



Comune di Ponte dell'Olio

Provincia di Piacenza

P.U.G.

Piano Urbanistico Generale

(L.R. 21 dicembre 2017, n. 24)



QUADRO CONOSCITIVO DIAGNOSTICO

QC.R4	Studio idraulico sul Torrente Nure in corrispondenza dell'abitato di Ponte dell'Olio Elaborato redatto da ing. Luca Zermani Anguissola	
--------------	--	--

Assunzione Proposta PUG	Adozione Proposta PUG	Approvazione PUG
Del. G.C. n. ___ del ___ / ___ / ___	Del. C.C. n. ___ del ___ / ___ / ___	Del. C.C. n. ___ del ___ / ___ / ___



Sindaco	Alessandro Chiesa
Assessore all'urbanistica	Daria Mizzi
Ufficio di Piano	arch. Mario Sozzi <i>(Responsabile del procedimento)</i> dott. Giovanni De Feo <i>(Garante della partecipazione e della comunicazione)</i> arch. Marco Gandelli dott.ssa Elena Binelli
Progettisti incaricati	dott. urb. Alex Massari dott. geol. Emanuele Emani
Collaboratori	dott. urb. Lorenzo Zoppi dott. geol. Giulio Torri

PROVINCIA DI PIACENZA
COMUNE DI PONTE DELL'OLIO



Studio idraulico sul torrente Nure in corrispondenza dell'abitato
di Ponte dell'Olio (PC)



Rev	Data	Descrizione	Fatto	Contr.	Appr.
0	Ottobre 2025	EMISSIONE	LZ	LZ	MS

Elaborato: GEN-RT-001-00	Nome file: RELAZIONE IDRAULICA	
	File: 2513_GEN-RT-001-00_Relazione idraulica.pdf	Scala: -

Committente: Comune di Ponte dell'Olio v. Vittorio Veneto n°147 29028 PONTE DELL'OLIO (PC) CF. 00255060337	Progetto opere: S.I.C.I.S. Dott. Ing. Roberto Zermani Anguissola Dott. Ing. Luca Zermani Anguissola 29020 TRAVO (PC) Via Anguissola, 37 Tel./Fax: +39-0523-950251 E-mail info@studiozermani.it	
---	---	--

Sommario

<u>1 - Premesse.....</u>	<u>1</u>
<u>2 - Verifica del comportamento idraulico del Torrente Nure</u>	<u>2</u>
2.1 Raccolta dei dati per lo studio	2
2.1.1 Geometria	2
2.1.2 Considerazioni generali sulle Portate a base di calcolo	5
2.2 Inquadramento del software di verifica idraulica 2D – HEC RAS 6.6	20
2.3 Risultati delle simulazioni in 2D	26
<u>3 – Verifica risultati</u>	<u>34</u>
3.1 – Verifica con Tempo di ritorno 20 e Tr50 anni	36
3.2 – Verifica con Tempo di ritorno 200 anni	38
3.3 – Verifica con Tempo di ritorno 500 anni	39
<u>4 – Conclusioni</u>	<u>41</u>
<u>5 – Allegati.....</u>	<u>43</u>

1 - Premesse

La presente Relazione tecnica descrive i risultati dello studio idraulico effettuato per la valutazione dei livelli di piena ipotizzabili nel Torrente Nure a monte del ponte di Ponte dell'Olio (PC) in sponda destra in corrispondenza delle strutture sportive comunali.

Lo studio è stato condotto per conto dell'Amm. com. le di Ponte dell'Olio.

La motivazione risiede nel fatto che il PGRA (Anno 2022) ha fasciato la zona in corrispondenza di Ponte dell'Olio ricomprendendo in fascia P3-H (alluvioni frequenti-elevata probabilità) le aree sportive in dx idraulica e l'amm. com.le intende verificare l'effettiva profondità di tali fasce.

La Regione Emilia Romagna e precisamente il Settore Sicurezza Territoriale e Protezione Civile Emilia ha quindi consigliato all'amministrazione comunale di Ponte dell'Olio di presentare uno studio idraulico puntuale che analizzasse tale problematica.

2 - Verifica del comportamento idraulico del Torrente Nure

2.1 Raccolta dei dati per lo studio

2.1.1 Geometria

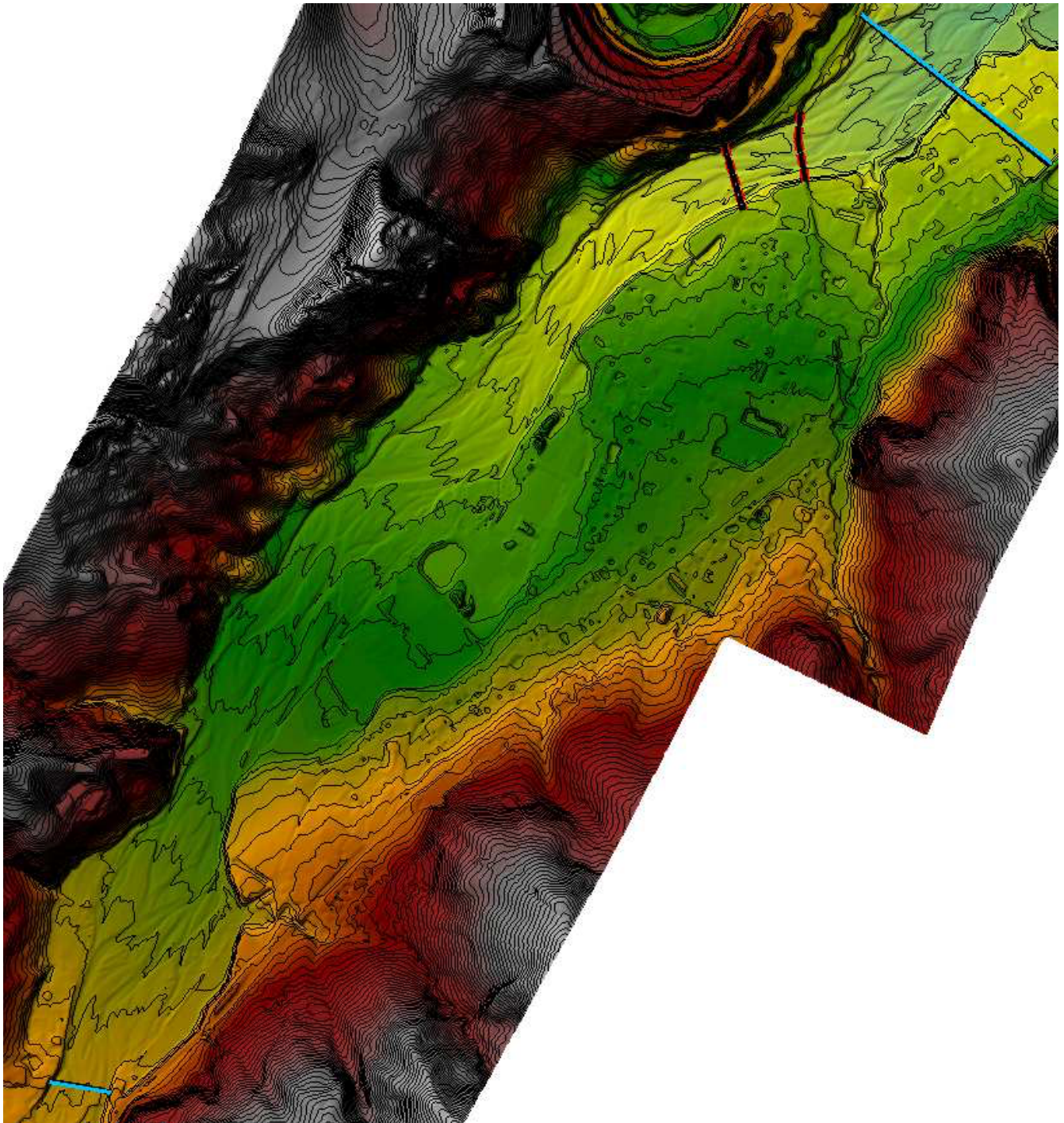
La Regione Emilia Romagna e precisamente il Settore Sicurezza Territoriale e Protezione Civile Emilia, ha richiesto uno studio "bidimensionale", basato sul DTM esistente presso l'Autorità di bacino del fiume Po'e riferito all'anno 2019.

Poiché però tale DTM è limitato esclusivamente all'alveo inciso e le aree di golena oggetto del presente studio risultano esterne, si è scaricato il DTM generale del Ministero dell'Ambiente e si è operata una sovrapposizione dei due modelli digitali del terreno considerando per l'alveo inciso il DTM del 2019 mentre per l'esterno quello del Ministero dell'ambiente (anno 2013).

Non essendo a disposizione per tale studio delle sezioni recenti dell'alveo, non si è potuto procedere ad un'ulteriore integrazione del DTM del 2019 con indicazioni aggiornate appunto sull'assetto dell'alveo inciso, quindi si sono utilizzate come quote del terreno in alveo, le quote idriche rilevate durante il volo del 2019.

Il DTM è stato considerato a cavallo dell'abitato di Ponte dell'Olio partendo a monte appena a valle del ponte di Carmiano per arrivare a valle circa 400 m dopo il ponte della vecchia littorina.

Si allega lo schema del DTM integrato.



Schema del DTM integrato: Autorità di bacino 2019 Alveo + MASE 2013 aree di golena

Si allega di seguito l'inquadratura satellitare dell'area di studio su cui sono visibili, oltre ai due ponti di valle (in rosso), anche le Boundary conditions (linee azzurre ortogonali al Nure), cioè i confini di simulazione in cui verranno messe le condizioni idrauliche al contorno.



In sponda destra è presente una marcata golena su cui sono presenti aree agricole e su cui sono stati ricavati gli spazi dei centri sportivi comunali.

2.1.2 Considerazioni generali sulle Portate a base di calcolo

Per quanto riguarda le portate utilizzate nella verifica idraulica del tratto di interesse, si è fatto riferimento alla Relazione idrologica inserita nello studio “Definizione dell’assetto idrologico e idraulico del torrente Nure da Ferriere alla confluenza in Po redatto per l’Autorità di bacino del fiume Po dal Dott. Ing. Ivo Fresia nel 2020.

Si riportano le considerazioni conclusive su tutti gli studi presi in esame come confronto col modello Afflussi-Deflussi della suddetta Relazione idrologica:

Tabella 12 Riepilogo dei valori di portata al colmo del torrente Nure

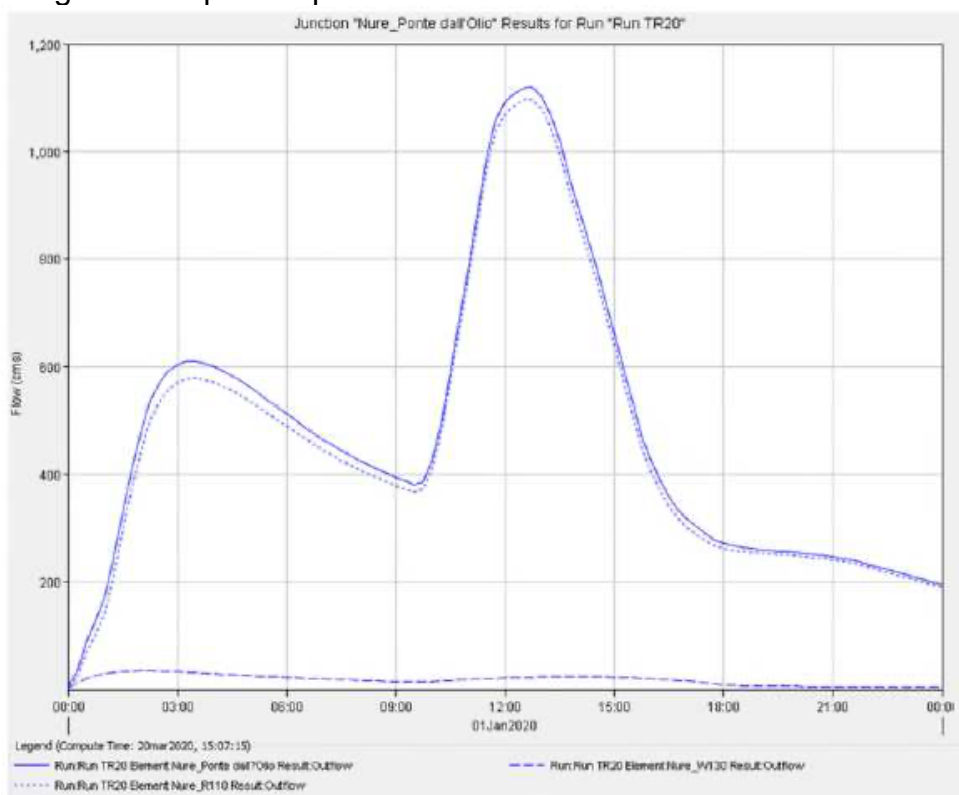
1	S (km ²)	Q20 m ³ /s	q20 m ³ /s km ²	Q200 m ³ /s	q200 m ³ /s km ²	Q500 m ³ /s	q500 m ³ /s km ²	
Ferriere	49	396	8.086	613	12.506	687	14.016	
Farini	208	641	3.083	992	4.768	1111	5.343	
Bettola	260	691	2.656	1068	4.105	1197	4.604	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Ponte dell'Olio	333	750	2.252	1160	3.483	1300	3.904	PGRA/PAI
Roncgia	371	780		1230		1350		PGRA/PAI
2								
Ferriere	49	512	10.458	703	14.339	782	15.956	
Farini	208	829	3.987	1137	5.467	1265	6.083	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Bettola	260	895	3.442	1223	4.711	1363	5.242	
Ponte dell'Olio	333	970	2.913	1330	3.956	1480	4.444	PTCP - PROVINCIA PIACENZA
3								
Ferriere	49	256	5.233	391	7.970	435	8.878	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Farini	208	415	1.995	632	3.038	704	3.385	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL TORRENTE NURE IN LOCALITÀ FARINI - 2009 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA DICATEA - UNIVERSITÀ DI PARMA (Modello A-D)
Bettola	260	447	1.719	681	2.618	758	2.917	
Ponte dell'Olio	333	485	1.458	739	2.220	823	2.473	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
4								
Ferriere	49	247	5.044	942	19.231	1372	27.995	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Farini	208	400	1.923	1525	7.332	2220	10.673	APPROFONDIMENTI DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 14/11/2015 NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FARINI - 2015 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA - DICATEA - UNIVERSITÀ DI PARMA (Modello A-D; r = 0.50)
Bettola	260	431	1.657	1643	6.318	2391	9.197	
Ponte dell'Olio	333	468	1.405	1794	5.357	2597	7.798	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
5								
Ferriere	49	216	4.414	816	16.646	1286	25.221	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Farini	208	350	1.683	1320	6.346	2000	9.615	APPROFONDIMENTI DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 14/11/2015 NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FARINI - 2015 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA - DICATEA - UNIVERSITÀ DI PARMA (Modello A-D; r = 0.33)
Bettola	260	377	1.450	1422	5.465	2154	8.286	
Ponte dell'Olio	333	409	1.229	1544	4.636	2339	7.025	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
6								
Ferriere	49	113	2.306	187	3.816	216	4.408	L'EVENTO DI PIENA DEL 13 E 14 SETTEMBRE 2015 NEI BACINI DEI FIUMI TREBBIA E NURE - Arpa Emilia Romagna, Servizio IdraMeteoClima - Area idrologia ed idrografia
Farini	208	306	1.471	492	2.365	565	2.716	
Bettola	260	325	1.267	530	2.037	608	2.339	
Ponte dell'Olio	333	357	1.073	575	1.726	660	1.982	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
7								
Ferriere	49	349	11.957	556	18.572	639	21.414	
Farini	208	974	4.559	1500	7.081	1710	8.154	STUDIO - MODELLO A-D - LSPP DA PLUVIOMETRI CON DISTRIBUZIONE DI GUMBEL
Bettola	260	1031	3.928	1586	6.101	1829	7.035	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Ponte dell'Olio	342	1119	3.272	1738	5.082	2004	5.850	STUDIO - MODELLO A-D - LSPP DA PLUVIOMETRI CON DISTRIBUZIONE DI GUMBEL
8								
Ferriere	49	340	11.402	769	25.496	983	33.735	
Farini	208	627	4.347	2100	9.721	2564	12.862	STUDIO - MODELLO A-D - LSPP DA PLUVIOMETRI CON DISTRIBUZIONE TCEV
Bettola	260	974	3.746	2178	8.376	2882	11.083	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Ponte dell'Olio	342	1067	3.120	2386	6.977	3157	9.231	STUDIO - MODELLO A-D - LSPP DA PLUVIOMETRI CON DISTRIBUZIONE TCEV
9								
Ferriere	49	275	5.612	446	9.102	508	10.367	STUDIO - LSPP DA SERIE (2000+2016) SU SOTTOBACINI ELEMENTARI MODELLO ARPAE A-D CON DISTRIBUZIONE GUMBEL
Farini	208	874	4.200	1328	6.385	1537	7.389	
Bettola	260	894	3.438	1388	5.340	1575	6.059	Valori estrapolati in funzione della superficie del bacino idrografico
Ponte dell'Olio	342	979	2.863	1521	4.447	1726	5.047	STUDIO - LSPP DA SERIE (2000+2016) SU SOTTOBACINI ELEMENTARI MODELLO ARPAE A-D CON DISTRIBUZIONE GUMBEL

“Dal confronto dei dati relativi alle portate di piena al colmo che derivano dalle elaborazioni disponibili con quelli ottenuti nell’ambito dello studio in questione, attraverso le elaborazioni dei dati pluviometrici e l’applicazione del modello afflussi deflussi di ARPAE, derivano le seguenti considerazioni:

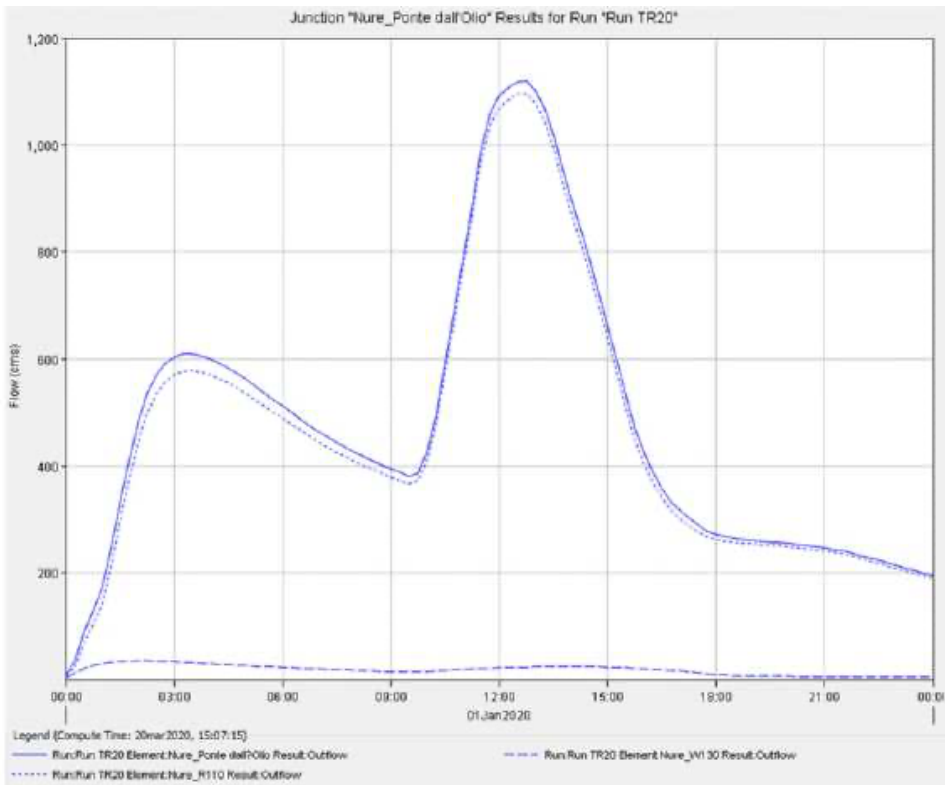
- i valori del PAI/PRGA (1) appaiono datati soprattutto in quanto non tengono conto dell'evento di piena 2015 che ha rappresentato, secondo il parere unanime di tutti gli studi dell'evento, un fenomeno di gravosità eccezionale;
- la stessa considerazione può essere fatta con i dati del PTCP di Piacenza (2), che pur essendo più recenti rispetto al PAI non tengono conto dell'evento 2015;
- lo studio 2009 svolto da DICATeA - UNIVERSITÀ DI PARMA su incarico della Regione Emilia-Romagna (3) per la sezione di Farini porta a ottenere valori sensibilmente inferiori a quelli del PAI, pur non essendoci sezioni in comune dove sia stato eseguito il calcolo; il trasferimento delle portate stimate a Farini nella sezione di Ponte dell'Olio, con un aumento di circa 130 km² (37%) di superficie sottesa, porta ad ottenere valori significativamente inferiori rispetto al PAI; anche in questo caso, ovviamente, non è considerato l'evento 2015; non si ritiene pertanto opportuno il riferimento a tale elaborazione;
- lo studio 2015 svolto da DICATeA - UNIVERSITÀ DI PARMA su incarico della Regione Emilia-Romagna (4 e 5) in cui viene caratterizzato l'evento di piena manifestatosi e vengono elaborati i valori delle onde di piena per i diversi tempi di ritorno mediante l'applicazione di un modello A-D (che tiene conto dell'evento 2015) porta ad ottenere per la sezione di Farini valori in pratica coincidenti con quelli risultati dalle elaborazioni effettuate nello studio in questione (distribuzione di Gumbel) per il tempo di ritorno di 200 anni; anche a Ponte dell'Olio i valori sono del tutto simili. Per TR 200 si ha una portata di 1525 m³/s rispetto ai 1500 a Farini e di 1784 m³/s a fronte di 1738 m³/s a ponte dell'Olio. I valori si differenziano in misura significativa per T20 e T500 secondo tendenze opposte;
- lo studio sulla piena 2015 condotto da Arpae Emilia Romagna, Servizio IdroMeteoClima (6), è relativo alle sezioni di Ferriere e Farini e conduce a valori delle relative portate al colmo sensibilmente inferiori a quelle del PAI/PRGA, oltre a quelli determinati nello studio in questione (distribuzione di Gumbel); l'estrapolazione alle sezioni di valle fornisce ovviamente valori inferiori in misura apprezzabile a quelli di riferimento del PAI/PRGA;
- le elaborazioni idrologiche svolte nell'ambito dello studio (7 e 8) con l'applicazione del modello A-D ARPAE e l'utilizzo delle serie storiche nelle stazioni pluviometriche rappresentative dei diversi sottobacini, conducono a valori sensibilmente superiori a quelle del PAI, rapportabili all'aver preso in conto l'evento del 2015. L'utilizzo della distribuzione TCEV per la stima delle porte determina valori in tutte le sezioni di controllo che appaiono eccessivamente elevati per i tempi T200 e T500, mentre per il T20 si ottengono sostanzialmente dati coincidenti con quelli che risultano dall'applicazione della legge di Gumbel;
- le elaborazioni idrologiche svolte nell'ambito dello studio in questione (9) con l'applicazione del modello A-D ARPAE e l'utilizzo dei dati pluviometrici relativi al periodo 2000-2016 aggregati per i sottobacini elementari individuati nello schema modellistico (opportunamente elaborati per definire le LSPP, con l'utilizzo della distribuzione di Gumbel) conducono a valori confrontabili con quelli dell'applicazione (7), con valori di colmo leggermente inferiori per tutti i tempi di ritorno (tra il 10 e il 12%); si ritiene che tale risultato derivi dal fatto che i dati pluviometrici aggregati per sottobacini elementari vengono in qualche modo "mediati" in questa operazione e conducono quindi a LSPP un po' meno gravose rispetto a quelle derivanti direttamente dalle stazioni pluviometriche.

Sulla base del confronto effettuato si ritiene che la scelta dei dati di riferimento da utilizzare possa ricadere sui risultati ottenuti con l'applicazione del modello A-D con riferimento alle LSPP ricavate dalle serie storiche dei pluviometri con la distribuzione di Gumbel (7). I valori risultano in pratica coincidenti con quelli ricavati per la sezione di Farini nello studio "Approfondimenti dell'evento alluvionale del 14 /11/2015 nel territorio del comune di Farini, 2015, Regione Emilia-Romagna - Dicatea - Università Di Parma per il tempo di ritorno di 200 anni; tale dato rappresenta quello di maggiore importanza per la delimitazione delle fasce fluviali."

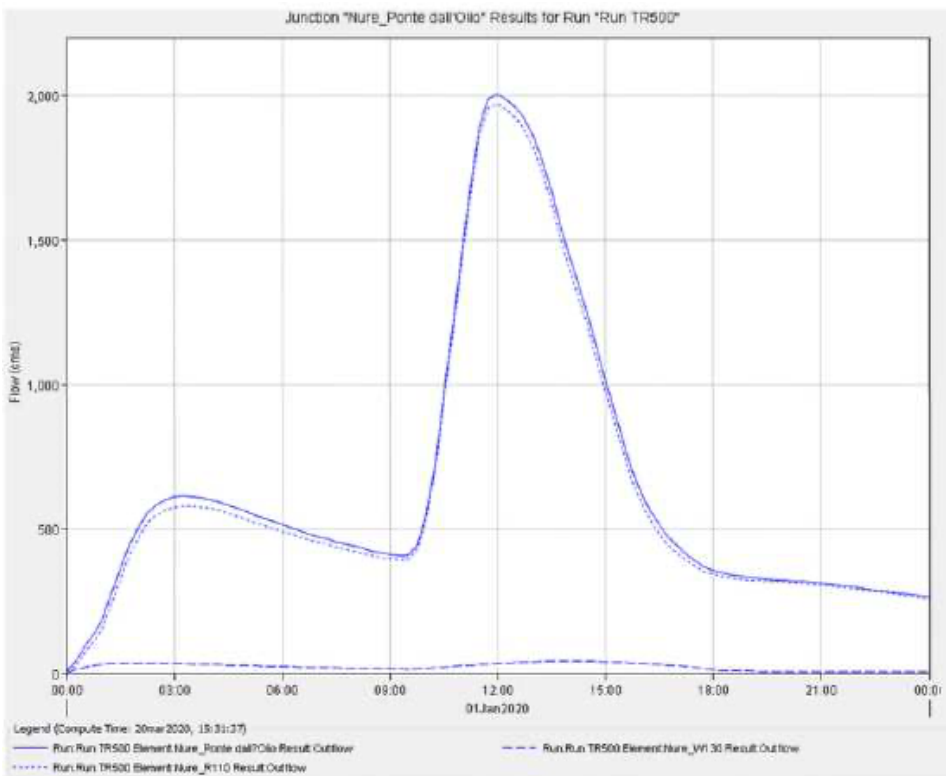
Si riporta di seguito il grafico (estrpolato dalla Relazione idrologica di cui sopra) degli idrogrammi di portata per Ponte dell'Olio.



- T 20 anni (Gumbel), Idrogramma di portata in uscita a Ponte dell'Olio



- T 200 anni (Gumbel). Idrogramma di portata in uscita a Ponte dell'Olio



Idrogramma di portata in uscita a Ponte dell'Olio – evento TR500 anni (Gumbel)

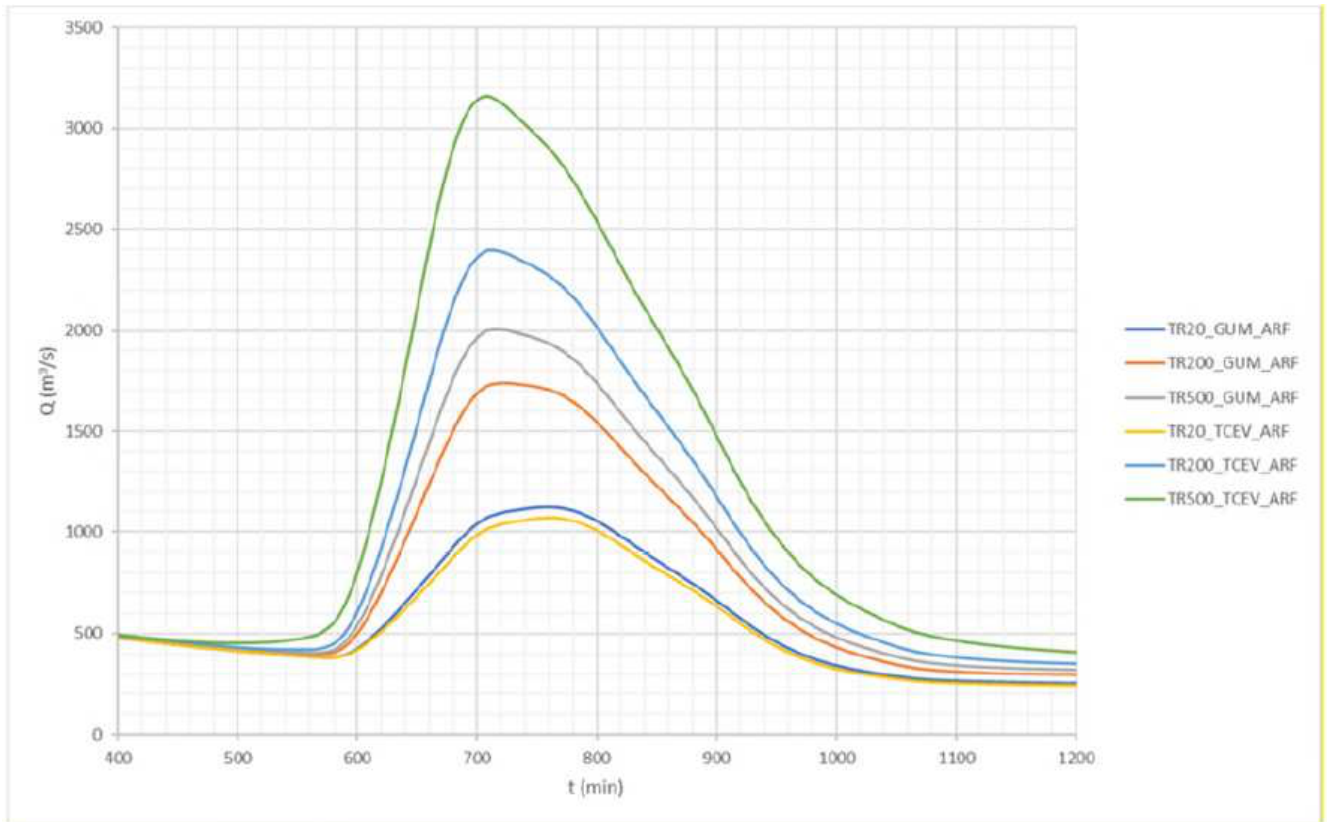
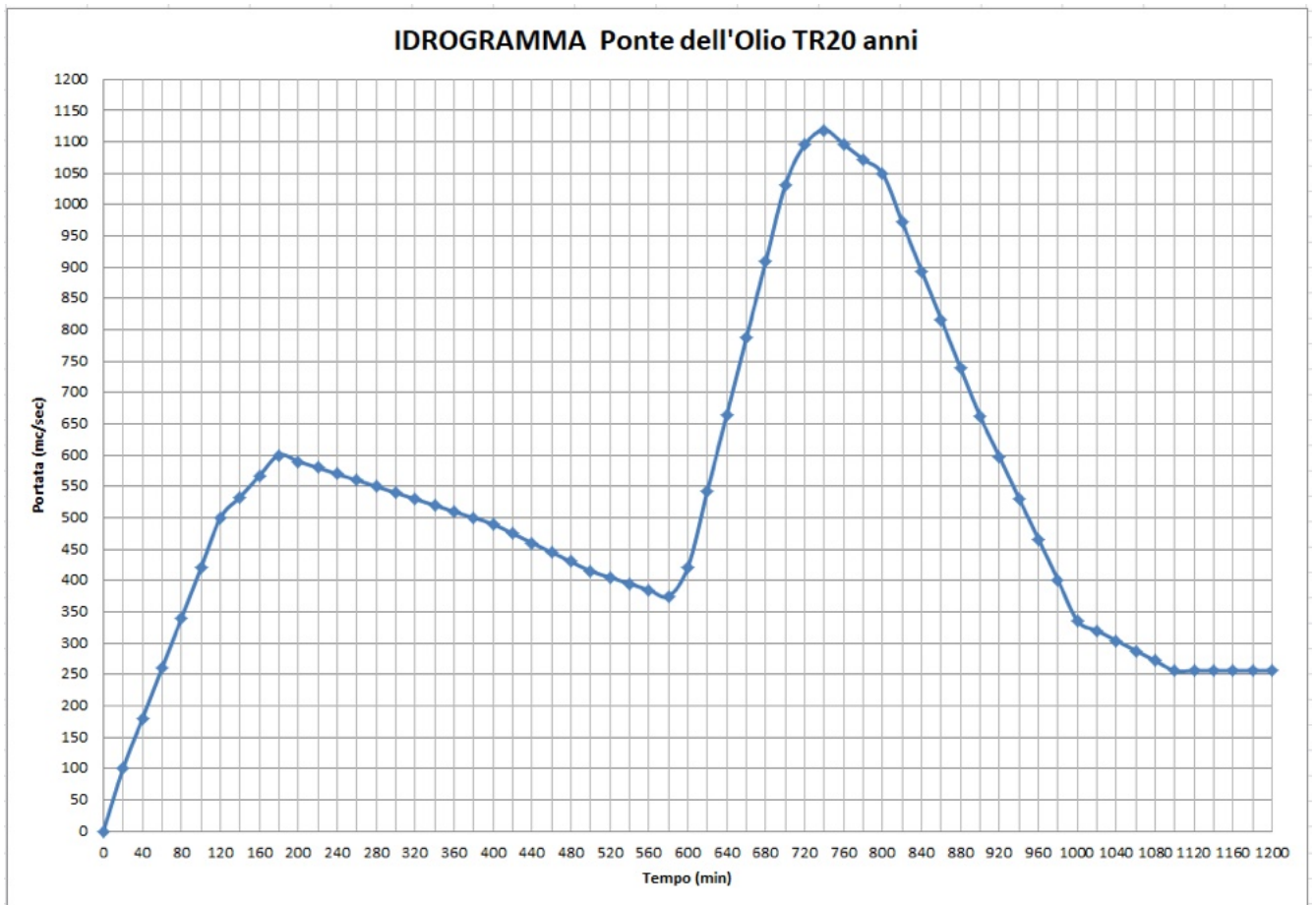


Figura 48 - Idrogrammi di portata a Ponte dell'Olio

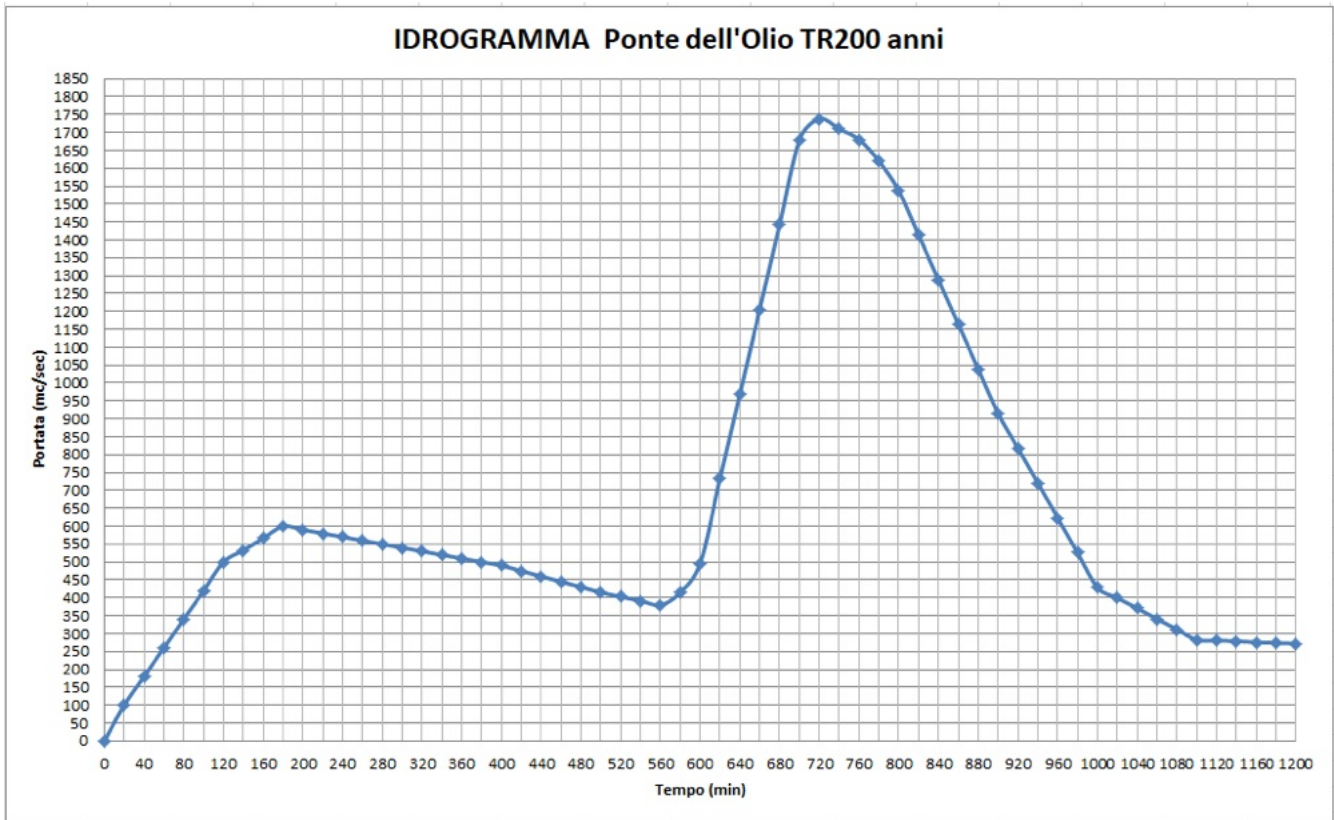
Si sono quindi estrapolati gli idrogrammi per Tr20, Tr200 e Tr500 derivati dall'applicazione del modello A-D con riferimento alle LSPP ricavate dalle serie storiche dei pluviometri con la distribuzione di Gumbel (7).

L'idrogramma per Tr50, necessario per la verifica dell'area del PGRA P3-H, è stato ricavato tramite interpolazione logaritmica tra gli idrogrammi per Tr20, Tr200 e Tr500.

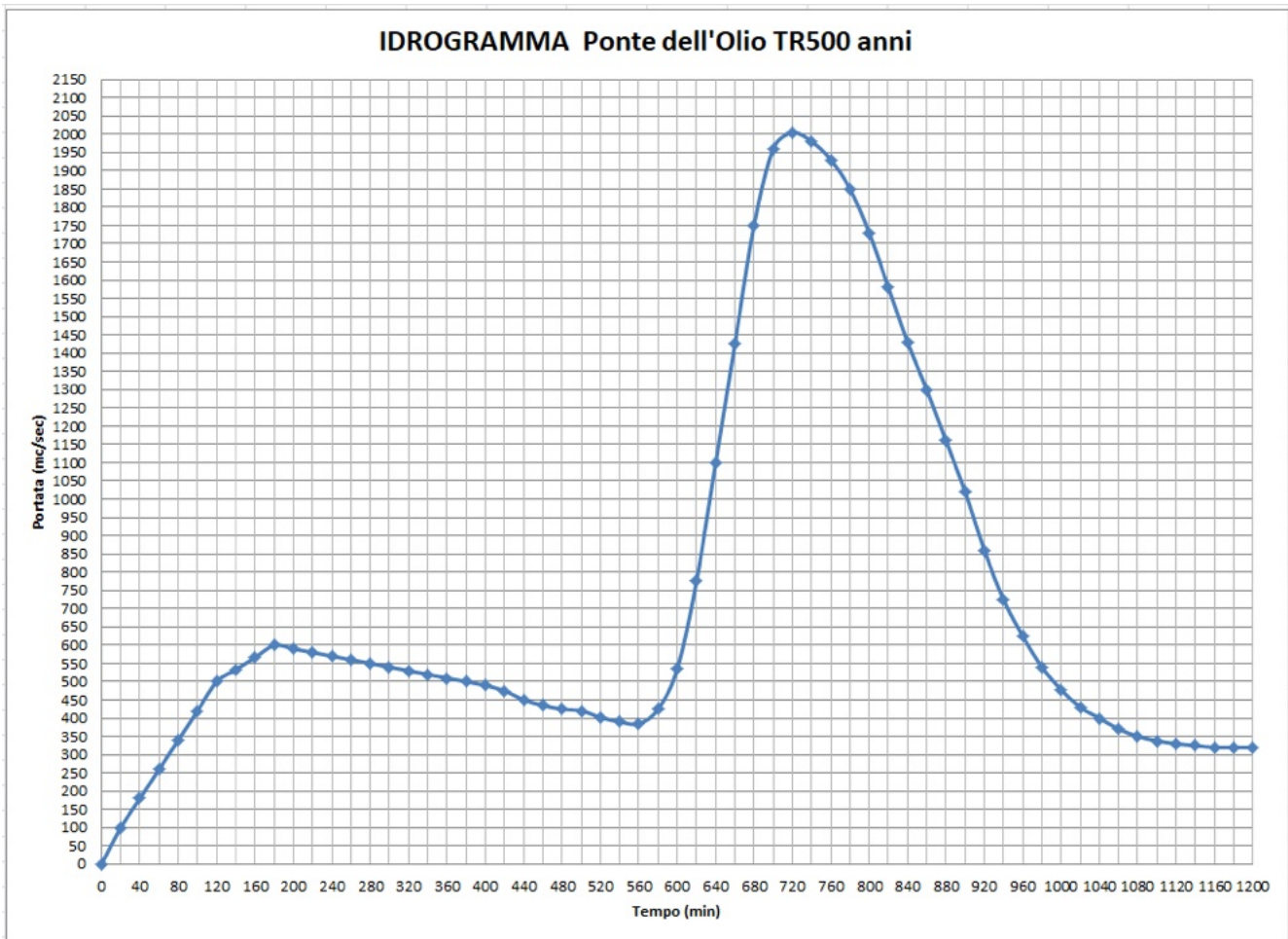
TR20			
t (min)	q (mc/sec)	t (min)	q (mc/sec)
0	0		
20	100	620	543
40	180	640	665
60	260	660	787
80	340	680	909
100	420	700	1031
120	500	720	1095
140	533	740	1119
160	567	760	1096
180	600	780	1072
200	590	800	1049
220	580	820	972
240	570	840	894
260	560	860	817
280	550	880	739
300	540	900	662
320	530	920	597
340	520	940	531
360	510	960	466
380	500	980	401
400	490	1000	336
420	475	1020	320
440	460	1040	304
460	445	1060	288
480	430	1080	272
500	415	1100	256
520	405	1120	256
540	395	1140	256
560	385	1160	256
580	375	1180	256
600	421	1200	256

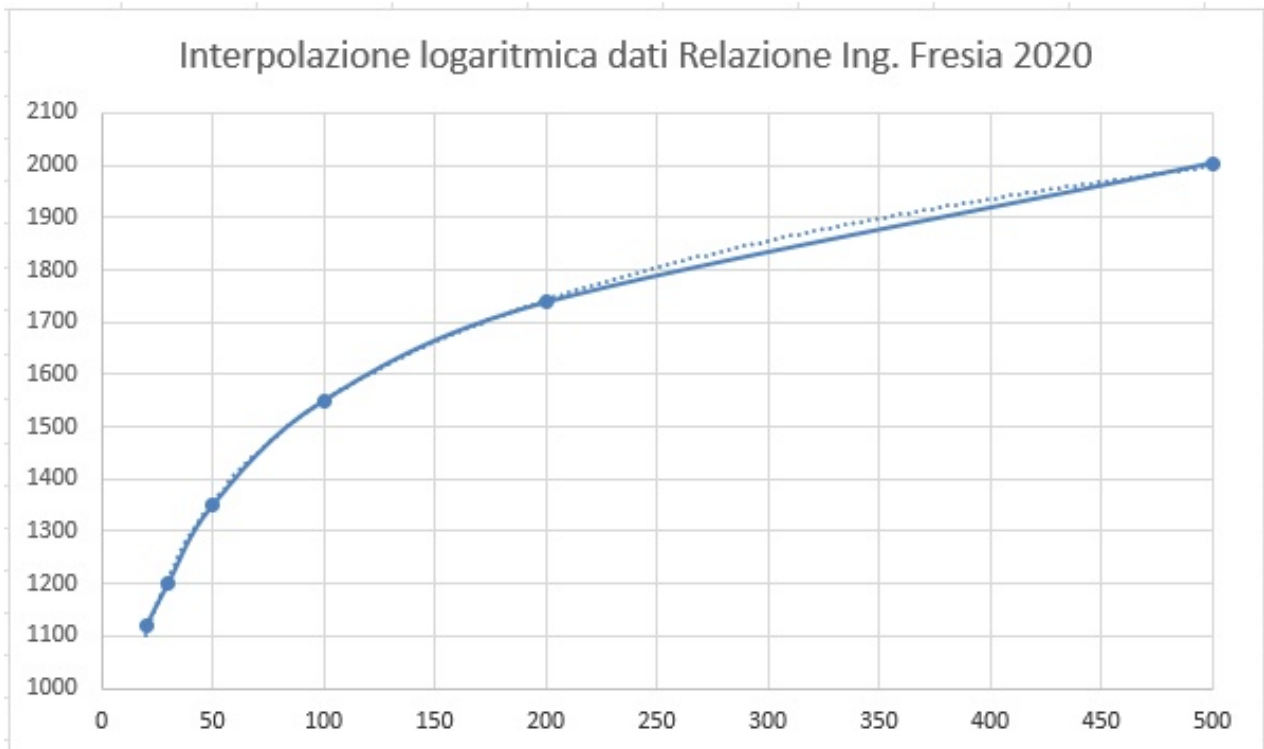


TR200			
t (min)	q (mc/sec)	t (min)	q (mc/sec)
0	0		
20	100	620	733
40	180	640	969
60	260	660	1206
80	340	680	1442
100	420	700	1679
120	500	720	1738
140	533	740	1710
160	566	760	1680
180	600	780	1620
200	590	800	1537
220	580	820	1413
240	570	840	1288
260	560	860	1164
280	550	880	1039
300	540	900	915
320	530	920	818
340	520	940	721
360	510	960	623
380	500	980	526
400	490	1000	429
420	475	1020	400
440	460	1040	371
460	445	1060	341
480	430	1080	312
500	415	1100	283
520	403	1120	281
540	392	1140	279
560	380	1160	276
580	415	1180	274
600	496	1200	272



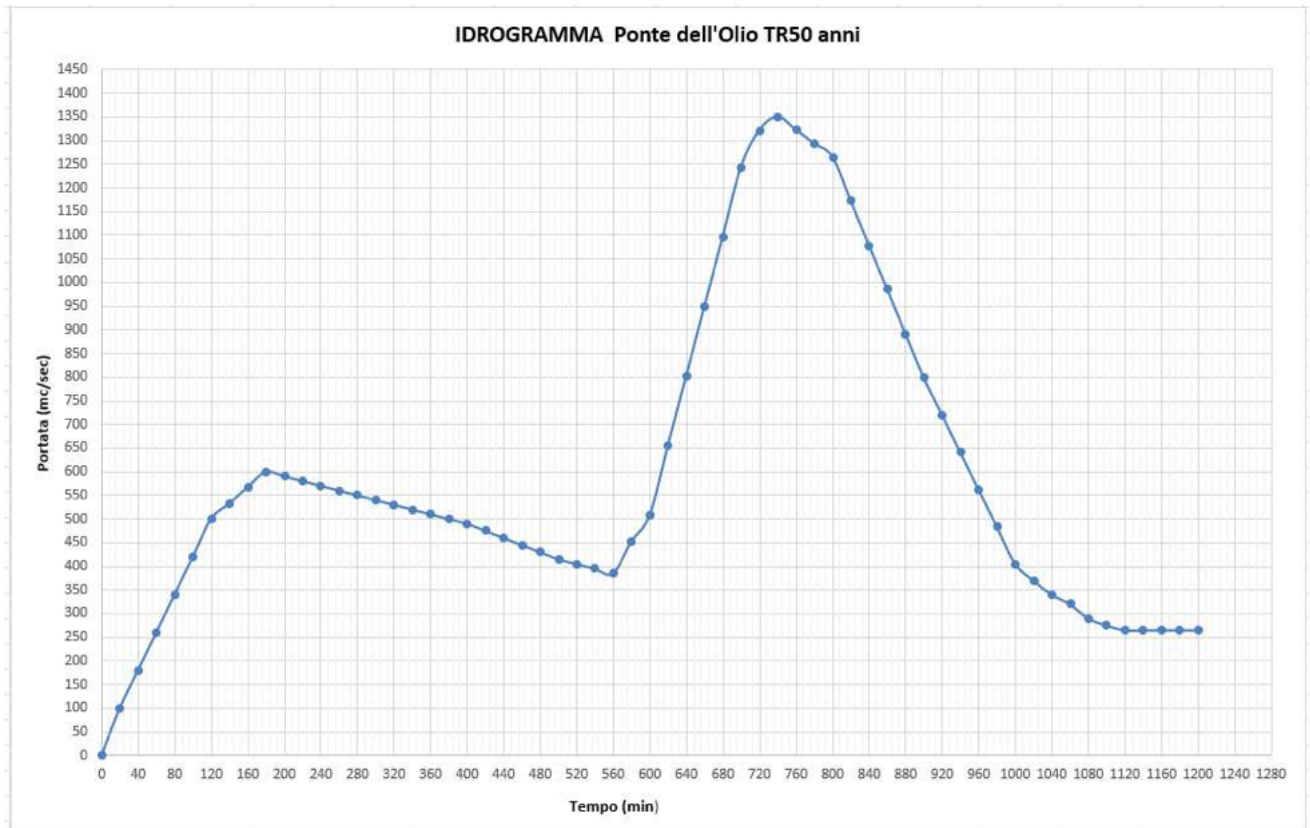
TR500			
t (min)	q (mc/sec)	t (min)	q (mc/sec)
0	0		
20	100	620	775
40	180	640	1100
60	260	660	1425
80	340	680	1750
100	420	700	1960
120	500	720	2004
140	533	740	1980
160	566	760	1930
180	600	780	1850
200	590	800	1730
220	580	820	1580
240	570	840	1430
260	560	860	1300
280	550	880	1160
300	540	900	1020
320	530	920	860
340	520	940	725
360	510	960	625
380	500	980	540
400	490	1000	478
420	475	1020	430
440	450	1040	400
460	435	1060	370
480	425	1080	350
500	420	1100	338
520	402	1120	330
540	390	1140	325
560	385	1160	320
580	425	1180	320
600	535	1200	320



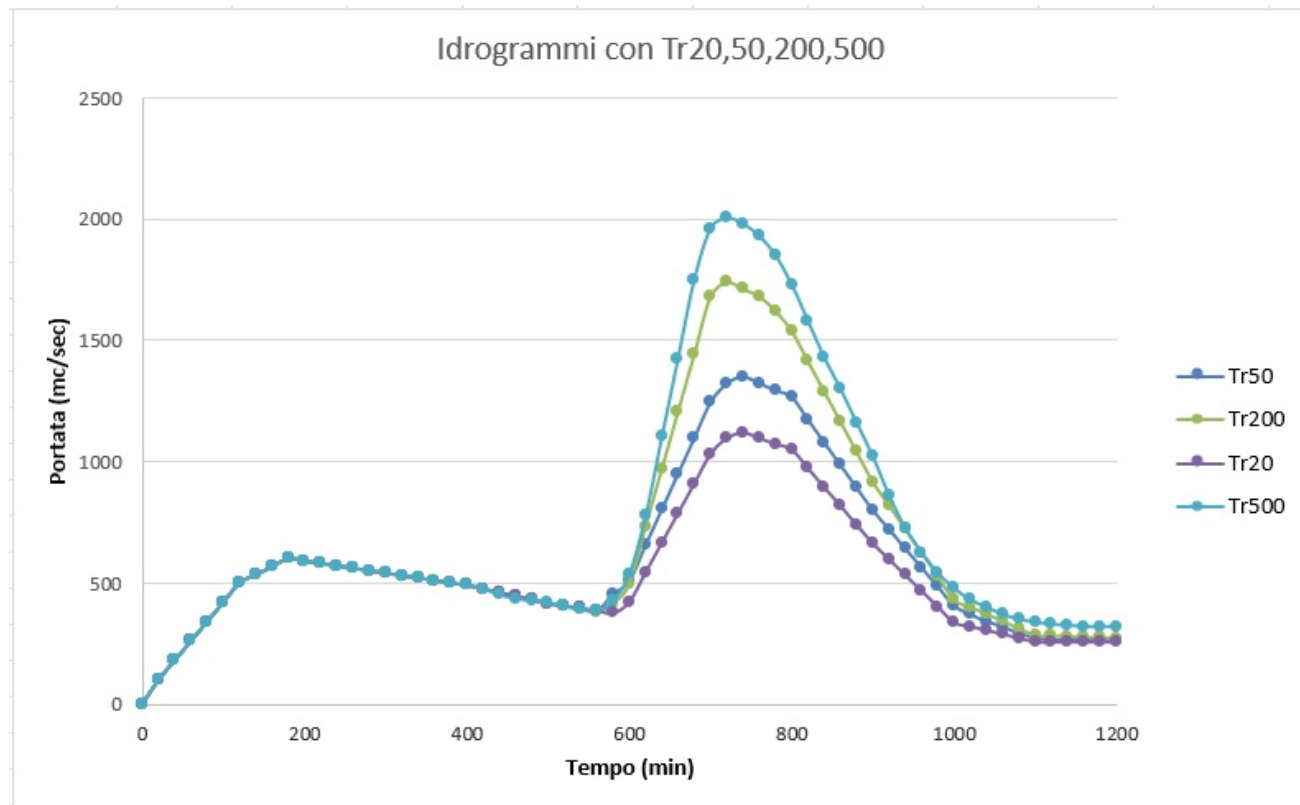


Tr	mc/sec
20	1119
30	1200
50	1350
100	1550
200	1738
500	2004

TR50			
t (min)	q (mc/sec)		
0	0		
20	100	620	655
40	180	640	802
60	260	660	949
80	340	680	1097
100	420	700	1244
120	500	720	1321
140	533	740	1350
160	567	760	1322
180	600	780	1293
200	590	800	1266
220	580	820	1173
240	570	840	1079
260	560	860	986
280	550	880	892
300	540	900	799
320	530	920	720
340	520	940	641
360	510	960	562
380	500	980	484
400	490	1000	405
420	475	1020	370
440	460	1040	340
460	445	1060	320
480	430	1080	290
500	415	1100	275
520	405	1120	265
540	395	1140	265
560	385	1160	265
580	452	1180	265
600	508	1200	265



Si allega il grafico riportante tutti gli idrogrammi per i diversi tempi di ritorno.



Si sono inoltre confrontate le portate di piena per diversi tempi di ritorno contenute nell'aggiornamento del PAI di Maggio 2022 con quelle prese a base di calcolo.

Bacino	Corso d'acqua	Progr. (km)	Sezione		Superficie km ²	Q20	Q200	Q500
			Cod.PAI	Denomin.		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Nure	Nure	617	/	Ferriere	49	348	554	636
Nure	Nure	12.359	/	Farini	208	975	1505	1713
Nure	Nure	20.751	/	Bettola	260	1103	1709	1974
Nure	Nure	33.071	31	Ponte dell'Olio	342	1121	1740	2007
Nure	Nure	56.473	5	Roncaglia	371	1097	1584	1694

Portate PAI Maggio 2022

Q20 1119 mc/sec

Q200 1738 mc/sec

Q500 2004 mc/sec

Portate derivate dall'applicazione del modello A-D con riferimento alle LSPP ricavate dalle serie storiche dei pluviometri con la distribuzione di Gumbel

2.2 Inquadramento del software di verifica idraulica 2D – HEC RAS 6.6

Il codice di calcolo HEC-RAS è un programma sviluppato dal Corpo degli ingegneri dell'esercito U.S.A. presso l'Hydrologic Engineering Centre (HEC) utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali, River Analysis System (RAS).

Il software HEC RAS permette di:

- Effettuare simulazioni in condizioni stazionarie (steady flow) in corrente lenta, veloce o mista, calcolando i corrispettivi profili di corrente;
- Effettuare simulazioni in condizioni non stazionarie (unsteady flow);
- Effettuare simulazioni per la classificazione e quantificazione di processi di idrodinamica del trasporto solido relativi a fenomeni di erosione o deposizione generalizzata e/o localizzata.

Dalla versione HEC RAS 5.0.0. è possibile effettuare simulazioni idrauliche bidimensionali all'interno dell'analisi in moto vario => modelli monodimensionali e bidimensionali in moto vario, sia modelli monodimensionali integrati con modelli 2D nelle aree inondabili.

Il modulo di calcolo che si è utilizzato per l'analisi 2D del torrente Nure in corrispondenza di Ponte dell'Olio è il Software HEC RAS 6.6 dell'U.S. Army Corps of Engineers.

In campo bidimensionale la tipologia di moto è quella del MOTO VARIO, ed è per questo che si sono individuati gli idrogrammi di piena per Tr20, Tr50, Tr200 e Tr500 da utilizzare come condizione al contorno di monte (Boundary Condition di monte).

Per la Boundary Condition di valle si è invece optato per il livello di moto uniforme con pendenza pari mediamente all'1%.

La pendenza è stata calcolata sui circa 3400 metri di sviluppo dell'area di calcolo per i circa 32/33 m di dislivello tra monte e valle.

Si riporta un estratto da un documento esplicativo delle equazioni utilizzate per la verifica bidimensionale.

Le equazioni che si riportano di seguito sono conosciute come equazioni 2D di De Saint Venant dette anche Shallow Water Equations ottenibili mediando le equazioni del moto più complete di Navier Stokes rispetto alla direzione verticale e imponendo la conservazione della massa e della quantità di moto all'interno di un volume di controllo.

Formula 2.11: equazione di conservazione della massa

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = Q_{in} - Q_{out}$$

Dove:

- $\frac{\partial H}{\partial t}$ = variazione del livello idrico nel volume di controllo;
- $\frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y}$ = variazione spaziale della portata in ingresso e uscita dove "u" e "v" sono i vettori velocità nelle due direzioni principali x e y;
- Q_{in} e Q_{out} = portate in ingresso e uscita dal volume di controllo.

Formula 2.12: equazioni di conservazione della quantità di moto

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -g \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v + f u$$

Dove:

- $\frac{\partial u}{\partial t}$ = accelerazione locale;
- $\left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right)$ = accelerazione convettiva;
- $g \frac{\partial H}{\partial x}$ = gradiente della pressione idrostatica;
- $\nu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$ = termine legato alla viscosità;

- $c_f u$ = resistenza dell'alveo
- $f v$ = parametro di Coriolis

Le equazioni riportate sono applicate ad ogni cella della mesh mediante metodi numerici alle differenze o volumi finiti.

Il DTM, di cui al Paragrafo 2.1.1, è stato perimetrato e all'interno del perimetro si è effettuata una discretizzazione spaziale (Mesh divisa in celle) in sotto aree elementari.

Successivamente si sono create delle "Refinement regions" per poter assegnare valori di scabrezza differenti all'alveo inciso e alle golene e per poter differenziare la dimensione delle celle di calcolo (che saranno più fitte nell'alveo inciso).

Per la questione scabrezze si è partiti da una mappa riferita all'uso del suolo (Corine Land Cover – ISPRA 2018) che associa, tra l'altro, una scabrezza di Manning ad ogni tipologia di utilizzo del suolo.

Detta mappa si è sovrapposta all'area in esame georeferenziandola.

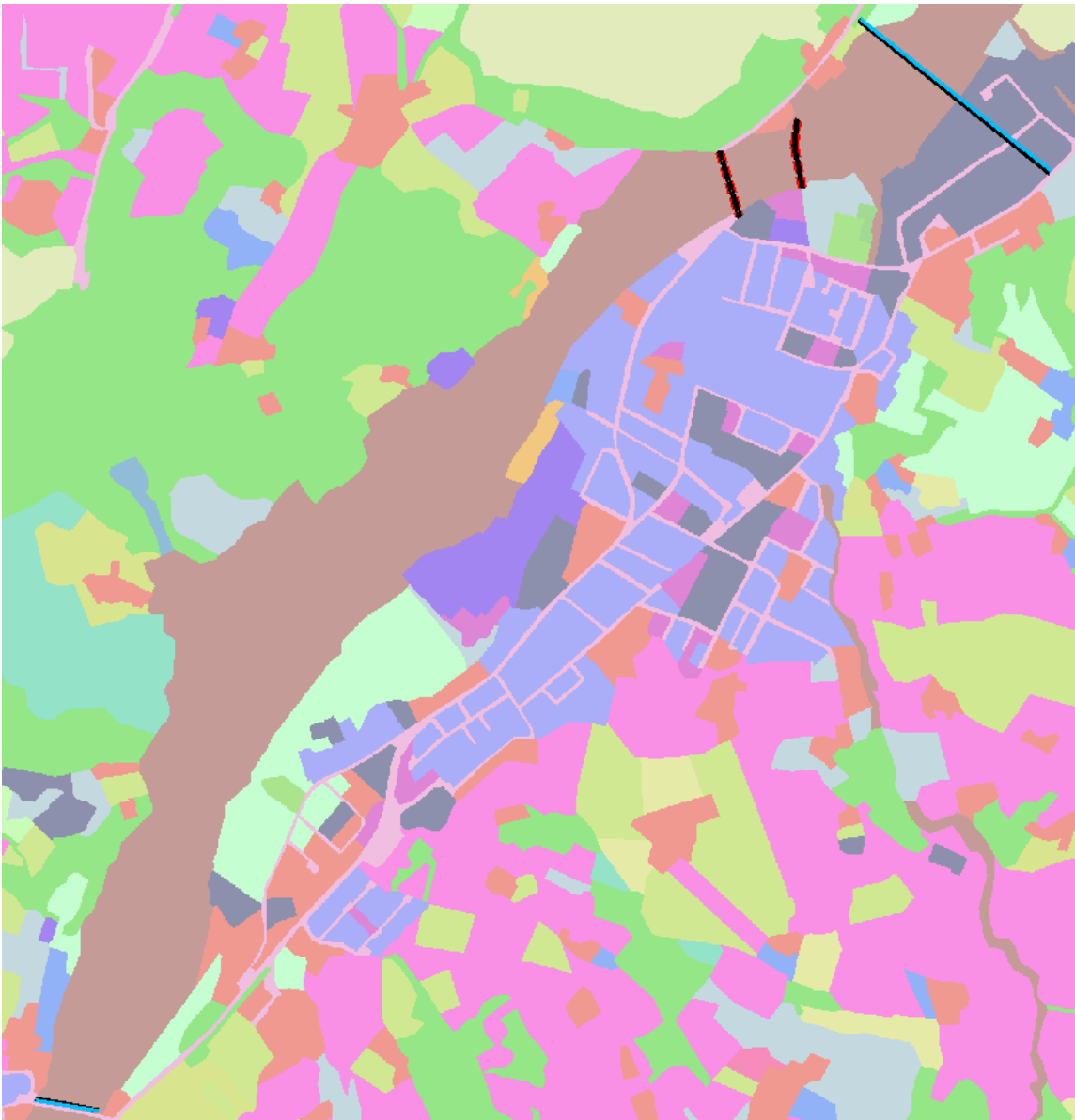
Per i coefficienti di Manning specifici per l'alveo inciso e per le aree golenali, ci si è riferiti ai valori già utilizzati nella Relazione dell'Autorità di bacino del fiume Po del 2012 a firma Ing. Ghilardi che riprende le indicazioni presenti nel PTCP 2007 che per gli alvei in provincia di Piacenza ha assunto, come si legge a pag. 55 della appendice 2 all'allegato B1.9(R) del PTCP 2007, valori del coefficiente di Strickler fra 25 e 35 per l'alveo inciso, e fra 15 e 20 per la parte golenale; detti valori corrispondono a coefficienti di Manning tra 0.033 e 0.040 per l'alveo inciso e fra 0.040 e 0.050 per le aree golenali.

Si è quindi utilizzato:

- Alveo inciso: 0.037;
- Golene: 0.045

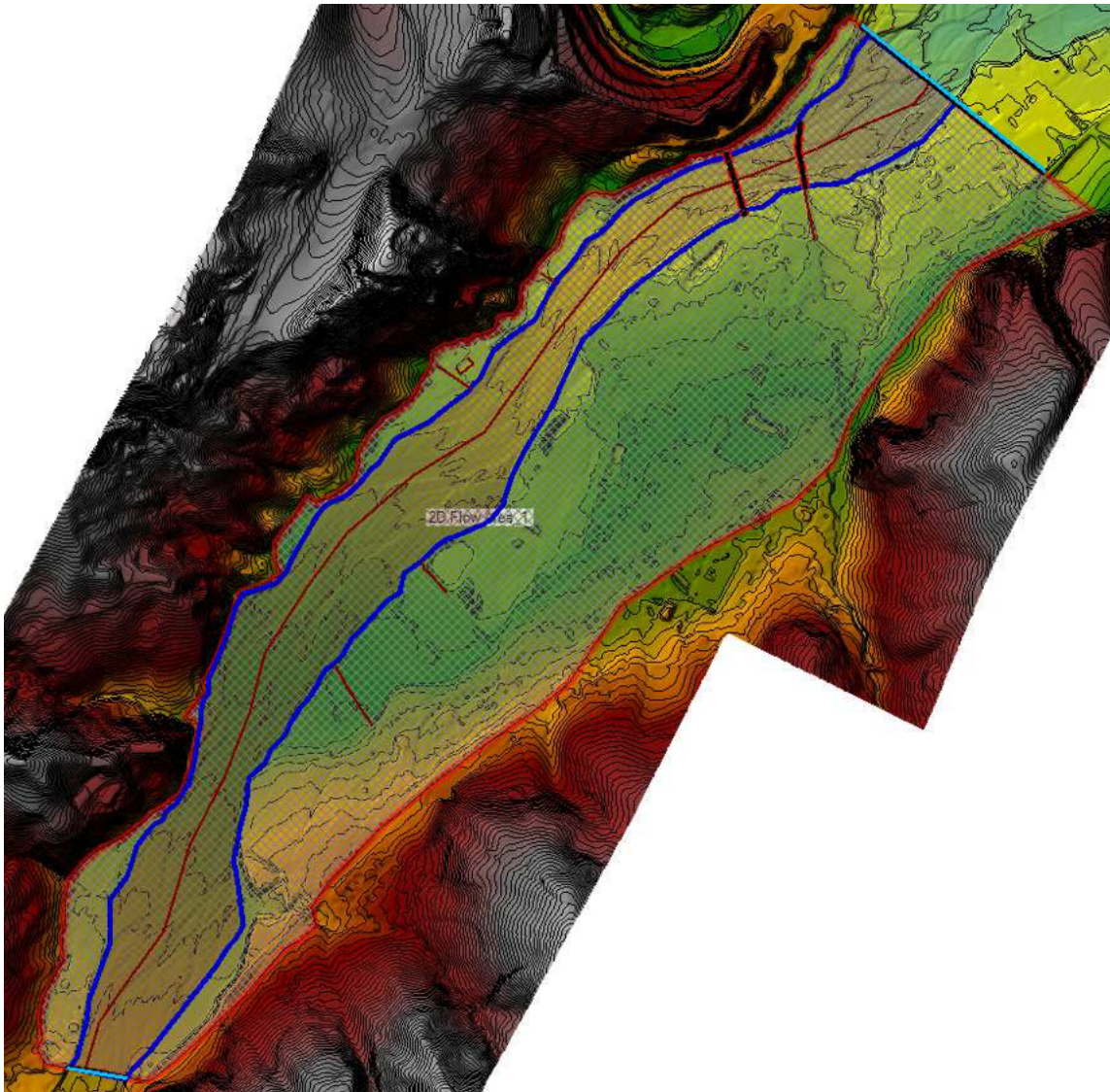
Per tutte le aree esterne alle golene, valgono i valori ricavati dal Corine Land Cover.

Si allega lo schema del Land Cover ricavato dal Corine Land Cover.



Si allega lo schema riportante il modello in cui sono evidenziate:

- In ROSSO il perimetro di calcolo;
- In BLU la Refinement Region che divide i due ambiti Alveo Inciso e Golene rispetto alla scabrezza e alla dimensione delle celle di calcolo;
- In MARRONE le Breaklines in corrispondenza di punti particolari che necessitano di interrompere le celle di calcolo per non avere livelli idrici in zone in cui l'acqua in realtà non arriverebbe (rilevati arginali, aree ribassate rispetto alla campagna circostante ecc);

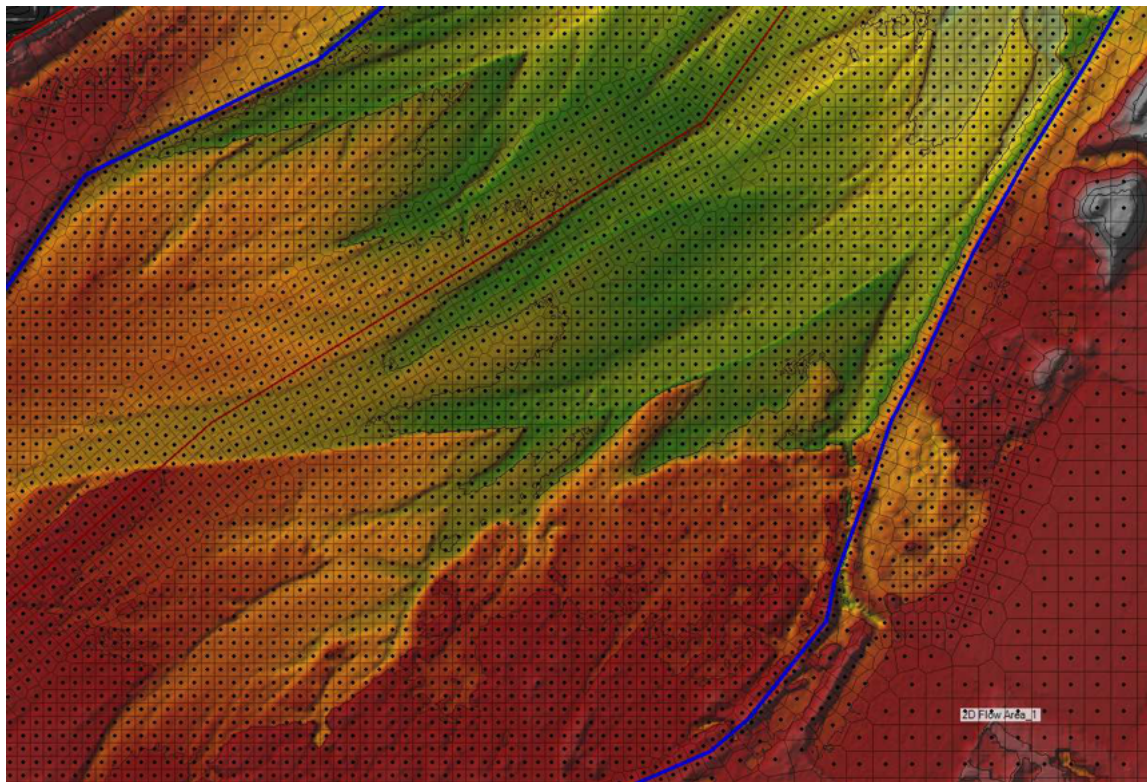


Un discorso in particolare va fatto per una particolare Breakline, utilizzata come artificio di calcolo. La Breakline in oggetto è quella collocata in mezzeria all'alveo inciso.

Le celle dell'alveo infatti non sono orientate nel senso di scorrimento della corrente idrica, quindi per avere una maggior correttezza nel calcolo si è inserita una Breakline in mezzeria all'alveo inciso e poi si è indicato un certo numero di celle a partire da detta breakline per formare una sorta di "canale" centrale orientato correttamente nel verso del flusso idrico.

Per quanto riguarda la dimensione delle celle di calcolo, si è scelta una dimensione di 5m x 5m in alveo e di 10m x 10m per il resto.

Si allega un particolare in cui si evidenzia l'effetto della breakline centrale e la diversa dimensione delle celle di calcolo.



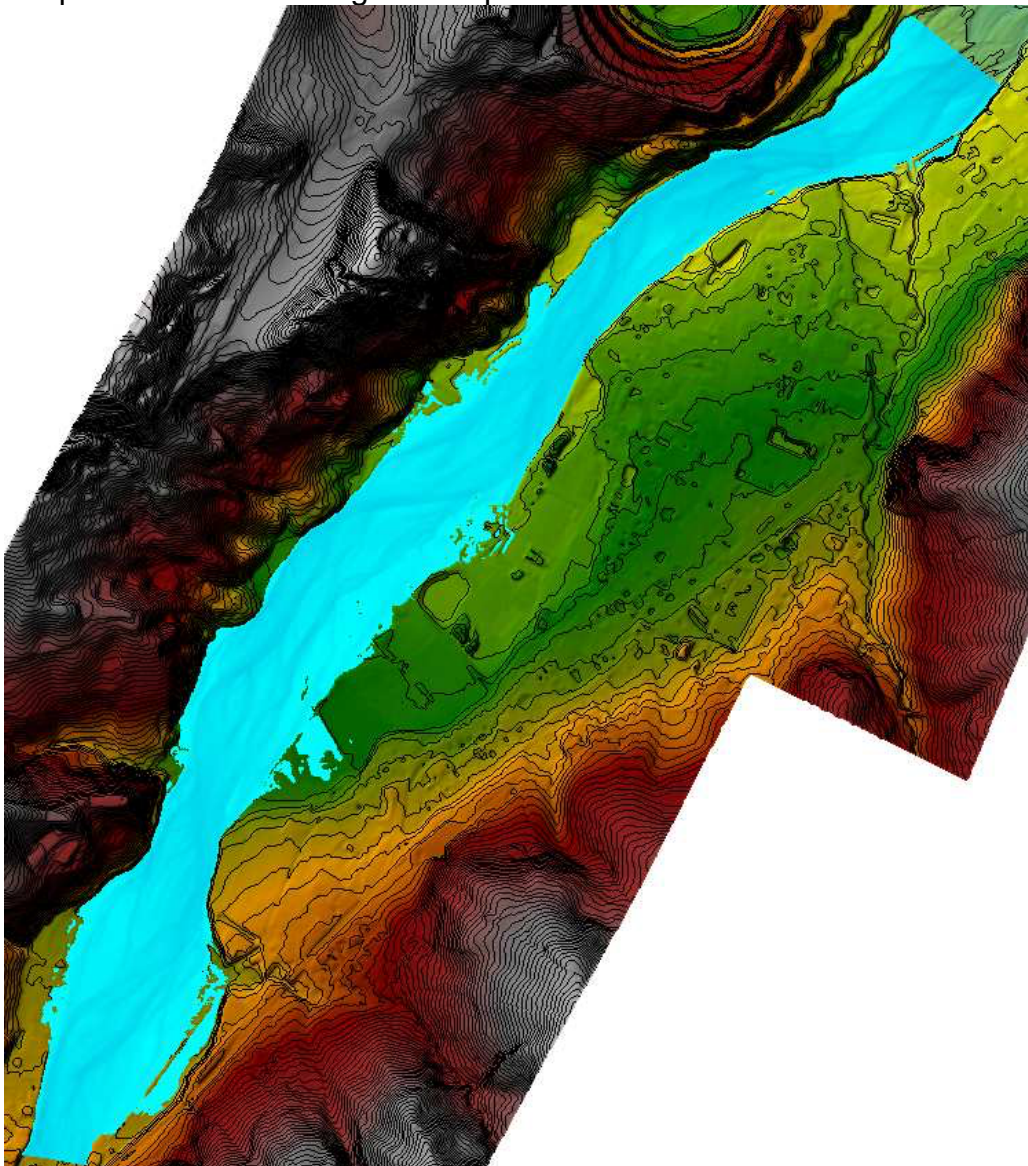
2.3 Risultati delle simulazioni in 2D

Si sono poi condotte diverse simulazioni utilizzando due tipologie di Schemi numerici:

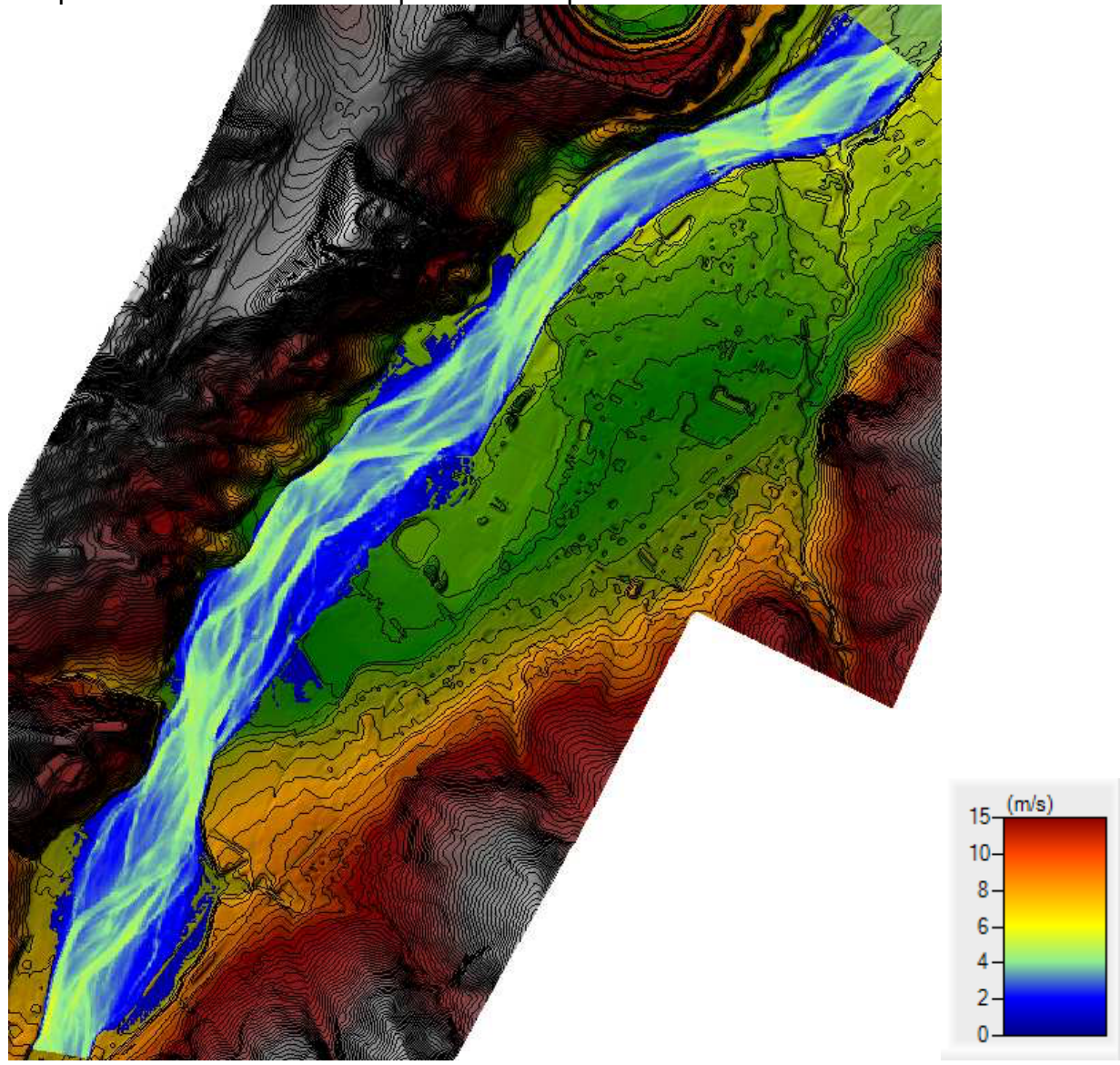
- 1) Modello diffusivo/parabolico (DWE): più stabile e veloce tra tutti i modelli poiché trascura gli effetti di turbolenza, gli effetti inerziali dovuti all'accelerazione e gli effetti di Coriolis.
- 2) Modello completo di De Saint Venant con approccio Euleriano (SWE-EM): meno stabile, ma molto più completo.

Le differenze riscontrate tra i due schemi numerici sono risultate essere minime perciò, per la tipologia di studio si sono adottate le verifiche più veloci e stabili del Modello Diffusivo/parabolico (DWE).

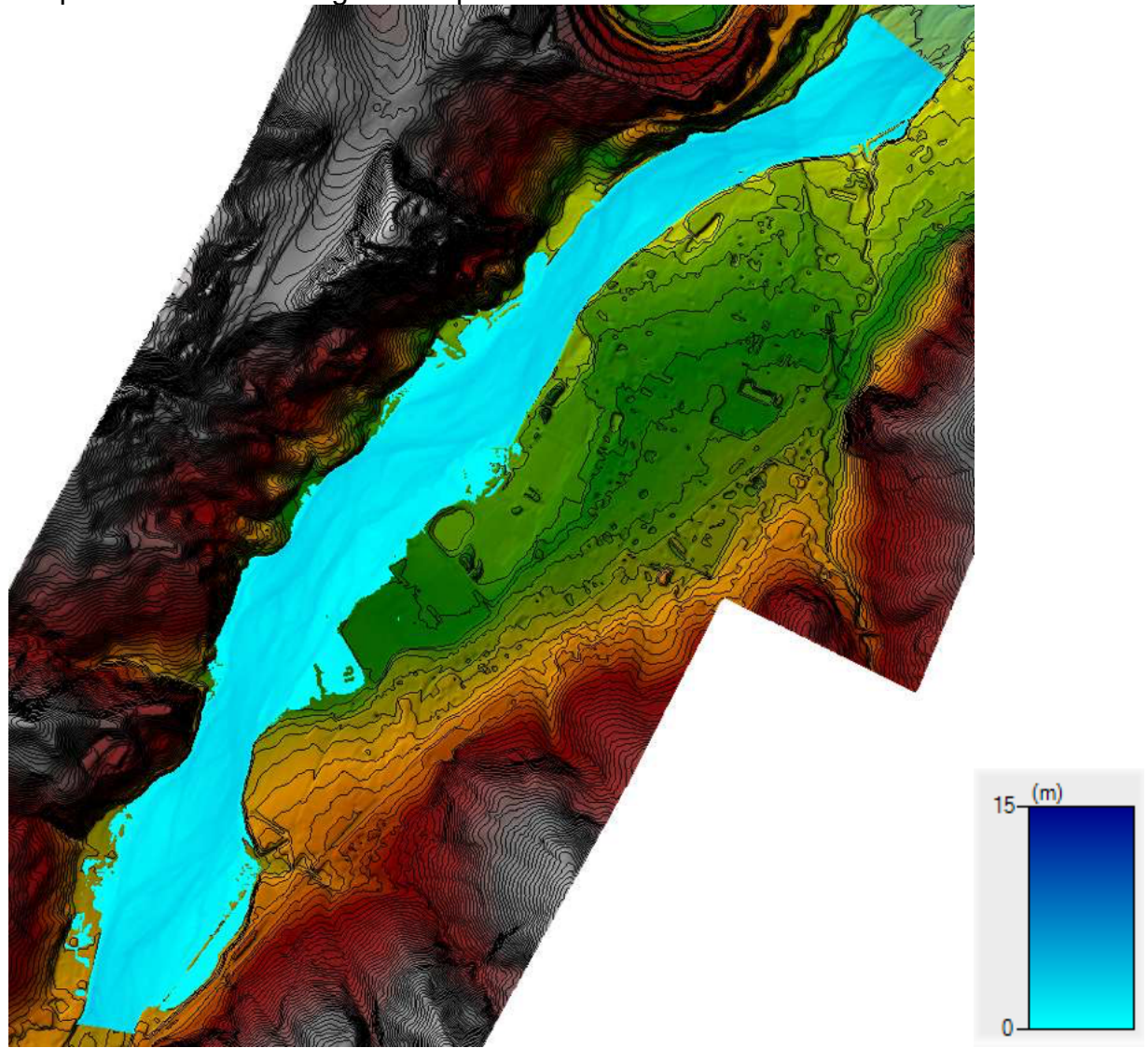
Si riporta il massimo allagamento per il Tr20 anni sul DTM



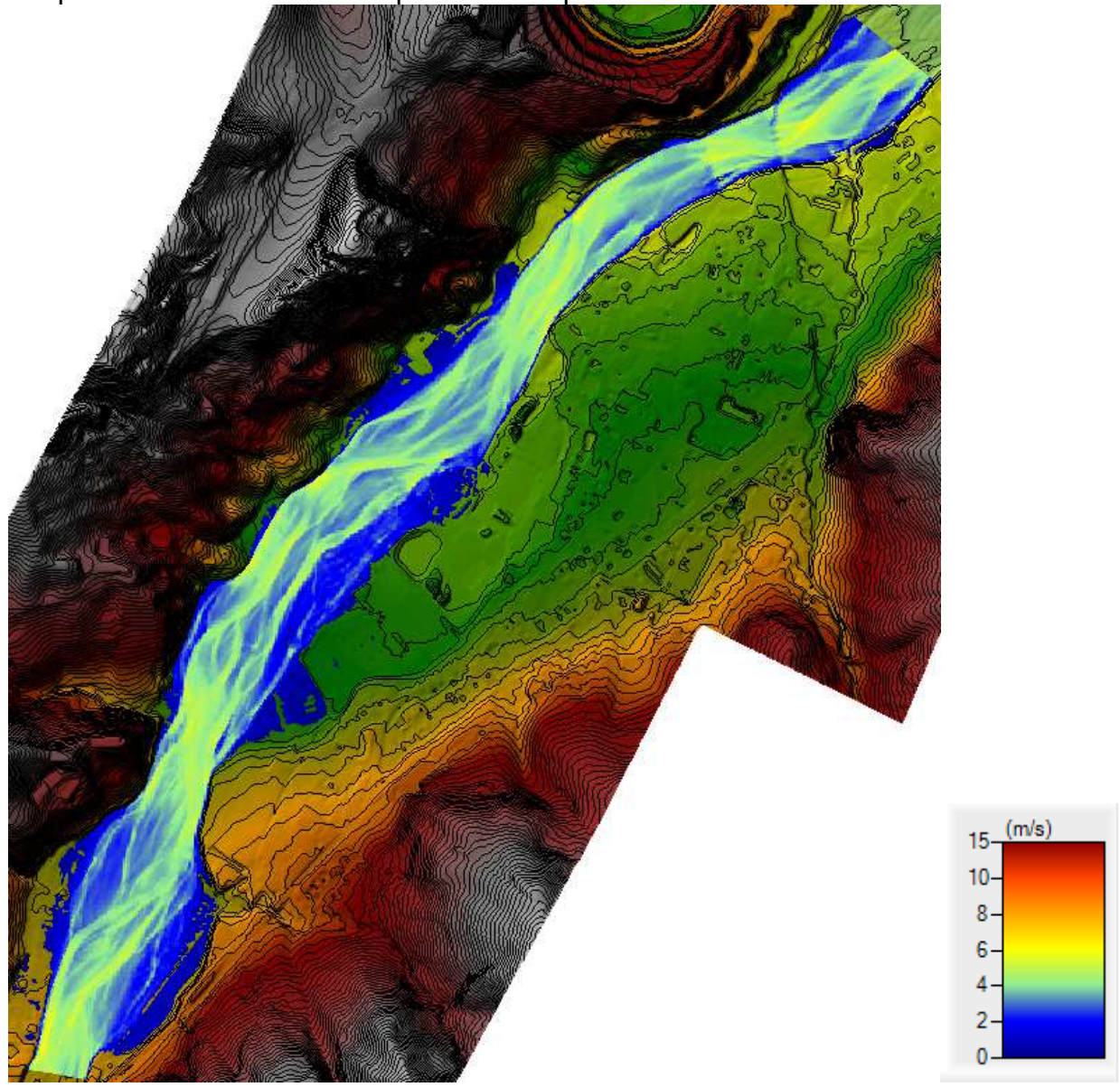
Si riporta lo schema con i campi di velocità per il Tr20 anni sul DTM



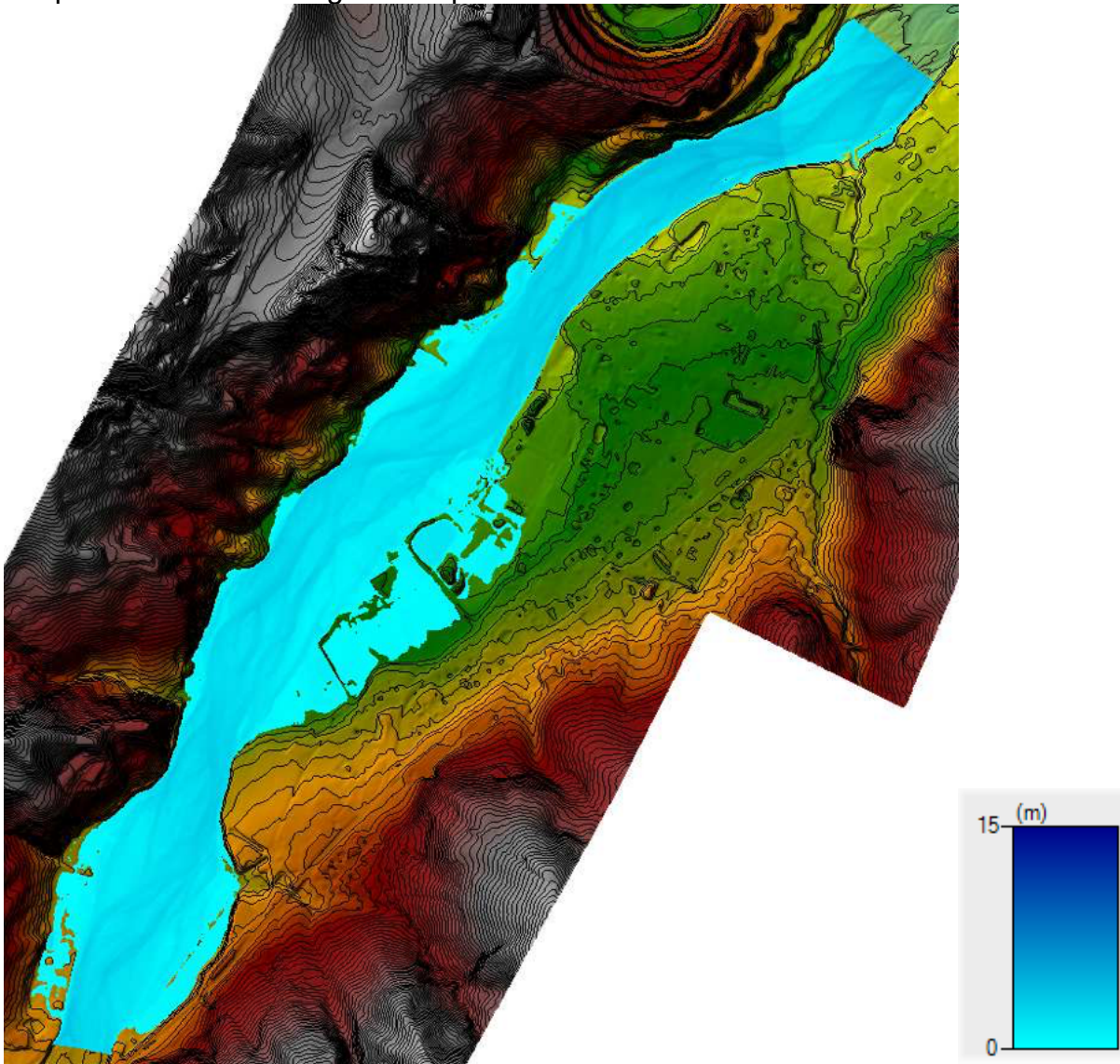
Si riporta il massimo allagamento per il Tr50 anni



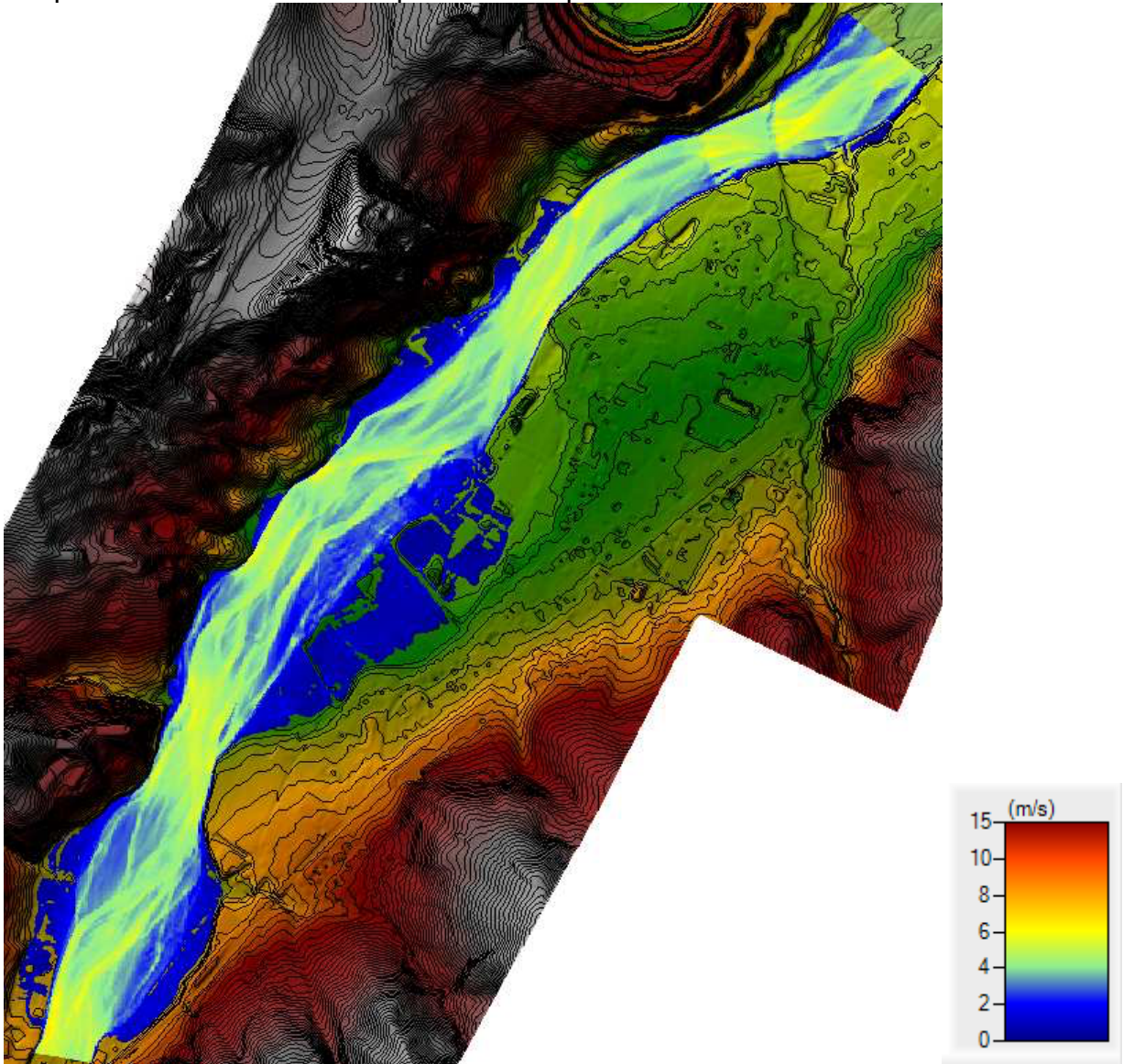
Si riporta lo schema con i campi di velocità per il Tr50 anni



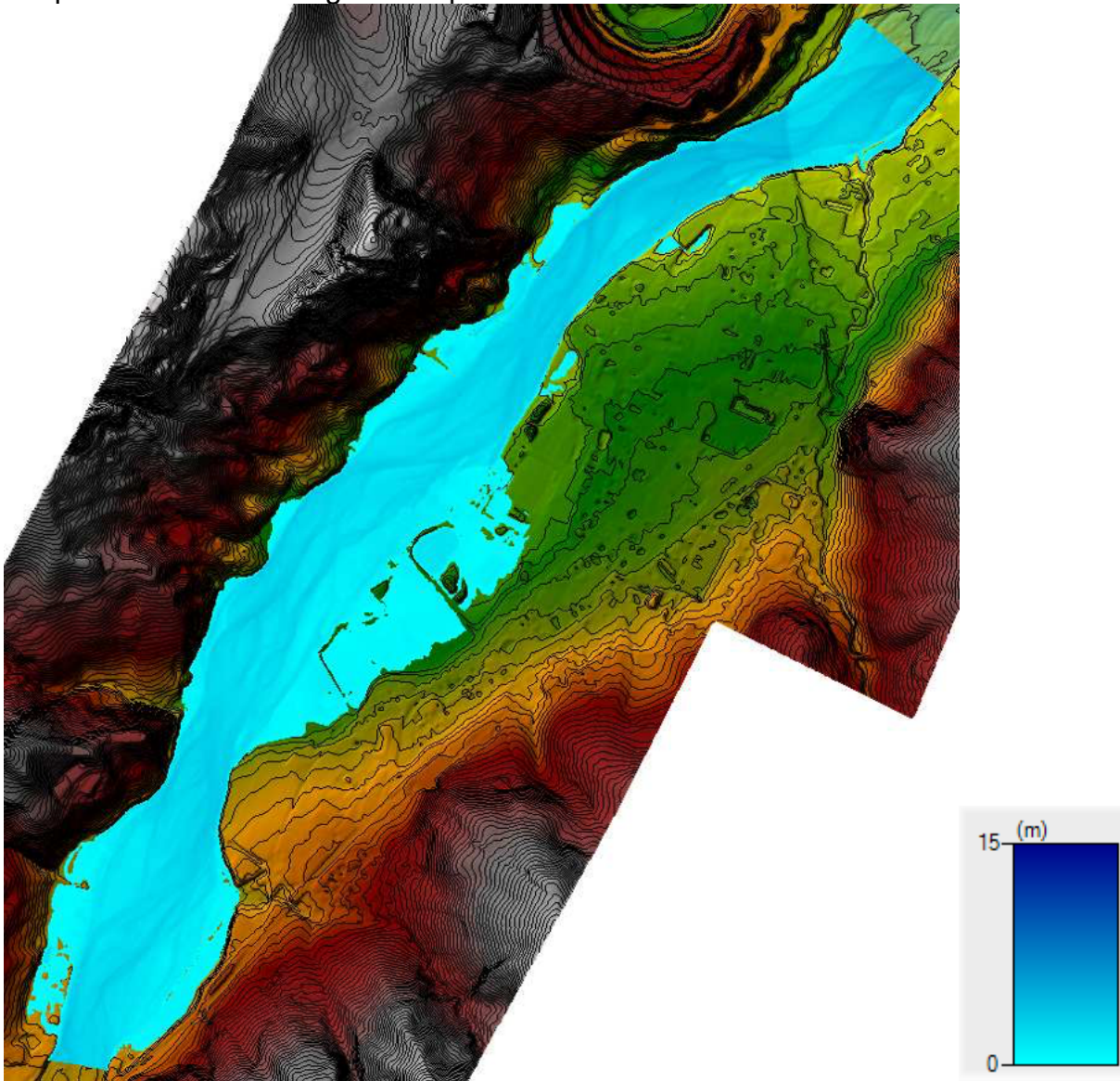
Si riporta il massimo allagamento per il Tr200 anni



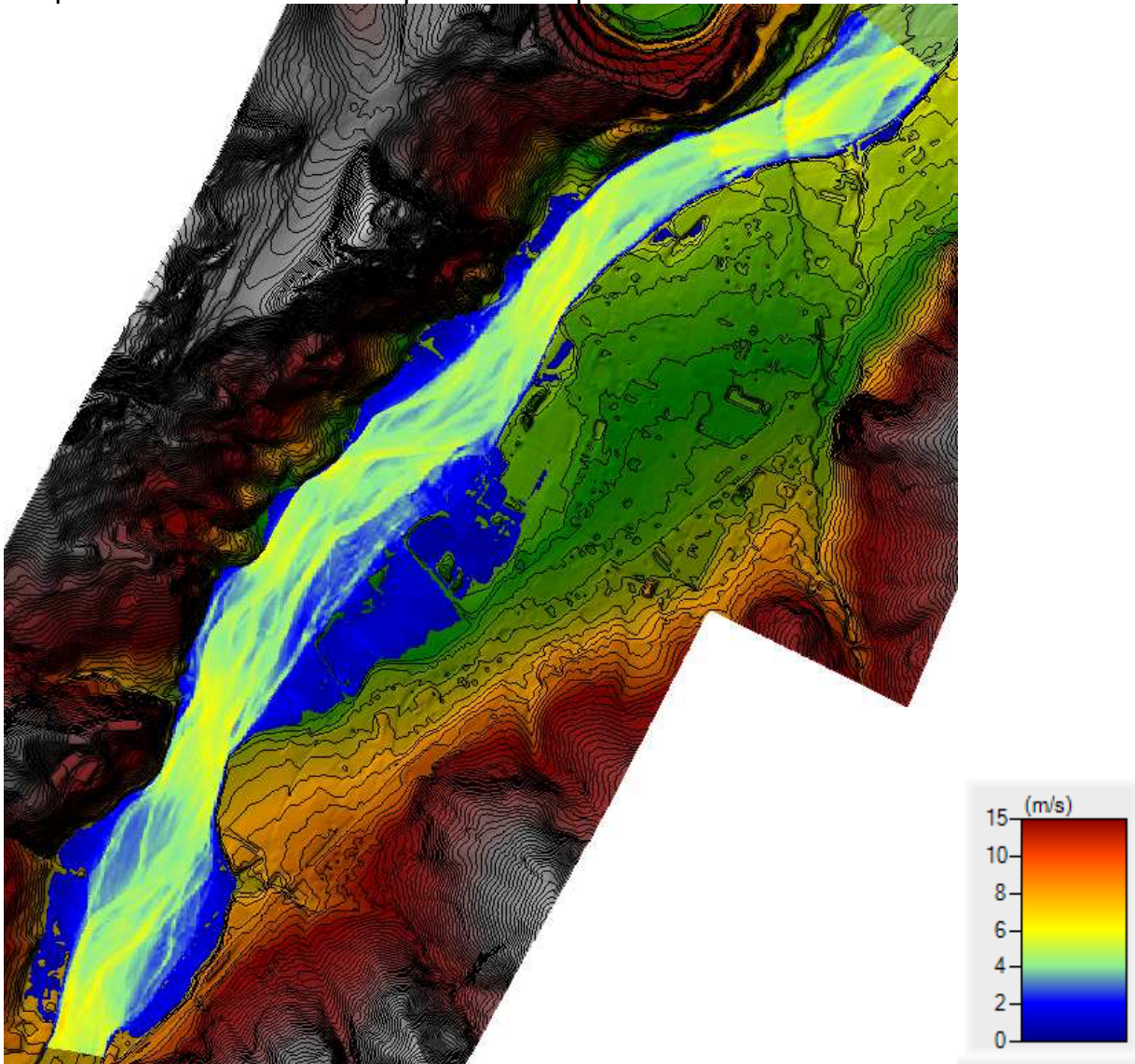
Si riporta lo schema con i campi di velocità per il Tr200 anni



Si riporta il massimo allagamento per il Tr500 anni



Si riporta lo schema con i campi di velocità per il Tr500 anni

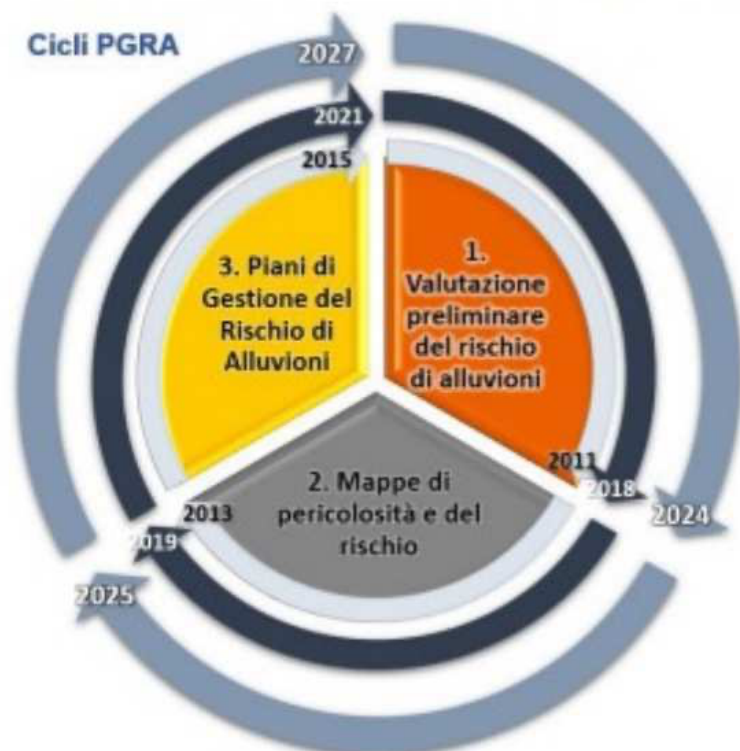


3 – Verifica risultati

3.1 Premessa su confronto Studio presente con lo strumento vigente (PGRA)

Lo strumento vigente in materia idraulica sul territorio di Ponte dell'Olio è il PGRA, Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) introdotto dalla Direttiva Alluvioni (direttiva comunitaria 2007/60/CE), ha la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative su vita e salute umana, ambiente, patrimonio culturale, attività economiche e infrastrutture strategiche. Elementi fondamentali del PGRA sono le mappe di pericolosità e rischio e le misure. Il Piano ha come obiettivo anche una gestione dell'ambiente fluviale che coniughi la sicurezza idraulica con la tutela ambientale e della qualità delle acque, secondo quanto stabilito dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE.

La Pianificazione è un processo ciclico che avviene ai sensi del D. Lgs 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni. È articolata in tre fasi e ha durata di sei anni a conclusione dei quali il Piano viene adottato e si avvia un nuovo processo di revisione.



PRIMO CICLO DI PIANIFICAZIONE: 2011-2015

SECONDO CICLO DI PIANIFICAZIONE: 2016-2021

TERZO CICLO DI PIANIFICAZIONE: 2022-2027

Alla scala distrettuale, il PGRA agisce in sinergia con i Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) e, come questi, ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica.

Le mappe di pericolosità e rischio costituiscono il quadro conoscitivo del PGRA. In esse il territorio dell'Emilia-Romagna è suddiviso in quattro ambiti: **RP** - Reticolo idrografico Principale, **RSP** - Reticolo Secondario di Pianura, **RSCM** - Reticolo Secondario Collinare e Montano e **ACM** - Aree Costiere Marine.

Per ciascuno di questi ambiti le mappe di pericolosità individuano le aree allagabili, classificate secondo tre scenari di pericolosità. Per i reticoli RP, RSP e RSCM gli scenari sono così definiti:

P1 Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento - bassa probabilità;

P2 Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità;

P3 Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità.

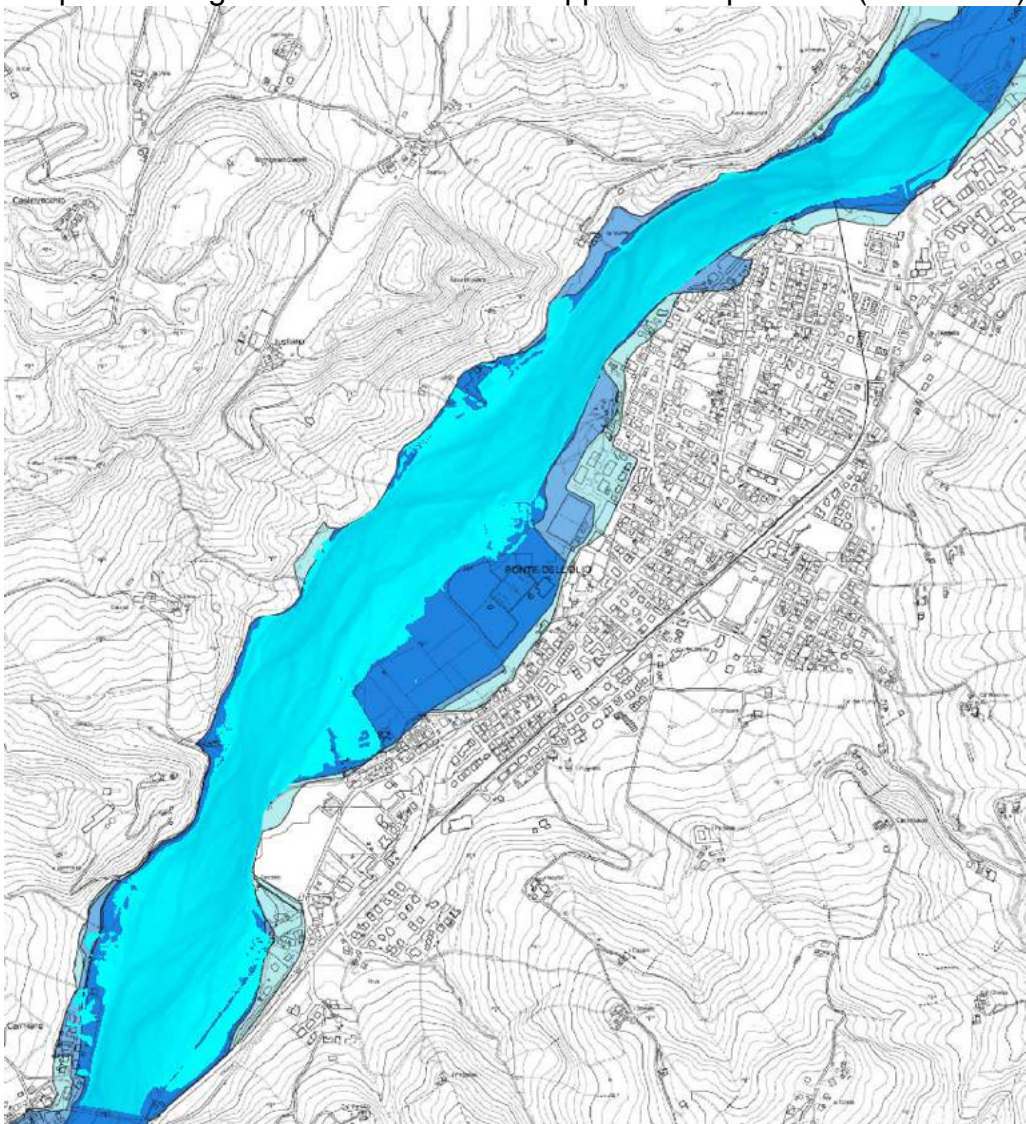
3.2 – Verifica con Tempo di ritorno 20 e Tr50 anni

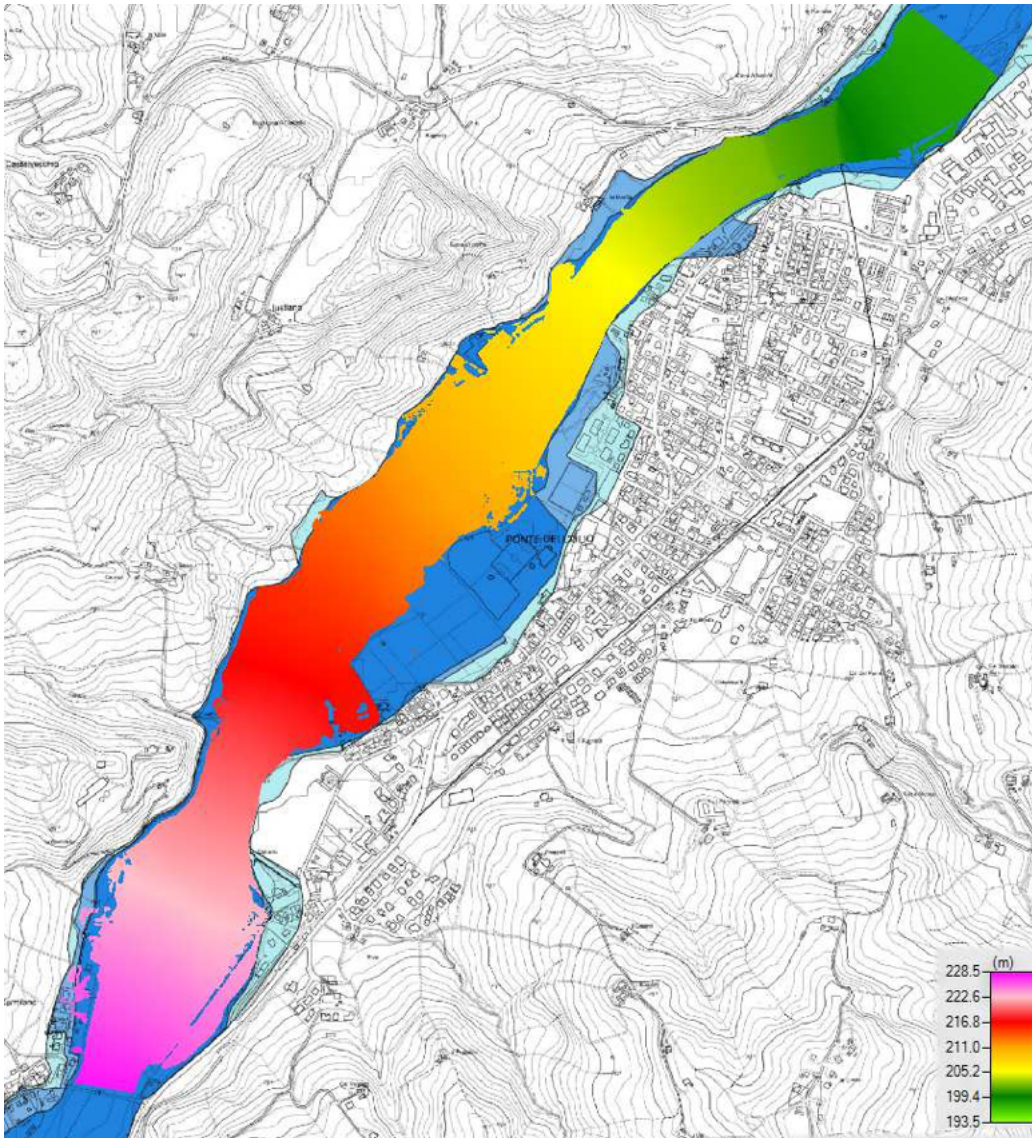
Come è possibile desumere dalle planimetrie allegate al paragrafo 2.3, gli allagamenti massimi per Tr20 e Tr50 non interessano le aree golenali in destra idraulica, se non marginalmente a monte delle aree sportive.

E' a questo punto interessante procedere alla sovrapposizione della planimetria di massimo allagamento per Tr50 con quella del PGRA.

E' possibile notare immediatamente come l'area del PGRA indicata come **P3-H - Alluvioni frequenti-elevata probabilità** (che si verificano cioè per eventi con tempo di ritorno tra i 20 e i 50 anni), risulta molto più estesa di come in realtà si è verificato con la modellazione 2D per le aree golenali in dx idraulica.

Si riporta di seguito lo schermo di sovrapposizione per Tr50 (aree ciano) con PGRA.





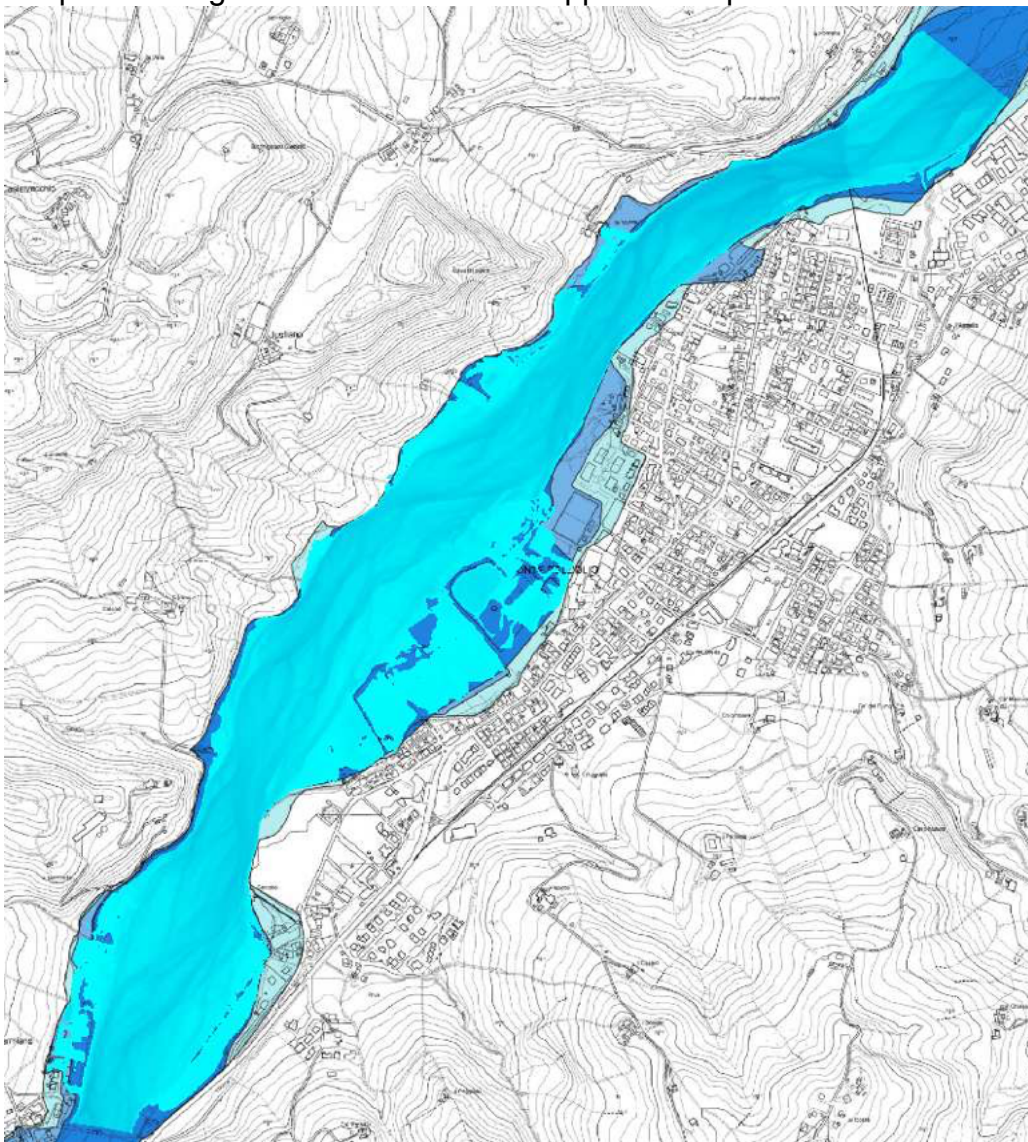
3.3 – Verifica con Tempo di ritorno 200 anni

Come è possibile desumere dalle planimetrie allegate al paragrafo 2.3, l'allagamento massimo per Tr200 interessa le aree golenali in destra idraulica, se non marginalmente a monte delle aree sportive.

E' a questo punto interessante procedere alla sovrapposizione della planimetria di massimo allagamento per Tr200 con quella del PGRA.

E' possibile notare immediatamente come l'area del PGRA indicata come **P2-M - Alluvioni poco frequenti-media probabilità** (che si verificano cioè per eventi con tempo di ritorno oltre i 200), risulta molto più estesa di come in realtà si è verificato con la modellazione 2D.

Si riporta di seguito lo schermo di sovrapposizione per Tr200 con PGRA.



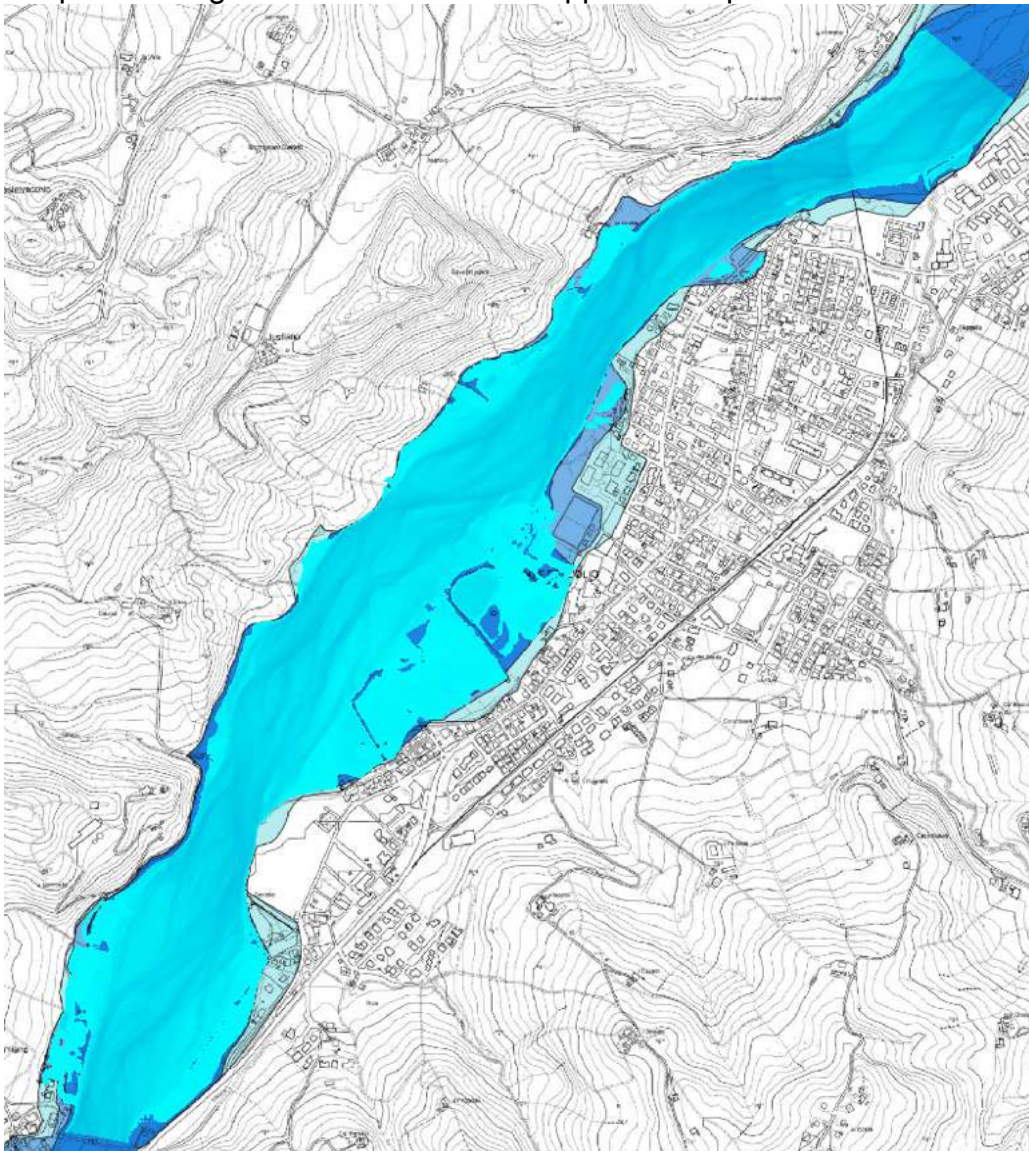
3.4 – Verifica con Tempo di ritorno 500 anni

Come è possibile desumere dalle planimetrie allegate al paragrafo 2.3, l'allagamento massimo per Tr500 interessa le aree golenali in destra idraulica, se non marginalmente a monte delle aree sportive.

E' a questo punto interessante procedere alla sovrapposizione della planimetria di massimo allagamento per Tr500 con quella del PGRA.

E' possibile notare immediatamente come l'area del PGRA indicata come **P1-L - Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi** (che si verificano cioè per eventi con tempo di ritorno oltre i 500), risulta molto più estesa di come in realtà si è verificato con la modellazione 2D.


Si riporta di seguito lo schermo di sovrapposizione per Tr500 con PGRA.




Legenda

Aree allagabili - PGRA (RP - RSCM)

 P3-H - Alluvioni frequenti-elevata probabilità

 P2-M - Alluvioni poco frequenti-media probabilità

 P1-L - Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi

4 – Conclusioni

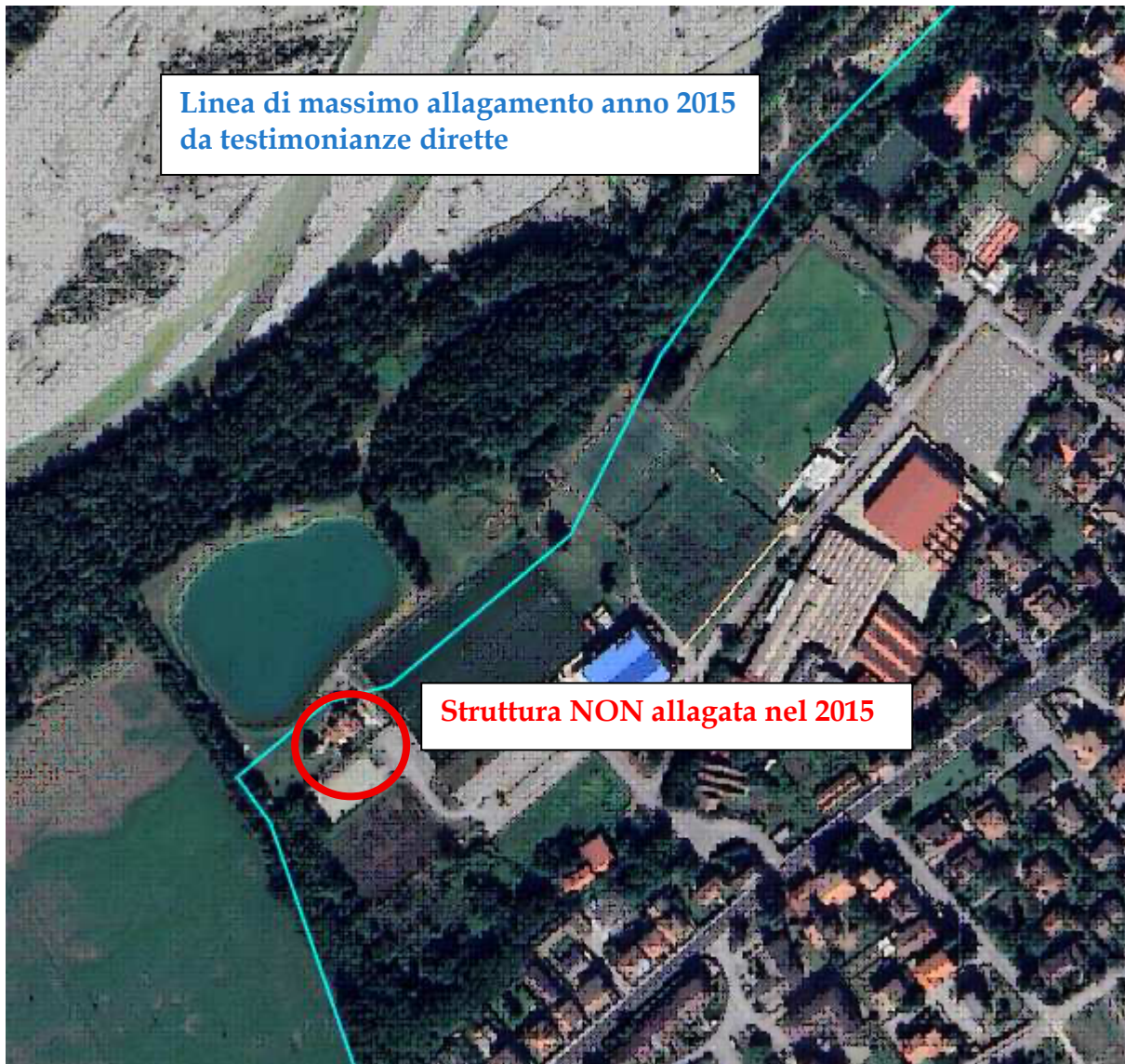
In ultima sintesi si può affermare che:

- Per Tr20/Tr50 anni il livello idrico NON interessa l'area golenale in destra idraulica in corrispondenza degli impianti sportivi e risulta più basso di quello riportato nel PGRA. Si faccia riferimento al Paragrafo 3.1 e ai Punti 2,3,4,5 del Paragrafo 5.

A tale proposito si rileva un aspetto fondamentale legato allo Studio in essere: durante l'evento di piena catastrofico del 2015, evento classificato con Tempo di ritorno superiore ai 500 anni (*v. Paragrafo 4 della variante al PAI "Torrente Nure da Ferriere alla confluenza nel fiume Po" – RELAZIONE TECNICA Anno 2022*) le testimonianze visive degli amministratori, tecnici e dei cittadini del Comune di Ponte dell'Olio individuano un massimo allagamento (che si riporta di seguito) più contenuto di quello calcolato col presente studio e quindi di certo molto inferiore a quello definito dal PGRA.

Questo porta di conseguenza a ritenere che le indicazioni del PGRA anche per tempi di ritorno inferiori (TR20-Tr50) su possibili allagamenti nell'area degli impianti sportivi siano da ritenersi eccessive a favore di quanto rilevato invece nel presente studio.

Il considerare infatti le testimonianze visive del raggiungimento di un dato livello di piena per un evento di un dato tempo di ritorno risulta essere un imprescindibile elemento di taratura di ogni modello idraulico, a maggior ragione se si tratta di un modello complesso e particolarmente accurato come quello 2D.



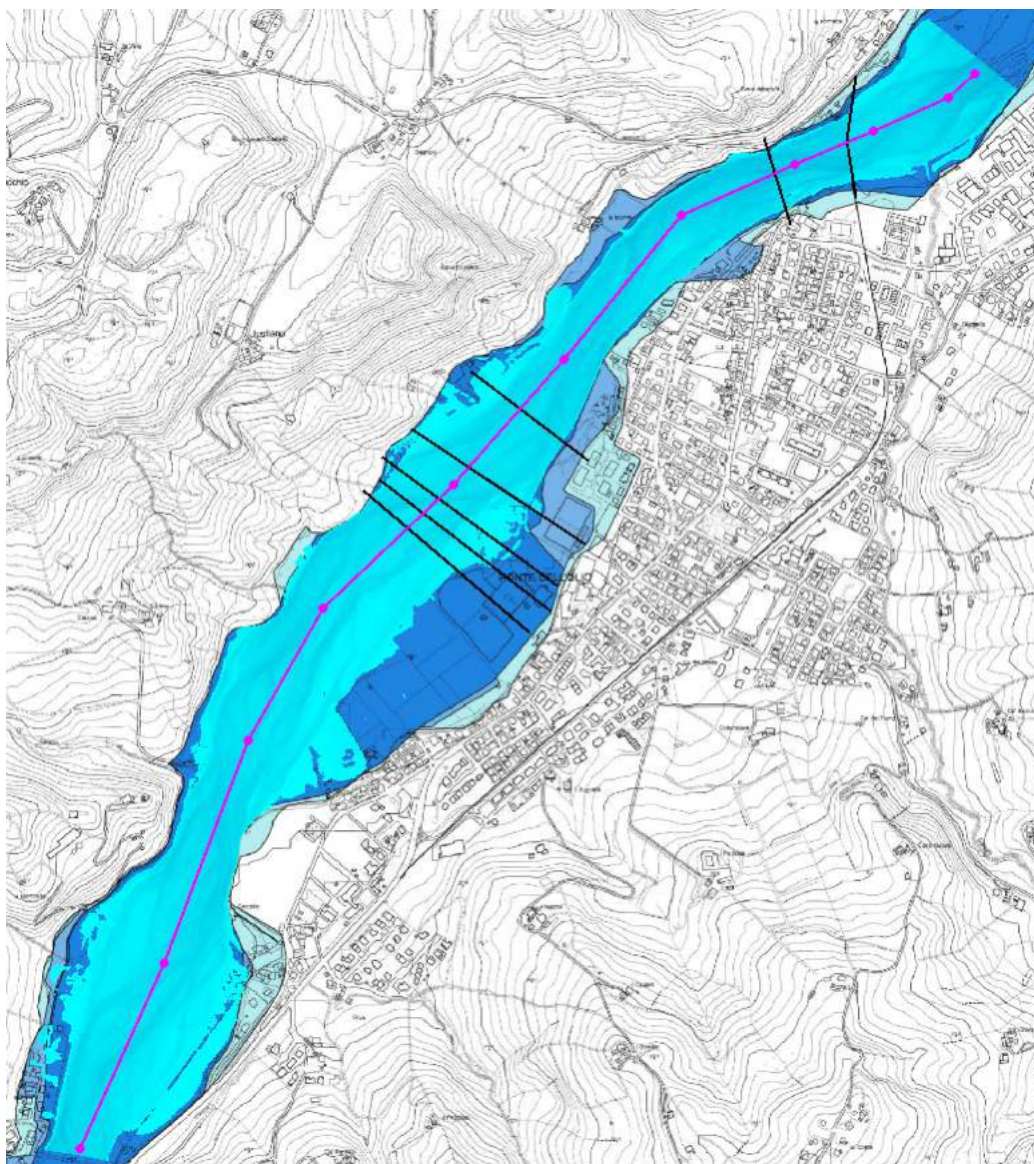
- Per Tr200 anni il livello idrico interessa l'area golenale in destra idraulica in corrispondenza degli impianti sportivi anche se l'area di allagamento risulta più contenuta di quella riportata nel PGRA. Si faccia riferimento al Paragrafo 3.2.
- Per Tr500 anni il livello idrico interessa l'area golenale in destra idraulica in corrispondenza degli impianti sportivi anche se l'area di allagamento risulta più contenuta di quella riportata nel PGRA. Si faccia riferimento al Paragrafo 3.3.

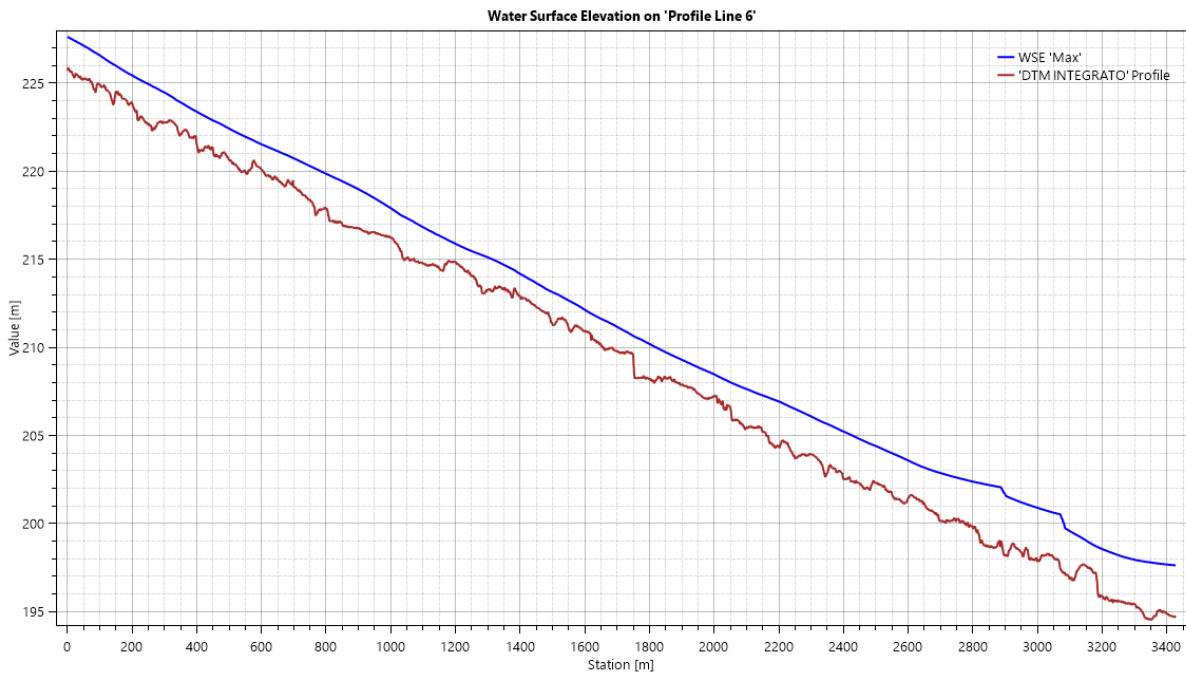
Per quanto riguarda invece la golenale in sinistra idraulica, in corrispondenza della piscina comunale, non si hanno allagamenti della struttura fino a Tr20, ma già per Tr50 l'area risulta lambita dal livello di piena. Si faccia riferimento al Paragrafo 3.1 e al Punto 6 del Paragrafo 5.

5 – Allegati

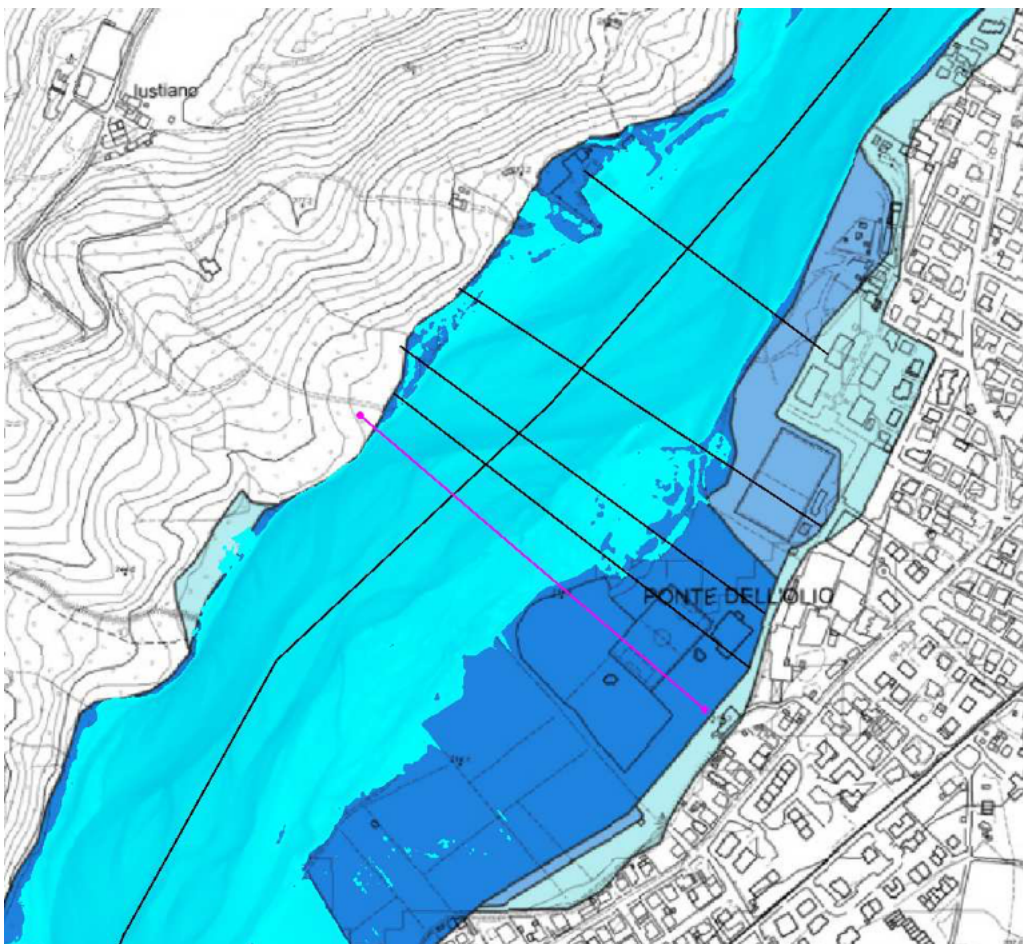
Si allegano di seguito alcune sezioni riportanti i livelli idrici in posizioni significative per il Tr50 anni:

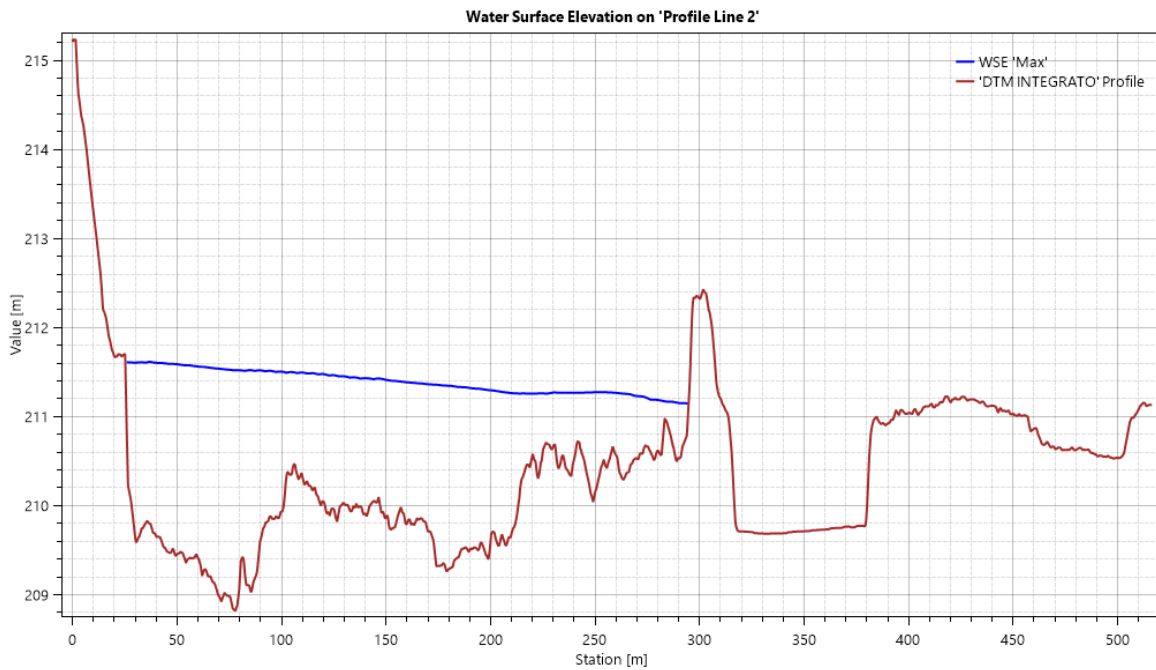
1) SEZIONE LUNGO L'ASSE DEL TORRENTE NURE



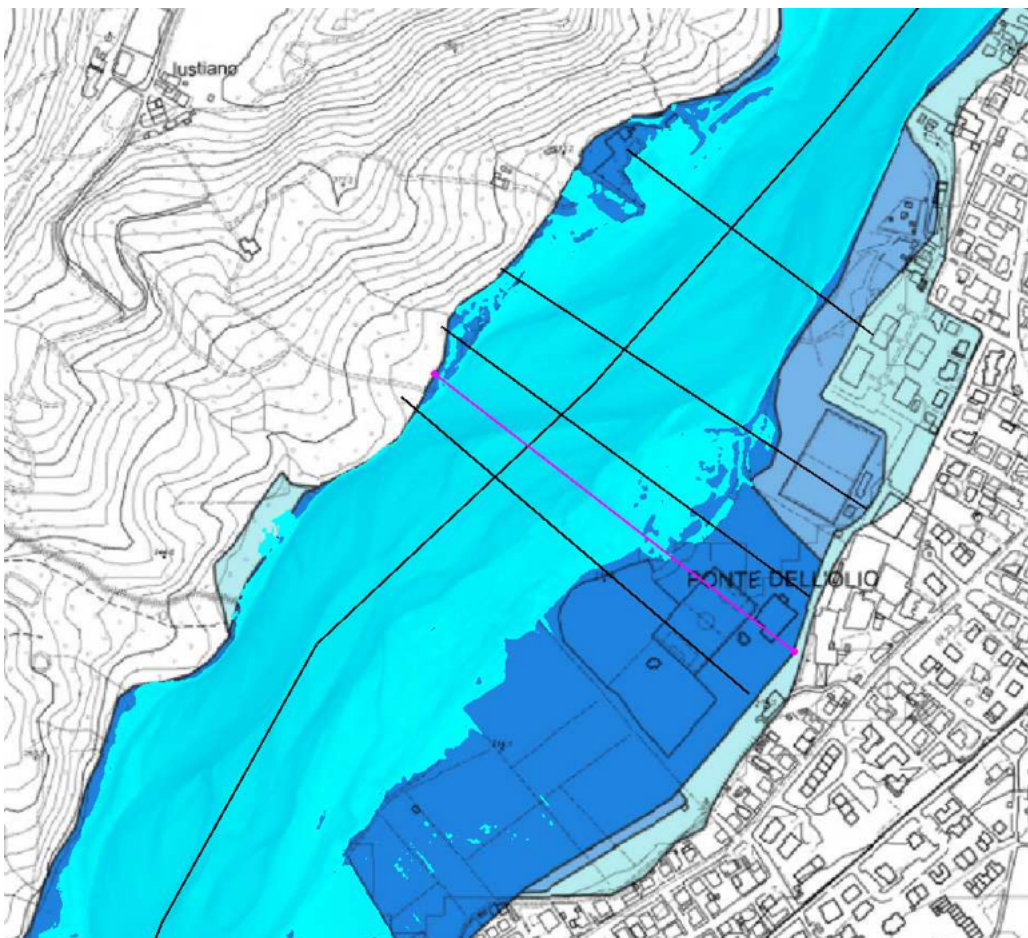


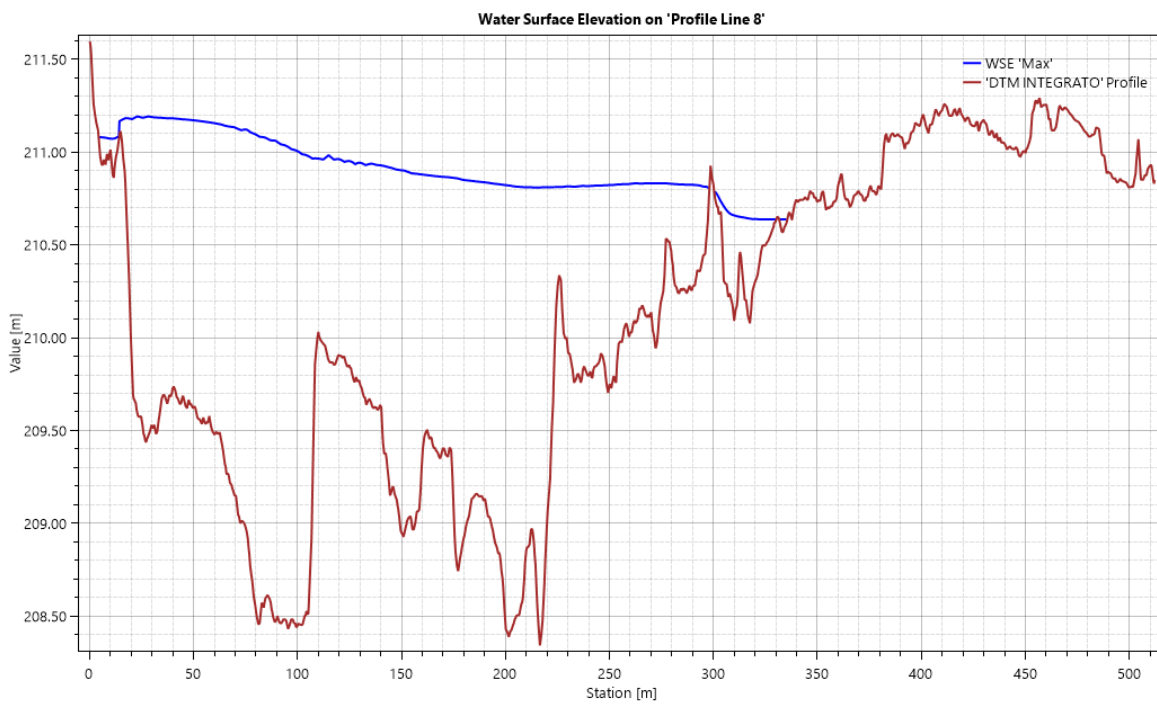
2) SEZIONE SUBITO A MONTE DELLE AREE SPORTIVE



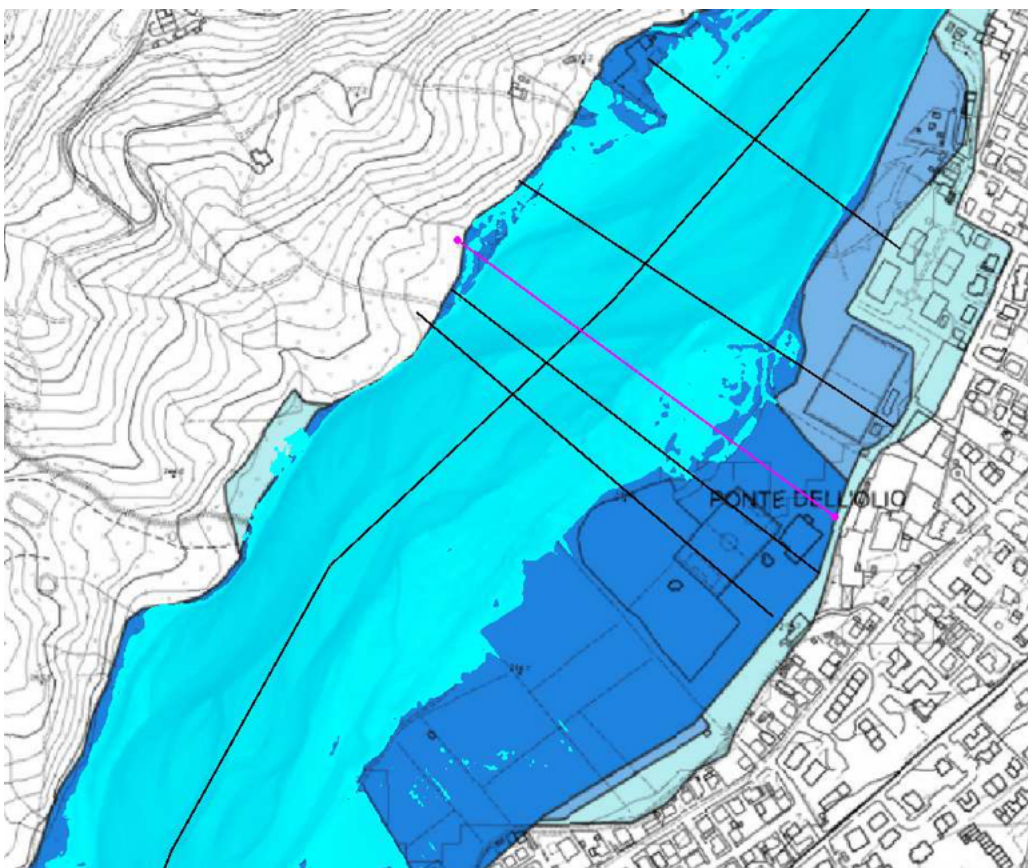


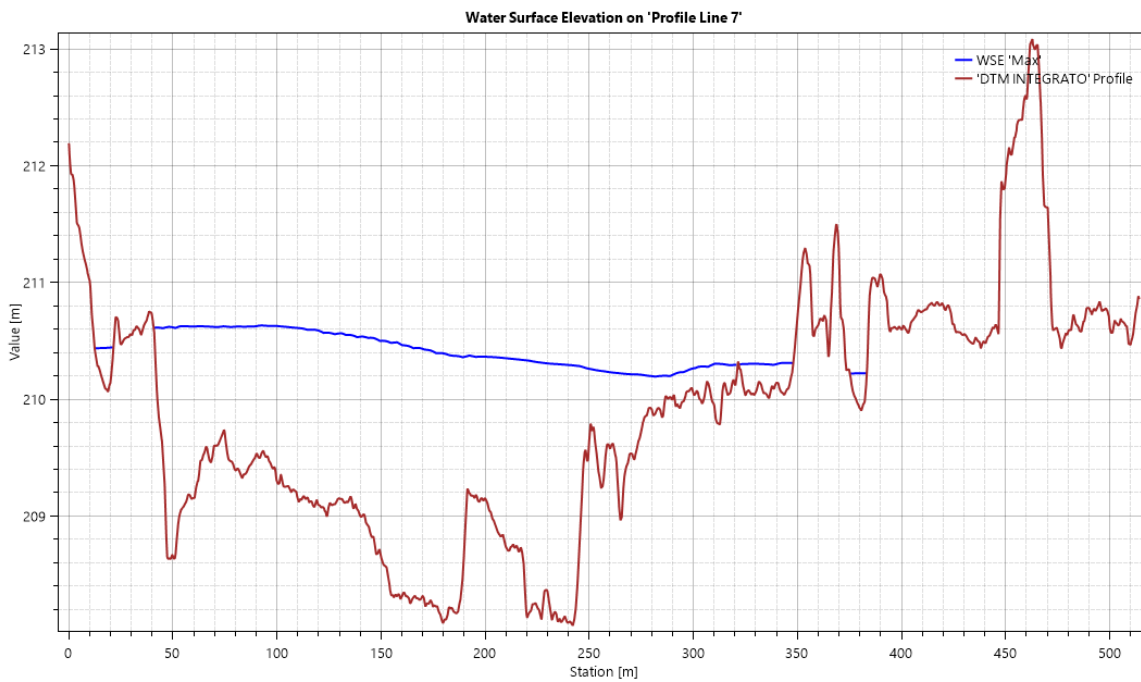
3) SEZIONE A VALLE DELLA SEZIONE 2





4) SEZIONE A VALLE DELLA SEZIONE 3





5) SEZIONE A VALLE DELLA SEZIONE 4

