



*Presidenza
del Consiglio dei Ministri*

Convenzione Quadro tra il Commissario Straordinario alla Ricostruzione nel territorio delle Regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche e SOGESID S.p.A.

Affidamento delle funzioni di Committenza Ausiliaria e attività tecnico-specialistiche di supporto, per l'esecuzione e la gestione degli interventi di messa in sicurezza di cui al Decreto-Legge 1° giugno 2023, n. 61, recante "Interventi urgenti per fronteggiare l'emergenza provocata dagli eventi alluvionali verificatisi a partire dal 1° maggio 2023", convertito, con modificazioni, in Legge 31 luglio 2023, n. 100.

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
MISSIONE 2: RIVOLUZIONE VERDE E TRANSIZIONE ECOLOGICA

Componente 4 - Tutela del territorio e della risorsa idrica

*Investimento 2.1 A - Misure per la gestione del rischio di alluvione e per la riduzione del rischio Idrogeologico
Interventi nelle Regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche*

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

"Lavori di messa in sicurezza idraulica del bacino scolante del canale di bonifica - Brignani - Area Lugo Ovest: ampliamento di vasca di laminazione"

CUP: B42B23000260001

ID: ER-URVI-001198

Titolo elaborato

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Elaborato

ED007

Redatto da:



Project Manager:

Inq. Giovanni BORZÌ

Gruppo Progettazione:

Inq. Pasqualino Simonetti

Ing. Vittoria Bagnato

Ing. Rosa Livia Pergola

Direttore Tecnico:

Inq. Aldo Sibiliala

Supporto specialistico alla Progettazione:

Inq. Marcello Casadio

Progettazione Idraulica:

Ing. Marcello Casadio

C.S.P.:

Arch. Luca Servodio

Relazione Paesaggistica:

inq. Marcello Casadio

**Progettista e Coordinatore
della progettazione:**

Inq. Pasqualino Simonetti

RUP:

Inq. Rosalino Intrieri

Relazione Geologica:

Geol. Gianluca Sabatini

Rilievo:

Geom. Giancarlo Tassinari

Codice Commessa		ID	Cod. Elaborato					Nome file		Data : 06 2025
PR430		ER-URVI-001198	PFTE	ED	0	0	7	PR430_ER-URVI-001198_PFTE_ED007		Scala:
Rev.	Data	Descrizione						Verificato		Approvato
0	06/25	1°Emissione								
1	01/26	2°Emissione								

INDICE

1. Sommario

2. INQUADRAMENTO IDRAULICO 3

3. Analisi idrologica 5

4. Bacino Idrografico 6

5. Tempo di Concentrazione 8

6. Calcolo della Portata di Progetto 8

Coefficiente di afflusso 11

Calcolo dei deflussi dello scolo Brignani Vivo 12

Determinazione del volume di laminazione 13

Capacità di laminazione del bacino del Parco Golferà 16

7. Considerazioni sui deflussi in caso di rottura dell'argine sinistro del torrente Senio a monte di Lugo 16

2. INQUADRAMENTO IDRAULICO

L'area di intervento si trova nel Comune di Lugo, nella zona sud del centro abitato lungo la Via Paurosa. L'intervento consiste nell'ampliamento del bacino di laminazione esistente nel parco Golferia. La zona è caratterizzata da un contesto pianeggiante con terreni coltivati a seminativo e frutteto e una porzione limitata è costituita dall'abitato di Barbiano.



Fig. 1: immagine Google Earth dell'area di intervento

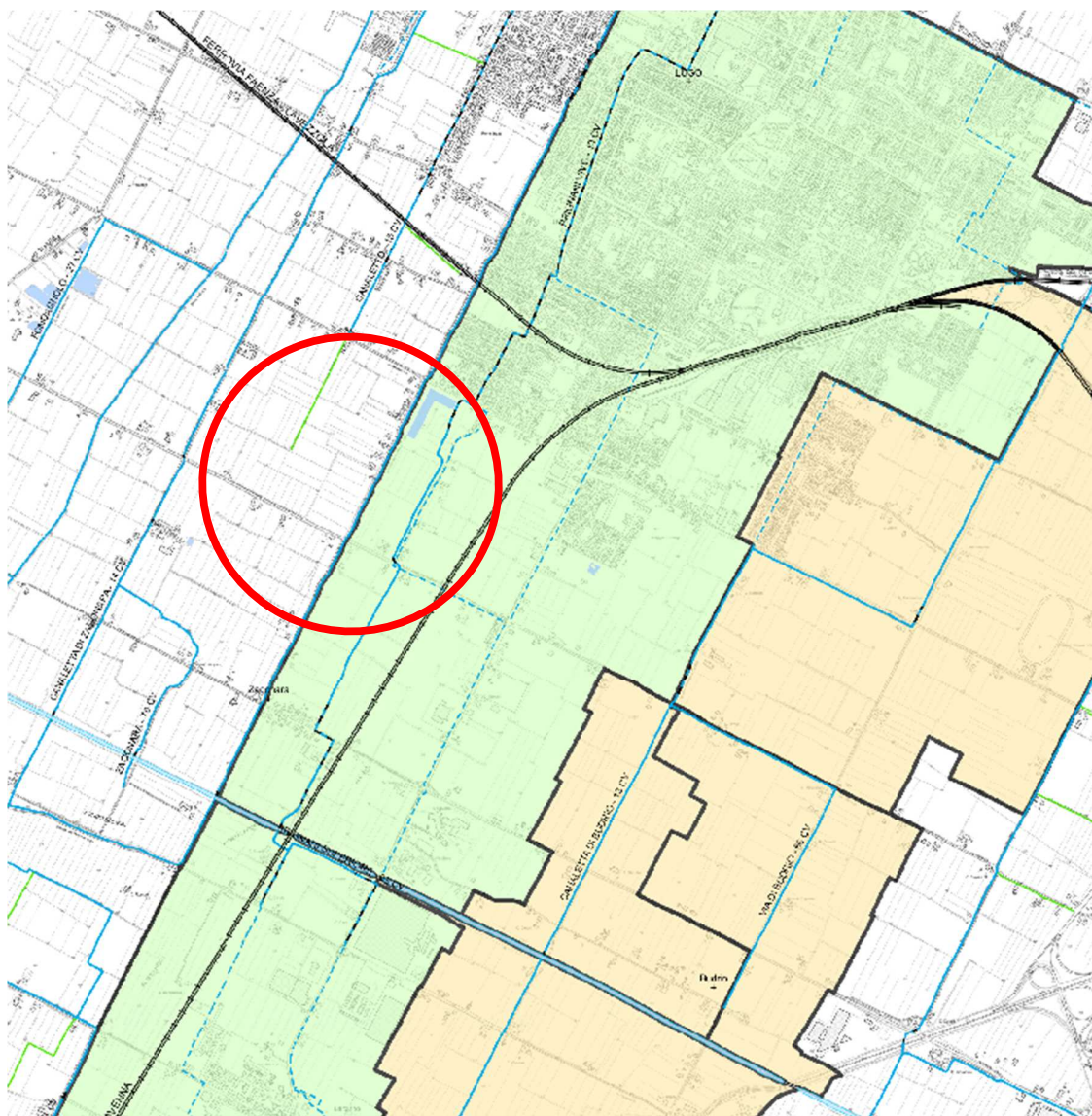


Fig. 2 reticolo dei canali consorziali

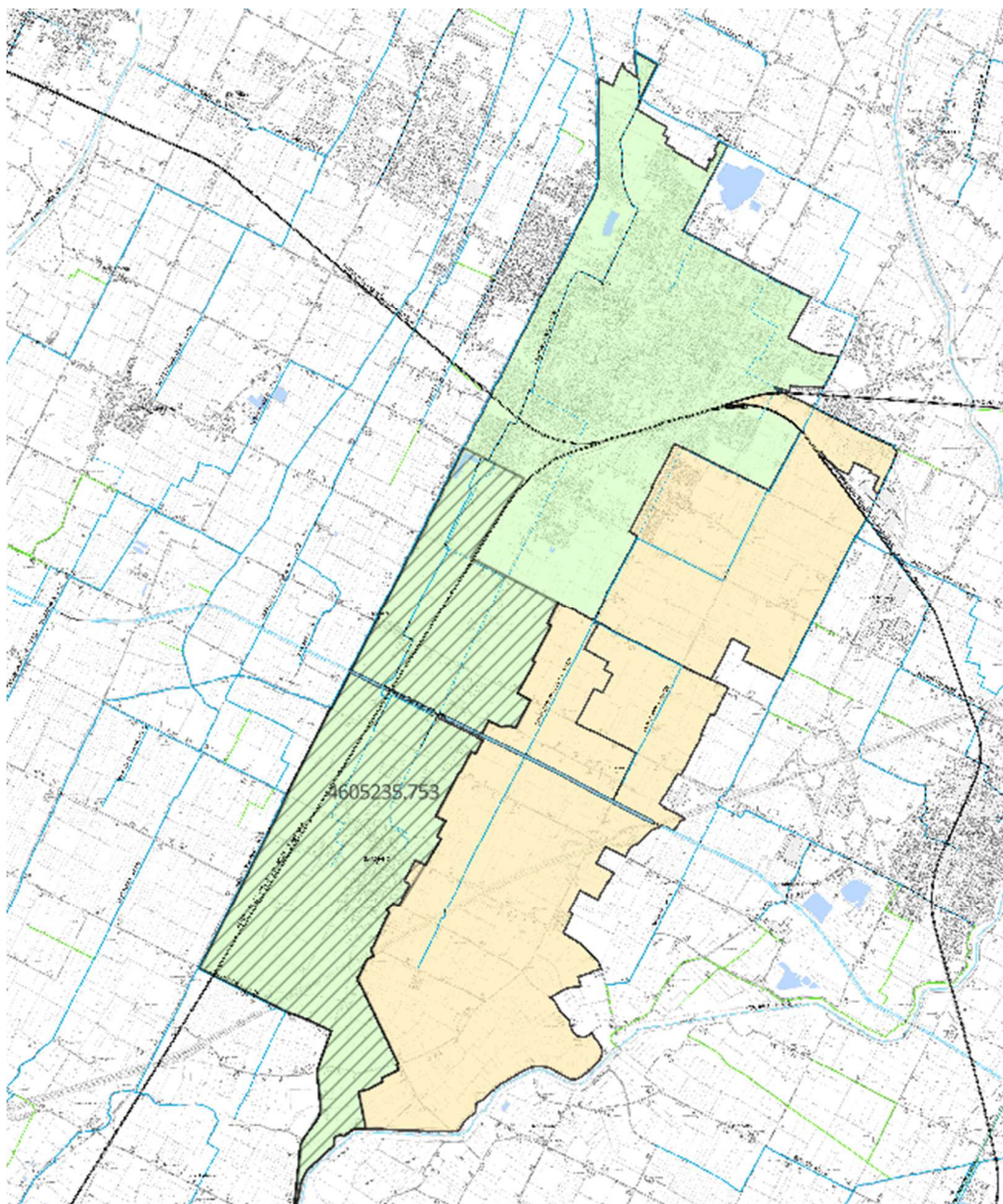


Fig. 3: bacino scolante dello scolo Brignani e superficie drenata fino all'area di intervento

3. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica dell'area di studio è stata effettuata utilizzando il metodo cinematico per il calcolo dei deflussi delle acque piovane. Sono stati considerati i seguenti aspetti fondamentali:

- Curve di possibilità pluviometrica (CPP): la relazione tra altezze massime di pioggia e durate è stata determinata per l'area di studio, considerando diversi periodi di ritorno.
- Caratteristiche geomorfologiche: sono state analizzate le pendenze e le superfici scolanti che influenzano il deflusso idrico, con particolare attenzione alle caratteristiche topografiche del bacino.
- Fattori di permeabilità e ritenzione idrica: la capacità di infiltrazione dei terreni e la ritenzione idrica sono state valutate per calcolare il tempo di concentrazione e stimare le perdite per infiltrazione.

4. BACINO IDROGRAFICO

L'area del bacino scolante fino all'attraversamento di Via Sammaritani oggetto di questo studio è pari a 4.6 km^2 pari a circa $4.600.000 \text{ m}^2$.

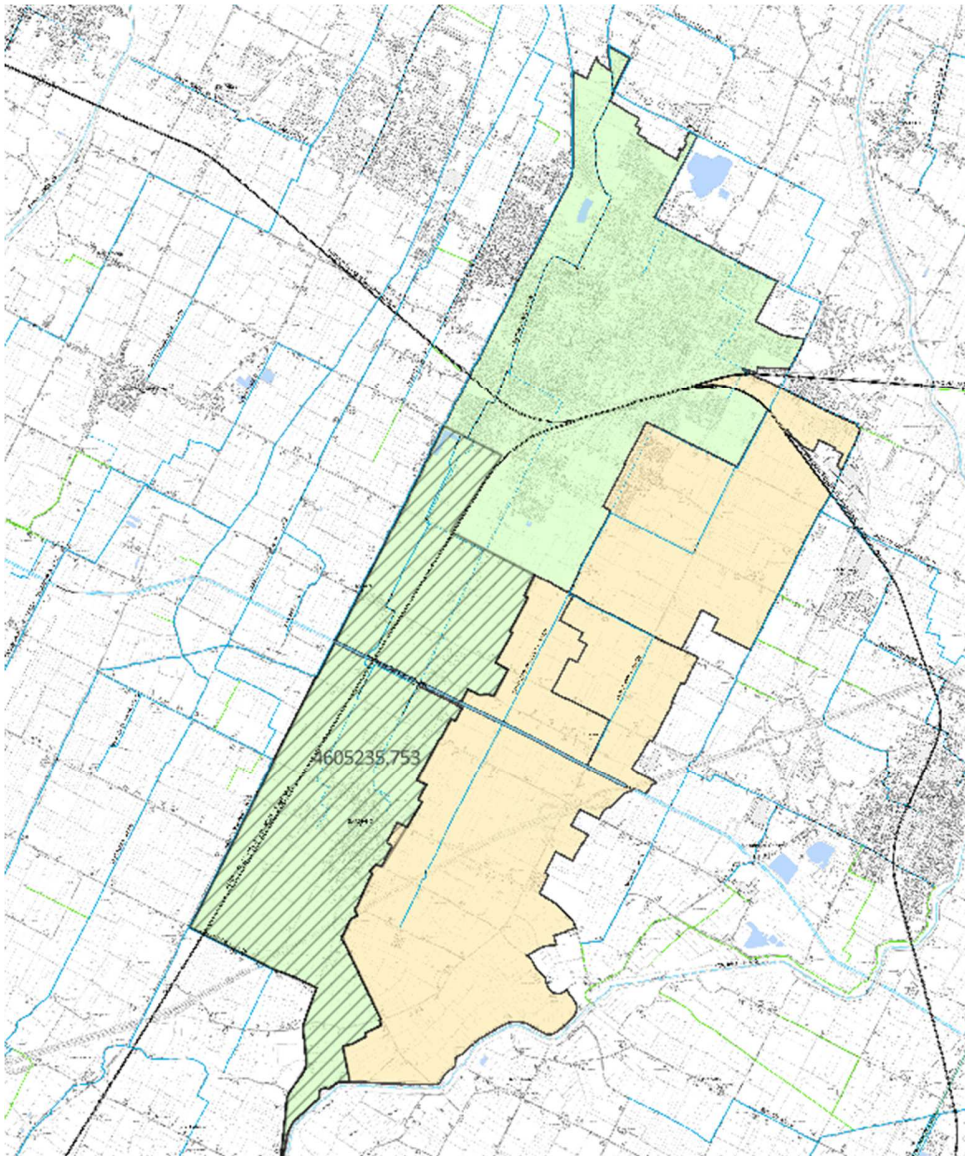


Fig. 4: bacino scolante dello scolo Brignani e superficie drenata fino all'area di intervento

La lunghezza dell'asta principale fino alla Via Sammartina a Lugo è di $L=5.8$ km. La quota massima è di 24 m, mentre la quota minima è di 13 m, determinando un dislivello $H= 11$ m. La pendenza media del bacino è stata calcolata come:

$$S = \text{Dislivello} / \text{Lunghezza_dell'asta_principale} = 11 / 5800 \approx 0.0019 \text{ (0.19\%)}$$

5. TEMPO DI CONCENTRAZIONE

Il tempo di concentrazione è il tempo che impiega l'acqua piovana a raggiungere il punto di deflusso dal punto più distante del bacino. Si utilizzato

1. Formula di Giandotti

$$T_c = (4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L) / (0.8 \times \sqrt{H})$$

Risultato: $T_c \approx 6.51$ h

2. Formula di Ventura

$$T_c = 0.127 \times (A / i_m)^{0.5}$$

Risultato: $T_c \approx 6.25$ h

3. Formula di Pasini

$$T_c = 0.108 \times (A \times L)^{(1/3)} / i_m^{0.5}$$

Risultato: $T_c \approx 7.41$ h

La velocità media dell'acqua nel tratto di 5.8 km percorso in circa 6h 30' sarebbe mediamente di 0.89 km/h pari a 0.25 m/s che si ritiene un valore piuttosto basso. Si effettuerà il calcolo della portata con tempi di corrivazione di 3h e di 6h.

6. CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO

Il calcolo delle portate dei corsi d'acqua sarà effettuato applicando la formula di Manning. E' una equazione utilizzata per il calcolo del deflusso uniforme in fossi, canali aperti e fiumi.

$$Q = 1/n A R^{2/3} S^{1/2}$$

Dove

- Q è la portata (m^3/s), che rappresenta il volume d'acqua che fluisce attraverso una sezione trasversale del canale in un dato tempo.
- c è il coefficiente di Strickler in $\text{m}^{1/3}/\text{s}$, un parametro empirico che descrive la rugosità del canale.
- A è l'area della sezione trasversale bagnata (m^2), ovvero l'area del canale effettivamente attraversata dal flusso d'acqua.
- R è il raggio idraulico (m), definito come il rapporto tra l'area della sezione trasversale bagnata A e il perimetro bagnato P (il perimetro della sezione in contatto con l'acqua). Quindi, $R=A/P$.
- S è la pendenza del fondo del canale, espressa come rapporto tra il dislivello del canale e la sua lunghezza.

Per piogge di durata superiore nella zona di Lugo si hanno le seguenti altezze di pioggia

hd(T)	1	3	6	12	24
10	43.05	56.01	66.14	78.09	92.20
20	50.10	65.54	77.65	92.00	108.99
25	52.39	68.69	81.49	96.68	114.70
50	59.62	78.78	93.92	111.98	133.50
100	67.05	89.41	107.21	128.56	154.16

A cui corrispondo le seguenti curve di possibilità di pioggia

- TR = 10 anni

$$h(t) = 43.05 \cdot t^{0.2397}$$

- TR = 20 anni

$$h(t) = 50.10 \cdot t^{0.2446}$$

- TR = 25 anni

$$h(t) = 52.39 \cdot t^{0.2466}$$

- TR = 50 anni

$$h(t) = 59.62 \cdot t^{0.2537}$$

- TR = 100 anni

$$h(t) = 67.05 \cdot t^{0.2620}$$

Per i tempi di corrvazione di 3ore e di 6 ore si hanno le seguenti altezze di pioggia. Alla tabella sono state aggiunte anche le altezze di pioggia per durate di 12 e di 24 ore

Tabella 1: altezze di pioggia

	Tempo di Ritorno	3	6	12	24
1	TR = 10 anni	56.02	66.14	78.1	92.22
2	TR = 20 anni	65.55	77.66	92.0	109.0
3	TR = 25 anni	68.69	81.5	96.69	114.71
4	TR = 50 anni	78.78	93.93	111.99	133.52
5	TR = 100 anni	89.41	107.22	128.57	154.18

L'intensità di pioggia critica è stata calcolata come:

$$i = h / t_c$$

Tabella 2: intensità di pioggia

	Tempo di Ritorno	3	6	12	24
1	TR = 10 anni	18.67	11.02	6.51	3.84
2	TR = 20 anni	21.85	12.94	7.67	4.54
3	TR = 25 anni	22.9	13.58	8.06	4.78
4	TR = 50 anni	26.26	15.66	9.33	5.56
5	TR = 100 anni	29.8	17.87	10.71	6.42

6.1. Coefficiente di afflusso

Secondo la “Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico” i coefficienti di deflusso sono un elemento altamente soggettivo, anche se esistono riscontri sperimentali che individuano il range dei valori plausibili. La rilevanza dei coefficienti di deflusso ai fini della stima delle portate richiama l’attenzione sul fatto che occorre una valutazione esperta caso per caso.

Tale valore è in linea con quelli riportati in G. Benini ("Sistemazioni idraulico forestali" – UTET, Torino, 1990)

		Tipo di suolo		
		Terreno leggero	Terreno di medio impasto	Terreno compatto
Vegetazione e pendenza				
Boschi	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
Pascoli	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
Colture agrarie	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Visti i terreni presenti nel bacino, tutti coltivati e il tipo di terreno da leggero a medio impasto, si adotta:

$C = 0.5$, coefficiente di afflusso.

6.2. Calcolo dei deflussi dello scolo Brignani Vivo

La portata di progetto è stata calcolata utilizzando il metodo cinematico:

$$Q = (C * i * A) / 360$$

La superficie drenata dallo scolo Brignani fino all'area di intervento è:

$A = 460$ ha, area del bacino scolante.

Le portate in mc/s nella zona del parco Golfera risultano di:

Tabella 3: portate di deflusso in mc/s

	Tempo di Ritorno	3	6	12	24
1	TR = 10 anni	11.93	7.04	4.16	2.45
2	TR = 20 anni	13.96	8.27	4.9	2.9
3	TR = 25 anni	14.63	8.68	5.15	3.05
4	TR = 50 anni	16.78	10.01	5.96	3.55
5	TR = 100 anni	19.04	11.42	6.84	4.1

Alcuni **valori** risultano **incompatibili con la sezione dello scolo Brignani**, che ha una portata di circa 6-7 m³/s nel tratto oggetto di studio, mentre a valle della laminazione la portata si può stimare in circa 5 m³/s.

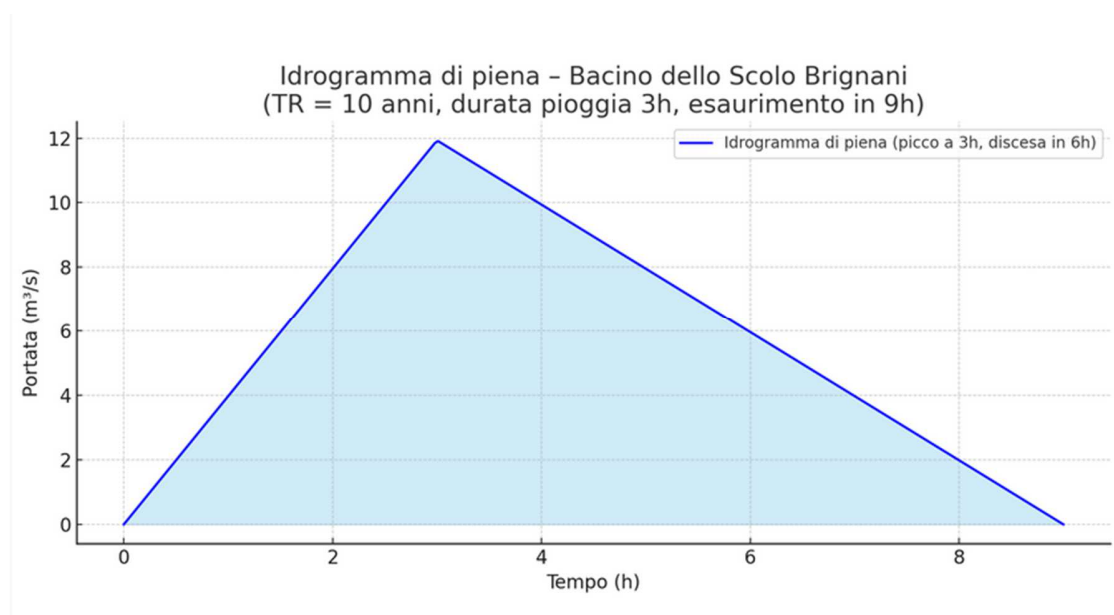
Il problema nella stima delle portate è dovuto alle ridotte dimensioni del bacino e al conseguente breve tempo di corrivazione per i quali un coefficiente di afflusso $C = 0.50$ risulta sovrastimato. Per piogge brevi, infatti, parte dell'acqua è trattenuta dalla rete scolante secondaria (fossi, scoline) e da depressioni del terreno, determinando una significativa riduzione del coefficiente di afflusso. Solo dopo alcune ore di pioggia questi invasi naturali si saturano, rendendo valido l'impiego di un coefficiente di afflusso più elevato.

Anche per eventi di maggiore durata, è verosimile che la portata reale sia inferiore a quella teorica per due motivi principali:

- Il coefficiente di afflusso rimane comunque inferiore a 0.5 per effetto dei piccoli invasi;
- La sezione dello scolo consorziale è insufficiente anche nei tratti a monte, limitando la portata reale per effetto di strozzature idrauliche.

6.3. Determinazione del volume di laminazione

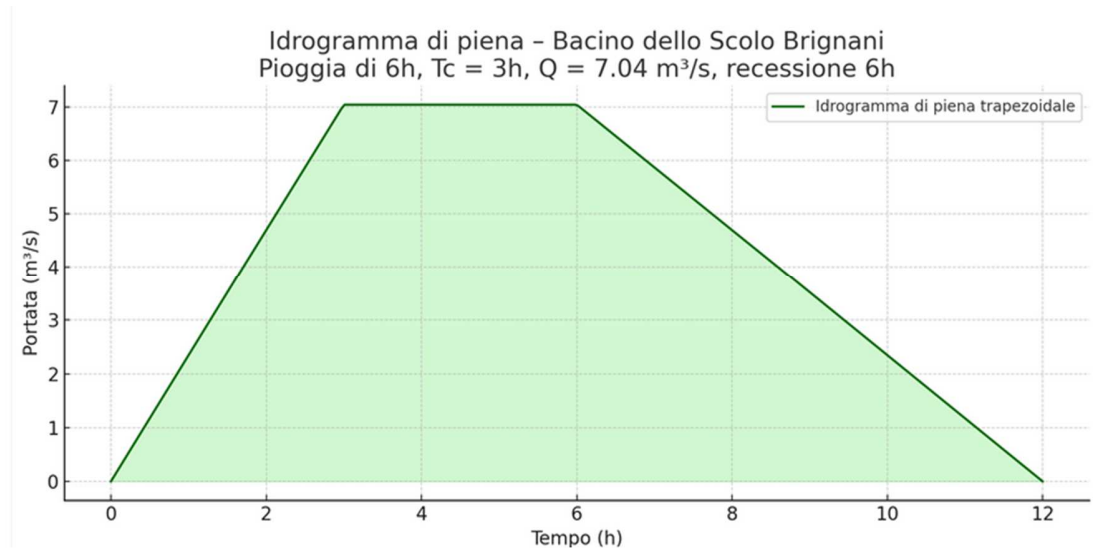
Assumendo cautelativamente un tempo di concentrazione pari a 3 ore, e un idrogramma di piena a forma triangolare con tempo di esaurimento doppio (6 ore), si ottiene un'idrogramma della durata totale di 9 ore, come rappresentato nel seguente schema:



Per eventi di durata superiore, l'idrogramma assume forma trapezoidale, con:

- un tratto iniziale di salita (3h),
- un plateau a portata costante (fino al termine della pioggia),
- e una fase di recessione di 6 ore.

Questo rappresenta una piena da evento prolungato, in cui il bacino ha tempo di saturarsi e di mantenere una portata costante prima della fase di diminuzione.



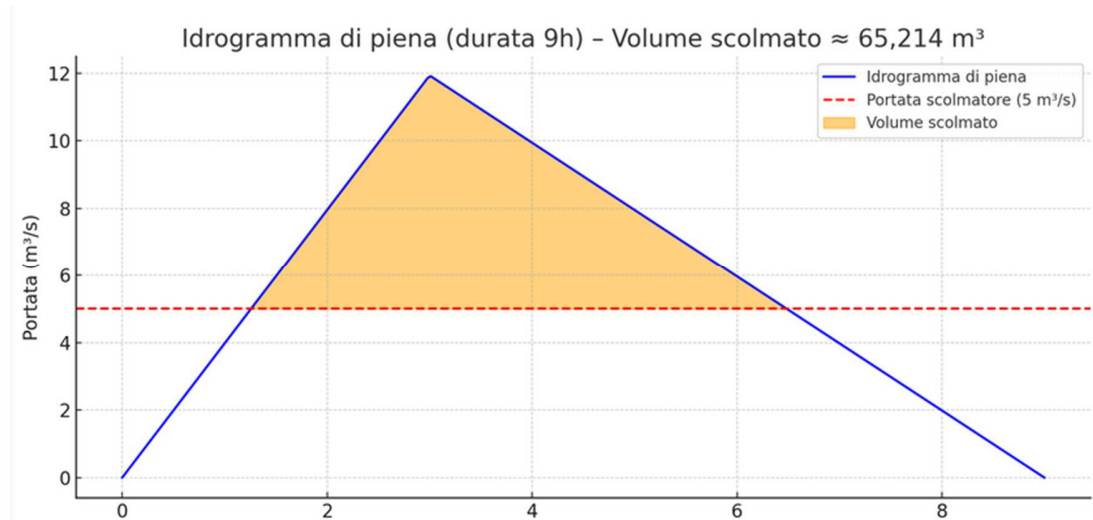
Il volume di pioggia che defluisce per ciascun tempo di ritorno e per le diverse durate della pioggia è riportato di seguito:

Tabella 4: volumi di deflusso

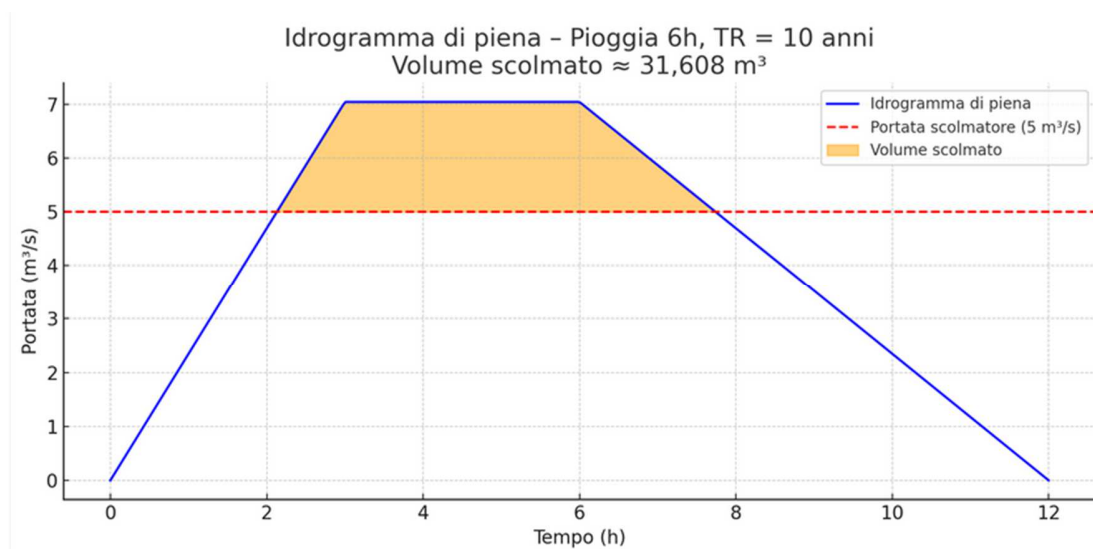
	Tempo di Ritorno	Volume 3h (m³)	Volume 6h (m³)	Volume 12h (m³)	Volume 24h (m³)
1	TR = 10 anni	193.266	228.150	291.114	382.806
2	TR = 20 anni	223.722	264.330	338.256	446.148
3	TR = 25 anni	233.766	276.210	352.836	465.426
4	TR = 50 anni	261.954	310.230	396.576	524.178
5	TR = 100 anni	290.466	343.710	438.858	582.012

Lo scolmatore, se correttamente dimensionato, dovrebbe consentire l'invio a valle della portata compatibile col sistema idraulico esistente (**5 m³/s**) e trattenere la parte eccedente all'interno del bacino

Il seguente grafico mostra l'idrogramma di piena per una pioggia di durata 3h e $TR = 10$ anni, e il volume scolmato corrispondente:



Nel caso di piogge di maggiore durata il calcolo del volume da laminare si effettua in maniera simile ed il grafico risulta il seguente.



Nella tabella seguente si riportano i **volumi di invaso** necessari per le diverse piogge ed i diversi tempi di ritorno

Tabella 5: volumi di invaso necessari

	TR	3h	6h	12h	24h
1	TR = 10 anni	65.213	60.077	34.726	0
2	TR = 20 anni	91.047	89.697	72.446	0
3	TR = 25 anni	99.832	99.799	84.621	5.310
4	TR = 50 anni	124.999	129.478	122.208	55.105
5	TR = 100 anni	151.053	159.524	159.708	105.894

6.4. Capacità di laminazione del bacino del Parco Golfera

Con l'intervento di ampliamento, il volume di laminazione passerà da circa **60.000 m³** a circa **120.000 m³**.

Tale valore è coerente con le necessità derivanti da eventi con tempo di ritorno di **50 anni** e durata fino a **12 ore**.

Ne consegue che l'ampliamento del bacino consente di innalzare il tempo di ritorno di riferimento da **10 anni a circa 50 anni**, riducendo in modo significativo il rischio idraulico.

7. Considerazioni sui deflussi in caso di rottura dell'argine sinistro del torrente Senio a monte di Lugo

A seguito delle intense piogge di metà maggio 2023 si è verificata una rottura arginale del Torrente Senio a monte di Castel Bolognese.

La portata stimata del Torrente Senio è dell'ordine di 500 mc/s. In caso di rottura arginale, si può ipotizzare un rilascio di circa la metà della portata, pari a circa 250 mc/s.

Nel tratto di circa **15 km** tra il punto di rottura e l'area di Lugo, una parte del deflusso si disperde per infiltrazione e rallentamento. Tuttavia, si stima una portata residua nella zona sud-ovest di Lugo pari a **50–100 m³/s**.

Se questa portata affluisse interamente nel bacino, lo riempirebbe in circa 1.100 secondi (cioè **poco più di 18 minuti**), considerando un volume utile di **120.000 m³**.

È pertanto evidente che, **in caso di rottura arginale del Senio, non è possibile realizzare bacini di laminazione** nella zona di Lugo in grado di contenere i volumi d'acqua generati.