



Comune di Colognola ai Colli

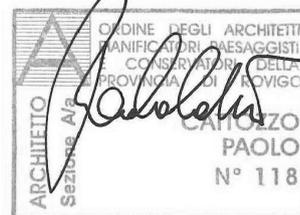
AMPLIAMENTO CIMITERO SITUATO PRESSO LA FRAZIONE DI SAN ZENO 1° STRALCIO FUNZIONALE - Lotto 2

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTI
RELAZIONE DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA - INTEGRAZIONE

A.7.1

FEBBRAIO 2022



I TECNICI INCARICATI:
ING. LAURO STIEVANO

SOCIETA' PROFESSIONALE DI PROGETTAZIONE

PROJECT S.C.A.R.L.

VIA MURE OSPEDALE n.21 - 45100 ROVIGO

TEL. 0425 24864 - FAX. 0425 24525 www.projectscarl.it info@projectscarl.it
ISCRIZIONE C.C.I.A.A. n°129808 dal 19 luglio 1999 C.F. 01124650290 P.IVA: 01124650290

IL RESPONSABILE DEL PROGETTO:
ARCH. PAOLO CATTOZZO

SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2015 Certificato n. 9293	20/06.PE	rev. n.	data	motivo
		00	mag.21	Prima emissione - Richiesta parere bb.aa.
	RESPONSABILE PROGETTO	01	feb.22	Seconda emissione - Approvazione progetto
		02	lug.22	Integrazione a seguito nota Genio Civile del 29.06.22
	firma di controllo			

INDICE RELAZIONE INTEGRATIVA

Sommario

1. PREMESSA	2
4. DESCRIZIONE DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA	2
b) Inquadramento ambientale e vincolistico idraulico.....	2
5. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI	3
a) caratterizzazione geomorfologica e geotecnica del terreno.....	3
6. ANALISI SITUAZIONE PROGETTUALE	4
d) Valutazione della criticità idraulica: dati pluviometrici.	12
e) Valutazione della criticità idraulica: metodo di calcolo.	13
f) Valutazione della criticità idraulica: stima dei volumi d’invaso e laminazione per Tr=200 anni.....	13
g) Verifica risultati con dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4, criterio di dimensionamento n. 2, linee guida sulla VCI del 03/08/2009.	19
7. CONFRONTO DATI DIMENSIONALI	21
8. INDICAZIONI SU SISTEMI DI ACCUMULO E LAMINAZIONE	22

COMUNE DI COLOGNOLA AI COLLI

VARIANTE URBANISTICA AMPLIAMENTO CIMITERO DELLA FRAZIONE DI SAN ZENO

VALUTAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA

RELAZIONE INTEGRATIVA

1. PREMESSA

La presente relazione è integrativa di quella trasmessa dal Comune di Colognola ai Colli agli Enti competenti in data 24.06.2022, attinente alla valutazione di compatibilità idraulica della Variante Urbanistica dell'area su cui è previsto l'ampliamento del cimitero della frazione di San Zeno nel Comune di Colognola ai Colli (VR).

In particolare l'integrazione, come richiesta dall'Ufficio territoriale del Genio Civile di Verona con nota prot. 289922 del 29.06.2022, è riferibile:

- al paragrafo 4, punto b) inquadramento ambientale e vincolistico idraulico;
- al paragrafo 5, punto a) caratterizzazione geomorfologica e geotecnica del terreno;
- al paragrafo 6, punti d) valutazione della criticità idraulica: dati pluviometrici; e) valutazione della criticità idraulica: metodo di calcolo; f) valutazione della criticità idraulica: stima dei volumi d'invaso e laminazione.

4. DESCRIZIONE DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA

b) Inquadramento ambientale e vincolistico idraulico.

Come si evince dall'elaborato grafico Tav. AG12 Carta della Pericolosità Idraulica del PGRA dell'Autorità di Bacino delle Alpi Orientali (*Figura 1*), l'area oggetto di Variante Urbanistica per ampliamento del cimitero della frazione di San Zeno nel Comune di Colognola ai Colli (VR), non rientra nelle zone di attenzione idraulica P1, P2, P3 o in aree fluviali o in zone classificate a rischio idraulico.

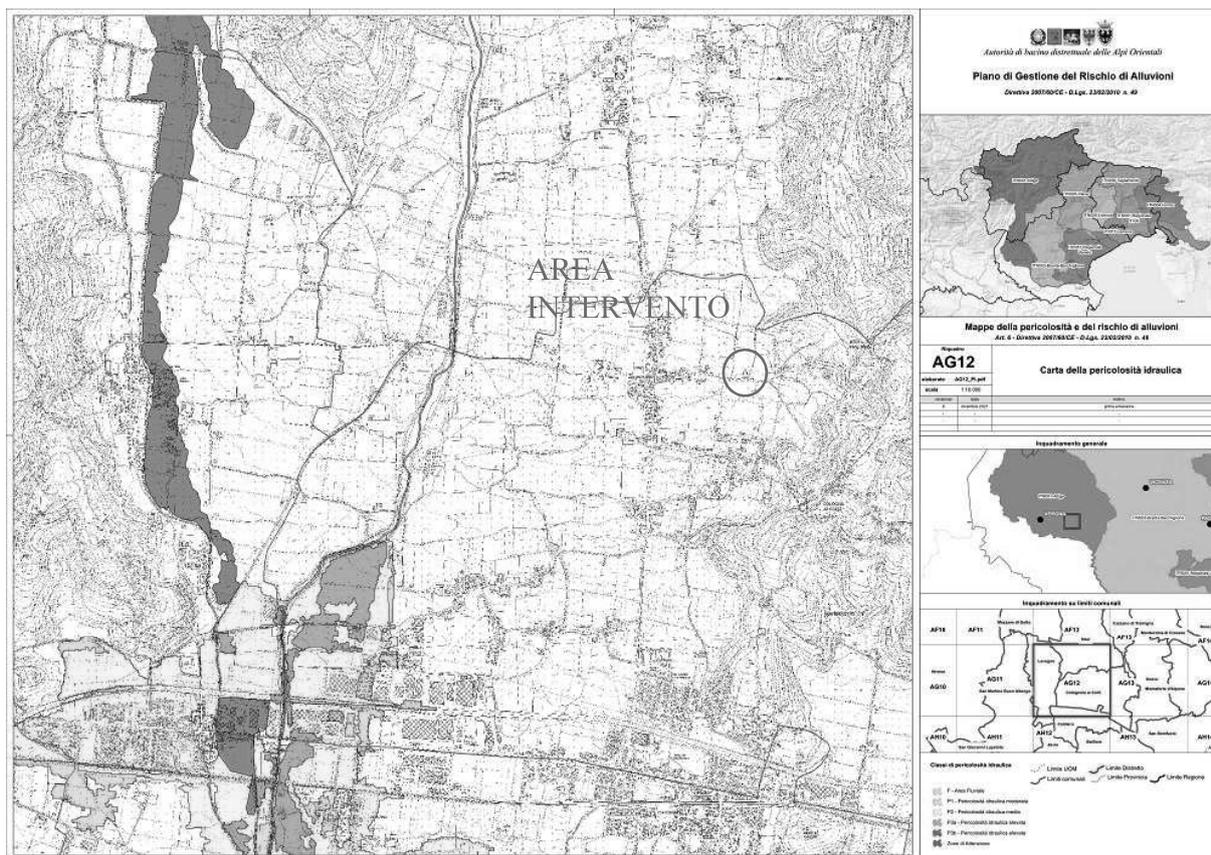


Figura 1 – AG12 Carta della pericolosità idraulica - (Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni)

5. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

a) caratterizzazione geomorfologica e geotecnica del terreno.

Di Seguito si fa riferimento alla Relazione Geologica Geotecnica redatta da “Geostudio dei Geologi Alberto Dott. Cò e Ilaria Dott.ssa Mercè” a seguito delle indagini geotecniche commissionate.

Prendendo in considerazione i risultati delle due prove penetrometriche dinamiche DPSH-1 e DPSH-2, la caratterizzazione litologica che ne consegue risulta essere:

DPSH-1 fino alla profondità di 10,4 m (massima profondità indagata in corrispondenza della quale la prova penetrometrica è andata a rifiuto strumentale):

- da 0,0 a 7,0 m (spessore 7,0 m) argilla limosa e limo argilloso;
- da 7,0 a 7,4 m (spessore 0,4 m) sabbia limosa;
- da 7,4 a 10,4 m (spessore 3,0 m) argilla limosa e limo argilloso.

DPSH-2 fino alla profondità di 3,2 m (massima profondità indagata in corrispondenza della quale la prova penetrometrica è andata a rifiuto strumentale):

- da 0,0 a 2,2 m (spessore 2,2 m) argilla limosa e limo argilloso;
- da 2,2 a 3,2 m (spessore 1,0 m) sabbia ghiaiosa.

In entrambe le prove non è stata rilevata presenza di falda all'interno dei fori.

Nella stessa relazione viene allegata una sezione geologica interpretativa analizzando i dati risultanti dalle due prove penetrometriche dinamiche rapportati ai valori riferibili ai dati del pozzo d'indagine n. 159068 (Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) dell'ISPRA) prossimo all'area di intervento.

I dati dell'indagine del pozzo n. 159068 indicano la seguente stratigrafia:

- da 0 a 5 m di profondità limo e argilla;
- da 5 m a 15 m di profondità prevalenza di ghiaia;
- da 15 m a 35 m di profondità ancora limo e argilla;
- oltre i 35 m substrato roccioso;
- presenza di falda freatica oltre i 50 m di profondità.

Dall'analisi dei dati sopra riportati è ragionevole dedurre la presenza di uno strato di ghiaia di rilevante spessore a partire dai 5 metri di profondità.

La letteratura tecnica di settore indica, per terreni ghiaiosi e sabbiosi con ghiaia, coefficienti di permeabilità di riferimento K [m/s] pari a 10^{-3} [m/s].

Tale valore di riferimento sarà da verificare con apposite prove di permeabilità in situ in fase di progettazione esecutiva dell'invaso di laminazione conseguente all'ampliamento del cimitero.

Il tutto rende comunque percorribile, perlomeno per gli scopi della presente valutazione di compatibilità idraulica, l'ipotesi di laminazione dell'invaso per infiltrazione nel sottosuolo.

Questo anche in considerazione delle criticità che emergono dalle argomentazioni poste nell'analisi generale dello stato di fatto e che per comodità di seguito si riportano:

1. mancanza di una rete fognaria di raccolta delle acque piovane nella zona del cimitero di San Zeno;
2. dall'analisi della rete idrica superficiale l'unico corpo idrico recettore presente in zona risulta essere il torrente Prognolo;
3. la distanza minima tra l'area cimiteriale e il torrente Prognolo, se individuato come scolo recettore, risulta di circa 80 m;
4. il torrente Prognolo non fornisce sufficienti garanzie di ricezione delle acque meteoriche eventualmente provenienti dallo scarico di un vaso di laminazione di progetto nell'area cimiteriale, data la propensione ad esondare in particolari condizioni di precipitazioni piovose;
5. un eventuale scarico delle acque di laminazione nel torrente Prognolo andrebbe ad interferire con l'area di salvaguardia dei pozzi di prelievo idropotabile D.Lgs 152/2006.

6. ANALISI SITUAZIONE PROGETTUALE

Prima di procedere alla stima dei volumi da mitigare con riferimento ad un tempo di ritorno $Tr=200$ anni, riportiamo per comodità la stessa stima per il tempo di ritorno $Tr=50$ anni già sviluppata ed ampliata al caso del mantenimento dell'invarianza idraulica dello stato attuale.

Calcolo del tempo di corrvazione, del relativo coefficiente udometrico e della portata nella condizione attuale ante trasformazione:

COEFFICIENTE UDOMETRICO E PORTATA STATO ANTE TRASFORMAZIONE - Tr 50 ANNI

Si assume l'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri:

$$h=a*Tp/(Tp+b)c$$

Dati di progetto:

Tr [anni] =	50	Tempo di ritorno assunto	
a, b, n =	61,50	17,50	0,920
φ =	0,290	Parametri curva pluviometrica	
S [m ²] =	2.480,00	Coefficiente di deflusso calcolato per l'area ante trasformazione	
		Superficie area interessata dalla trasformazione	

Valutazione tempo di corrivazione t_c .

In generale per il tempo di corrivazione (t_c) si considera la somma del tempo di ruscellamento (t_0), tempo impiegato da una goccia d'acqua per arrivare dal terreno alla rete fognaria, e il tempo di percorrenza della rete stessa (t_{pr}).

$$t_c = t_0 + t_{pr}$$

Nel caso di aree non urbanizzate, il valore del tempo di percorrenza in fognatura non è presente e pertanto $t_c = t_0$.

Per determinare il tempo di ruscellamento si utilizza la relazione di Boyd (con t_0 in ore):

$$t_0 = k \cdot S^d$$

dove: $k=2,51$ e $d=0,38$ sono due costanti e S è la superficie dell'area in Km^2 . Per cui si ottiene:

$$t_0 \text{ [ore]} = 0,257$$

Dall'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri si calcola l'altezza della precipitazione per il tempo di corrivazione t_c determinato:

$$h \text{ [mm]} = 38,08$$

Valutazione coefficiente udometrico u .

Per il calcolo del coefficiente udometrico (u), si utilizza la relazione di Turazza:

$$u = 0,1157 \cdot m \cdot \phi \cdot h / (t_p + t_c)$$

dove:

u [l/sec/ha] = coefficiente udometrico

ϕ = coefficiente di deflusso

h [mm] = altezza precipitazione di pioggia

t_p [gg] = durata della precipitazione

t_c [gg] = tempo di corrivazione

m = coefficiente di piena

La condizione di criticità si raggiunge quando $m = 1$ e il tempo di precipitazione coincide con il tempo di corrivazione. A questa situazione corrispondono il coefficiente udometrico critico e la portata massima. La relazione di Turazza assume quindi la seguente formulazione

$$u = 0,1157 \cdot \phi \cdot h / t_c$$

Applicandola si ricava:

$$u \text{ [l/sec/ha]} = 119,49$$

Considerando che la portata Q [l/sec] è pari al coefficiente udometrico per la superficie, si ha:

$$Q_{\max} \text{ [l/sec]} = 29,63$$

Calcolo del tempo di corrivazione, del relativo coefficiente udometrico e della portata nella condizione post trasformazione nel rispetto dell'invarianza idraulica:

CALCOLO COEFFICIENTE UDOMETRICO E PORTATA STATO TRASFORMATO - Tr 50 ANNI

Si assume l'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri:

$$h = a \cdot T_p / (T_p + b) \cdot c$$

Dati di progetto:

Tr [anni] =	200	Tempo di ritorno assunto	
a, b, n =	61,50	17,50	0,920
ϕ =	0,490	Parametri curva pluviometrica	
S [m ²] =	2.480,00	Coefficiente di deflusso calcolato per l'area post trasformazione	
		Superficie area interessata dalla trasformazione	

Valutazione tempo di corrivazione t_c .

In generale per il tempo di corrivazione (t_c) si considera la somma del tempo di ruscellamento (t_0), tempo impiegato da una goccia d'acqua per arrivare dal terreno alla rete fognaria, e il tempo di percorrenza della rete stessa (t_{pr}).

$$t_c = t_0 + t_{pr}$$

Per determinare il tempo di ruscellamento si utilizza la relazione di Boyd (con t_0 in ore):

$$t_0 = k \cdot S^d$$

dove: $k=2,51$ e $d=0,38$ sono due costanti e S è la superficie dell'area in Km^2 . Per cui si ottiene:

$$t_0 \text{ [ore]} = 0,257$$

Il tempo di percorrenza nella rete fognaria viene calcolato con la seguente relazione (t_r in ore):

$$t_r = (1,5 \cdot S)^{1/2} / v$$

con v =velocità in fognatura fissata in 0,64 m/sec; S superficie dell'area in Km². Da questa si ottiene:

$$t_r \text{ [ore]} = 0,095$$

Il valore del tempo di corrivazione t_c risulta quindi:

t_0 [ore]=	0,257	t_r [ore]=	0,095	t_c [ore]=	0,352
--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------

Dall'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri si calcola l'altezza della precipitazione per il tempo di corrivazione t_c determinato:

$$h \text{ [mm]} = 45,06$$

Valutazione coefficiente udometrico u .

Per il calcolo del coefficiente udometrico (u), si utilizza la relazione di Turazza:

$$u = 0,1157 \cdot m \cdot \phi \cdot h / (t_p + t_c)$$

dove:

u [l/sec/ha] = coefficiente udometrico

ϕ = coefficiente di deflusso

h [mm] = altezza precipitazione di pioggia

t_p [gg] = durata della precipitazione

t_c [gg] = tempo di corrivazione

m = coefficiente di piena

La condizione di criticità si raggiunge quando $m = 1$ e il tempo di precipitazione coincide con il tempo di corrivazione. A questa situazione corrispondono il coefficiente udometrico critico e la portata massima. La relazione di Turazza assume quindi la seguente formulazione

$$u = 0,1157 \cdot \phi \cdot h / t_c$$

Applicandola si ricava:

$$u \text{ [l/sec/ha]} = 174,23$$

Considerando che la portata Q [l/sec] è pari al coefficiente udometrico per la superficie, si ha:

$$Q_{\max} \text{ [l/sec]} = 43,21$$

L'invarianza idraulica, nel caso dell'area trasformata, è garantita mantenendo il coefficiente udometrico di rilascio dell'area ante trasformazione:

$$u = 119,49 \text{ l/sec/ha}$$

(a fronte dei 174,23 l/sec/ha post trasformazione);

con una portata massima in uscita:

$$Q_{\max} = 29,63 \text{ l/sec}$$

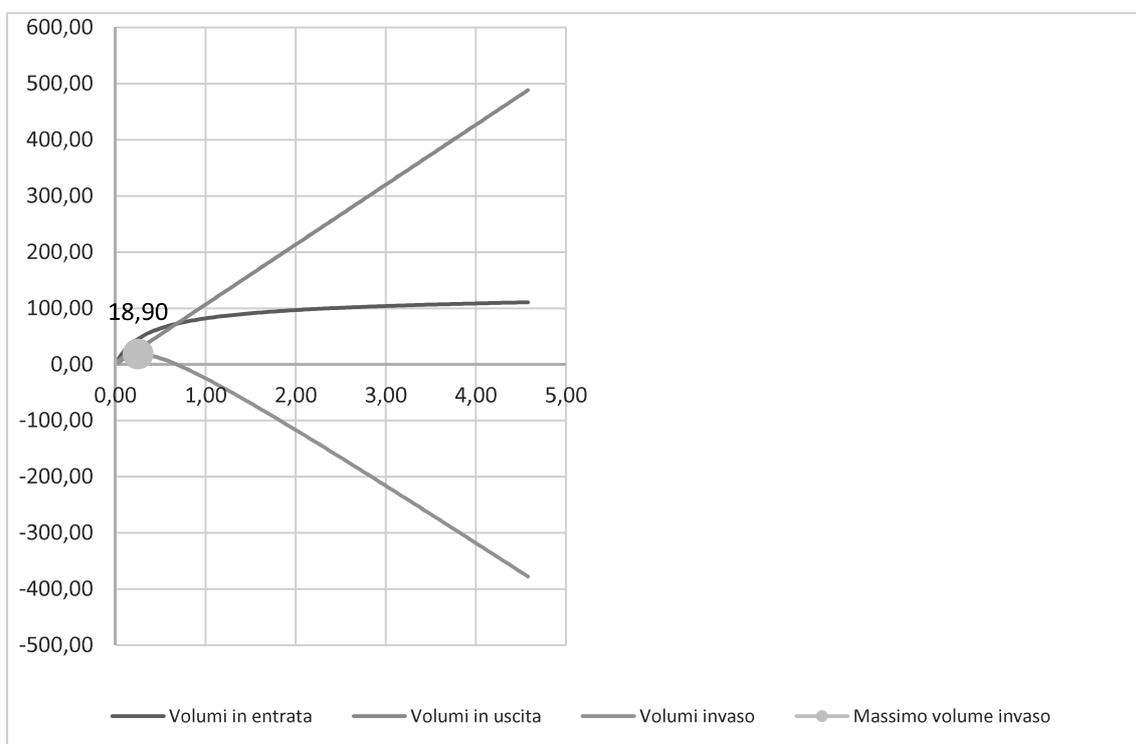
(a fronte di 43,21 l/sec post trasformazione).

CALCOLO VOLUME D'INVASO - SITUAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

Tempo di corrivazione t_c [ore]	0,352
Intervalli di tempo considerati [ore]	0,035
Coefficiente udometrico di rilascio assunto u [l/sec/ha]	119,49

Volume invaso massimo calcolato [m ³] =	18,90
Portata in uscita calcolata [l/sec] =	29,63

N.	Tp [ore]	a	b	c	h [mm]	Intensità media di pioggia I_{mp} [mm/ora]	φ	S [ha]	Portata in entrata Q_e [l/sec]	Volume in entrata V_e [mc]	Volume in uscita V_u [mc]	Volume in vaso V_i [mc]
1	0,035	61,50	17,50	0,920	8,41	238,72	0,490	0,2480	80,58	10,21	3,76	6,46
2	0,070	61,50	17,50	0,920	15,30	217,28	0,490	0,2480	73,34	18,59	7,51	11,08
3	0,106	61,50	17,50	0,920	21,07	199,50	0,490	0,2480	67,34	25,61	11,27	14,34
4	0,141	61,50	17,50	0,920	25,99	184,51	0,490	0,2480	62,28	31,58	15,02	16,55
5	0,176	61,50	17,50	0,920	30,22	171,69	0,490	0,2480	57,96	36,73	18,78	17,95
6	0,211	61,50	17,50	0,920	33,93	160,60	0,490	0,2480	54,21	41,23	22,54	18,69
7	0,246	61,50	17,50	0,920	37,19	150,91	0,490	0,2480	50,94	45,20	26,29	18,90
8	0,282	61,50	17,50	0,920	40,10	142,36	0,490	0,2480	48,05	48,73	30,05	18,68
9	0,317	61,50	17,50	0,920	42,70	134,77	0,490	0,2480	45,49	51,89	33,80	18,09
10	0,352	61,50	17,50	0,920	45,06	127,97	0,490	0,2480	43,20	54,75	37,56	17,19
11	0,387	61,50	17,50	0,920	47,19	121,85	0,490	0,2480	41,13	57,35	41,32	16,03
12	0,422	61,50	17,50	0,920	49,14	116,31	0,490	0,2480	39,26	59,72	45,07	14,65
13	0,458	61,50	17,50	0,920	50,93	111,28	0,490	0,2480	37,56	61,89	48,83	13,06
14	0,493	61,50	17,50	0,920	52,58	106,67	0,490	0,2480	36,01	63,90	52,58	11,31
15	0,528	61,50	17,50	0,920	54,11	102,45	0,490	0,2480	34,58	65,75	56,34	9,41
16	0,563	61,50	17,50	0,920	55,52	98,56	0,490	0,2480	33,27	67,47	60,10	7,38
17	0,599	61,50	17,50	0,920	56,84	94,97	0,490	0,2480	32,06	69,08	63,85	5,22
18	0,634	61,50	17,50	0,920	58,08	91,64	0,490	0,2480	30,93	70,58	67,61	2,97
19	0,669	61,50	17,50	0,920	59,23	88,55	0,490	0,2480	29,89	71,98	71,36	0,62
20	0,704	61,50	17,50	0,920	60,32	85,66	0,490	0,2480	28,92	73,30	75,12	-1,82



Imponendo l'invarianza idraulica tra situazione ante e post trasformazione si rendono necessari quindi un volume d'invaso e una portata in uscita pari rispettivamente a:

$$V_{\text{invaso}} = 19 \text{ m}^3 \text{ (pari a } 76,61 \text{ m}^3/\text{ha).}$$

$$Q_{\text{uscita}} = 29,63 \text{ l/sec}$$

Imponendo per lo stato di progetto il coefficiente udometrico in uscita indicato dal Consorzio di Bonifica competente per territorio, pari a 10 l/sec/ha, si ottiene:

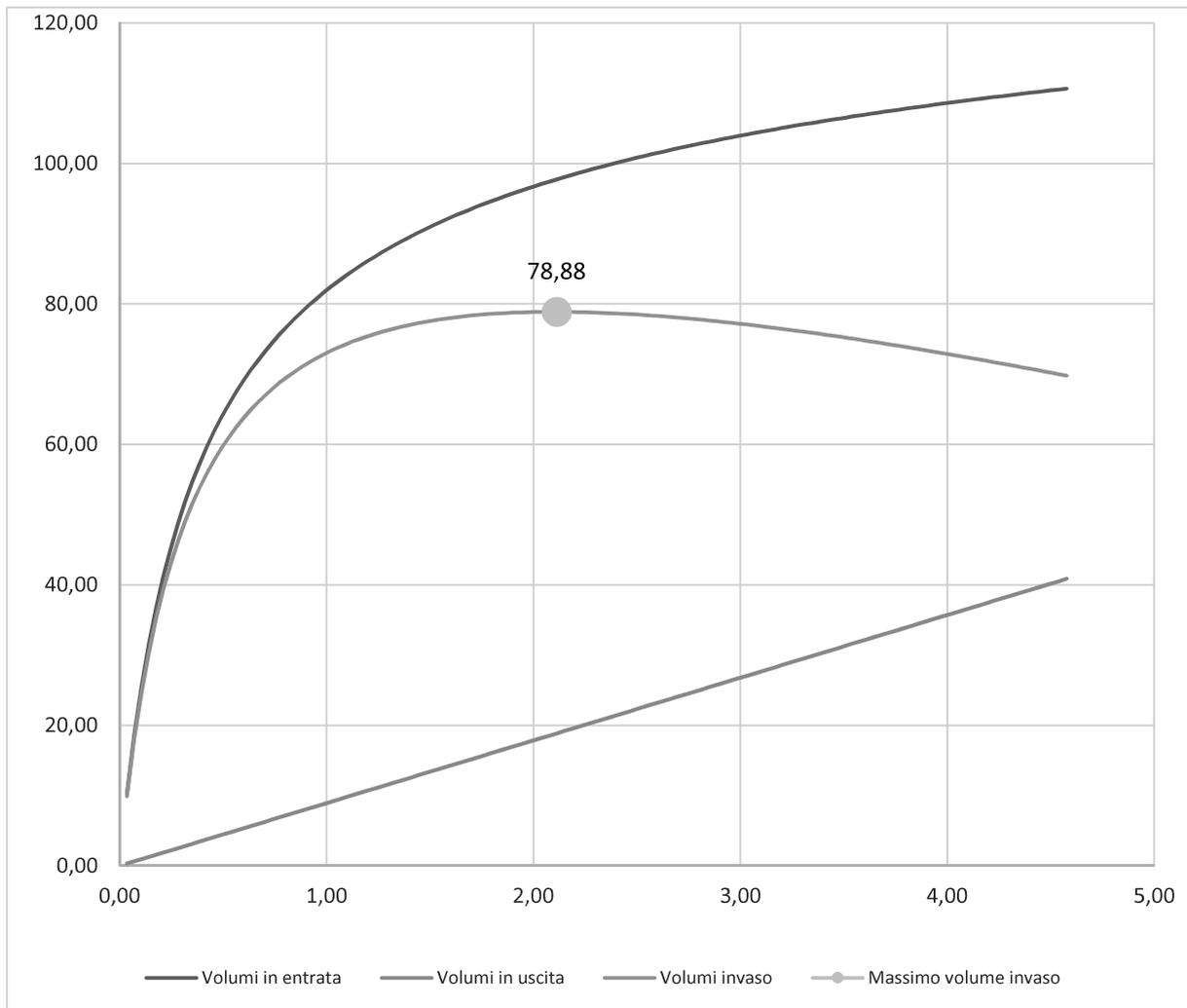
CALCOLO VOLUME D'INVASO - SITUAZIONE DI COEFFICIENTE UDOMETRICO u IMPOSTO

Tempo di corrivazione t_c [ore]	0,352
Intervalli di tempo considerati [ore]	0,035
Coefficiente udometrico di rilascio assunto u [l/sec/ha]	10,00

Volume invaso massimo calcolato [m ³] =	78,88
Portata in uscita calcolata [l/sec] =	2,48

N.	TP [ore]	a	b	c	h [mm]	Intensità media di pioggia I_{mp} [mm/ora]	ϕ	S [ha]	Portata in entrata Q_e [l/sec]	Volume in entrata V_e [mc]	Volume in uscita V_u [mc]	Volume invaso V_i [mc]
1	0,035	61,50	17,50	0,920	8,41	238,72	0,490	0,2480	80,58	10,21	0,31	9,90
2	0,070	61,50	17,50	0,920	15,30	217,28	0,490	0,2480	73,34	18,59	0,63	17,96
3	0,106	61,50	17,50	0,920	21,07	199,50	0,490	0,2480	67,34	25,61	0,94	24,66
4	0,141	61,50	17,50	0,920	25,99	184,51	0,490	0,2480	62,28	31,58	1,26	30,32
5	0,176	61,50	17,50	0,920	30,22	171,69	0,490	0,2480	57,96	36,73	1,57	35,16
6	0,211	61,50	17,50	0,920	33,93	160,60	0,490	0,2480	54,21	41,23	1,89	39,34
7	0,246	61,50	17,50	0,920	37,19	150,91	0,490	0,2480	50,94	45,20	2,20	43,00
8	0,282	61,50	17,50	0,920	40,10	142,36	0,490	0,2480	48,05	48,73	2,51	46,21
9	0,317	61,50	17,50	0,920	42,70	134,77	0,490	0,2480	45,49	51,89	2,83	49,06
10	0,352	61,50	17,50	0,920	45,06	127,97	0,490	0,2480	43,20	54,75	3,14	51,61
11	0,387	61,50	17,50	0,920	47,19	121,85	0,490	0,2480	41,13	57,35	3,46	53,89
12	0,422	61,50	17,50	0,920	49,14	116,31	0,490	0,2480	39,26	59,72	3,77	55,95
13	0,458	61,50	17,50	0,920	50,93	111,28	0,490	0,2480	37,56	61,89	4,09	57,81
14	0,493	61,50	17,50	0,920	52,58	106,67	0,490	0,2480	36,01	63,90	4,40	59,50
15	0,528	61,50	17,50	0,920	54,11	102,45	0,490	0,2480	34,58	65,75	4,72	61,04
16	0,563	61,50	17,50	0,920	55,52	98,56	0,490	0,2480	33,27	67,47	5,03	62,44
17	0,599	61,50	17,50	0,920	56,84	94,97	0,490	0,2480	32,06	69,08	5,34	63,73
18	0,634	61,50	17,50	0,920	58,08	91,64	0,490	0,2480	30,93	70,58	5,66	64,92
19	0,669	61,50	17,50	0,920	59,23	88,55	0,490	0,2480	29,89	71,98	5,97	66,01
20	0,704	61,50	17,50	0,920	60,32	85,66	0,490	0,2480	28,92	73,30	6,29	67,02
21	0,739	61,50	17,50	0,920	61,34	82,97	0,490	0,2480	28,01	74,55	6,60	67,95
22	0,775	61,50	17,50	0,920	62,31	80,44	0,490	0,2480	27,15	75,72	6,92	68,80
23	0,810	61,50	17,50	0,920	63,23	78,08	0,490	0,2480	26,35	76,83	7,23	69,60
24	0,845	61,50	17,50	0,920	64,09	75,85	0,490	0,2480	25,60	77,88	7,54	70,34
25	0,880	61,50	17,50	0,920	64,91	73,75	0,490	0,2480	24,89	78,88	7,86	71,03
26	0,915	61,50	17,50	0,920	65,70	71,77	0,490	0,2480	24,23	79,84	8,17	71,66
27	0,951	61,50	17,50	0,920	66,44	69,89	0,490	0,2480	23,59	80,74	8,49	72,25
28	0,986	61,50	17,50	0,920	67,15	68,12	0,490	0,2480	22,99	81,61	8,80	72,81
29	1,021	61,50	17,50	0,920	67,84	66,44	0,490	0,2480	22,43	82,43	9,12	73,32

30	1,056	61,50	17,50	0,920	68,49	64,84	0,490	0,2480	21,89	83,22	9,43	73,79
31	1,091	61,50	17,50	0,920	69,11	63,32	0,490	0,2480	21,37	83,98	9,74	74,24
32	1,127	61,50	17,50	0,920	69,71	61,87	0,490	0,2480	20,89	84,71	10,06	74,65
33	1,162	61,50	17,50	0,920	70,28	60,49	0,490	0,2480	20,42	85,41	10,37	75,04
34	1,197	61,50	17,50	0,920	70,84	59,17	0,490	0,2480	19,97	86,08	10,69	75,39
35	1,232	61,50	17,50	0,920	71,37	57,92	0,490	0,2480	19,55	86,73	11,00	75,72
36	1,267	61,50	17,50	0,920	71,88	56,71	0,490	0,2480	19,14	87,35	11,32	76,03
37	1,303	61,50	17,50	0,920	72,38	55,56	0,490	0,2480	18,75	87,95	11,63	76,32
38	1,338	61,50	17,50	0,920	72,85	54,45	0,490	0,2480	18,38	88,53	11,94	76,59
39	1,373	61,50	17,50	0,920	73,31	53,39	0,490	0,2480	18,02	89,09	12,26	76,83
40	1,408	61,50	17,50	0,920	73,76	52,37	0,490	0,2480	17,68	89,63	12,57	77,06
41	1,444	61,50	17,50	0,920	74,19	51,40	0,490	0,2480	17,35	90,16	12,89	77,27
42	1,479	61,50	17,50	0,920	74,61	50,45	0,490	0,2480	17,03	90,67	13,20	77,46
43	1,514	61,50	17,50	0,920	75,01	49,55	0,490	0,2480	16,73	91,16	13,52	77,64
44	1,549	61,50	17,50	0,920	75,41	48,68	0,490	0,2480	16,43	91,63	13,83	77,80
45	1,584	61,50	17,50	0,920	75,79	47,83	0,490	0,2480	16,15	92,10	14,15	77,95
46	1,620	61,50	17,50	0,920	76,16	47,02	0,490	0,2480	15,87	92,55	14,46	78,09
47	1,655	61,50	17,50	0,920	76,52	46,24	0,490	0,2480	15,61	92,98	14,77	78,21
48	1,690	61,50	17,50	0,920	76,87	45,48	0,490	0,2480	15,35	93,41	15,09	78,32
49	1,725	61,50	17,50	0,920	77,21	44,75	0,490	0,2480	15,11	93,82	15,40	78,42
50	1,760	61,50	17,50	0,920	77,54	44,05	0,490	0,2480	14,87	94,23	15,72	78,51
51	1,796	61,50	17,50	0,920	77,86	43,36	0,490	0,2480	14,64	94,62	16,03	78,59
52	1,831	61,50	17,50	0,920	78,18	42,70	0,490	0,2480	14,41	95,00	16,35	78,65
53	1,866	61,50	17,50	0,920	78,48	42,06	0,490	0,2480	14,20	95,37	16,66	78,71
54	1,901	61,50	17,50	0,920	78,78	41,44	0,490	0,2480	13,99	95,74	16,97	78,76
55	1,936	61,50	17,50	0,920	79,07	40,83	0,490	0,2480	13,78	96,09	17,29	78,80
56	1,972	61,50	17,50	0,920	79,36	40,25	0,490	0,2480	13,59	96,44	17,60	78,83
57	2,007	61,50	17,50	0,920	79,64	39,68	0,490	0,2480	13,39	96,77	17,92	78,86
58	2,042	61,50	17,50	0,920	79,91	39,13	0,490	0,2480	13,21	97,10	18,23	78,87
59	2,077	61,50	17,50	0,920	80,17	38,60	0,490	0,2480	13,03	97,43	18,55	78,88
60	2,112	61,50	17,50	0,920	80,43	38,08	0,490	0,2480	12,85	97,74	18,86	78,88
61	2,148	61,50	17,50	0,920	80,69	37,57	0,490	0,2480	12,68	98,05	19,17	78,88
62	2,183	61,50	17,50	0,920	80,94	37,08	0,490	0,2480	12,52	98,35	19,49	78,86
63	2,218	61,50	17,50	0,920	81,18	36,60	0,490	0,2480	12,35	98,65	19,80	78,85
64	2,253	61,50	17,50	0,920	81,42	36,13	0,490	0,2480	12,20	98,94	20,12	78,82
65	2,289	61,50	17,50	0,920	81,65	35,68	0,490	0,2480	12,04	99,22	20,43	78,79
66	2,324	61,50	17,50	0,920	81,88	35,24	0,490	0,2480	11,89	99,50	20,75	78,75
67	2,359	61,50	17,50	0,920	82,10	34,81	0,490	0,2480	11,75	99,77	21,06	78,71
68	2,394	61,50	17,50	0,920	82,32	34,39	0,490	0,2480	11,61	100,04	21,38	78,67
69	2,429	61,50	17,50	0,920	82,54	33,98	0,490	0,2480	11,47	100,30	21,69	78,61
70	2,465	61,50	17,50	0,920	82,75	33,58	0,490	0,2480	11,33	100,56	22,00	78,56



Imponendo l'invarianza idraulica tra situazione ante e post trasformazione progetto con il coefficiente udometrico in uscita vincolato a 10 l/sec/ha si rendono necessari quindi un volume d'invaso e una portata in uscita pari rispettivamente a:

$$V_{\text{invaso}} = 79 \text{ m}^3 \text{ (pari a } 318,55 \text{ m}^3/\text{ha).}$$

$$Q_{\text{uscita}} = 2,48 \text{ l/sec}$$

Si valutano ora i volumi del sistema compensativo ottenuti con il dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4, criterio di dimensionamento n. 2 indicato nelle linee guida sulla VCI del 03/08/2009 conseguenti dell'OPCM n. 3621 del 18/10/2007.

Il calcolo viene sviluppato per ognuna delle sei coppie di parametri "a" - "n" riferite ai sei intervalli di durate dell'evento che equiparano le curve a due e tre parametri.

Intervallo di tempo	5' - 45'	10' - 1 ora	15' - 3 ore	30' - 6 ore	45' - 12 ore	1 - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360

I parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per $Tr=50$ anni, per i vari intervalli di tempo, sono desunti ancora dall'Analisi regionalizzata delle precipitazioni misurate dalla rete del Centro Meteolo di Teolo (CMT) dell'ARPAV sul territorio classificato di bonifica della Regione del Veneto di interesse dei consorzi di bonifica pubblicata nel 2011, relativi alle aree 042 Lessinia e Guà, come sotto riportati:

Intervallo di tempo	5' - 45'	10' -1 ora	15' -3 ore	30' -6 ore	45' -12 ore	1 - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7,10	10,00	18,70	29,50	32,70	36,10
n	0,591	0,480	0,300	0,195	0,175	0,157

Di seguito si riportano i fogli di calcolo dei volumi d'invaso nelle due condizioni sopra esposte per l'area trasformata ($u=119,49$ l/sec/ha con $Q=29,63$ l/sec - $u=10,00$ l/sec/ha con $Q=2,48$ l/sec).

Dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4 - Criterio di dimensionamento 2 Valutazioni di compatibilità idraulica - Linee Guida, Venezia 3/08/2009						
N.B.: Dati da inserire						
Parametri a e n delle CPP per i vari intervalli di tempo:						
Area 042 Lessinia e Guà	TR = 50 anni					
Intervallo di tempo	5' - 45'	10' - 1 ora	15' - 3 ore	30' - 6 ore	45' - 12 ore	1 ora - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7,1	10,0	18,7	29,5	32,7	36,1
n [-]	0,591	0,480	0,300	0,195	0,175	0,157
Superficie totale (S)	0,248	ha				
Coefficiente di afflusso	0,490	-				
Coefficiente udometrico d'uscita	119,49	l/s,ha				
$Q_{out}=u \cdot S \cdot 60$	1778	l/min	29,63352	l/sec		
Calcolo del volume di laminazione per un tempo di ritorno di 50 anni						
Tempo centrale t_{ce} [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7,10	10,00	18,70	29,50	32,70	36,10
n [-]	0,591	0,480	0,300	0,195	0,175	0,157
tempo critico t_{cr} [min]	13	10	7	5	5	5
scarto $t_{ce}-t_{cr}$	2	20	38	55	175	355
tempo critico minimo t_{min} [min]	13					
$V_{inv,cr}$ [mc]	16					

Dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4 - Criterio di dimensionamento 2 Valutazioni di compatibilità idraulica - Linee Guida, Venezia 3/08/2009						
N.B.: Dati da inserire						
Parametri a e n delle CPP per i vari intervalli di tempo:						
Area 042 Lessinia e Guà	TR = 50 anni					
Intervallo di tempo	5' - 45'	10' - 1 ora	15' - 3 ore	30' - 6 ore	45' - 12 ore	1 ora - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7,1	10,0	18,7	29,5	32,7	36,1
n [-]	0,591	0,480	0,300	0,195	0,175	0,157
Superficie totale (S)	0,248	ha				
Coefficiente di afflusso	0,490	-				
Coefficiente udometrico d'uscita	10	l/s,ha				
Q _{out} =u·S·60	149	l/min	2,48	l/sec		
Calcolo del volume di laminazione per un tempo di ritorno di 50 anni						
Tempo centrale t _{ce} [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7,10	10,00	18,70	29,50	32,70	36,10
n [-]	0,591	0,480	0,300	0,195	0,175	0,157
tempo critico t _{cr} [min]	5660	1159	236	119	106	95
scarto t _{ce} -t _{cr}	5645	1129	191	59	74	265
tempo critico minimo t _{min} [min]	119					
V _{inv,cr} [mc]	73					

A seguire si integrano la relazione con i valori ricavati per un Tr=50 anni.

d) *Valutazione della criticità idraulica: dati pluviometrici.*

Come in precedenza, non essendoci valori pluviometrici riferibili direttamente al Comune di Colognola ai Colli, anche in questa relazione integrativa, si fa riferimento a quanto riportato nell'Analisi regionalizzata delle precipitazioni misurate dalla rete del Centro Meteo di Teolo (CMT) dell'ARPAV sul territorio classificato di bonifica della Regione del Veneto di interesse dei consorzi di bonifica pubblicata nel 2011, relativi alle aree 042 Lessinia e Guà.

Nella tabella successiva (*Tabella 1*) sono indicati parametri della curva segnalatrice considerati per la Zona 042 Lessinia e Guà.

Tr [anni]	a	b	c
2	24,0	11,6	0,877
5	35,3	13,8	0,896
10	43,2	15,0	0,905
20	51,0	16,1	0,912
30	55,7	16,8	0,916

50	61,5	17,5	0,920
100	69,7	18,5	0,925
200	78,2	19,5	0,929

Tabella 1 – Parametri curve segnalatrici di possibilità pluviometrica considerati.

Facendo riferimento ad un tempo di ritorno normativo $T_r=200$ anni si assumono:

$$a = 78,2 - b = 19,5 - c = 0,929.$$

e) *Valutazione della criticità idraulica: metodo di calcolo.*

Viene confermata la classe di “modesta impermeabilizzazione potenziale (1.000 mq < S < di 10.000 mq)”, D.G.R. n. 1322 del 10/05/2006, per la quale il criterio da adottare nella VCI è il n. 1 delle linee guida.

f) *Valutazione della criticità idraulica: stima dei volumi d'invaso e laminazione per $T_r=200$ anni.*

Si utilizza il metodo di calcolo cinematico classico (metodo razionale), con l'utilizzo delle curve pluviometriche a tre parametri, per il tempo di ritorno T_r di 200 anni, con parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di valore $a = 78,2$; $b = 19,5$; $c = 0,929$.

A seguire si riporta il calcolo del tempo di corrivazione, del relativo coefficiente udometrico e della portata nella condizione attuale ante trasformazione.

COEFFICIENTE UDOMETRICO E PORTATA STATO ANTE TRASFORMAZIONE - T_r 200 ANNI

Si assume l'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri:

$$h=a*Tp/(Tp+b)c$$

Dati di progetto:

T_r [anni] =	200	Tempo di ritorno assunto	
a, b, n =	78,20	19,50	0,929
ϕ =	0,290	Coefficiente di deflusso calcolato per l'area ante trasformazione	
S [m ²] =	2.480,00	Superficie area interessata dalla trasformazione	

Valutazione tempo di corrivazione t_c .

In generale per il tempo di corrivazione (t_c) si considera la somma del tempo di ruscellamento (t_0), tempo impiegato da una goccia d'acqua per arrivare dal terreno alla rete fognaria, e il tempo di percorrenza della rete stessa (t_{pr}).

$$t_c=t_0+t_{pr}$$

Nel caso di aree non urbanizzate, il valore del tempo di percorrenza in fognatura non è presente e pertanto $t_c=t_0$.

Per determinare il tempo di ruscellamento si utilizza la relazione di Boyd (con t_0 in ore):

$$t_0=k*S^d$$

dove: $k=2,51$ e $d=0,38$ sono due costanti e S è la superficie dell'area in Km². Per cui si ottiene:

$$t_0 \text{ [ore]} = 0,257$$

Dall'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri si calcola l'altezza della precipitazione per il tempo di corrivazione t_c determinato:

$$h \text{ [mm]} = 44,42$$

Valutazione coefficiente udometrico u.

Per il calcolo del coefficiente udometrico (u), si utilizza la relazione di Turazza:

$$u=0,1157*m*\phi*h/(t_p+t_c)$$

dove:

u [l/sec/ha] = coefficiente udometrico
 ϕ = coefficiente di deflusso
 h [mm] = altezza precipitazione di pioggia
 tp [gg] = durata della precipitazione
 tc [gg] = tempo di corrivazione
 m = coefficiente di piena

La condizione di criticità si raggiunge quando $m = 1$ e il tempo di precipitazione coincide con il tempo di corrivazione. A questa situazione corrispondono il coefficiente udometrico critico e la portata massima. La relazione di Turazza assume quindi la seguente formulazione

$$u = 0,1157 \cdot \phi \cdot h / tc$$

Applicandola si ricava:

$$u \text{ [l/sec/ha]} = 139,38$$

Considerando che la portata Q [l/sec] è pari al coefficiente udometrico per la superficie, si ha:

$$Q_{\max} \text{ [l/sec]} = 34,57$$

Calcolo del tempo di corrivazione, del relativo coefficiente udometrico e della portata nella condizione post trasformazione.

CALCOLO COEFFICIENTE UDOMETRICO E PORTATA STATO TRASFORMATO - Tr 200 ANNI

Si assume l'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri:

$$h = a \cdot Tp / (Tp + b) \cdot c$$

Dati di progetto:

Tr [anni] =	200	Tempo di ritorno assunto	
a, b, n =	78,20	19,50	0,929
ϕ =	0,490	Coefficiente di deflusso calcolato per l'area post trasformazione	
S [m ²] =	2.480,00	Superficie area interessata dalla trasformazione	

Valutazione tempo di corrivazione tc .

In generale per il tempo di corrivazione (tc) si considera la somma del tempo di ruscellamento (t_0), tempo impiegato da una goccia d'acqua per arrivare dal terreno alla rete fognaria, e il tempo di percorrenza della rete stessa (t_r).

$$tc = t_0 + t_r$$

Per determinare il tempo di ruscellamento si utilizza la relazione di Boyd (con t_0 in ore):

$$t_0 = k \cdot S^d$$

dove: $k=2,51$ e $d=0,38$ sono due costanti e S è la superficie dell'area in Km². Per cui si ottiene:

$$t_0 \text{ [ore]} = 0,257$$

Il tempo di percorrenza nella rete fognaria viene calcolato con la seguente relazione (t_r in ore):

$$t_r = (1,5 \cdot S)^{1/2} / v$$

con v =velocità in fognatura fissata in 0,64 m/sec; S superficie dell'area in Km². Da questa si ottiene:

$$t_r \text{ [ore]} = 0,095$$

Il valore del tempo di corrivazione tc risulta quindi:

t_0 [ore]=	0,257	t_r [ore]=	0,095	tc [ore]=	0,352
--------------	-------	--------------	-------	-------------	-------

Dall'equazione di possibilità pluviometrica a tre parametri si calcola l'altezza della precipitazione per il tempo di corrivazione tc determinato:

$$h \text{ [mm]} = 52,90$$

Valutazione coefficiente udometrico u .

Per il calcolo del coefficiente udometrico (u), si utilizza la relazione di Turazza:

$$u = 0,1157 \cdot m \cdot \phi \cdot h / (tp + tc)$$

dove:

u [l/sec/ha] = coefficiente udometrico

ϕ = coefficiente di deflusso
 h [mm] = altezza precipitazione di pioggia
 tp [gg] = durata della precipitazione
 tc [gg] = tempo di corrivazione
 m = coefficiente di piena

La condizione di criticità si raggiunge quando $m = 1$ e il tempo di precipitazione coincide con il tempo di corrivazione. A questa situazione corrispondono il coefficiente udometrico critico e la portata massima. La relazione di Turazza assume quindi la seguente formulazione

$$u = 0,1157 \cdot \phi \cdot h / tc$$

Applicandola si ricava:

$$u \text{ [l/sec/ha]} = 204,55$$

Considerando che la portata Q [l/sec] è pari al coefficiente udometrico per la superficie, si ha:

$$Q_{\max} \text{ [l/sec]} = 50,73$$

Per garantire l'invarianza idraulica, nel caso dell'area trasformata si mantiene quale valore massimo del coefficiente udometrico di rilascio, lo stesso determinato per l'area ante trasformazione, nel nostro caso:

$$u = 139,38 \text{ l/sec/ha}$$

(a fronte dei 204,55 l/sec/ha post trasformazione);

con una portata massima in uscita:

$$Q_{\max} = 34,57 \text{ l/sec}$$

(a fronte 50,73 l/sec post trasformazione).

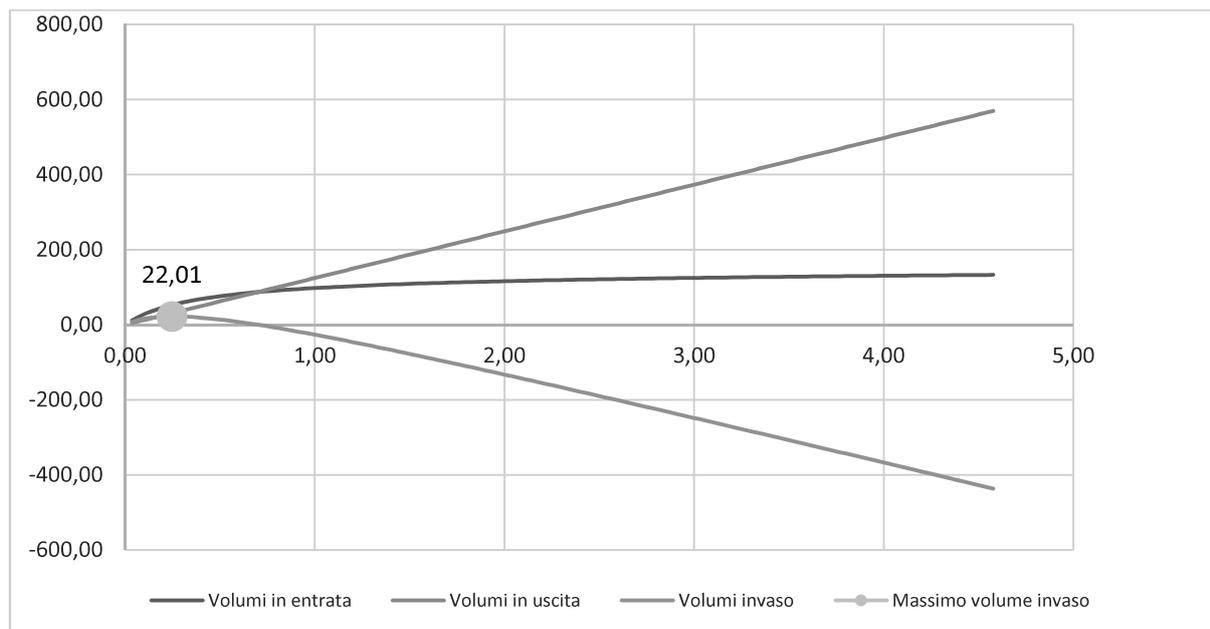
CALCOLO VOLUME D'INVASO - SITUAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

Tempo di corrivazione tc [ore]	0,352
Intervalli di tempo considerati [ore]	0,035
Coefficiente udometrico di rilascio assunto u [l/sec/ha]	139,38

Volume invaso massimo calcolato [m ³] =	22,01
Portata in uscita calcolata [l/sec] =	34,57

N.	Tp [ore]	a	b	c	h [mm]	Intensità media di pioggia I_{mp} [mm/ora]	ϕ	S [ha]	Portata in entrata Q_e [l/sec]	Volume in entrata V_e [mc]	Volume in uscita V_u [mc]	Volume invaso V_i [mc]
1	0,035	78,20	19,50	0,929	9,51	270,03	0,490	0,2480	91,15	11,55	4,38	7,17
2	0,070	78,20	19,50	0,929	17,44	247,62	0,490	0,2480	83,59	21,19	8,76	12,43
3	0,106	78,20	19,50	0,929	24,16	228,76	0,490	0,2480	77,22	29,36	13,14	16,22
4	0,141	78,20	19,50	0,929	29,95	212,65	0,490	0,2480	71,78	36,39	17,53	18,87
5	0,176	78,20	19,50	0,929	34,99	198,73	0,490	0,2480	67,08	42,51	21,91	20,61
6	0,211	78,20	19,50	0,929	39,42	186,58	0,490	0,2480	62,98	47,90	26,29	21,61
7	0,246	78,20	19,50	0,929	43,35	175,88	0,490	0,2480	59,37	52,68	30,67	22,01
8	0,282	78,20	19,50	0,929	46,86	166,38	0,490	0,2480	56,16	56,95	35,05	21,90
9	0,317	78,20	19,50	0,929	50,03	157,88	0,490	0,2480	53,29	60,80	39,43	21,36

10	0,352	78,20	19,50	0,929	52,90	150,24	0,490	0,2480	50,71	64,28	43,81	20,47
11	0,387	78,20	19,50	0,929	55,51	143,33	0,490	0,2480	48,38	67,46	48,19	19,26
12	0,422	78,20	19,50	0,929	57,90	137,05	0,490	0,2480	46,26	70,36	52,58	17,79
13	0,458	78,20	19,50	0,929	60,10	131,31	0,490	0,2480	44,32	73,04	56,96	16,08
14	0,493	78,20	19,50	0,929	62,13	126,05	0,490	0,2480	42,55	75,50	61,34	14,17
15	0,528	78,20	19,50	0,929	64,01	121,21	0,490	0,2480	40,92	77,79	65,72	12,07
16	0,563	78,20	19,50	0,929	65,76	116,74	0,490	0,2480	39,41	79,92	70,10	9,82
17	0,599	78,20	19,50	0,929	67,40	112,60	0,490	0,2480	38,01	81,90	74,48	7,42
18	0,634	78,20	19,50	0,929	68,92	108,76	0,490	0,2480	36,71	83,76	78,86	4,89
19	0,669	78,20	19,50	0,929	70,36	105,17	0,490	0,2480	35,50	85,50	83,24	2,25
20	0,704	78,20	19,50	0,929	71,70	101,83	0,490	0,2480	34,37	87,13	87,63	-0,49



Imponendo l'invarianza idraulica tra situazione ante e post trasformazione si rendono necessari quindi un volume d'invaso e una portata in uscita pari rispettivamente a:

$$V_{\text{invaso}} = 22 \text{ m}^3 \text{ (pari a } 88,70 \text{ m}^3/\text{ha).}$$

$$Q_{\text{uscita}} = 34,57 \text{ l/sec}$$

Analogamente a quanto fatto in sede di valutazione per il tempo di ritorno $T_r=50$ anni, valutiamo ora il volume d'invaso necessario considerando il coefficiente udometrico in uscita indicato dal Consorzio di Bonifica competente per territorio, pari a 10 l/sec/ha.

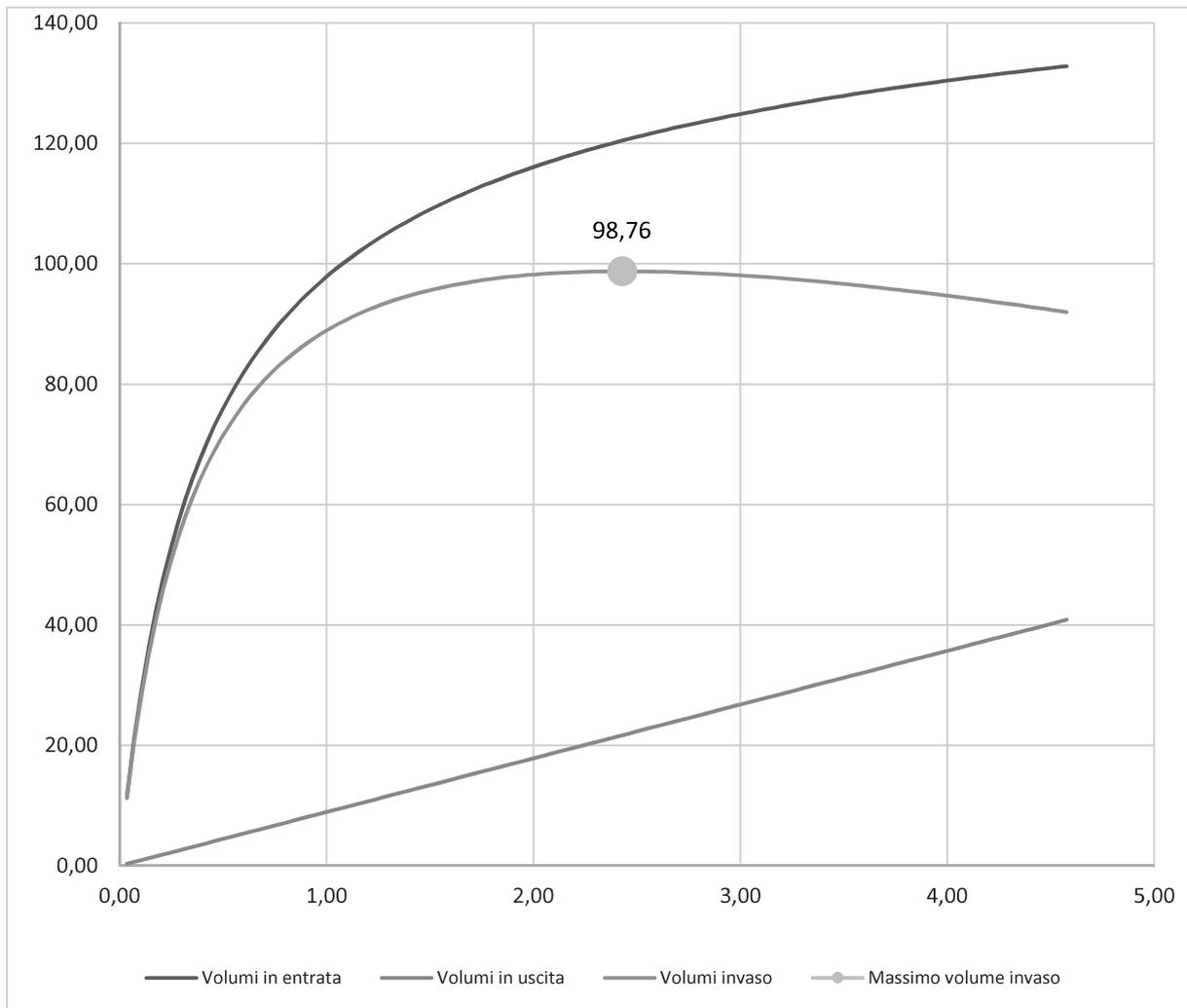
CALCOLO VOLUME D'INVASO - SITUAZIONE DI COEFFICIENTE UDOMETRICO u IMPOSTO

Tempo di corrivazione t_c [ore]	0,352
Intervalli di tempo considerati [ore]	0,035
Coefficiente udometrico di rilascio assunto u [l/sec/ha]	10,00

Volume invaso massimo calcolato [m ³] =	98,76
Portata in uscita calcolata [l/sec] =	2,48

N.	Tp [ore]	a	b	c	h [mm]	Intensità media di pioggia I _{mp} [mm/ora]	φ	S [ha]	Portata in entrata Q _e [l/sec]	Volume in entrata V _e [mc]	Volume in uscita V _u [mc]	Volume in vaso V _i [mc]
1	0,035	78,20	19,50	0,929	9,51	270,03	0,490	0,2480	91,15	11,55	0,31	11,24
2	0,070	78,20	19,50	0,929	17,44	247,62	0,490	0,2480	83,59	21,19	0,63	20,56
3	0,106	78,20	19,50	0,929	24,16	228,76	0,490	0,2480	77,22	29,36	0,94	28,42
4	0,141	78,20	19,50	0,929	29,95	212,65	0,490	0,2480	71,78	36,39	1,26	35,14
5	0,176	78,20	19,50	0,929	34,99	198,73	0,490	0,2480	67,08	42,51	1,57	40,94
6	0,211	78,20	19,50	0,929	39,42	186,58	0,490	0,2480	62,98	47,90	1,89	46,01
7	0,246	78,20	19,50	0,929	43,35	175,88	0,490	0,2480	59,37	52,68	2,20	50,47
8	0,282	78,20	19,50	0,929	46,86	166,38	0,490	0,2480	56,16	56,95	2,51	54,43
9	0,317	78,20	19,50	0,929	50,03	157,88	0,490	0,2480	53,29	60,80	2,83	57,97
10	0,352	78,20	19,50	0,929	52,90	150,24	0,490	0,2480	50,71	64,28	3,14	61,14
11	0,387	78,20	19,50	0,929	55,51	143,33	0,490	0,2480	48,38	67,46	3,46	64,00
12	0,422	78,20	19,50	0,929	57,90	137,05	0,490	0,2480	46,26	70,36	3,77	66,59
13	0,458	78,20	19,50	0,929	60,10	131,31	0,490	0,2480	44,32	73,04	4,09	68,95
14	0,493	78,20	19,50	0,929	62,13	126,05	0,490	0,2480	42,55	75,50	4,40	71,10
15	0,528	78,20	19,50	0,929	64,01	121,21	0,490	0,2480	40,92	77,79	4,72	73,08
16	0,563	78,20	19,50	0,929	65,76	116,74	0,490	0,2480	39,41	79,92	5,03	74,89
17	0,599	78,20	19,50	0,929	67,40	112,60	0,490	0,2480	38,01	81,90	5,34	76,56
18	0,634	78,20	19,50	0,929	68,92	108,76	0,490	0,2480	36,71	83,76	5,66	78,10
19	0,669	78,20	19,50	0,929	70,36	105,17	0,490	0,2480	35,50	85,50	5,97	79,52
20	0,704	78,20	19,50	0,929	71,70	101,83	0,490	0,2480	34,37	87,13	6,29	80,85
21	0,739	78,20	19,50	0,929	72,97	98,69	0,490	0,2480	33,31	88,67	6,60	82,07
22	0,775	78,20	19,50	0,929	74,17	95,75	0,490	0,2480	32,32	90,13	6,92	83,21
23	0,810	78,20	19,50	0,929	75,30	92,99	0,490	0,2480	31,39	91,51	7,23	84,28
24	0,845	78,20	19,50	0,929	76,38	90,39	0,490	0,2480	30,51	92,81	7,54	85,27
25	0,880	78,20	19,50	0,929	77,40	87,93	0,490	0,2480	29,68	94,05	7,86	86,20
26	0,915	78,20	19,50	0,929	78,37	85,61	0,490	0,2480	28,90	95,24	8,17	87,06
27	0,951	78,20	19,50	0,929	79,30	83,41	0,490	0,2480	28,16	96,36	8,49	87,87
28	0,986	78,20	19,50	0,929	80,18	81,33	0,490	0,2480	27,45	97,43	8,80	88,63
29	1,021	78,20	19,50	0,929	81,02	79,35	0,490	0,2480	26,79	98,46	9,12	89,34
30	1,056	78,20	19,50	0,929	81,83	77,47	0,490	0,2480	26,15	99,44	9,43	90,01
31	1,091	78,20	19,50	0,929	82,60	75,68	0,490	0,2480	25,55	100,38	9,74	90,63
32	1,127	78,20	19,50	0,929	83,34	73,97	0,490	0,2480	24,97	101,28	10,06	91,22
33	1,162	78,20	19,50	0,929	84,06	72,35	0,490	0,2480	24,42	102,15	10,37	91,77
34	1,197	78,20	19,50	0,929	84,74	70,79	0,490	0,2480	23,90	102,98	10,69	92,29
35	1,232	78,20	19,50	0,929	85,40	69,30	0,490	0,2480	23,39	103,78	11,00	92,78
36	1,267	78,20	19,50	0,929	86,03	67,88	0,490	0,2480	22,91	104,55	11,32	93,23
37	1,303	78,20	19,50	0,929	86,65	66,51	0,490	0,2480	22,45	105,29	11,63	93,66
38	1,338	78,20	19,50	0,929	87,24	65,20	0,490	0,2480	22,01	106,01	11,94	94,06
39	1,373	78,20	19,50	0,929	87,81	63,95	0,490	0,2480	21,59	106,70	12,26	94,44
40	1,408	78,20	19,50	0,929	88,36	62,74	0,490	0,2480	21,18	107,37	12,57	94,80
41	1,444	78,20	19,50	0,929	88,89	61,58	0,490	0,2480	20,79	108,02	12,89	95,13
42	1,479	78,20	19,50	0,929	89,41	60,46	0,490	0,2480	20,41	108,65	13,20	95,44
43	1,514	78,20	19,50	0,929	89,90	59,38	0,490	0,2480	20,05	109,25	13,52	95,74
44	1,549	78,20	19,50	0,929	90,39	58,35	0,490	0,2480	19,70	109,84	13,83	96,01
45	1,584	78,20	19,50	0,929	90,86	57,35	0,490	0,2480	19,36	110,41	14,15	96,27
46	1,620	78,20	19,50	0,929	91,31	56,38	0,490	0,2480	19,03	110,97	14,46	96,51
47	1,655	78,20	19,50	0,929	91,76	55,45	0,490	0,2480	18,72	111,50	14,77	96,73
48	1,690	78,20	19,50	0,929	92,19	54,55	0,490	0,2480	18,41	112,03	15,09	96,94

49	1,725	78,20	19,50	0,929	92,61	53,68	0,490	0,2480	18,12	112,53	15,40	97,13
50	1,760	78,20	19,50	0,929	93,01	52,84	0,490	0,2480	17,83	113,03	15,72	97,31
51	1,796	78,20	19,50	0,929	93,41	52,02	0,490	0,2480	17,56	113,51	16,03	97,48
52	1,831	78,20	19,50	0,929	93,79	51,23	0,490	0,2480	17,29	113,98	16,35	97,63
53	1,866	78,20	19,50	0,929	94,17	50,47	0,490	0,2480	17,03	114,44	16,66	97,78
54	1,901	78,20	19,50	0,929	94,54	49,72	0,490	0,2480	16,78	114,88	16,97	97,91
55	1,936	78,20	19,50	0,929	94,89	49,00	0,490	0,2480	16,54	115,31	17,29	98,03
56	1,972	78,20	19,50	0,929	95,24	48,31	0,490	0,2480	16,31	115,74	17,60	98,14
57	2,007	78,20	19,50	0,929	95,58	47,63	0,490	0,2480	16,08	116,15	17,92	98,23
58	2,042	78,20	19,50	0,929	95,91	46,97	0,490	0,2480	15,85	116,56	18,23	98,32
59	2,077	78,20	19,50	0,929	96,24	46,33	0,490	0,2480	15,64	116,95	18,55	98,40
60	2,112	78,20	19,50	0,929	96,56	45,71	0,490	0,2480	15,43	117,34	18,86	98,47
61	2,148	78,20	19,50	0,929	96,87	45,10	0,490	0,2480	15,22	117,71	19,17	98,54
62	2,183	78,20	19,50	0,929	97,17	44,51	0,490	0,2480	15,03	118,08	19,49	98,59
63	2,218	78,20	19,50	0,929	97,47	43,94	0,490	0,2480	14,83	118,44	19,80	98,64
64	2,253	78,20	19,50	0,929	97,76	43,38	0,490	0,2480	14,64	118,79	20,12	98,68
65	2,289	78,20	19,50	0,929	98,04	42,84	0,490	0,2480	14,46	119,14	20,43	98,71
66	2,324	78,20	19,50	0,929	98,32	42,31	0,490	0,2480	14,28	119,48	20,75	98,73
67	2,359	78,20	19,50	0,929	98,59	41,79	0,490	0,2480	14,11	119,81	21,06	98,75
68	2,394	78,20	19,50	0,929	98,86	41,29	0,490	0,2480	13,94	120,13	21,38	98,76
69	2,429	78,20	19,50	0,929	99,12	40,80	0,490	0,2480	13,77	120,45	21,69	98,76
70	2,465	78,20	19,50	0,929	99,38	40,32	0,490	0,2480	13,61	120,76	22,00	98,76
71	2,500	78,20	19,50	0,929	99,63	39,86	0,490	0,2480	13,45	121,07	22,32	98,75
72	2,535	78,20	19,50	0,929	99,88	39,40	0,490	0,2480	13,30	121,37	22,63	98,74
73	2,570	78,20	19,50	0,929	100,12	38,95	0,490	0,2480	13,15	121,67	22,95	98,72
74	2,605	78,20	19,50	0,929	100,36	38,52	0,490	0,2480	13,00	121,96	23,26	98,69
75	2,641	78,20	19,50	0,929	100,59	38,09	0,490	0,2480	12,86	122,24	23,58	98,66
76	2,676	78,20	19,50	0,929	100,82	37,68	0,490	0,2480	12,72	122,52	23,89	98,63
77	2,711	78,20	19,50	0,929	101,05	37,27	0,490	0,2480	12,58	122,79	24,20	98,59
78	2,746	78,20	19,50	0,929	101,27	36,88	0,490	0,2480	12,45	123,06	24,52	98,54
79	2,781	78,20	19,50	0,929	101,49	36,49	0,490	0,2480	12,32	123,33	24,83	98,49
80	2,817	78,20	19,50	0,929	101,70	36,11	0,490	0,2480	12,19	123,59	25,15	98,44
81	2,852	78,20	19,50	0,929	101,91	35,74	0,490	0,2480	12,06	123,84	25,46	98,38
82	2,887	78,20	19,50	0,929	102,12	35,37	0,490	0,2480	11,94	124,10	25,78	98,32
83	2,922	78,20	19,50	0,929	102,32	35,01	0,490	0,2480	11,82	124,34	26,09	98,25
84	2,957	78,20	19,50	0,929	102,52	34,67	0,490	0,2480	11,70	124,59	26,40	98,18
85	2,993	78,20	19,50	0,929	102,72	34,32	0,490	0,2480	11,59	124,83	26,72	98,11
86	3,028	78,20	19,50	0,929	102,92	33,99	0,490	0,2480	11,47	125,06	27,03	98,03
87	3,063	78,20	19,50	0,929	103,11	33,66	0,490	0,2480	11,36	125,30	27,35	97,95
88	3,098	78,20	19,50	0,929	103,30	33,34	0,490	0,2480	11,25	125,52	27,66	97,86
89	3,134	78,20	19,50	0,929	103,48	33,02	0,490	0,2480	11,15	125,75	27,98	97,77
90	3,169	78,20	19,50	0,929	103,66	32,71	0,490	0,2480	11,04	125,97	28,29	97,68
91	3,204	78,20	19,50	0,929	103,84	32,41	0,490	0,2480	10,94	126,19	28,60	97,59
92	3,239	78,20	19,50	0,929	104,02	32,11	0,490	0,2480	10,84	126,41	28,92	97,49
93	3,274	78,20	19,50	0,929	104,20	31,82	0,490	0,2480	10,74	126,62	29,23	97,38
94	3,310	78,20	19,50	0,929	104,37	31,54	0,490	0,2480	10,64	126,83	29,55	97,28
95	3,345	78,20	19,50	0,929	104,54	31,25	0,490	0,2480	10,55	127,03	29,86	97,17
96	3,380	78,20	19,50	0,929	104,71	30,98	0,490	0,2480	10,46	127,24	30,18	97,06
97	3,415	78,20	19,50	0,929	104,87	30,71	0,490	0,2480	10,37	127,44	30,49	96,95
98	3,450	78,20	19,50	0,929	105,03	30,44	0,490	0,2480	10,28	127,64	30,81	96,83
99	3,486	78,20	19,50	0,929	105,19	30,18	0,490	0,2480	10,19	127,83	31,12	96,71
100	3,521	78,20	19,50	0,929	105,35	29,92	0,490	0,2480	10,10	128,02	31,43	96,59



Imponendo il coefficiente udometrico $u=10$ l/sec/ha ai fini dell'invarianza idraulica tra situazione ante e post trasformazione si necessitano un volume d'invaso e una portata in uscita pari rispettivamente a:

$$V_{\text{invaso}} = 98,76 \text{ m}^3 \text{ (pari a } 398,22 \text{ m}^3/\text{ha).}$$

$$Q_{\text{uscita}} = 2,48 \text{ l/sec}$$

g) *Verifica risultati con dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4, criterio di dimensionamento n. 2, linee guida sulla VCI del 03/08/2009.*

Anche in questo caso, a favore di sicurezza, si valutano ora i volumi del sistema compensativo ottenuti con il dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4, criterio di dimensionamento n. 2 indicato nelle linee guida sulla VCI del 03/08/2009 conseguenti dell'OPCM n. 3621 del 18/10/2007.

Il calcolo viene sviluppato per ognuna delle sei coppie di parametri "a" - "n" riferite ai sei intervalli di durate dell'evento che equiparano le curve a due e tre parametri.

Intervallo di tempo	5' - 45'	10' -1 ora	15' -3 ore	30' -6 ore	45' -12 ore	1 - 24 ore
Tempo centrale	15	30	45	60	180	360

[min]						
-------	--	--	--	--	--	--

I parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per $Tr=200$ anni, per i vari intervalli di tempo, sono desunti ancora dall'Analisi regionalizzata delle precipitazioni misurate dalla rete del Centro Meteoro di Teolo (CMT) dell'ARPAV sul territorio classificato di bonifica della Regione del Veneto di interesse dei consorzi di bonifica pubblicata nel 2011, relativi alle aree 042 Lessinia e Guà, come sotto riportati:

Intervallo di tempo	5' - 45'	10' -1 ora	15' -3 ore	30' -6 ore	45' -12 ore	1 - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	8,00	11,00	21,10	33,80	37,60	44,00
n	0,605	0,501	0,312	0,203	0,183	0,153

Di seguito si riportano i fogli di calcolo dei volumi d'invaso nelle due condizioni sopra espote:

- 1) coefficiente udometrico dell'area ante trasformazione $u=139,38$ l/sec/ha ed una portata calcolata $Q=34,57$ l/sec.
- 2) condizione imposta di coefficiente udometrico dell'area trasformata $u=10,00$ l/sec/ha ed una portata calcolata $Q=2,90$ l/sec.

Si riporta il foglio di calcolo del volume d'invaso nella seconda condizione, con il coefficiente udometrico dell'area fissato a $u=10,00$ [l/sec, ha] ed una portata calcolata $Q=2,53$ [l/sec].

Dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4 - Criterio di dimensionamento 2 Valutazioni di compatibilità idraulica - Linee Guida, Venezia 3/08/2009						
N.B.: Dati da inserire						
Parametri a e n delle CPP per i vari intervalli di tempo:						
Area 042 Lessinia e Guà		TR = 200 anni				
Intervallo di tempo	5' - 45'	10' - 1 ora	15' - 3 ore	30' - 6 ore	45' - 12 ore	1 ora - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	8,0	11,0	21,1	33,8	37,6	44,0
n [-]	0,605	0,501	0,312	0,203	0,183	0,153
Superficie totale (S)	0,248	ha				
Coefficiente di afflusso	0,490	-				
Coefficiente udometrico d'uscita	139,38	l/s,ha				
$Q_{out}=u \cdot S \cdot 60$	2074	l/min	34,56624	l/sec		
Calcolo del volume di laminazione per un tempo di ritorno di 50 anni						
Tempo centrale t_{ce} [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	8,00	11,00	21,10	33,80	37,60	44,00
n [-]	0,605	0,501	0,312	0,203	0,183	0,153

tempo critico t_{cr} [min]	14	10	7	6	6	5
scarto tce-tcr	1	20	38	54	174	355
tempo critico minimo t_{min} [min]	14					
$V_{inv,cr}$ [mc]	19					

Dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4 - Criterio di dimensionamento 2 Valutazioni di compatibilità idraulica - Linee Guida, Venezia 3/08/2009						
N.B.: Dati da inserire						
Parametri a e n delle CPP per i vari intervalli di tempo:						
Area 042 Lessinia e Guà	TR = 200 anni					
Intervallo di tempo	5' - 45'	10' - 1 ora	15' - 3 ore	30' - 6 ore	45' - 12 ore	1 ora - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	8,0	11,0	21,1	33,8	37,6	44,0
n [-]	0,605	0,501	0,312	0,203	0,183	0,153
Superficie totale (S)	0,248	ha				
Coefficiente di afflusso	0,490	-				
Coefficiente udometrico d'uscita	10	l/s,ha				
$Q_{out}=u \cdot S \cdot 60$	149	l/min	2,48	l/sec		
Calcolo del volume di laminazione per un tempo di ritorno di 50 anni						
Tempo centrale t_{ce} [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	8,00	11,00	21,10	33,80	37,60	44,00
n [-]	0,605	0,501	0,312	0,203	0,183	0,153
tempo critico t_{cr} [min]	11035	2057	328	156	139	113
scarto tce-tcr	11020	2027	283	96	41	247
tempo critico minimo t_{min} [min]	139					
$V_{inv,cr}$ [mc]	92					

7. CONFRONTO DATI DIMENSIONALI

Si riassumono ora, nella sottostante tabella, i vari risultati ottenuti.

Tempo di ritorno Tr [anni]	Coefficiente udometrico di rilascio considerato [l/sec/ha]	Metodo razionale			Criterio di dimensionamento 2		
		Portata in uscita calcolata [l/sec]	Volume di laminazione calcolato [mc]	Volume laminazione per ettaro [mc/ha]	Portata in uscita calcolata [l/sec]	Volume di laminazione calcolato [mc]	Volume laminazione per ettaro [mc/ha]
50	10,00	2,48	78,88	318,06	2,48	73	294,35
50	119,49	29,63	18,90	76,21	29,63	16	64,52
200	10,00	2,48	98,76	398,23	2,48	92	370,97
200	139,38	34,57	22,01	88,75	34,57	19	76,61

8. INDICAZIONI SU SISTEMI DI ACCUMULO E LAMINAZIONE

A titolo esemplificativo si riporta ora un dimensionamento di massima di un pozzo disperdente nelle ipotesi più sopra espresse della presenza di uno strato di ghiaia di rilevante spessore a partire dai 5 metri di profondità e di un valore del coefficienti di permeabilità di riferimento K [m/s] pari a 10^{-3} [m/s].

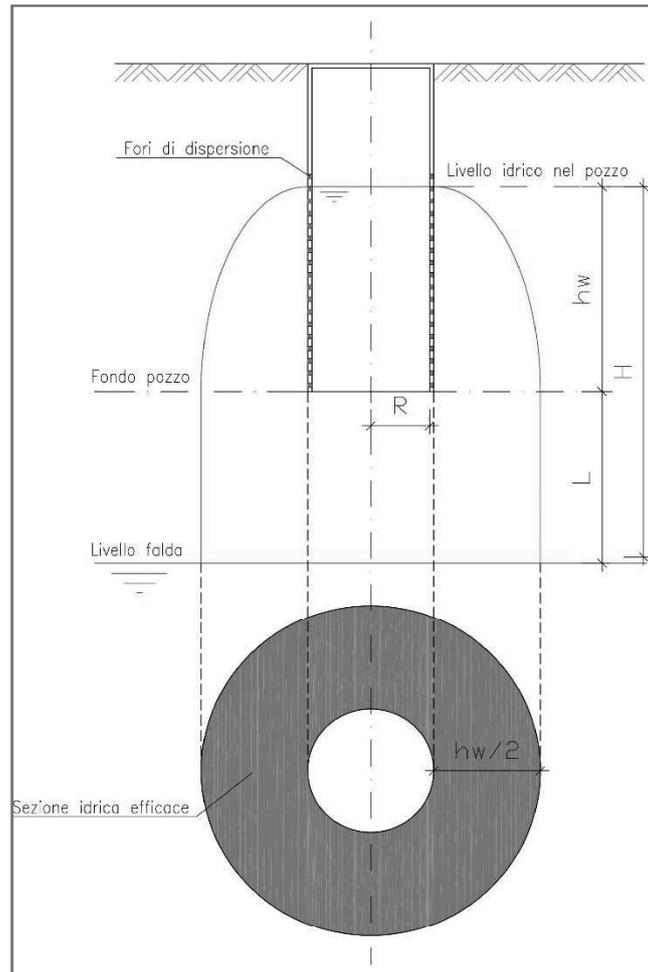


Figura n. 1: schema funzionale pozzo disperdente

DIMENSIONAMENTO POZZO DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE

Per valutare la portata d'infiltrazione di un pozzo disperdente si può fare riferimento alla legge di Darcy per la filtrazione lineare del 1856, nella formulazione aggiornata da F. Sieker del 1984.

$$Q_f = k * j * A \quad (\text{Darcy 1956})$$

Dove

Q_f [m³/s] è la portata di infiltrazione;

k [m/sec] è il coefficiente di permeabilità del terreno;

j [m/m] è la cadente piezometrica.

$$Q_f = k * \left(\frac{L + h_w}{l + \frac{h_w}{2}} \right) * A_f \quad (\text{Sieker 1984})$$

Dove

Q_f [m³/s] è la portata di infiltrazione;

k [m/sec] è il coefficiente di permeabilità del terreno;
 L [m] è la distanza tra base del fondo del pozzo e falda idraulica;
 hw [m] è il livello idrico nel pozzo;

A_r [m²] è la superficie drenante efficace orizzontale del pozzo.

Nella relazione di Sieker, la cadente piezometrica è rappresentata dal termine $(L + h_w) / \left(L + \frac{h_w}{2}\right)$

Calcolo della portata d'infiltrazione del pozzo disperdente

Dati assunti nella progettazione con riferimento alla figura n. 1 sopra:

k [m/sec] =	1,0000E-03
hw [m] =	1,20
R [m] =	0,50
L [m] =	50,00

Risultato calcoli

$(L + h_w) / \left(L + \frac{h_w}{2}\right)$ [m/m] = 1,01

A_f [m²] = 3,01

Q_f [m³/s] = 0,0031

Q_f [l/s] = 3,05

Un pozzo di diametro 1,00 m alloggiato 1,2 m entro lo strato ghiaioso, garantirebbe una portata in uscita di circa 3 l/sec sufficiente nell'ipotesi di dispersione con u=10 l/sec/ha con un invaso di laminazione di volume 79 mc (per Tr=50 anni conformemente).

Calcolo della portata d'infiltrazione del pozzo disperdente

Dati assunti nella progettazione con riferimento alla figura n. 1:

k [m/sec] =	1,0000E-03
hw [m] =	2,00
R [m] =	2,00
L [m] =	50,00

Risultato calcoli

$(L + h_w) / \left(L + \frac{h_w}{2}\right)$ [m/m] = 1,02

A_f [m²] = 15,70

Q_f [m³/s] = 0,0160

Q_f [l/s] = 16,01

Due pozzi di diametro 2,00 m alloggiato 2,0 m entro lo strato ghiaioso, garantirebbero una portata in uscita di circa $16 \times 2 = 32$ l/sec sufficiente nell'ipotesi di mantenimento dell'invarianza idraulica con un coefficiente udometrico $u = 119,5$ l/sec/ha con un invaso di laminazione di volume 19 mc (per $T_r = 50$ anni conformemente alle disposizioni vigenti).

Si rimanda alla fase di progettazione esecutiva dei sistemi di compensazione l'approfondimento delle proposte e la scelta metodologica di laminazione, anche nella prospettiva di una valutazione attendibile del coefficiente di permeabilità degli strati di terreno sottostanti mediante apposite prove di permeabilità in sito. Scelte di laminazione diverse dall'infiltrazione dovranno rispettare il limite di un coefficiente udometrico non superiore a 10 l/sec/ha.

Sempre in fase di progettazione esecutiva dei sistemi di compensazione, ai fini dell'invarianza idraulica, si dovranno ulteriormente verificare i parametri relativi ai coefficienti di deflusso sulla base di eventuali più precise indicazioni desunte dalle impermeabilizzazioni esecutive previste.

Un'ultima considerazione può essere sviluppata sul dimensionamento degli invasi di accumulo e il tempo di ritorno.

Stante la non eccessiva diversità di mc d'invaso calcolata per $T_r = 50$ anni e $T_r = 200$ anni e considerate le condizioni ambientali di precipitazioni piovose che ormai costantemente si manifestano con alternanza di periodi di siccità e piogge di breve durata ma molto intense comunemente chiamate "bombe d'acqua" (con ricadute su coefficienti di permeabilità e coefficienti interpretativi delle curve di possibilità pluviometriche), conseguenza dei cambiamenti climatici in atto e con i quali ci si dovrà confrontare e adeguare in un futuro che possiamo definire ormai già presente, è raccomandabile, a favore di sicurezza, il rispetto dei valori previsti con $T_r = 200$ anni.