.363 \cdot 0.0753^{0.4487} - 3.6 \cdot 63.57 \cdot 0.0753 = 21.2$$

Metodo delle sole piogge



Bacino 3:

Metodo del serbatoio lineare

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{(2-n)}}{1 - \exp(-F)} = 0$$

$$0.4487 \cdot 1.6581 + (1-0.4487) \cdot \ln\left(\frac{\frac{1.321}{0.6330} \cdot 1.6581^{(0.4487-1)}}{\frac{1.321}{0.6330} \cdot 1.6581^{(0.4487-1)} - 1}\right) - \frac{\frac{0.6330}{1.321} \cdot 1.6581^{(2-0.4487)}}{1 - \exp(-1.6581)} = 0 \quad \text{da cui } F=1.6581$$

$$g(n, m) = \frac{F^{(n-1)}}{D} - \frac{F^{(n-2)}}{D} \cdot \ln\left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)}}{\frac{m}{D} \cdot F^{(n-1)} - 1}\right) - \frac{1}{m} - \frac{1}{m \cdot F} \cdot \ln\left[\left(\frac{m \cdot F^{(n-1)}}{D} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-F))\right]$$

$$g(n, m) = \frac{1.6581^{(0.4487-1)}}{0.6330} - \frac{1.6581^{(0.4487-2)}}{0.6330} \cdot \ln\left(\frac{\frac{1.321}{0.6330} \cdot 1.6581^{(0.4487-1)}}{\frac{1.321}{0.6330} \cdot 1.6581^{(0.4487-1)} - 1}\right) - \frac{1}{1.321} - \frac{1}{1.321 \cdot 1.6581} \cdot \ln\left[\left(\frac{1.321 \cdot 1.6581^{(0.4487-1)}}{0.6330} - 1\right) \cdot (1 - \exp(-1.6581))\right] = 0.0612$$

$$G(n, m) = g(n, m) \cdot F(n, m)$$

$$G(n, m) = 0.0612 \cdot 1.6581 = 0.1015$$

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C})$$

$$D = C^{(n-1)} \cdot (1 - e^{-C}) = 1.092^{(0.4487-1)} \cdot (1 - e^{-1.092}) = 0.6330$$

$$Q_c \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot k^{(n-1)}$$

$$Q_c \approx 0.6330 \cdot 2.78 \cdot 0.37 \cdot 0.6026 \cdot 78.363 \cdot 0.0742^{(0.4487-1)} = 128.98$$

$$Q_{umax} \approx D \cdot 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot k^{(n-1)}$$

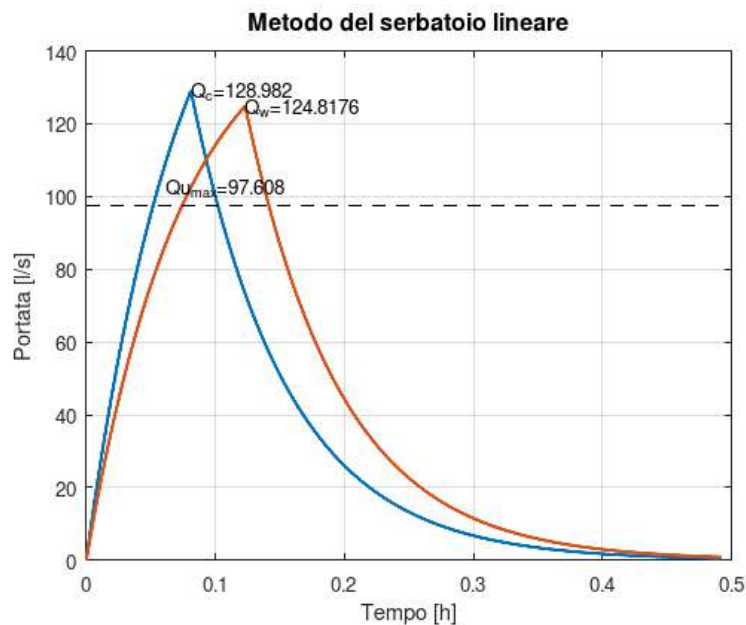
$$Q_{umax} \approx 0.6330 \cdot 2.78 \cdot 0.28 \cdot 0.6026 \cdot 78.363 \cdot 0.0742^{(0.4487-1)} = 97.61$$

$$\theta_w = k \cdot F$$

$$\theta_w = 0.0742 \cdot 1.6581 = 0.1230$$

$$W_0 = G \cdot k \cdot Q_c$$

$$W_0 = 0.1015 \cdot 0.0742 \cdot 128.98 = 3.5$$



Metodo della corrivazione o cinematico

$$W_0 = 10 \cdot \psi \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^n + 1.295 \cdot \theta_c Q_{umax}^2 \frac{\theta_w^{(1-n')}}{\psi \cdot S \cdot a} - 3.6 Q_{umax} \theta_w - 3.6 Q_{umax} \theta_c$$

$$W_0 = 10 \cdot 0.63 \cdot 0.6026 \cdot 78.363 \cdot 0.110^{0.4487} + 1.295 \cdot 0.1060 \cdot 126.68^2 \frac{0.110^{(1-0.4487)}}{0.37 \cdot 0.6026 \cdot 78.363} - 3.6 \cdot 126.68 \cdot 0.110 - 3.6 \cdot 126.68 \cdot 0.1037 = 3.7$$

$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{(n'-1)}$$

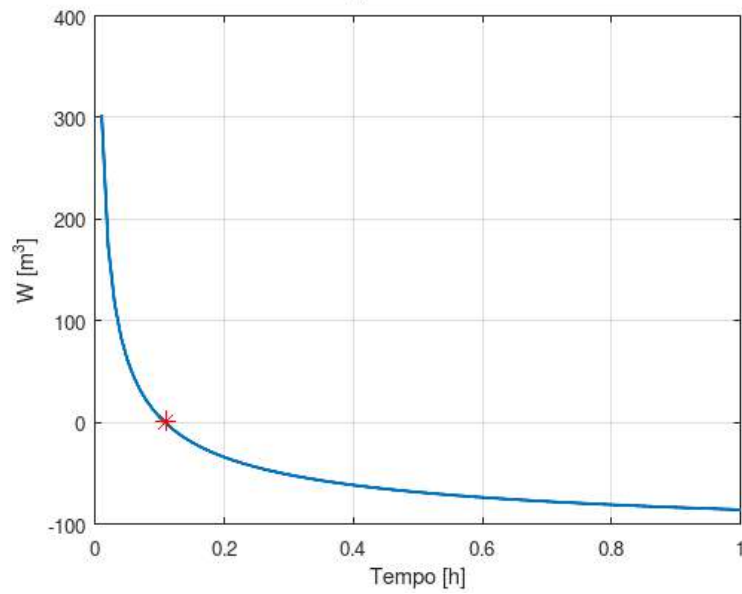
$$Q_{umax} \approx 2.78 \cdot 0.28 \cdot 0.6026 \cdot 78.363 \cdot 0.1060^{(0.4487-1)} = 126.68$$

$$Q_c \approx 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{(n'-1)}$$

$$Q_c \approx 2.78 \cdot 0.37 \cdot 0.6026 \cdot 78.363 \cdot 0.1060^{(0.4487-1)} = 167.39$$

$$\theta_w = 0.110$$

T_wmin=0.11 ore



Metodo della corrivazione - Cinematico

