

## **SOMMARIO**

<b>Premessa</b>	<b>4</b>
1.1 Fasi di studio	4
1.2 Indicazioni per gli strumenti di programmazione	5
1.3 Ulteriori sviluppi	5
<b>2. Dati di base</b>	<b>5</b>
<b>3. Validazione e aggiornamento del reticolo idraulico</b>	<b>6</b>
<b>4. Analisi geomorfologica</b>	<b>7</b>
4.1 Individuazione dei bacini idrografici	7
4.2 Caratteristiche geomorfologiche	8
4.3 Definizione del tempo di corrivazione	10
<b>5. Uso del suolo</b>	<b>12</b>
<b>6. Analisi idrologica</b>	<b>15</b>
6.1 Definizione della curva di possibilità pluviometrica	15
6.2 Ietogramma di progetto	17
6.3 Idrogrammi di progetto	18
6.3.1 Modello idrologico SCS-Curve Number	18
6.3.2 Modellazione HEC-HMS	19
6.3.3 Idrogrammi di progetto	21
<b>7. Analisi idraulica</b>	<b>21</b>
7.1 Descrizione del modello idraulico	22
7.1.1 Modellazione monodimensionale	22
7.1.2 Modellazione bidimensionale	23
7.1.3 Caratteristiche geometriche dei modelli idraulici	24
7.1.4 Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata	25
7.2 Input idraulici	26
7.2.1 Condizioni al contorno di monte	26
7.2.2 Condizioni al contorno di valle	26
<b>8. Risultati</b>	<b>26</b>
8.1 Territorio aperto	26
8.2 Zone di dettaglio	27
<b>9. Risposta alle Osservazioni</b>	<b>28</b>
<b>10. Conclusioni</b>	<b>29</b>
10.1 Indirizzi idraulici per gli strumenti urbanistici	29
10.2 Fattibilità idraulica	29
10.3 Indicazioni per criteri generali di fattibilità delle opere di previsione	30

## **ALLEGATI**

**ALLEGATO 1 – Revisione del reticolo idraulico regionale**

**ALLEGATO 2 – Idrogrammi di progetto dei corsi d'acqua indagati**

**ALLEGATO 3 – Risposte alle Osservazioni di natura idraulica**

## **INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1- Bacini omogenei ai fini della precipitazione..... 16

## **INDICE DELLE TABELLE**

Tabella 1 – Bacini di studio per area di indagine (parte 1) .....	7
Tabella 2 – Bacini di studio per area di indagine (parte 2) .....	8
Tabella 3 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini indagati .....	9
Tabella 4 – Tempi di corrivazione dei bacini studiati .....	11
Tabella 5 – Tipologie di suolo nel metodo SCS-CN .....	12
Tabella 6 – Valori del Curve Number per suoli agricoli dell'Unite States Department of Agriculture Technical Release 55 .....	13
Tabella 7 – Criteri di scelta classe AMC metodo SCS-CN .....	13
Tabella 8 – Assegnazione dei valori CN ai bacini indagati .....	14
Tabella 9 – Assegnazione dei valori a, n della LSPP ai bacini indagati .....	17
Tabella 10 - Magnitudo idraulica con velocità determinata .....	28
Tabella 11 – Definizione delle fasce di pericolosità idraulica .....	30

## **TAVOLE GRAFICHE**

Tav. I01 Carta dei bacini e delle aste idrauliche di analisi (1:25.000)  
Tav. I02-1 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 1 (1:10.000)  
Tav. I02-2 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 2 (1:10.000)  
Tav. I02-3 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 3 (1:10.000)  
Tav. I02-4 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 4 (1:10.000)  
Tav. I02-5 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 5 (1:10.000)  
Tav. I02-6 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 6 (1:10.000)  
Tav. I02-7 Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione – Quadro 7 (1:10.000)  
Tav. I03-A Carta dei battenti idraulici per tempo di ritorno 50 anni (1:10.000)  
Tav. I03-B Carta dei battenti idraulici per tempo di ritorno 50 anni (1:10.000)  
Tav. I04-A Carta dei battenti idraulici per tempo di ritorno 200 anni (1:10.000)  
Tav. I04-B Carta dei battenti idraulici per tempo di ritorno 200 anni (1:10.000)  
Tav. I05-A Carta delle velocità per tempo di ritorno 200 anni (1:10.000)  
Tav. I05-B Carta delle velocità per tempo di ritorno 200 anni (1:10.000)  
Tav. I06-A Carta della magnitudo idraulica (1:10.000)  
Tav. I06-B Carta della magnitudo idraulica (1:10.000)  
Tav. I07-1 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 1 (1:10.000)  
Tav. I07-2 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 2 (1:10.000)  
Tav. I07-3 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 3 (1:10.000)  
Tav. I07-4 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 4 (1:10.000)  
Tav. I07-5 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 5 (1:10.000)  
Tav. I07-6 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 6 (1:10.000)  
Tav. I07-7 Aree di esposizione a fenomeni idraulici – Quadro 7 (1:10.000)

## Premessa

La presente indagine idrologica ed idraulica è redatta ai fini dell'aggiornamento del quadro conoscitivo degli strumenti per l'aggiornamento della pianificazione territoriale e urbanistica del Comune di Anghiari (AR). In particolare, è stata eseguita l'analisi delle aree urbanizzare e di nuova previsione urbanistica delle seguenti zone:

- Bagnaia
- Discarica di Centena
- Chiarabelle
- Chiavaretto
- Mocaia – San Leo – Il Ghetto
- Molino di Catorcio
- Motina
- Poderino
- Ponte alla Piera
- Tavernelle
- Viaio

L'indagine è redatta ai sensi della Legge Regionale 24 luglio 2018, n.41 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014" nonché del D.P.G.R. 30 gennaio 2020, n. 5/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche."

### 1.1 Fasi di studio

Lo studio idrologico idraulico è stato articolato nelle seguenti fasi:

- 1) validazione del reticolo idrografico;
- 2) reperimento, integrazione e raccordo dei dati idrologici e morfologici;
- 3) analisi geomorfologica mediante software di analisi GIS dell'intera area interessata allo studio per l'individuazione dei bacini idrografici, la definizione delle caratteristiche geomorfologiche di ciascuna area drenante e il calcolo dei relativi tempi di corrivazione;
- 4) individuazione dell'uso del suolo;
- 5) definizione degli-afflussi attraverso il calcolo delle curve di possibilità pluviometriche e gli ietogrammi di progetto;
- 6) definizione dei deflussi netti attraverso il calcolo degli idrogrammi di progetto, mediante il software HEC-HMS nella versione 4.2.1;

- 7) modellazione idraulica a moto vario monodimensionale e bidimensionale, utilizzando il software HEC-RAS nella versione 5.0.5;
- 8) analisi dei risultati.

## **1.2 Indicazioni per gli strumenti di programmazione**

Sulla base delle risultanze dello studio vengono fornite indicazioni per la stesura degli indirizzi di pianificazione delle norme urbanistiche con particolare riferimento a:

- indicazioni per le salvaguardie di carattere idraulico a lungo termine;
- indicazioni per la fattibilità degli interventi sulla base della vigente normativa.

## **1.3 Ulteriori sviluppi**

A seguito dello studio, in separata sede, verranno valutati interventi di ripristino e riutilizzo delle opere idrauliche esistenti o proposte di nuove opere al fine di mitigare il rischio idraulico a livello comunale e sovracomunale.

## **2. Dati di base**

Al fine di poter effettuare un'analisi il più dettagliata possibile, sia in fase di modellazione monodimensionale per quanto riguarda le aste fluviali sia in fase di modellazione bidimensionale per quanto riguarda le aree golenali e di esondazione sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Reticolo idrografico e di gestione, individuato dalla Regione Toscana attuando quanto disposto dalla Legge Regionale 79/2012 e aggiornato con Delibera di Consiglio 28/2020, utilizzato previa validazione;
- Modello digitale del terreno con risoluzione 10mx10m definito "idrologico" in quanto adattato per essere utilizzato nei modelli idrologici, disponibile sul portale OpenData della Regione Toscana;
- Rilievi LIDAR con risoluzione 1mx1m e 2mx2m, disponibili sul portale OpenData della Regione Toscana;
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000 per la ricostruzione del modello digitale del terreno nelle aree non coperte da rilievi LIDAR;
- Modelli digitali del terreno sviluppati nei precedenti studi;
- Dati geometrici ottenuti da campagne topografiche precedentemente svolte forniti dagli Enti Pubblici;
- Dati geometrici ripresi da studi precedenti;
- Dati geometrici appositamente rilevati mediante campagne topografiche per coprire le aree di nuova modellazione;
- Dati di uso del suolo disponibili sul portale Geoscopio della Regione Toscana;

- Dati pluviometrici sviluppati dalla Regione Toscana e disponibili sui portali del Sistema Informativo Regionale;

Prima di costruire il modello idraulico è stata controllata l'omogeneità delle sezioni e dei modelli digitali del terreno e la georeferenziazione delle quote dei vari rilievi utilizzati.

Le sezioni sono state appoggiate planimetricamente sul sistema di riferimento Gauss-Boaga.

Per ottenere una corretta analisi del comportamento idraulico della corrente in corrispondenza dei manufatti (ponti ed attraversamenti) esistenti, ove necessario, sono state ricostruite alcune sezioni in base a quelle disponibili nelle immediate vicinanze. Ai fini dei calcoli idraulici sono state inoltre definite mediante il software di calcolo una serie di sezioni interpolate.

### 3. Validazione e aggiornamento del reticolo idraulico

Prima di procedere nelle analisi successive, per le zone di maggiore interesse urbanistico, è stata verificata la validità del reticolo idrografico regionale aggiornato alla DCRT 81/2021 mediante visite e rilievi sul posto.

Dai sopralluoghi effettuati si è riscontrata la sostanziale corrispondenza del reticolo idrografico della Regione Toscana fatti salvi i seguenti casi (*cfr.* allegato 1) per i quali l'Amministrazione Comunale ha già presentato istanza di correzione:

- San Leo, zona "Il ghetto" dove il corso d'acqua prosegue verso sud, parzialmente intubato, dopo aver attraversato la S.S. Senese-Aretina n. 73 a valle dell'asta AV14294. Il tracciato è stato oggetto di specifico celerimetrico effettuato ai fini del presente studio;
- Capoluogo, via G. Marconi dove il Rio Ragnaia, nel tratto intubato, scorre in sede diversa da quella rappresentata (come da indicazioni del Genio Civile);
- Località Le Casacce – Molino di Catorcio dove si revisiona il tracciato intubato del corso d'acqua AV11984 (come da indicazioni del Genio Civile). La revisione è basata anche su specifico rilievo celerimetrico effettuato ai fini del presente studio;
- Località Motina dove si propone la revisione del tracciato del Fosso della Motina nel tratto in corrispondenza dell'attraversamento della S.P. n. 47 di Caprese Michelangelo.

## 4. Analisi geomorfologica

Utilizzando come base i modelli digitali del terreno e il reticolo idrografico regionale, mediante il software QGIS sono stati perimetrati i bacini idrografici di ciascuna asta successivamente modellata. Sono poi state individuate o calcolate le caratteristiche geomorfologiche con le quali è stato possibile calcolare i tempi di corrivazione di ogni area drenante.

### 4.1 Individuazione dei bacini idrografici

Mediante algoritmi di calcolo del software QGIS, tarandoli poi sulla base del reticolo idrografico e delle Carte Tecniche regionali sono stati individuati i bacini idrografici di ogni asta oggetto di studio.

I bacini modellati, suddivisi per zone sono i seguenti:

Area di indagine	Bacini correlati
<i>Bagnaia</i>	- Cerfone sud
<i>Discarica di Centena</i>	- Centena
<i>Chiarabelle</i>	- Chiarabelle - Affl.Chiarabelle 1 - Aff.Chiarabelle 2
<i>Chiaveretto</i>	- Chiassa - Chiassaccia - Chiassarella
<i>Mocaia – San Leo – Il Ghetto</i>	- Affluente Reglia valle 1 - Affluente Reglia valle 2 - Gavina - Affluente Gavina - Reglia valle - Reglia monte - Ragnaia - San Leo - Ghetto
<i>Motina</i>	- Rimaggio monte 1 - Rimaggio monte 2 - Rimaggio valle - Affluente Rimaggio - Falcone - Cerbaia - Gamberaia - Fosso Carletto - Fosso della Motina
<i>Poderino</i>	- Poderino

*Tabella 1 – Bacini di studio per area di indagine (parte 1)*

Area di indagine	Bacini correlati
<i>Molino di Catorcio</i>	- Portata limite
<i>Ponte alla Piera</i>	- Cerfone
<i>Tavernelle</i>	- Sovara - Fosso della Banca - Molino della casa monte - Molino della casa valle - Affluente Molino della casa - Libbia - Rio il Rio
<i>Viaio</i>	- Rimaggio valle

Tabella 2 – Bacini di studio per area di indagine (parte 2)

Nella tavola i01 si riportano graficamente i bacini idrografici e i tratti delle aste fluviali analizzati ai fini della presente indagine.

## 4.2 Caratteristiche geomorfologiche

Di ciascun bacino idrografico riportato nel precedente paragrafo sono stati individuate o calcolate le seguenti caratteristiche geomorfologiche:

- $h_{min}$  = Altezza assoluta minima del bacino (alla sezione di chiusura), ricavata dai modelli digitali del terreno;
- $h_{max}$  = Altezza assoluta massima del bacino, ricavata dai modelli digitali del terreno;
- $h_m$  = Altezza media del bacino, calcolata come media pesata del modello digitale del terreno;
- $A$  = Estensione del bacino, ricavata dai modelli digitali del terreno;
- $i_b$  = Pendenza media del bacino, calcolata come  $L_c \cdot e / A$ , dove  $L_c$  è la lunghezza complessiva delle curve di livello dell'area,  $e$  è la distanza tra le curve di livello,  $A$  è l'estensione dell'area;
- $L$  = Lunghezza dell'asta principale, misurata sulla base del reticolo idrografico regionale;
- $h_{max\_a}$  = Altezza massima dell'asta principale, ricavata dai modelli digitali del terreno;
- $i_a$  = Pendenza media dell'asta principale, calcolata come  $\Delta h / L$ , dove  $\Delta h$  è la differenza tra altezza massima dell'asta principale altezza della sezione di chiusura ed  $L$  è la lunghezza dell'asta principale.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche geomorfologiche appena descritte di ciascuna area drenante:



BACINI	CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE										
	H_min bacino [m s.l.m.]	H_max bacino [m]	H_media bacino [m]	A [kmq]	A [ha]	Lc [m]	e [m]	i_bacino	L_asta [km]	H_max asta [m s.l.m.]	i_asta [m]
Affl.reglia valle 1	306.66	313.00	309.90	0.360	36.00	2226	1.0	0.006	1.6	312.84	0.004
Affl.reglia valle 2	312.88	325.91	319.64	1.170	117.00	12411	0.5	0.005	2.78	322.26	0.003
Reglia valle	306.64	479.51	347.16	5.190	519.00	451630	1.0	0.087	2.00	370.00	0.032
Reglia monte	323.19	530.00	375.61	7.180	718.00	891733	1.0	0.124	4.50	463.12	0.031
Ragnaia	317.23	440.16	356.42	1.400	140.00	145659	1.0	0.104	2.01	370.00	0.026
Rimaggio monte 1	345.64	359.91	349.66	0.050	5.00	2278	0.5	0.023	0.38	350.00	0.011
Rimaggio monte 2	305.00	606.88	485.52	1.660	166.00	428815	1.0	0.258	2.70	531.55	0.084
Rimaggio valle	326.45	428.87	349.33	0.740	74.00	34062	1.0	0.046	2.12	341.58	0.007
Affl.rimaggio	357.44	600.00	454.46	0.280	28.00	75903	1.0	0.271	0.70	433.88	0.109
Falcone	370.00	648.44	506.53	0.420	42.00	123413	1.0	0.294	1.10	563.95	0.176
Cerbaia	350.00	659.18	465.02	0.710	71.00	186352	1.0	0.262	1.67	514.51	0.099
Gamberaia	340.65	545.45	390.47	0.680	68.00	114848	1.0	0.169	1.90	484.65	0.076
Fosso carletto	338.70	530.00	412.89	0.830	83.00	181744	1.0	0.219	1.55	440.65	0.066
Cerfone	512.00	1412.00	1011.00	6.100	610.00	2594818	1.0	0.425	7.62	1355.00	0.111
Cerfone (sud)	308.74	979.03	579.15	93.780	9378.00	3471494	10.0	0.370	20.50	720.00	0.020
Centina	330.00	491.35	405.48	0.650	65.00	186691	1.0	0.287	1.79	450.00	0.067
Sovara	343.00	1412.00	705.00	33.400	3340.00	1071692	10.0	0.321	13.30	1240.00	0.067
Fosso della motina	350.00	530.00	419.32	0.510	51.00	184780	1.0	0.362	0.90	446.64	0.107
Fosso della banca	355.42	491.14	438.64	0.810	81.00	197029	1.0	0.243	1.42	430.00	0.053
Molino della casa valle	342.90	450.00	360.70	0.430	43.00	39259	1.0	0.091	0.63	349.95	0.011
Affl. Molino della casa	350.25	460.00	386.28	0.160	16.00	34376	1.0	0.215	0.33	359.80	0.029
Molino della casa monte	350.00	472.10	391.92	0.190	19.00	39970	1.0	0.210	0.32	357.00	0.022
Libbia	346.59	771.91	517.28	8.540	854.00	256091	10.0	0.300	5.67	660.72	0.055
Rio il rio	346.13	740.00	514.20	9.140	914.00	297928	10.0	0.326	5.75	670.00	0.056
Chiassa	304.00	1288.00	613.83	15.060	1506.00	503324	10.0	0.334	8.72	1178.00	0.100
Chiassarella	304.73	710.00	528.29	7.100	710.00	256799	10.0	0.362	5.20	635.80	0.064
Chiassaccia	300.00	973.50	598.20	23.710	2371.00	967493	10.0	0.408	11.30	891.80	0.052
Affl.Gavina	313	321	316	0.440	44.00	6039	0.5	0.007	0.72	316	0.004
Gavina	308	330	318	4.610	461.00	36287	1.0	0.008	3.48	324	0.005
Chiarabelle	308	331	318	0.390	39.00	10207	2.0	0.052	0.60	327	0.032
Affl.Chiarabelle 1	315	395	350	0.220	22.00	17852	1.0	0.081	0.17	320	0.030
Aff.Chiarabelle 2	316	396	341	0.133	13.30	9703	2.0	0.146	0.09	320	0.047
San Leo - Ghetto	305	321	310	0.690	69.00	7496	2.0	0.022	0.92	312	0.008
Poderino	334	480	408	0.190	19.00	20605	2.0	0.217	0.79	442	0.137

Tabella 3 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini indagati

### 4.3 Definizione del tempo di corrivazione

I tempi di corrivazione sono stati calcolati utilizzando in prima battuta le formule più comuni presenti in letteratura, successivamente sono stati esclusi i risultati anomali o quelli derivanti da formule non consone alla tipologia del bacino idrografico; quindi, è stata calcolata la media dei valori ritenuti appropriati.

Le formule utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione, espresso in ore, sono:

$$\textbf{Giandotti} \quad t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_m}}$$

$$\textbf{Ventura} \quad t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

$$\textbf{Pezzoli} \quad t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

$$\textbf{Tournon} \quad t_c = 0.369 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \left[ \frac{A}{L^2 \sqrt{i_b}} \right]^{0.72}$$

$$\textbf{Puglisi} \quad t_c = 6 L^{\frac{2}{3}} (h_{max} - h_{min})^{-\frac{1}{3}}$$

$$\textbf{Pasini} \quad t_c = 0.108 \frac{(SL)^{\frac{1}{3}}}{0.8 \sqrt{i_a}}$$

$$\textbf{California} \quad t_c = 0.0195 \frac{L^3}{(h_{max} - h_{min})^{0.385}}$$

$$\textbf{SCS-CN} \quad t_c = 0.0035 L^{0.8} i_b^{-0.5} (S + 25.4)^{0.7}$$

dove S è la ritenzione potenziale che dipende dal *Curve Number* calcolata col metodo SCS-CN.

Nella tabella seguente sono riportati i tempi di corrivazione di ciascun bacino, i valori assenti sono quelli esclusi dal calcolo della media secondo i criteri esposti in precedenza:

BACINI	Tempi di corrivazione (ore)									
	GIANDOTTI	VENTURA	PEZZOLI	TOURNON	PUGLISI	PASINI	CALIFORNIA	SCS	MEDIA	Tc
Affl.reglia valle 1		1.23	1.42	1.95		1.81	0.80	2.07	1.44	1.44
Affl.reglia valle 2		2.37	2.63	3.85		3.44	1.15	3.44	2.69	2.69
Reglia valle	2.38	1.63			1.71	1.65		0.86	1.84	1.84
Reglia monte	3.02	1.93	1.40	2.71	2.77	2.44		1.81	2.38	2.38
Ragnaia	1.55	0.93	0.68			1.18		0.95	1.08	1.08
Rimaggio monte 1	0.91	0.27	0.20	0.48		0.34	0.11	0.41	0.38	0.38
Rimaggio monte 2	0.86	0.57	0.51	0.79		0.77		1.18	0.70	0.70
Rimaggio valle		1.30	1.38	1.29		1.86	0.38	2.77	1.24	1.24
Affl.rimaggio	0.40	0.20	0.12	0.38		0.24	0.08	0.34	0.24	0.24
Falcone	0.45	0.20	0.14	0.38		0.25	0.12	0.41	0.26	0.26
Cerbaia	0.68	0.34	0.29	0.52		0.46		0.72	0.46	0.46
Gamberaia	1.09	0.38	0.38	0.57		0.53	0.26	0.66	0.54	0.54
Fosso carletto	0.87	0.45	0.33	0.67		0.57	0.21	0.53	0.52	0.52
Cerfone	1.19	0.94	1.26	1.03		1.46	0.72	2.79	1.10	1.10
Cerfone (sud)	5.28	8.70	7.96	6.35		11.85		11.86	8.03	8.03
Centina	0.85	0.40	0.38	0.48		0.55		0.90	0.53	0.53
Sovara	2.83	2.83	2.82	3.25	3.29	3.97	1.28		2.90	2.90
Fosso della motina	0.63	0.28	0.15	0.47		0.32	0.11	0.27	0.33	0.33
Fosso della banca	0.79	0.50	0.34	0.68		0.62	0.21	0.69	0.52	0.52
Molino della casa valle	1.06	0.79	0.33		0.93	0.83	0.09	0.63	0.67	0.67
Affl. Molino della casa	0.43	0.30	0.10	0.46	0.59	0.29	0.04	0.27	0.32	0.32
Molino della casa monte	0.43	0.37	0.12	0.55	0.57	0.36	0.04	0.28	0.35	0.35
Libbia	1.93	1.58	1.32	1.86		2.09	0.68	2.19	1.58	1.58
Rio il rio	2.00	1.62	1.33	1.88	2.63	2.13	0.72	2.41	1.76	1.76
Chiassa	2.03	1.56	1.51	2.05	2.56	2.17	0.81	2.44	1.81	1.81
Chiassarella	1.54	1.34	1.13	1.55	2.43	1.78	0.63	2.03	1.49	1.49
Chiassaccia	2.64	2.71	2.72	2.59	3.45	3.80	1.27	4.56	2.74	2.74
Affl.Gavina	2.44		0.60				0.28		1.11	1.11
Gavina	5.44	4.04			4.94	5.04		4.49	4.87	4.87
Chiarabelle		0.45				0.47		0.85	0.46	0.46
Affl.Chiarabelle 1	0.45	0.34			0.42	0.26		0.34	0.37	0.37
Aff.Chiarabelle 2	0.40	0.22			0.27	0.14		0.19	0.26	0.26
San Leo - Ghetto		1.21				1.33		1.28	1.27	1.27
Poderino		0.15	0.12			0.19	0.11		0.14	0.14

Tabella 4 – Tempi di corrivazione dei bacini studiati

## 5. Uso del suolo

Per la definizione dell'uso del suolo si è fatto riferimento al metodo del *Curve Number*, proposto dal *Soil Conservation Service* (SCS-CN). Tale procedura, utilizzata per il calcolo delle piogge nette, è di seguito illustrata.

Il metodo consiste nell'assegnare ad una determinata area un numero adimensionale (CN) che varia tra 100 (per corpi idrici e suoli completamente impermeabili) e circa 30 (per suoli con elevati tassi di infiltrazione). Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna". Viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente, o quasi, in deflusso.

Il CN è essenzialmente correlato ai seguenti fattori:

- Natura litologica del suolo;
- Tipo di copertura (uso del suolo)
- Condizioni iniziali di umidità del suolo antecedenti un evento meteorico;
- Stagione di riposo o crescita della vegetazione.

L'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), precedentemente nota come Soil Conservation Service, ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN. Innanzitutto, ha suddiviso il suolo in quattro classi in base alla capacità di assorbimento:

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 5 – Tipologie di suolo nel metodo SCS-CN

Una volta determinata la classe del suolo si consulta la seguente Tabella dove sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN in relazione al tipo di copertura (uso del suolo).

Cover description	Hydrologic condition	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing. <sup>2/</sup>	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. <sup>3/</sup>	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30 <sup>4/</sup>	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). <sup>5/</sup>	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods. <sup>6/</sup>	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30 <sup>4/</sup>	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	—	59	74	82	86

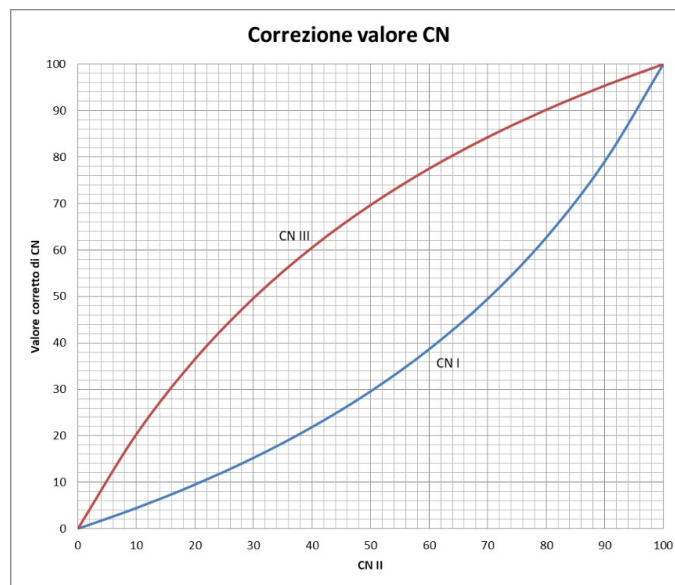
Tabella 6 – Valori del Curve Number per suoli agricoli dell'Unite States Department of Agriculture Technical Release 55

Le condizioni di saturazione del terreno sono fondamentali per la corretta valutazione della curva di frequenza delle portate al colmo. Difatti, a parità di precipitazione, le diverse condizioni del terreno incidono sulla risposta del bacino e sulla portata al colmo. Il metodo esprime lo stato di saturazione attraverso le condizioni di umidità del terreno antecedenti l'inizio dell'evento (AMC, Antecedent Moisture Condition). L'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, in relazione al valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella di seguito:

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 7 – Criteri di scelta classe AMC metodo SCS-CN

Generalmente il CN fornito, e quindi quello scelto nella Tabella 6, si riferiscono alla classe AMC II. Per condizioni antecedenti l'evento molto umide, AMC III, o molto asciutte, AMC I, si possono derivare i relativi valori di CN, determinati con il seguente grafico o le seguenti espressioni:



$$CN I = \frac{4.2 CN II}{10 - 0.058 CN II}$$

$$CN III = \frac{23 CN II}{10 + 0.13 CN II}$$

La Regione Toscana mette a disposizione uno *shape file* da utilizzare in ambiente GIS contenente un *database spatialite* con l'archivio poligonale dell'uso e copertura del suolo. Tra le informazioni consultabili nel database, si può individuare il valore del CN II assegnato ad ogni area omogenea. Con questo strumento è stato possibile calcolare tramite media pesata il valore di CN II di ciascun bacino idrografico. In via cautelativa si è scelto di utilizzare il valore di CN corrispondente alla classe AMC III. Di seguito si riportano i valori del CN utilizzato per la seguente analisi idrologica:

BACINI	CN III	BACINI	CN III	BACINI	CN III
Affl. Reglia valle 1	92	Fosso Carletto	90	Chiassa	80
Affl. Reglia valle 2	92	Cerfone	70	Chiassarella	80
Reglia valle	92	Cerfone (sud)	77	Chiassaccia	77
Reglia monte	90	Centena	78	Affl. Gavina	92
Ragnaia	92	Sovara	77	Gavina	86
Rimaggio monte 1	90	Fosso della Motina	90	Chiarabelle	93
Rimaggio monte 2	76	Fosso della banca	84	Affl. Chiarabelle 1	87
Rimaggio valle	82	Molino della casa valle	90	Affl. Chiarabelle 2	88
Affl. Rimaggio	77	Affl. Molino della casa	86	San Leo - Ghetto	93
Falcone	75	Molino della casa monte	88	Poderino	83
Cerbaia	77	Libbia	82		
Gamberaia	87	Rio il Rio	79		

Tabella 8 – Assegnazione dei valori CN ai bacini indagati

## 6. Analisi idrologica

Nel presente capitolo vengono determinate le massime portate e gli idrogrammi di massima piena attesi nei tratti di interesse sei corsi d'acqua in esame. È stato calcolato l'idrogramma di piena di ciascun bacino per i tempi di ritorno di 30, 50 e 200 anni.

La modellazione idrologica è stata effettuata con l'utilizzo del software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

### 6.1 Definizione della curva di possibilità pluviometrica

Per la stima delle piogge intense si è fatto riferimento è stato utilizzato il modello TCEV, facendo riferimento alle curve di possibilità pluviometrica dedotte nell'ambito dell' "Accordo di Collaborazione Scientifica RT-UNIFI - Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", di cui alla DGRT 1133/2012 e basata sulle elaborazioni dei dati di pioggia aggiornati fino al 2012.

Il modello a doppia componente TCEV interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione TCEV ha espressione:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\theta_2)]$$

dove  $P(x)$  indica la probabilità di non superamento del valore  $x$  della generica variabile casuale  $X$  mentre  $\lambda_i$  e  $\theta_i$  ( $i = 1,2$ ) sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La forma canonica della distribuzione  $P(x)$  è:

$$P(z) = \exp[-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\theta)], \quad z = (x - \varepsilon_1)/\theta_1;$$
$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta};$$

Per la stima dei parametri della distribuzione è stato seguito un approccio gerarchico di regionalizzazione.



Attraverso l'analisi di frequenza regionale sono state stimate su tutto il territorio regionale le altezze di pioggia per le durate 1, 3, 6, 12, 24 ore ed i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500. Attraverso una regressione lineare sono stati calcolati i parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica  $a$  ed  $n$ , grazie ai quali è possibile calcolare, per qualsiasi durata, in qualsiasi punto del territorio regionale l'altezza di pioggia per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500. I parametri  $a$  ed  $n$  forniti sono in formato *raster*, risoluzione 1 km quadrato.

Per la determinazione della curva di possibilità pluviometrica per i diversi bacini in esame si è provveduto all'individuazione di un valore medio sull'area del bacino dei parametri  $a$  ed  $n$ , per il tempo di ritorno considerato.

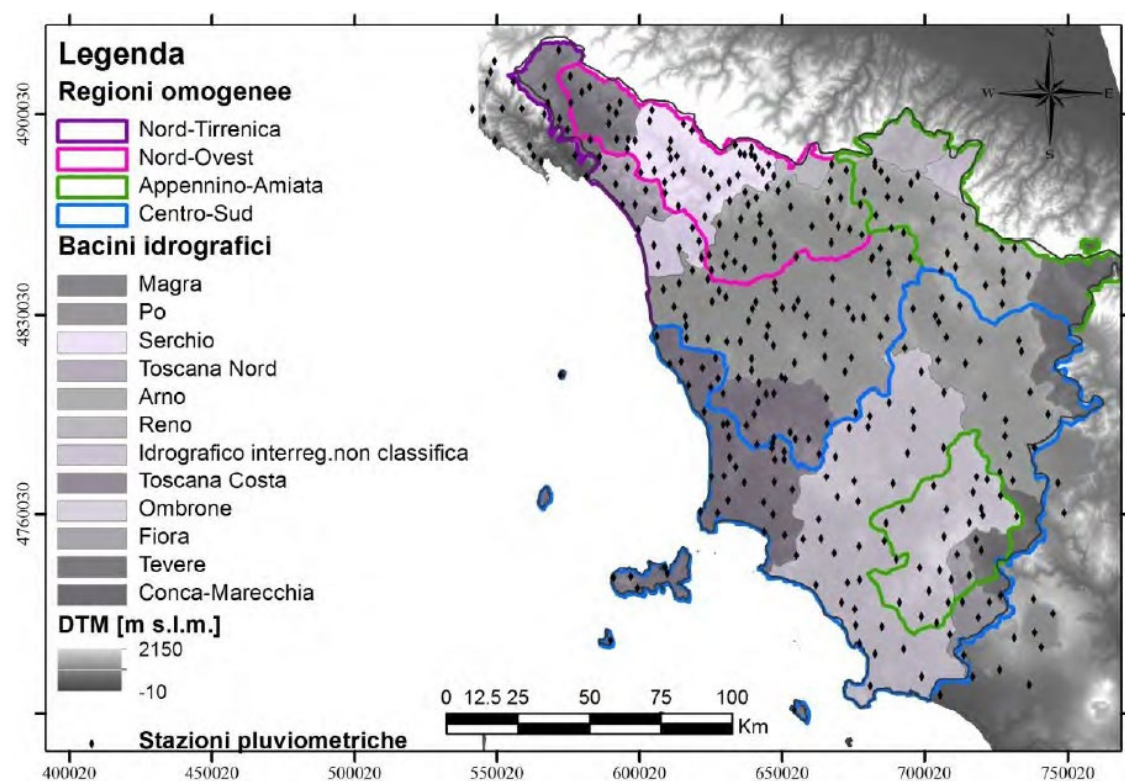


Figura 1- Bacini omogenei ai fini della precipitazione

La tabella seguente riporta i valori di  $a$  ed  $n$  per i bacini idrografici individuati, per i tempi di ritorno di 30, 50 e 200 anni:



BACINI	LSPP					
	30		50		200	
	a	n	a	n	a	n
Affl.reglia valle 1	56.977	0.242	62.781	0.263	79.251	0.305
Affl.reglia valle 2	57.133	0.244	62.953	0.264	79.469	0.306
Reglia valle	56.580	0.244	62.013	0.266	78.699	0.308
Reglia monte	56.949	0.246	62.750	0.267	79.213	0.309
Ragnaia	56.580	0.244	62.013	0.263	78.699	0.308
Rimaggio monte 1	56.839	0.235	62.629	0.270	79.060	0.266
Rimaggio monte 2	53.080	0.240	56.925	0.252	67.187	0.272
Rimaggio valle	53.581	0.235	57.462	0.242	67.353	0.266
Affl.rimaggio	53.606	0.235	56.941	0.250	67.386	0.266
Falcone	53.093	0.243	56.941	0.250	66.742	0.274
Cerbaia	53.093	0.243	56.941	0.250	66.742	0.274
Gamberaia	56.839	0.248	62.629	0.270	79.060	0.312
Fosso carletto	56.839	0.248	62.629	0.270	79.060	0.312
Cerfone	56.378	0.246	62.121	0.268	78.419	0.310
Cerfone (sud)	51.307	0.211	57.072	0.224	71.634	0.274
Centena	54.382	0.233	59.856	0.249	75.640	0.291
Sovara	56.698	0.249	62.473	0.271	79.108	0.313
Fosso della motina	56.839	0.248	62.629	0.270	79.060	0.312
Fosso della banca	57.158	0.236	62.980	0.258	79.503	0.300
Molino della casa valle	56.790	0.239	62.574	0.260	78.989	0.302
Affl. Molino della casa	56.790	0.239	62.574	0.260	78.989	0.302
Molino della casa monte	57.093	0.239	62.908	0.261	79.414	0.303
Libbia	56.437	0.244	62.186	0.266	78.501	0.308
Rio il rio	55.335	0.243	60.971	0.263	76.930	0.305
Chiassa	57.663	0.248	63.537	0.269	80.206	0.311
Chiassarella	56.790	0.239	62.574	0.265	78.990	0.303
Chiassaccia	55.220	0.234	61.273	0.255	76.808	0.297
Affl.Gavina	57.349	0.241	63.191	0.263	79.769	0.305
Gavina	57.349	0.241	63.191	0.263	79.769	0.305
Chiarabelle	56.222	0.240	61.948	0.261	78.202	0.303
Affl.Chiarabelle 1	55.852	0.239	61.542	0.260	77.685	0.302
Aff.Chiarabelle 2	56.008	0.238	61.713	0.260	77.903	0.302
San Leo - Ghetto	56.474	0.241	62.181	0.262	78.347	0.303
Poderino	56.604	0.240	62.369	0.262	78.733	0.303

Tabella 9 – Assegnazione dei valori a, n della LSPP ai bacini indagati

## 6.2 Ietogramma di progetto

Nelle simulazioni condotto si è scelto di utilizzare uno ietogramma di forma triangolare con picco a metà della durata dell'evento di pioggia. Solitamente tra gli

ietogrammi di forma comune, quello triangolare risulta massimizzare il picco dell'idrogramma a parità di volume di pioggia caduto.

Date le dimensioni contenute dei bacini oggetto di studio non si sono cautelativamente applicati fattori di ragguaglio all'area delle precipitazioni.

### 6.3 Idrogrammi di progetto

Per la trasformazione afflussi netti/deflussi si è impiegato il metodo dell'idrogramma SCS. L'idrogramma del Soil Conservation Service (SCS) americano è un idrogramma adimensionale definito in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di grandi e piccole dimensioni.

Per la sua definizione è necessario specificare l'area del bacino, il fattore di picco, il tempo di ritardo e i parametri legati al *Curve Number*.

#### 6.3.1 Modello idrologico SCS-Curve Number

Il metodo afflussi deflussi più utilizzato e studia la risposta idrologica di un bacino per la stima dei deflussi superficiali o pioggia netta.

Tale modello è concentrato nello spazio e nel tempo e si basa sulla semplificazione concettuale del processo idrologico. La sua formulazione deriva dall'equazione di bilancio fra i valori cumulati nel tempo dei principali termini dell'afflusso e quelli del deflusso. Si ipotizza che durante l'intero evento preso in considerazione resti invariata la seguente relazione di proporzionalità tra le perdite per infiltrazione e il deflusso superficiale:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

dove  $F$  = perdite effettive generate durante l'evento [mm]

$S$  = massima capacità di ritenzione idrica del suolo [mm]

$Q$  = pioggia netta cumulata [mm]

$P$  = pioggia lorda cumulata [mm]

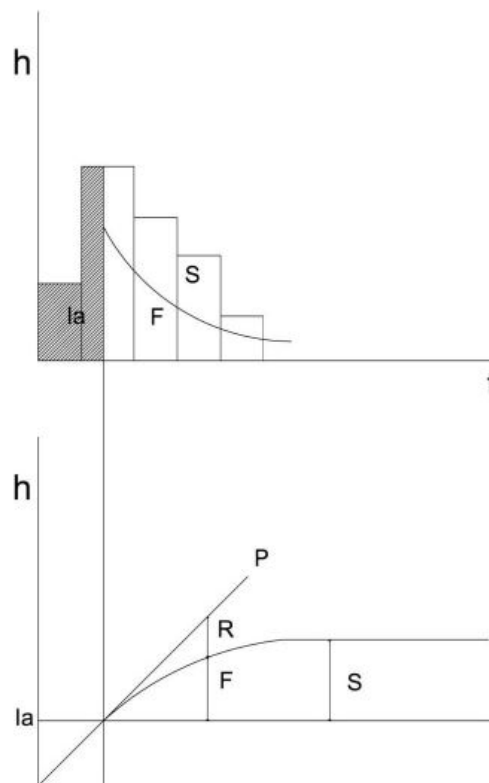
$I_a$  = perdite iniziali dovute all'intercettazione, all'infiltrazione e alla saturazione delle depressioni superficiali [mm]

Dopo una serie di semplici passaggi ed assunto  $F = P - Q$ , la pioggia netta ( $P_e$ ) o deflusso superficiale ( $Q$ ) risulta pari a:

$$Q = P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{se } P > I_a$$

$$Q = 0 \quad \text{se } P \leq I_a$$

Per comprendere meglio il significato del parametro  $S$  e di  $I_a$  è utile ragionare in termini di altezze di pioggia in funzione dell'altezza di precipitazione.



Come si può osservare dalla figura precedente,  $I_a$  corrisponde alla precipitazione per cui si ha l'inizio del deflusso mentre  $S$  rappresenta il volume disponibile all'interno del suolo per immagazzinare l'acqua infiltrata.

Le grandezze  $S$  ed  $I_a$  sono definite in base al parametro CN, Curve Number, tramite le relazioni:

$$S = K \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$$I_a = \lambda S$$

dove  $K$  è un fattore di scala, che dipende dall'unità di misura adottata e che per valori di  $S$ ,  $F$ ,  $P$  misurati in mm, è pari a 254 mm e  $\lambda$  è un coefficiente di proporzionalità di valore 0,2.

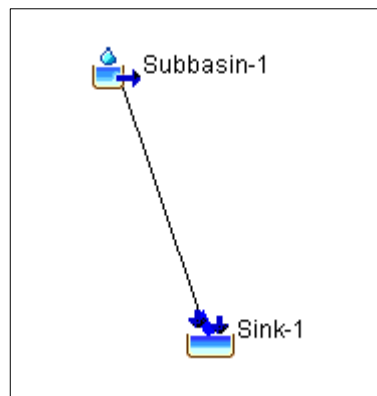
### 6.3.2 Modellazione HEC-HMS

Come premesso gli idrogrammi di piena sono stati calcolati utilizzando il software sviluppato dal centro di ingegneria idraulica dell'esercito statunitense e permette di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note. Il funzionamento del programma è stato testato in varie zone geografiche ed è risultato utile per schematizzare una grande serie di situazioni che si possono trovare in natura; sia riferiti a grandi bacini idrografici che a piccole aree urbane o naturali.

Il programma necessita come input la struttura del bacino (*Basin Models*), la tipologia di modellazione idrologica (*Meteorologic Models e Time-Series Data*), e i parametri temporali dell'evento meteorico (*Control Specification*).

#### *Basin Models*

Avendo modellato idraulicamente ogni singola asta fluviale, ogni bacino idrografico è stato modellato idrologicamente a sé. La struttura del bacino in Hec-HMS risulta essere quindi molto semplice, composta soltanto da un elemento *Subbasin* (che rappresenta l'area drenante), e un elemento *Sink* (che rappresenta la sezione di chiusura).



L'elemento *Subbasin* è definito da:

- Area del bacino espressa in  $\text{km}^2$
- I valori di CN e  $I_a$
- Fattore di picco, assunto "Standard (PFR 484)" per tutti i bacini
- Tempo di ritardo (Lag Time), assunto pari a  $0.6 t_c$  per tutti i bacini, dove  $t_c$  è il tempo di corrivazione espresso in minuti

#### *Meteorologic Models*

In questo elemento si inseriscono per ogni durata e tempo di ritorno il tipo di input idrologico. Nel caso in esame si è scelto il *Gage Weights*. Questo tipo di input permette di inserire uno o più ietogrammi e dare loro un peso diverso all'interno del bacino, ad esempio sulla base della suddivisione in poligoni di Tissen del bacino. Nel caso della presente analisi, avendo utilizzato i dati di pioggia regionalizzati, è stato inserito un solo ietogramma per ciascun modello meteorologico a cui è stato assegnato un peso pari a 1.

#### *Time-Series Data*

In questo elemento si inseriscono gli ietogrammi di progetto, uno per ogni durata e tempo di ritorno analizzati.

### *Control Specification*

Nel Control Specification si definiscono i parametri temporali delle simulazioni. Gli idrogrammi sono stati discretizzati ad intervalli di 1 minuto e hanno una durata di 12 ore, per permettere di modellare idraulicamente il completo deflusso dell'onda di piena.

Una volta definiti tutti questi elementi necessari alle simulazioni, viene associato la struttura del bacino ad un modello idrologico ed il relativo ietogramma, per costruire l'idrogramma secondo i parametri temporali inseriti.

Per ogni bacino, riferendosi al valore del tempo di corrivazione, sono state effettuate simulazioni per diverse durate a parità di tempo di ritorno, al fine di individuare la durata critica di pioggia che, in funzione delle caratteristiche del bacino in esame, massimizza il picco dell'idrogramma di piena. Ai fini di una corretta modellazione idraulica non sono state considerate durate critiche inferiori ai 30 minuti.

### **6.3.3 Idrogrammi di progetto**

Gli idrogrammi di ciascun bacino idrografico sono riportati in calce all'*ALLEGATO 2 – Idrogrammi di progetto dei corsi d'acqua indagati*.

Costituiscono caso particolare il Molino di Catorcio e Viaio:

- per Molino di Catorcio la portata del corso d'acqua è limitata a monte dalla presenza di una tubazione DN1200, pertanto, l'idrogramma inserito come input idrologico è una portata costante stimata come valore massimo transitabile all'interno della tubazione in condizioni di moto uniforme in pressione, pari a 6.5 mc/s;
- nel caso di Viaio la presenza di una bocca tarata sulla derivazione dal torrente Rimaggio limita la portata al valore massimo costante di 0.5 mc/s.

## **7. Analisi idraulica**

La modellazione idraulica dei tratti fluviali di interesse per la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0.5 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto anch'esso dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

## 7.1 Descrizione del modello idraulico

Le simulazioni sono state eseguite in regime di moto vario mono e bidimensionale e sono descritte in dettaglio nel seguito. In particolare, si è proceduto ad implementare un'analisi monodimensionale in alveo e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso.

Per la definizione delle condizioni di pericolosità dell'area sono state effettuate più simulazioni, corrispondenti alle durate di pioggia critiche e ai diversi tempi di ritorno per i corsi d'acqua in esame.

Per problemi legati alla mancante totalità di copertura dei modelli digitali del terreno, per agevolare in termini temporali la modellazione, e per la non interferenza idraulica tra zone molto distanti tra loro, è stato creato un modello idraulico per ogni centro abitato.

### 7.1.1 Modellazione monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial (\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial ((1-\Phi) \cdot Q))}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial (\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial ((1-\Phi^2) Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[ \frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[ \frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q ; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la conveyance (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida y), A l'area liquida, Sf la pendenza della linea dell'energia. HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni

successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo skyline, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

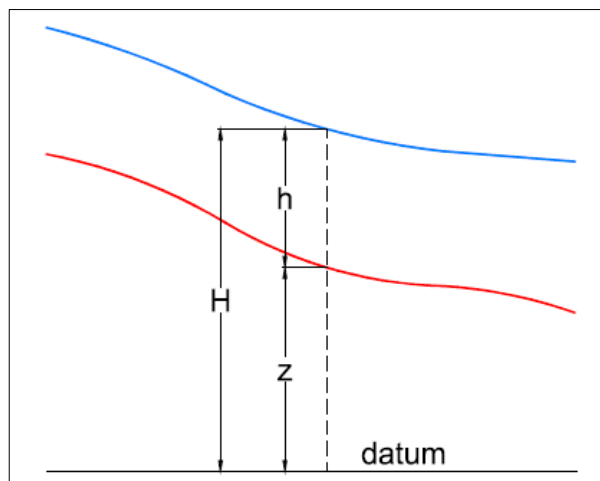
Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "Local Partial Inertia", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume  $Fr=1$ , corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

Per ulteriori dettagli sulle equazioni e gli algoritmi di calcolo si rimanda alla manualistica di HECRAS ed in particolare all'Hydraulic Reference Manual.

### 7.1.2 Modellazione bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti.

Nell'immagine che segue è mostrato il sistema di riferimento di Hec-Ras 2D, la quota del terreno è indicata con  $z(x,y)$  l'altezza idrica con  $h(x,y,t)$ ; la quota del pelo libero con  $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$ .



Conservazione della massa: assumendo il fluido incompressibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui  $t$  è il tempo,  $u$  e  $v$  sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni  $x$  ed  $y$  e  $q$  è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

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

in cui oltre ai simboli già illustrati,  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $\nu_t$  è il coefficiente di viscosità turbolenta,  $c_f$  è il coefficiente di attrito al fondo, ed  $f$  è il coefficiente di Coriolis.

Utilizzando la formula di Chézy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

$$c_f = \frac{g |V|}{C^2 R}$$

in cui  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $|V|$  è il modulo del vettore velocità,  $C$  è il coefficiente di Chézy ed  $R$  è il raggio idraulico. Utilizzando la formula di Manning  $C = R^{1/6}/n$ , in cui  $n$  è il coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

$$c_f = \frac{n^2 g |V|}{R^{4/3}}$$

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico *sub-grid* sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo, infatti, in fase di preprocessione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

### 7.1.3 Caratteristiche geometriche dei modelli idraulici

La geometria del modello (riportata in allegato) è stata implementata utilizzando rilievi topografici appositamente svolti, i dati lidar disponibili per l'area in esame e geometrie provenienti da analisi precedenti. Come accennato in precedenza sono stati creati i modelli idraulici per ciascun centro abitato, in particolare:

- Bagnaia
- Discarica di Centena



- Chiarabelle
- Chiavaretto
- Mocaia – San Leo – Il Ghetto
- Molino di Catorcio
- Motina
- Poderino
- Ponte alla Piera
- Tavernelle
- Viaio
- Fosso Carletto (Motina)

I modelli idraulici sono stati definiti come segue:

- per la modellazione dell'alveo inciso si è fatto riferimento alle sezioni di rilievo topografico. L'ubicazione planimetrica delle sezioni di calcolo è riportata in allegato. Per una più corretta definizione della geometria di progetto sono state utilizzate anche delle sezioni interpolate, generate da HEC-RAS a partire dalle sezioni rilevate e ricostruite anche sulla base dei dati LIDAR disponibili.
- le caratteristiche topografiche della rete di calcolo 2D sono state desunte dal modello digitale del terreno generato dai dati LIDAR della Regione Toscana disponibili per l'area di studio, verificando la congruenza tra i rilievi disponibili ed i dati LIDAR. La rete di calcolo bidimensionale interessa le aree esterne all'alveo inciso ed è stata definita utilizzando le opzioni di discretizzazione automatica del dominio di calcolo presenti in RAS, definendo opportune break lines in corrispondenza di elementi morfologicamente ed idraulicamente significativi, quali strade, corsi d'acqua, rilevati, etc.

La rete bidimensionale è collegata al modello monodimensionale tramite delle *lateral structure* da cui si ha lo scambio di acqua (bidirezionale) tra modello monodimensionale e modello bidimensionale. La geometria delle *lateral structure* è ripresa dai dati dei rilievi topografici eseguiti, integrata ove necessario dai dati LIDAR.

#### **7.1.4 Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata**

I coefficienti di scabrezza  $n$  di Manning sono stati fissati avvalendosi del confronto tra le caratteristiche dei tratti in esame ed altri corsi d'acqua di caratteristiche di scabrezza simili, per cui si hanno a disposizione misure di taratura di  $n$ . I valori adottati sono riportati nelle sezioni RAS in allegato.

Per l'alveo si è adottato un valore pari a 0.04 nel caso di alvei naturali e 0.02 per i tratti artificiali in calcestruzzo, mentre per le aree golenali si è considerato un valore pari a 0.06, considerando anche la possibilità che la piena possa avvenire in condizioni di non perfetta manutenzione del corso d'acqua. Nei tratti tombati in calcestruzzo si è utilizzato un coefficiente di scabrezza pari a 0.02.

Sono stati inoltre assegnati coefficienti di perdita concentrata per contrazione/espansione variabili tra 0.1/0.3 e 0.3/0.5 a seconda delle caratteristiche di variazione della sezione.

Il coefficiente di scabrezza delle celle bidimensionali è stato assunto pari a 0.06.

## **7.2 Input idraulici**

I modelli idraulici necessitano di condizioni al contorno di monte e di valle. Hec-Ras permette di inserire come input idrologici sia gli idrogrammi nelle sezioni idrauliche che le precipitazioni nelle aree bidimensionali di esondazioni. Per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle, al fine di modellare il deflusso delle portate, il software permette di inserire la pendenza dell'alveo o delle aree di esondazione in caso di deflusso libero, oppure una quota fissa del pelo libero nel caso in cui il corso d'acqua sfoci in mare, in un lago o in un invaso.

### **7.2.1 Condizioni al contorno di monte**

Nei modelli idraulici in esame sono state inserite come condizioni al contorno di monte i soli idrogrammi calcolati nell'analisi idrologica. Non sono state inserite le precipitazioni delle aree 2D, poiché già considerate nel calcolo degli idrogrammi, avendo scelto come sezione di chiusura dei bacini idrografici le sezioni a valle dei modelli.

### **7.2.2 Condizioni al contorno di valle**

Trovandoci in zone montane e collinari, come condizioni al contorno di valle si è scelta in via cautelativa una pendenza pari a 0.01, sia per gli alvei incisi che per le aree d'esondazione.

## **8. Risultati**

### **8.1 Territorio aperto**

Per il territorio comunale di Anghiari, esternamente alle aree studiate in dettaglio, è stata definita la pericolosità idraulica aperta sulla base degli elementi conoscitivi pregressi e dati geometrici.

In particolare, sono stati definiti:

- le aree di assoluto rispetto dei corsi d'acqua definite ai sensi dell'art. 96 del R.D. 523/1904 nonché ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/2018. In tali aree l'edificazione è vietata fatto salvo quanto previsto dal citato articolo della legge regionale ovvero, in sintesi non esaustiva, interventi di natura idraulica, reti di

servizi essenziali, opere di derivazione, itinerari ciclopeditoni, interventi di riqualificazione ambientale, conservazione e manutenzione dei manufatti esistenti legittimi senza frazionamenti o cambi di destinazione d'uso, interventi di adeguamento delle infrastrutture esistenti;

- le aree presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle alluvioni, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera s) della l.r.41/2018 *“aree situate a quote altimetriche inferiori alla quota posta a 2 m sopra il piede esterno dell'argine”* e le aree di fondovalle di cui al punto B.4 Allegato A del DPGR 5/R/2020 nelle quali, per tenere conto delle pericolosità storico inventariali riportate dal PTCP e dagli strumenti urbanistici precedenti nonché della particolare si omette di limitare tali aree a 300 m di distanza dal piede arginale. In tali aree la fattibilità degli interventi è condizionata alla realizzazione di studi idraulici finalizzati all'aggiornamento e riesame delle locali mappe di pericolosità di alluvione di cui alla L.R. 41/2018 e a misure per la gestione del rischio di alluvioni da inserirsi nell'ambito del piano di protezione civile comunale.

## 8.2 Zone di dettaglio

La presente analisi è stata incentrata specificatamente sulle zone di dettaglio già descritte dove, dai modelli idraulici bidimensionali sviluppati, sono stati ottenuti i seguenti strati informativi:

- aree interessate dalle alluvioni frequenti con tempo di ritorno 50 anni (P3) e dalle alluvioni poco frequenti con tempo di ritorno 200 anni, riportate nella **Carta dei vincoli idraulici e della pericolosità da alluvione**. La carta comprende anche i vincoli e le pericolosità individuate per il territorio aperto;
- battenti idraulici per le aree P3 e P2 riportati nelle relative **Carte dei battenti di esondazione**;
- velocità dell'esondazione nelle aree P3 e P2 riportati nelle **Carte delle velocità dell'esondazione**;

Si precisa che la legenda delle carte dei battenti e delle velocità è riportata per fasce di colore relative a regolari intervalli di valore. Tuttavia, in via cautelativa, si è scelto di riportare in legenda solo il valore massimo degli intervalli di battente e velocità idraulica.

Dalla combinazione dei dati di cui sopra relativi alle aree P2 è stata ottenuta la **Carta della magnitudo idraulica**, questa meglio definita alla lettera h) comma 1) dell'art. 2 come:

*h) “magnitudo idraulica”: la combinazione del battente e della velocità della corrente in una determinata area, associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti:*

*h1) “magnitudo idraulica moderata”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;*

*h2) “magnitudo idraulica severa”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;*

*h3) “magnitudo idraulica molto severa”: battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri;*

Di seguito si riassume la definizione di magnitudo idraulica in forma grafica:

CON VELOCITA' DETERMINATA		
	$V \leq 1 \text{ m/s}$	$V > 1 \text{ m/s}$
$Y \leq 0.5 \text{ m}$	MAGNITUDO IDRAULICA MODERATA	MAGNITUDO IDRAULICA SEVERA
$0.5 \text{ m} < Y \leq 1 \text{ m}$	MAGNITUDO IDRAULICA SEVERA	MAGNITUDO IDRAULICA MOLTO SEVERA
$Y > 1 \text{ m}$	MAGNITUDO IDRAULICA MOLTO SEVERA	MAGNITUDO IDRAULICA MOLTO SEVERA

Tabella 10 - Magnitudo idraulica con velocità determinata

## 9. Risposta alle Osservazioni

La presente stesura contiene al suo interno la risposta alle Osservazioni allo strumento adottato qualora accoglibili.

Nell'allegato 3 seguito si riassumono le risposte e le azioni conseguentemente svolte a fronte delle osservazioni di natura idraulica pervenute.

La presente integra anche le volontarie risposte alle osservazioni informali espresse dal Genio Civile in data luglio '22.

## 10. Conclusioni

### 10.1 Indirizzi idraulici per gli strumenti urbanistici

Si dovranno rispettare i seguenti indirizzi:

- restituire ai corsi d'acqua, anche se canalizzati, le funzioni di sistema naturale complesso e non considerarli come semplici collettori idraulici;
- garantire che le nuove localizzazioni insediative ed infrastrutturali nel fondovalle siano in sicurezza idraulica almeno per piene con tempo di ritorno duecentennale;
- favorire interventi di sistemazione idraulica, idraulico-agraria e idraulico-forestale finalizzati a contenere i picchi di piena, aumentando i tempi di corrivazione e riducendo il coefficiente di deflusso e la produzione di sedimenti;
- vietare la realizzazione di sottopassi e volumi interrati in aree "P3";
- vietare interventi che possano arrecare danno alla qualità dei corpi idrici superficiali e sotterranei favorendone invece il miglioramento.

Tutti gli interventi che direttamente o indirettamente vanno a modificare lo stato di efficienza del reticolo idraulico minore dovranno garantire un'efficacia almeno pari a quella posseduta dallo schema idraulico preesistente. In particolare:

- le superfici destinate ad attività agricola nelle aree pianeggianti sono da dotare di un'adeguata rete di fossi e capifossi allo scopo di aumentare la capacità d'invaso e di eliminare i fenomeni di ristagno;
- per gli interventi che interessano aree superiori ad 1 ha sono da intraprendere studi idrologici e idraulici che dimostrino almeno l'invarianza idraulica dell'intervento rispetto all'assetto originario.

### 10.2 Fattibilità idraulica

Per il territorio comunale sono state definite le fasce di pericolosità idraulica coerenti con le norme e la cartografia del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto dell'Appennino Centrale (PGRAAC) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale e ai sensi della normativa della Regione Toscana (RT) DPGR n.5/2020, Regolamento di attuazione dell'art. 104 della LR n.65/2014 e LR n.41/2018.

Sono definite le seguenti fasce di pericolosità di pericolosità idraulica:

Fascia	Nomenclatura PGRAAC	Nomenclatura RT	Tempo di ritorno (Tr)
P1	Bassa probabilità, ex fascia C PAI fiume Tevere	aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità	Oltre 200 anni
P2	media probabilità, ex fascia B PAI fiume Tevere	aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti	Da 100 a 200 anni
P3	elevata probabilità, ex fascia A PAI fiume Tevere	aree a pericolosità per alluvioni frequenti	Da 30 a 50 anni

*Tabella 11 – Definizione delle fasce di pericolosità idraulica*

In particolare, trovandosi il territorio di Anghiari fisicamente compreso nel Bacino del Tevere, per la definizione della fascia P3 è stato utilizzato il tempo di ritorno di 50 anni anziché 30 anni. Tale assunzione viene svolta a favore di sicurezza anche per gli abitati della Chiassa e del Chiaveretto ancorché ricadenti nel bacino idrografico dell'Arno.

### **10.3 Indicazioni per criteri generali di fattibilità delle opere di previsione**

La fattibilità idraulica di ogni intervento di trasformazione del territorio è sempre subordinata:

- alle norme statali vigenti in materia di idraulica quale, in via indicativa e non esaustiva
  - o il R.D. 523/1904;
  - o il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), il Piano di Gestione delle Acque (PGA), il Piano di Bacino stralcio Assetto idrogeologico (PAI) e stralcio Bilancio Idrico (PBI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
  - o Il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale
- alle norme e alla cartografia del PGRAAC;
- alle norme regionali vigenti L.R. n. 41 del 24/07/18 e relativo Regolamento DPGR n. 5/R del 30/01/20.

La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della L.R.41/2018.

Nei casi in cui, la fattibilità degli interventi non sia condizionata dalla L.R.41/2018 alla realizzazione delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, ma comunque preveda che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, la gestione del rischio alluvioni può essere perseguita attraverso misure da individuarsi secondo criteri di appropriatezza, coniugando benefici di natura economica, sociale ed ambientale, unitamente ai costi ed ai benefici.

In particolare, sono da valutare le possibili alternative nella gestione del rischio alluvioni dalle misure maggiormente cautelative che garantiscono assenza degli allagamenti fino alle misure che prevedono eventuali allagamenti derivanti da alluvioni poco frequenti.

Nel caso di interventi in aree soggette ad allagamenti, la fattibilità è subordinata a garantire, durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone, attraverso misure quali opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale e procedure atte a regolare l'utilizzo dell'elemento esposto in fase di evento. Durante l'evento sono accettabili eventuali danni minori agli edifici e alle infrastrutture tali da essere rapidamente ripristinabili in modo da garantire l'agibilità e la funzionalità in tempi brevi post evento.

Fuori dal territorio urbanizzato, nelle aree presidiate da sistemi arginali e comunque situate a quote altimetriche inferiori alla quota posta a 2 metri sopra il piede esterno dell'argine di cui alla lettera s) art. 2 L.R. 41/2018 nonché nelle aree di fondovalle di cui al punto B.4 Allegato A del DPGR 5/R/2020, la fattibilità degli interventi è condizionata alla realizzazione di studi idraulici finalizzati all'aggiornamento e riesame delle mappe di pericolosità di alluvione di cui alla L.R. 41/2018 e a misure per la gestione del rischio di alluvioni da inserirsi nell'ambito del piano di protezione civile comunale.

Fatte salve eventuali prescrizioni più restrittive riportate all'interno delle schede di fattibilità, su ambedue le sponde dei corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrografico di interesse (individuato ai sensi della LR 79/2012, e come aggiornato dai successivi decreti) è istituita una fascia di assoluto rispetto di larghezza minima pari a 10 ml a partire dal piede dell'argine per i corsi d'acqua incanalati e a partire dal ciglio di sponda per i corsi d'acqua non arginati come previsto dall'art. 3 della L.R. 41/2018.

Questa fascia oltre a garantire la conservazione delle funzioni biologiche caratteristiche dell'ambito ripariale serve a garantire la piena efficienza delle sponde, la funzionalità delle opere idrauliche e a facilitare le operazioni di manutenzione.

Per la costruzione delle nuove strutture di attraversamento dei corsi d'acqua arginati si dovrà evitare il restringimento della sezione dell'alveo assicurando il mantenimento di una luce libera di deflusso pari a quella posta a monte dell'attraversamento stesso; la base dell'impalcato dovrà sempre svilupparsi ad una

quota superiore rispetto alle sommità arginali tale da consentire un agevole passaggio dei materiali flottanti in caso di piena così come prescritto dalle NTC 2018.

Per la disciplina relativa ai tombamenti consistenti in qualsiasi intervento di copertura del corso d'acqua si rinvia a quanto stabilito dalla LR 41/2018 "Disposizioni in materia di rischio di alluvione e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione al D.lgs. 49/2010. Modifiche alla LR 80/2015 e LR 60/2014"

Laddove la fattibilità dell'intervento edilizio venga attuata mediante le opere di cui alle lettere c<sup>1</sup>) e d<sup>2</sup>) comma 1, art. 8 L.R. 41/2018, la sicurezza idraulica dovrà essere conseguita nei confronti del livello di inondazione di riferimento prevedendo un franco di almeno 30 centimetri.

Firenze, luglio 2022

Il tecnico incaricato

---

*ing. Andrea Sorbi*

firma assolta in forma digitale

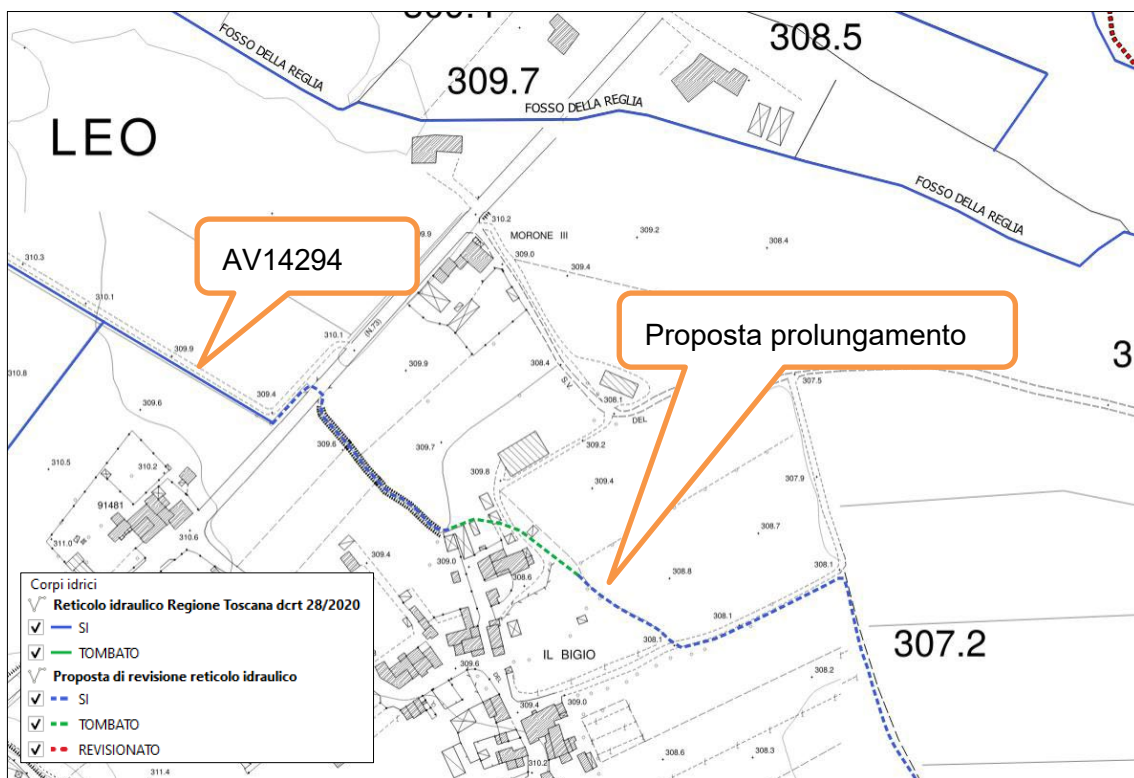
---

<sup>1</sup> Ad esempio: rialzamenti del primo piano di calpestio

<sup>2</sup> Ad esempio: paratie e/o porte stagne

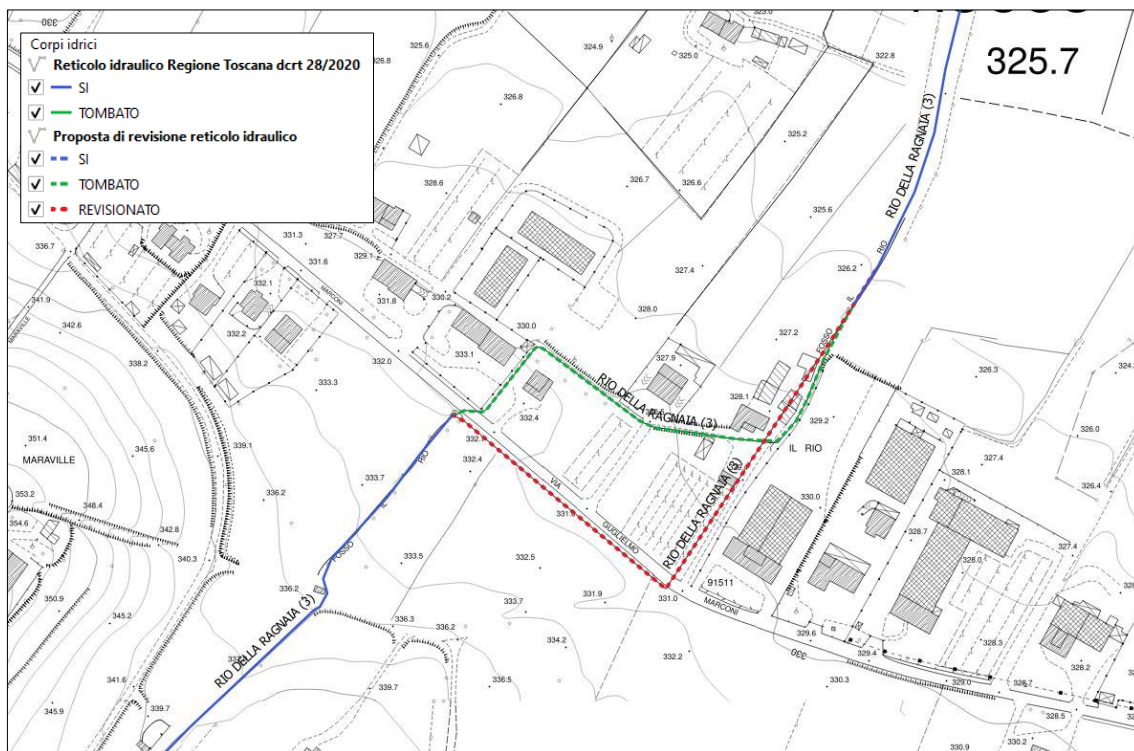


## **ALLEGATO 1 – Revisione del reticolo idraulico regionale**



San Leo zona "Il Ghetto"

Proposta di prolungamento del reticolo regionale a valle dell'asta AV14294



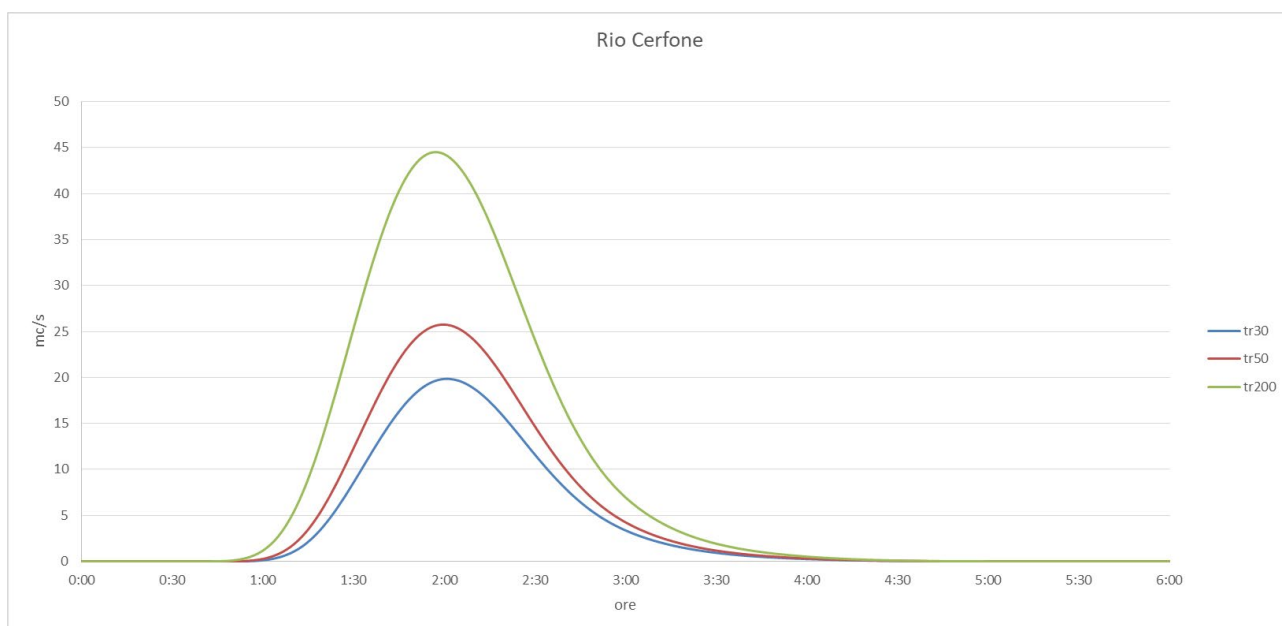
Capoluogo Via Marconi

Revisione tracciato intubato del Rio Ragnai

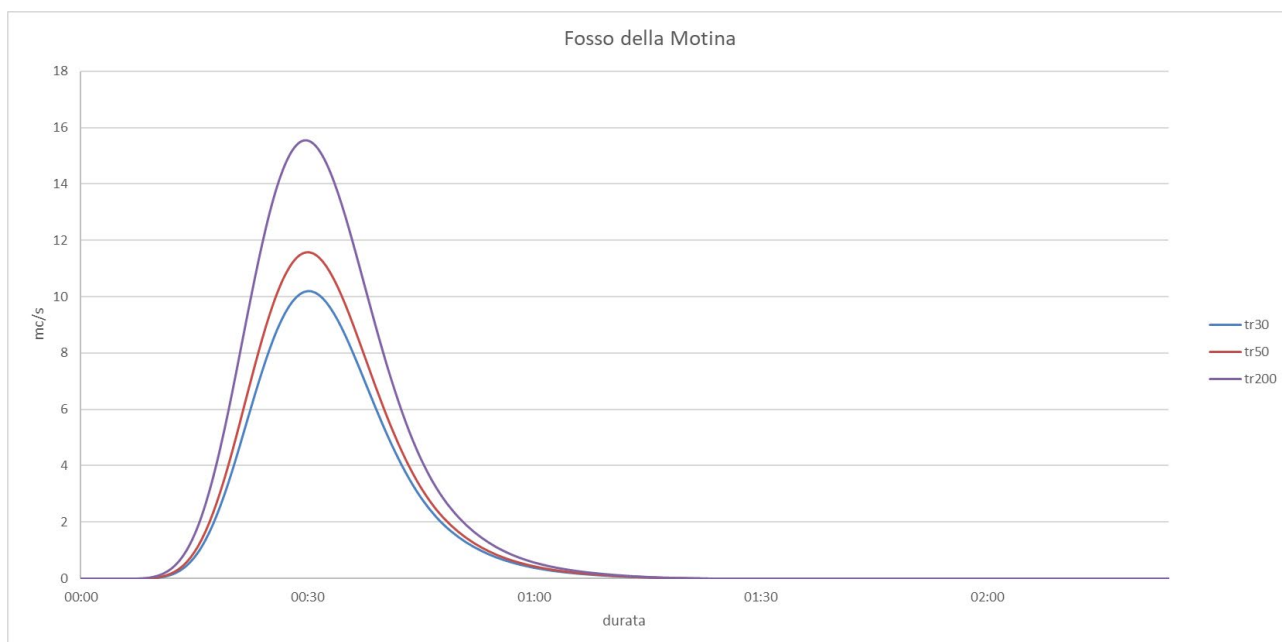


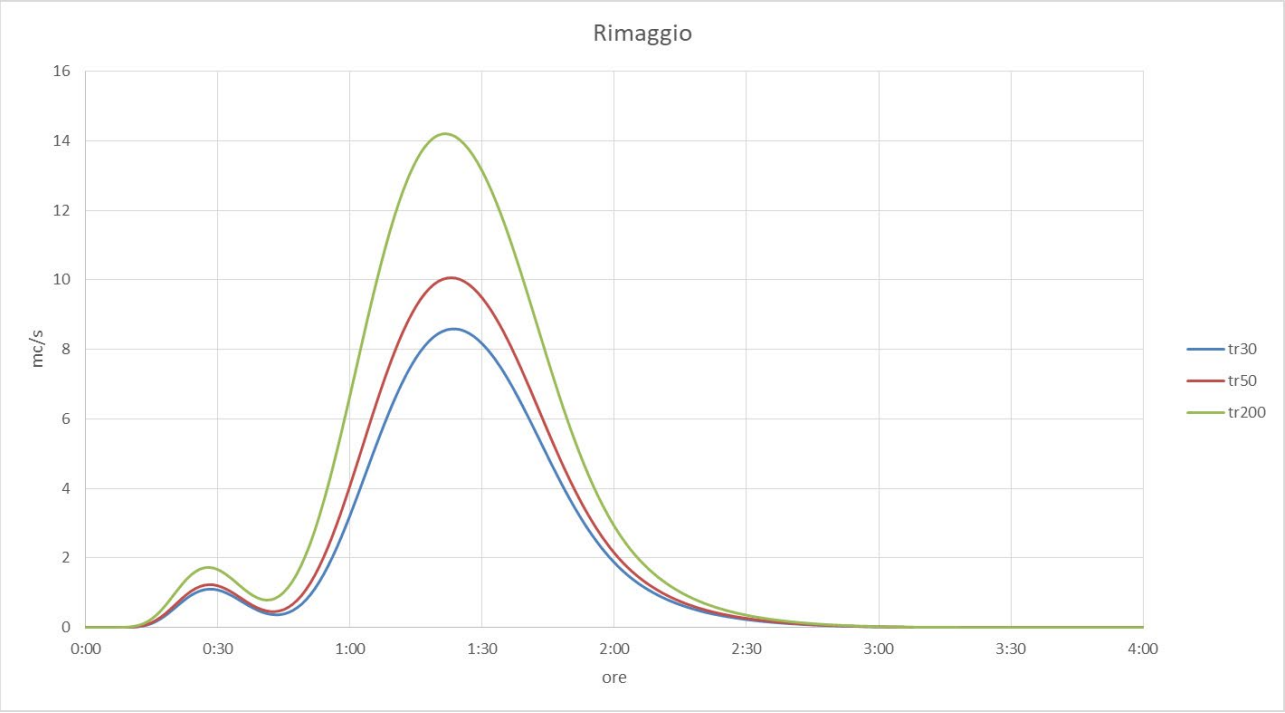
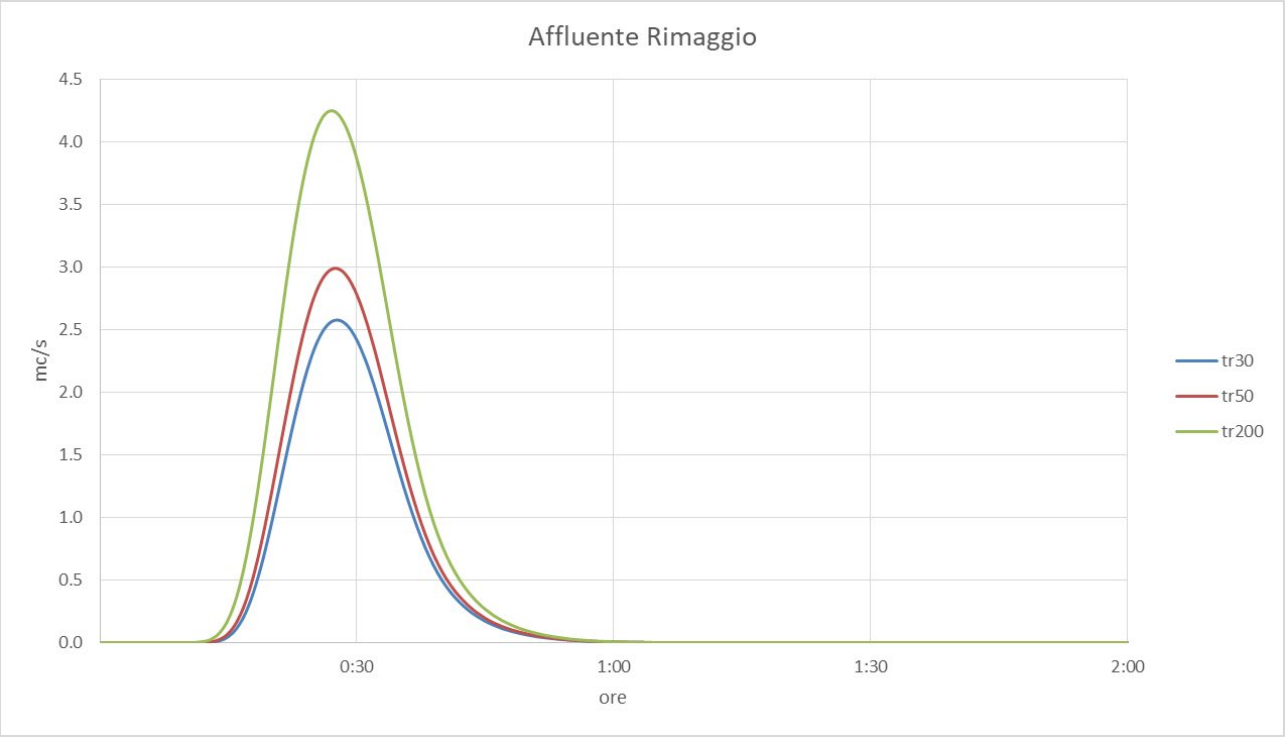
## **ALLEGATO 2 – Idrogrammi di progetto dei corsi d'acqua indagati**

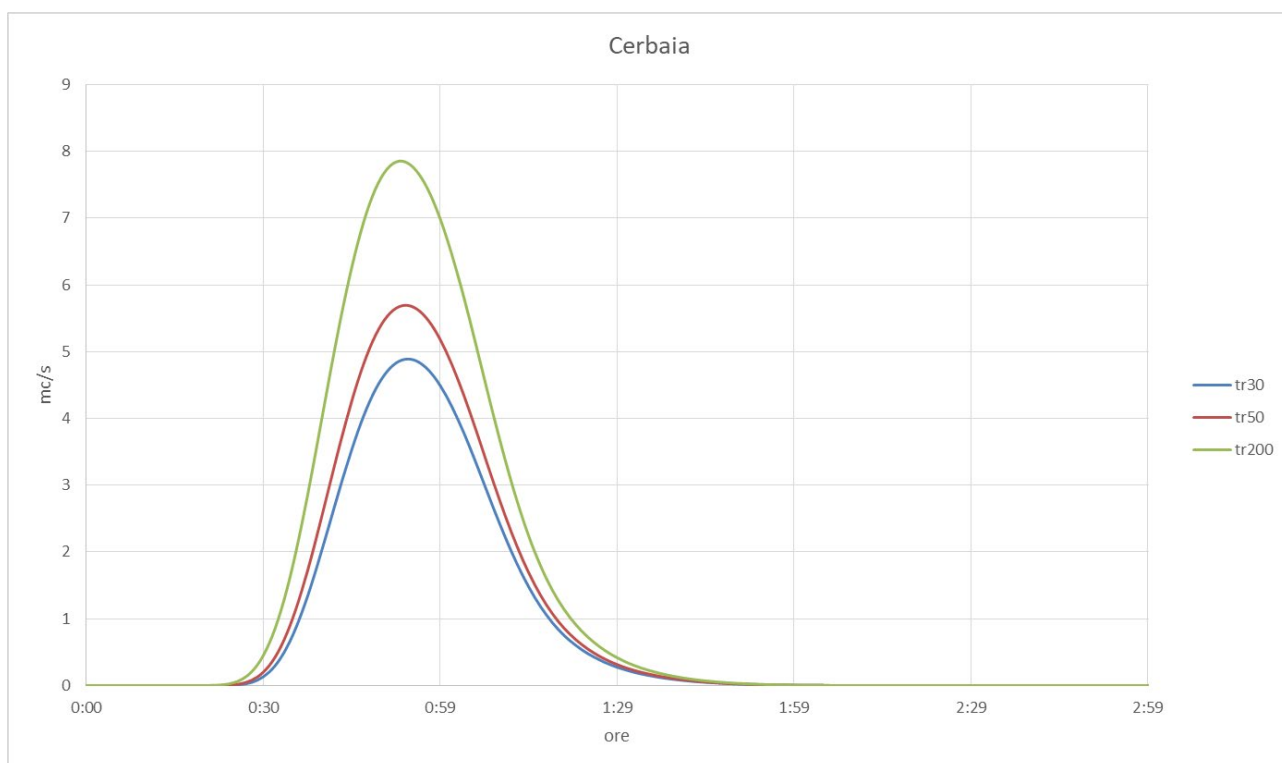
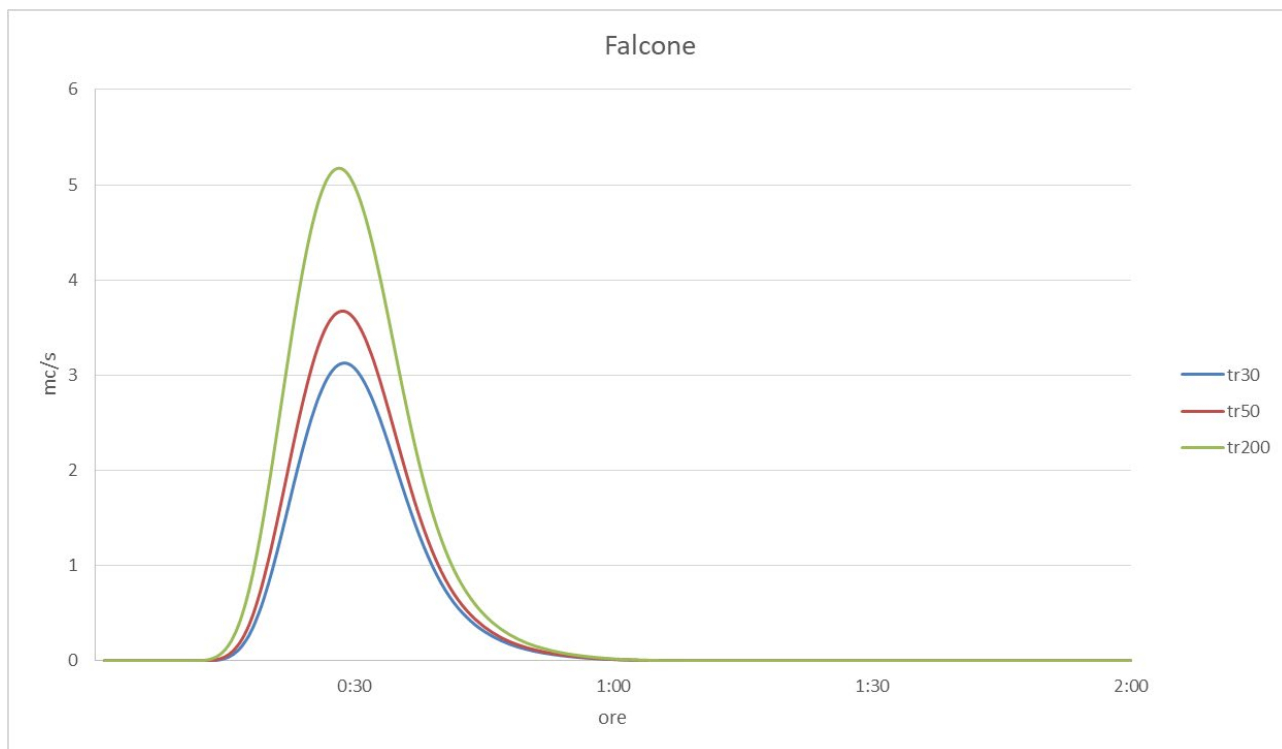
## Area oggetto di modellazione: Ponte alla Piera

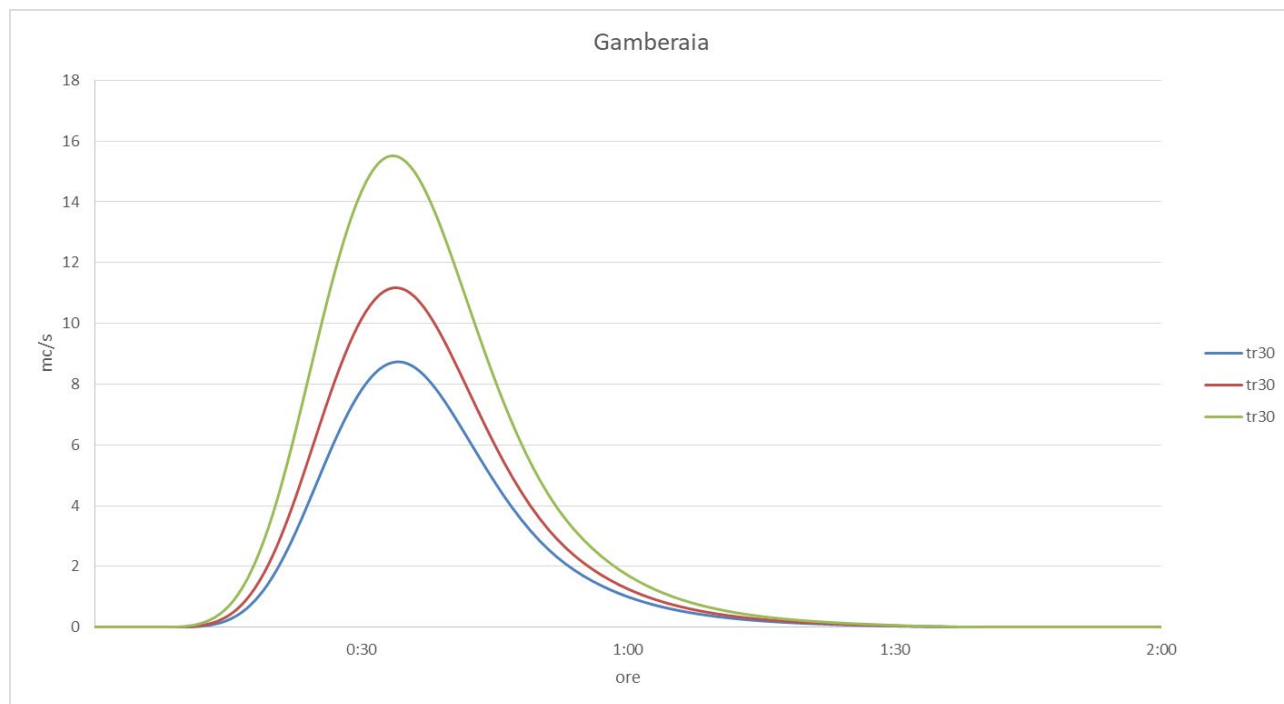


## Area oggetto di modellazione: Motina

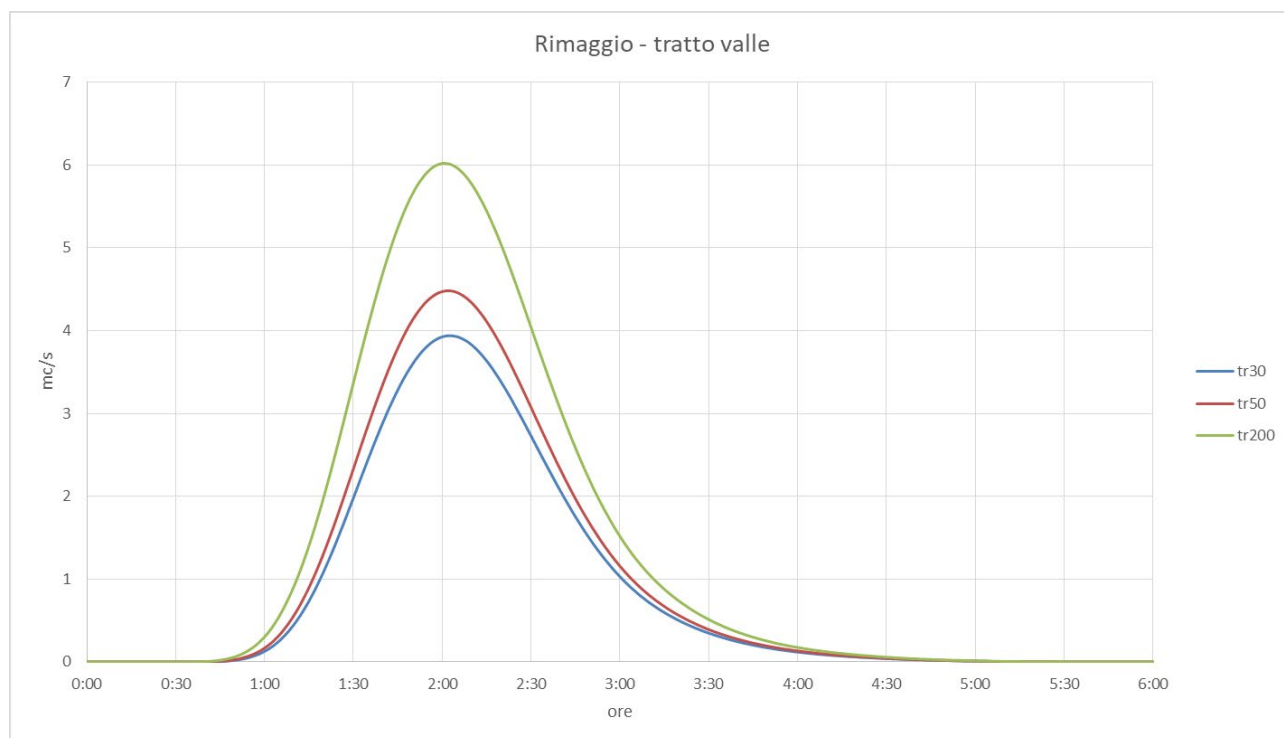








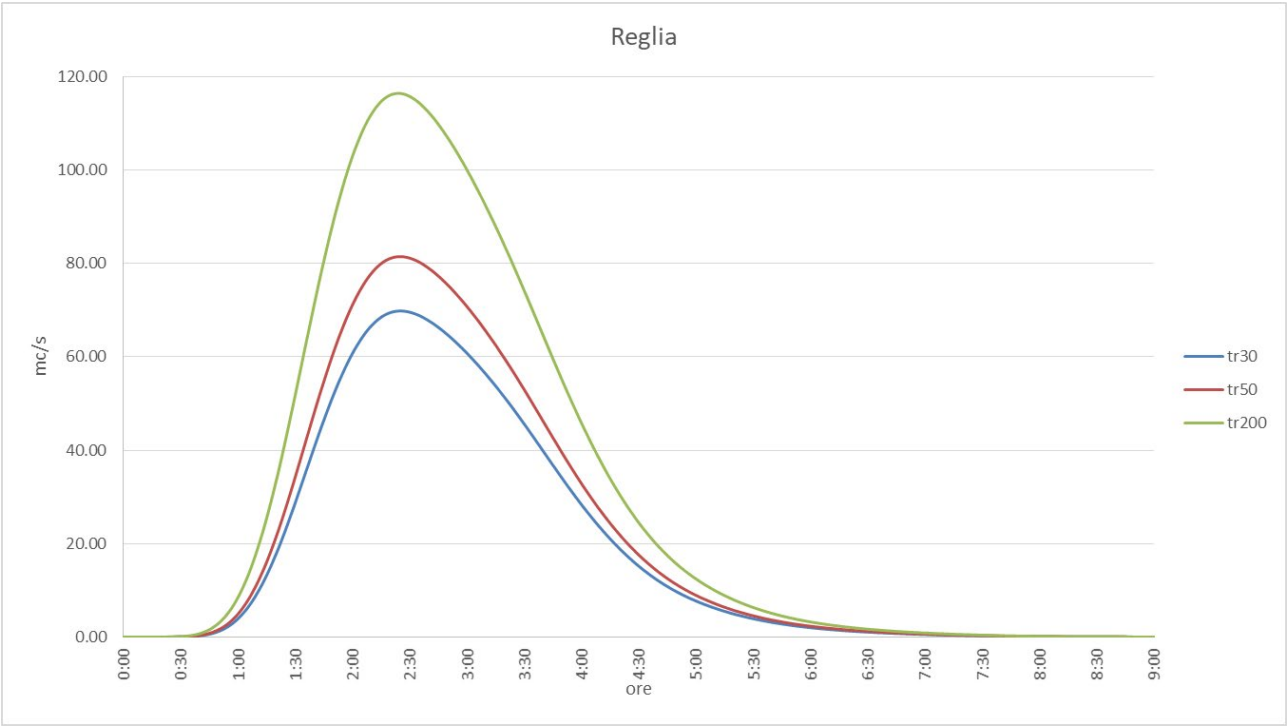
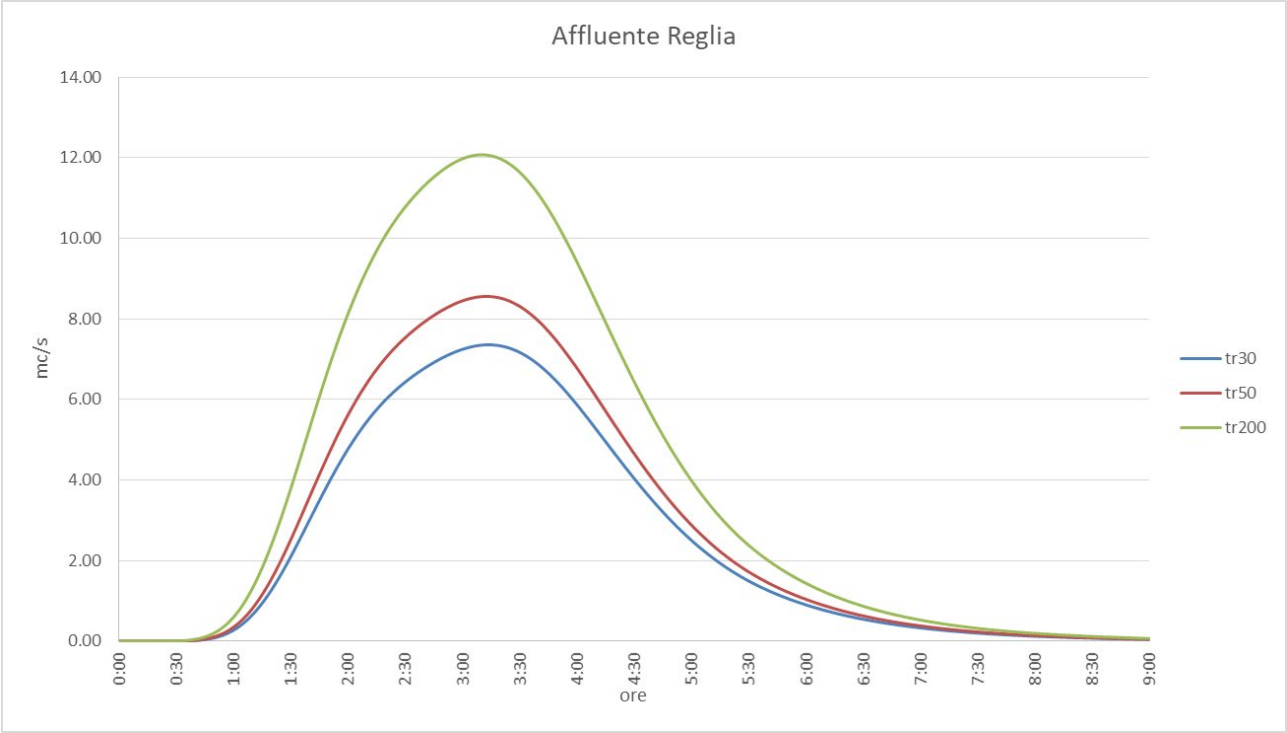
### Are oggetto di modellazione: Viaio

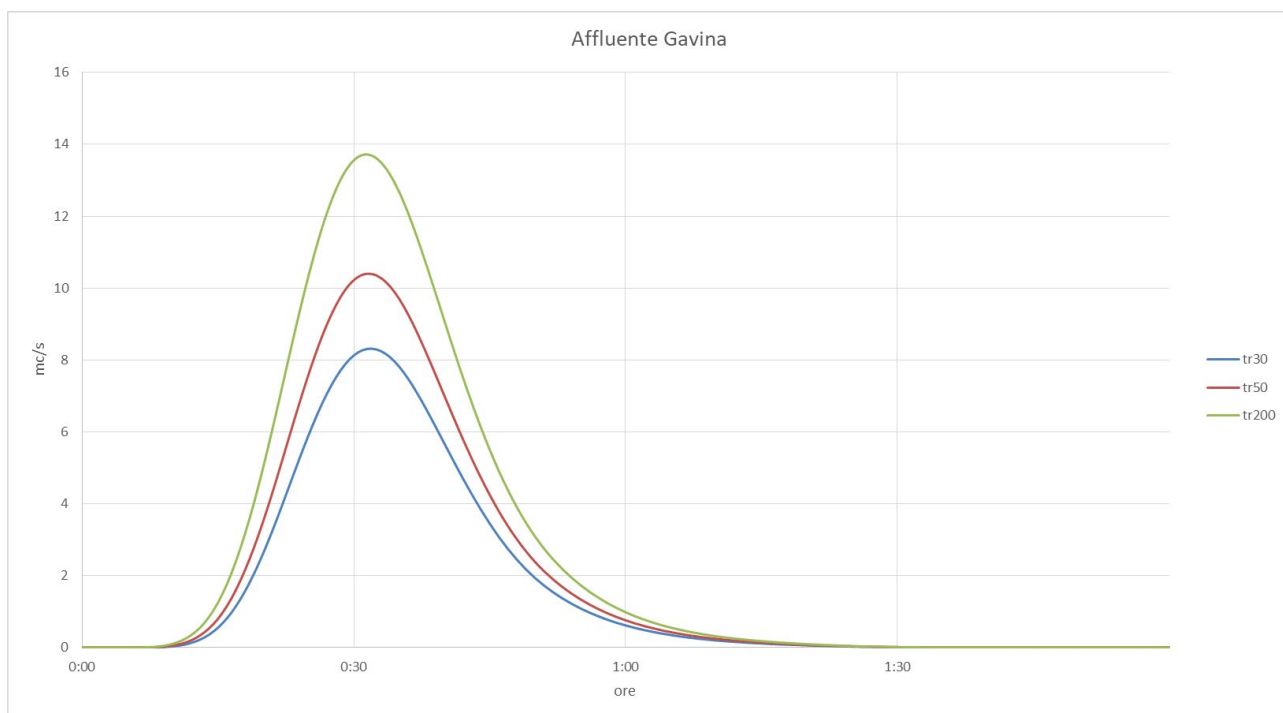
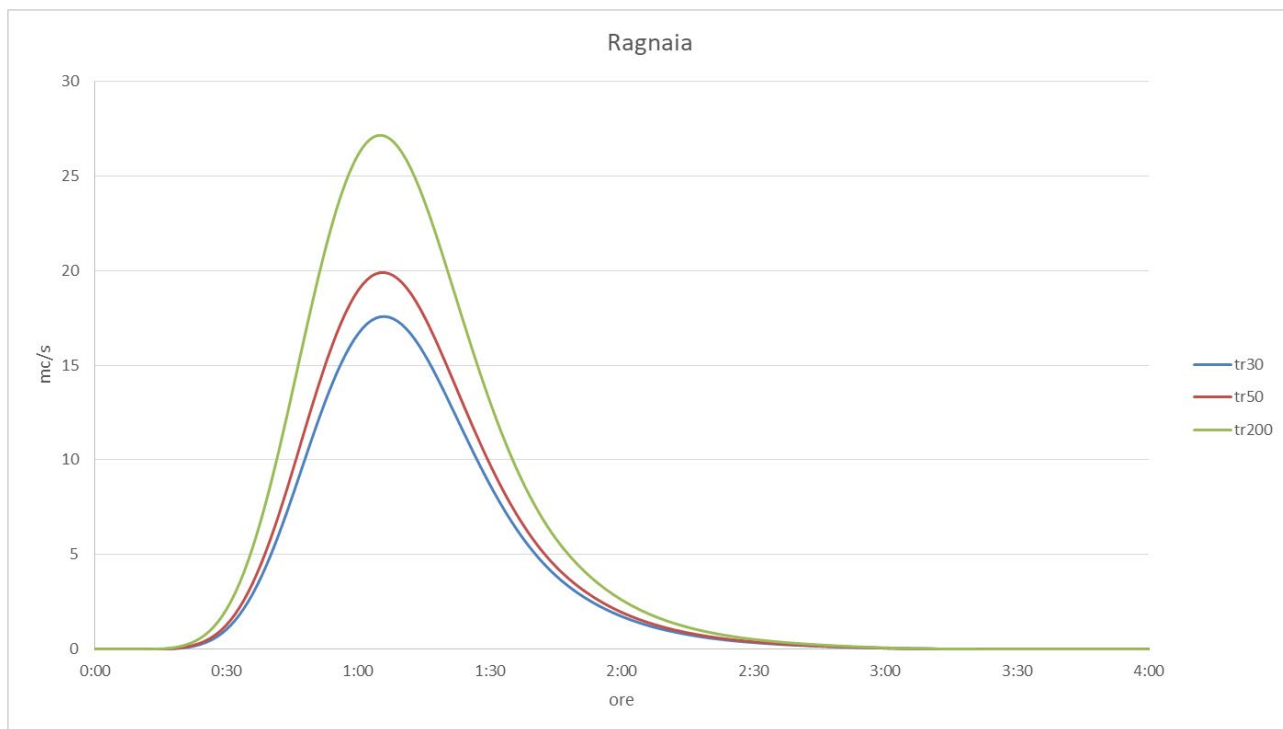


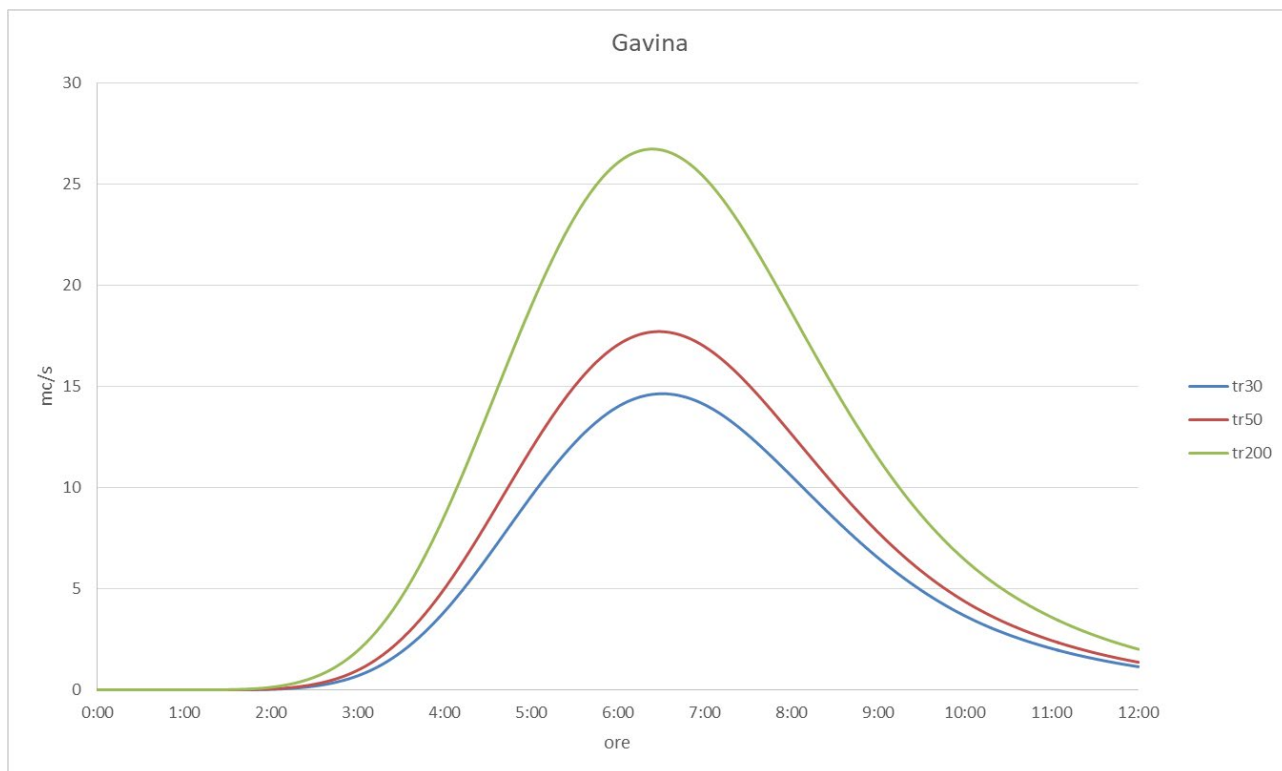
N.B. Idrogramma deviazione Viaio: valore costante 0.5 mc/s dovuto a bocca tarata.



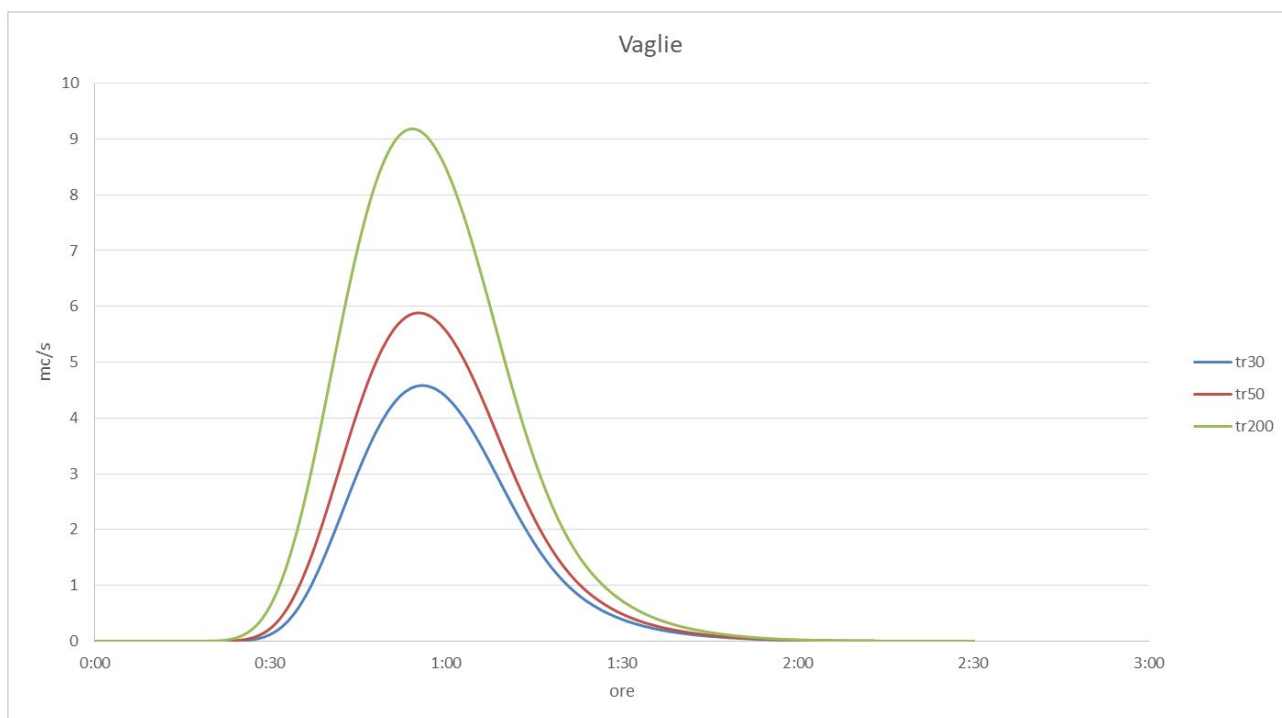
**Area oggetto di modellazione: Mocaia – Mulinello**



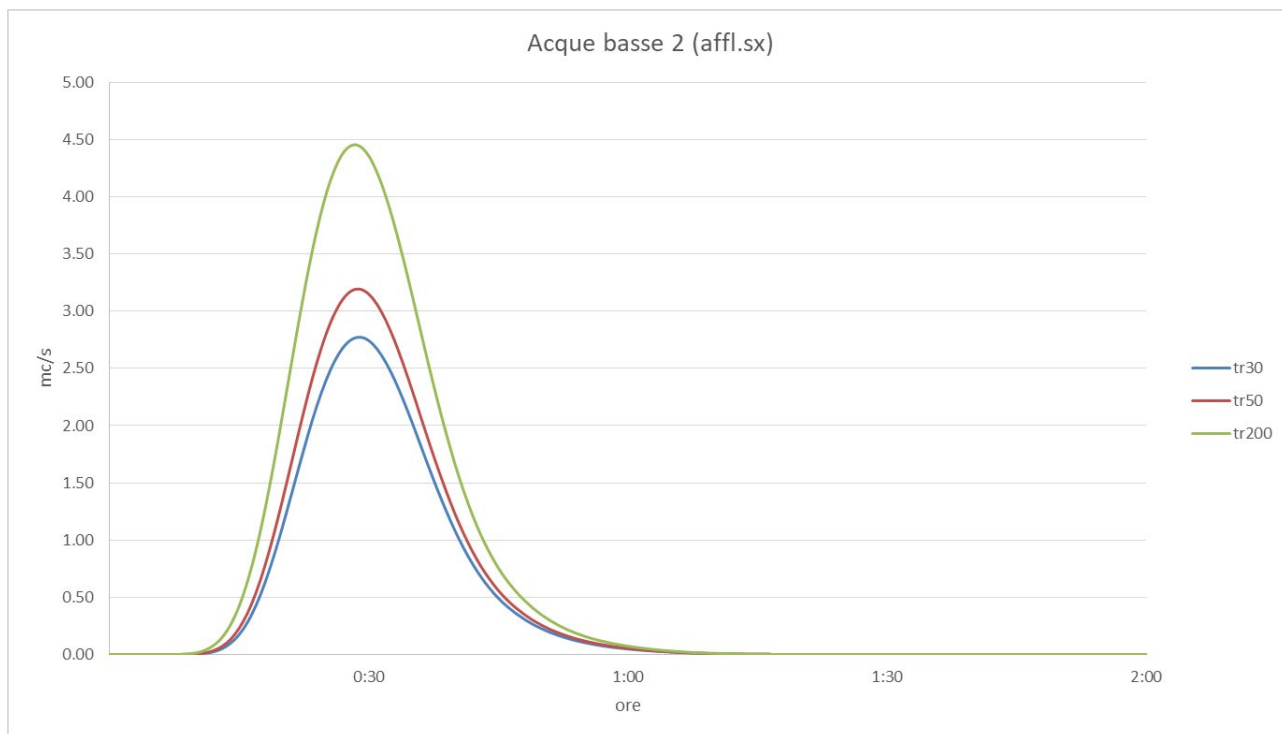
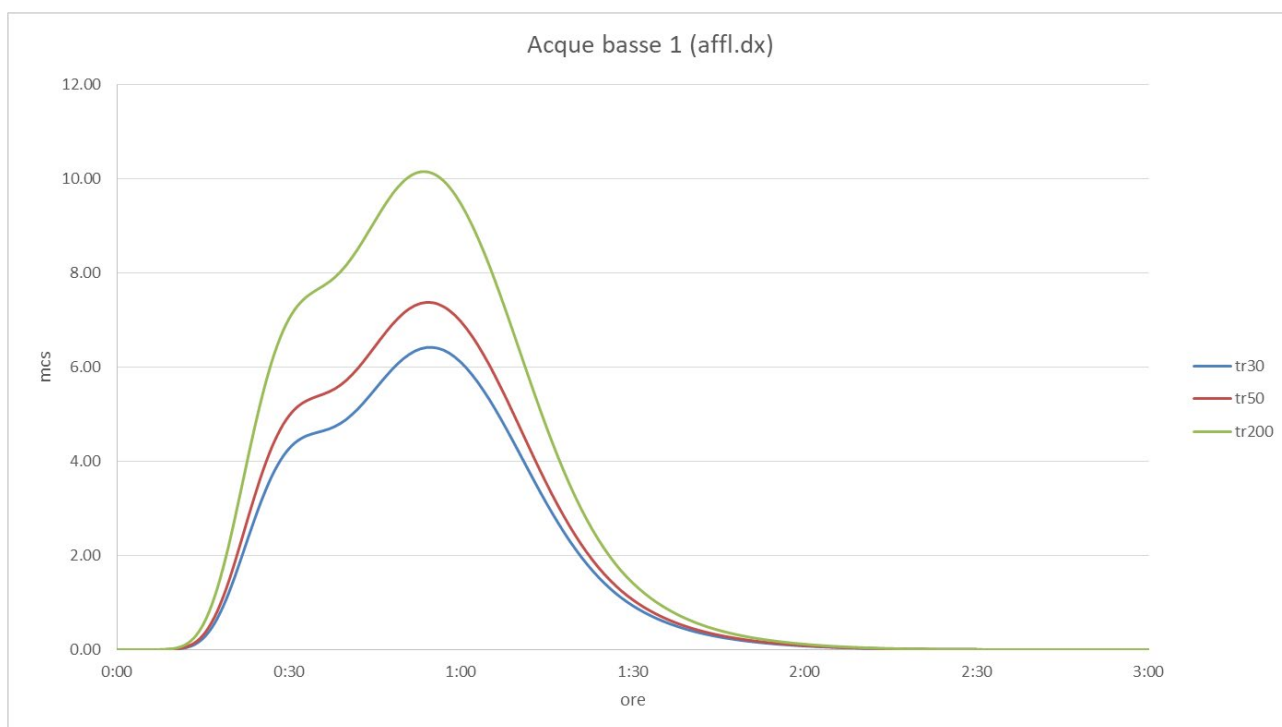


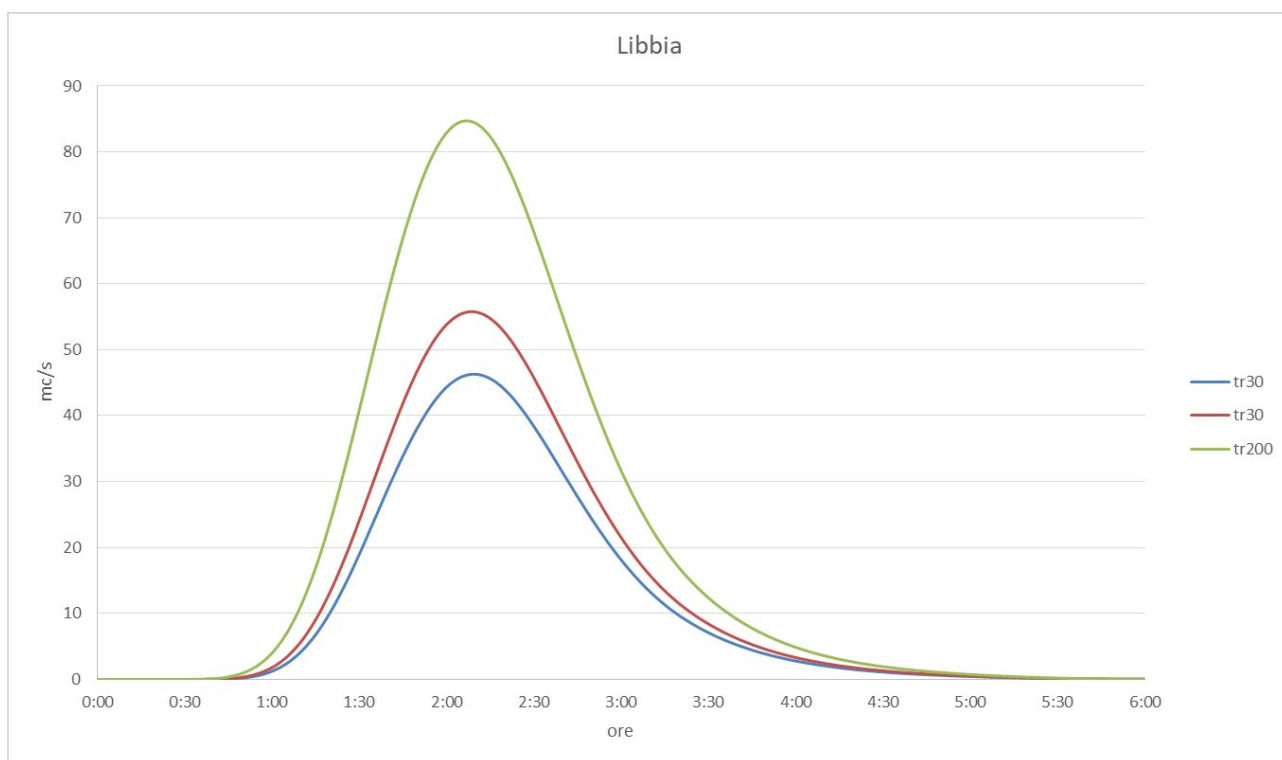
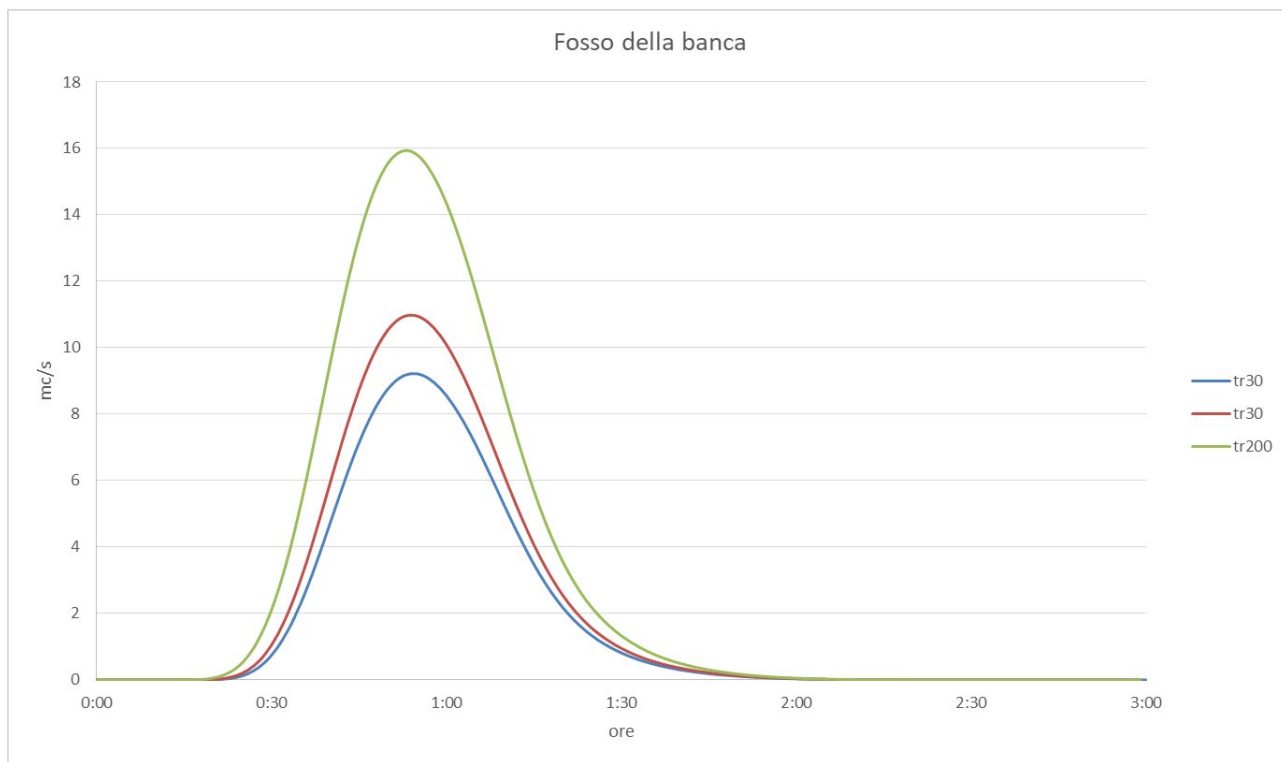


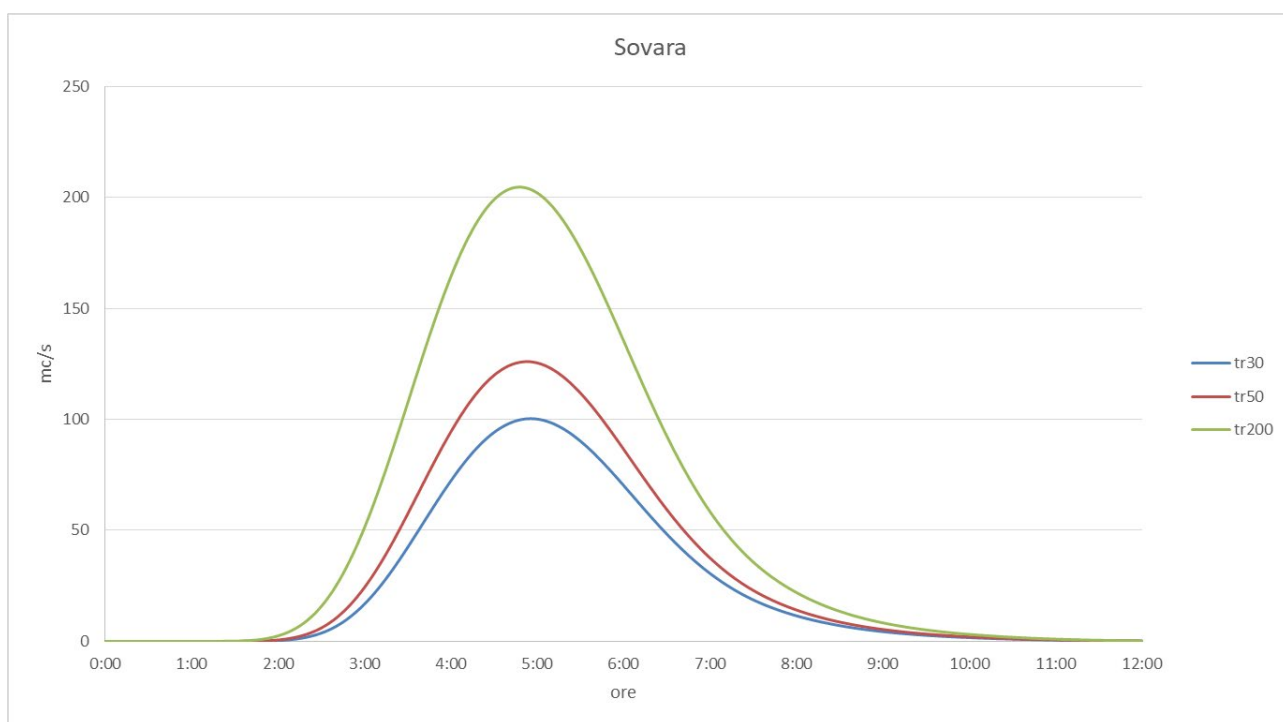
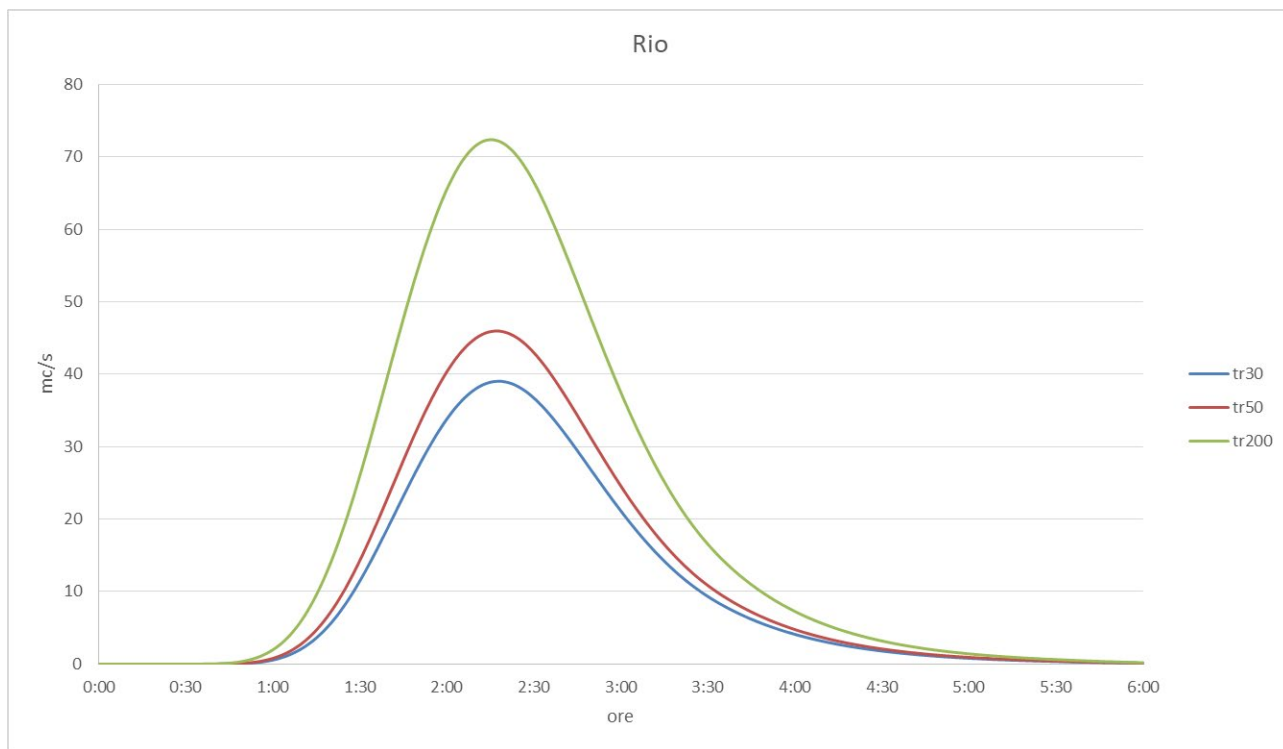
**Area oggetto di modellazione: Discarica di Centena**



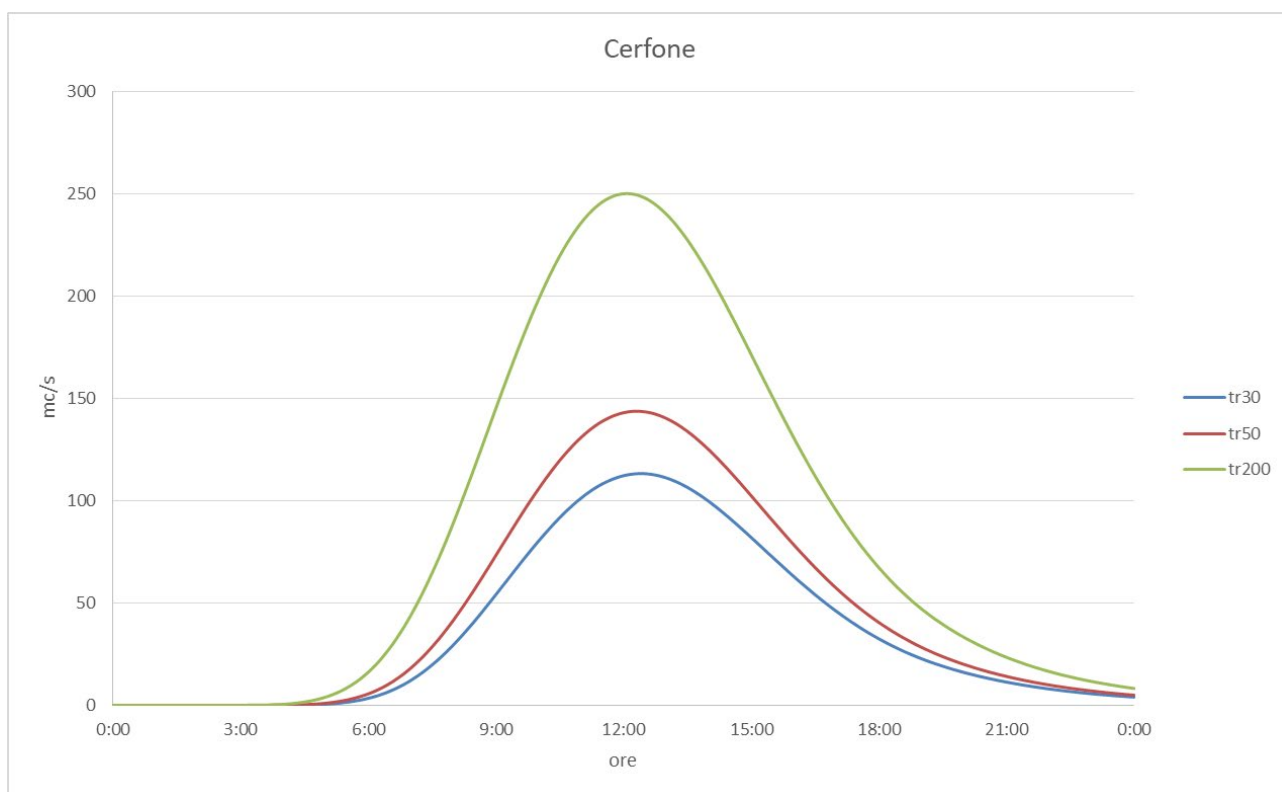
## Area oggetto di modellazione: Tavernelle



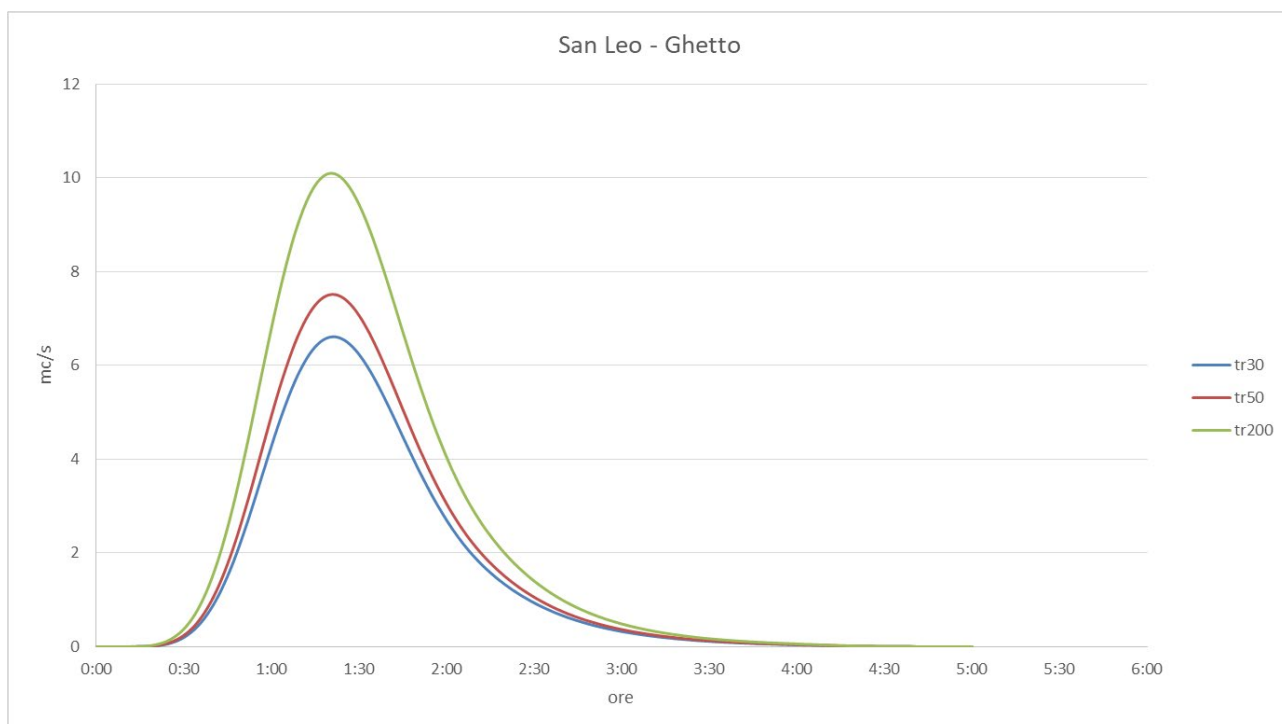


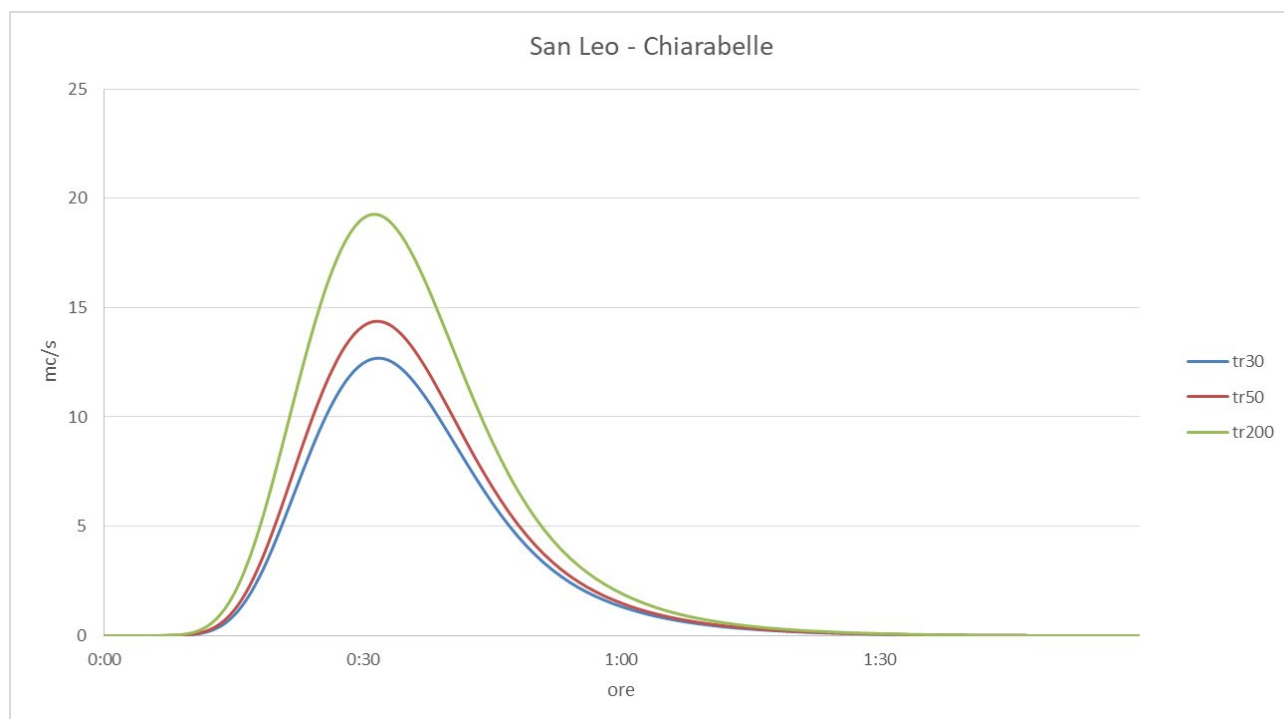


### Area oggetto di modellazione: Bagnaia



### Area oggetto di modellazione: San Leo





### **Area oggetto di modellazione: Molino di Catorcio**

La portata del corso d'acqua che transita al Molino di Catorcio è limitata a monte dalla presenza di una tubazione DN1200. L'idrogramma inserito come input idrologico è dunque una portata costante stimata come valore massimo transitabile all'interno della tubazione in condizioni di moto uniforme in pressione, pari a 6.5 mc/s.



### **ALLEGATO 3 – Risposte alle Osservazioni di natura idraulica**

PARERE REGIONE TOSCANA GENIO CIV. PROT. ARRIVO 6336 DEL 21/06/2021			
Punto	Richiesta	Risposta	Azione
1	Dalla lettura della relazione idraulica si evince che, diversamente da quanto previsto dal Regolamento 5/R/2020, è stata attribuita alla zona di fondovalle una pericolosità equivalente P3 ed una pericolosità equivalente P2 alle aree presidiate da sistemi arginali (peraltro non perimetrate sulle tavole). Si chiedono spiegazioni in merito alla scelta di tale attribuzione.	Le aree di fondovalle sono state revisionate individuando esclusivamente le aree definite dall'articolo 2, comma 1, lettera s) della l.r.41/2018 e le aree di cui al punto B.4 Allegato 1 DPGR 5/R/2020	Riorganizzate le tavole dei vincoli e della pericolosità idraulica per l'intero comune, modifica dei colori utilizzati per aumentare la leggibilità del dato
2	Si chiede di rendere leggibili le Tav.I01, I02A e I02B dal momento che la proposta di revisione del reticolo idrografico ha gli stessi colori del reticolo individuato ai sensi della D.C.R. 28/2020 e di perimetrare le aree presidiate dai sistemi arginali. Si chiede altresì di chiarire cosa si intende per aree suscettibili di alluvione riportate sulle stesse tavole.	Modificate legende, aggiunto specifico paragrafo con relativo allegato nella relazione idraulica.	
3	Si chiede di correggere il refuso relativo alla carta della magnitudo idraulica di Chiaveretto che corrisponde alla carta della pericolosità idraulica.	Corretto	Aggiornamento della tavola
4	Si chiede di denominare sulla legenda della carta della magnitudo le classi indicate con 1, 2 e 3 con la loro corretta nomenclatura (magnitudo moderata, severa e molto severa).	Le etichette delle magnitudo sono state modificate	Aggiornamento della tavola
18	Si chiede di produrre la carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali e quella delle aree ed elementi esposti a fenomeni geologici	Vengono prodotte le carte delle aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali	Produzione di nuove cartografie
22	Per tutte le schede a pericolosità idraulica si definiscano in linea generale, i criteri per l'analisi e il superamento delle situazioni in cui si prevede aggravio per le aree contermini in seguito alle trasformazioni urbanistiche previste (secondo art. 8 e seguenti della L.R. 41/2018). I criteri dovranno essere riportati su ciascuna scheda di fattibilità, soggetta a pericolosità idraulica, secondo la specificità del sito.	Le schede sono state revisionate, specificando la possibilità di edificare sulle aree a diversa soggezione idraulica e indicando gli eventuali criteri a livello di fattibilità	Revisione della parte idraulica delle schede interessate da vincoli idraulici o fenomeni di pericolosità idraulica
23	Relativamente alla scheda di fattibilità B3.7 di Anghiari si chiede di modificare la prescrizione riportata per la fascia dei 10 m dal corso d'acqua non ritenendo corretto quanto indicato dal momento che la trasformazione edilizia non è consentita in tale zona. Precisare quindi che l'edificio deve essere esterno alle fasce dei 10 m.	Scheda revisionata in base alle indicazioni	
24	Sulla scheda C1.1 di Anghiari mancano le prescrizioni per la fascia dei 10 m e deve essere dettagliato con maggiore precisione il non aggravio per la porzione in P2 che interessa in maniera marginale la scheda. Si rileva altresì che la porzione in P3 è interamente inclusa nella fascia dei 10 m dal corso d'acqua e pertanto inedificabile. Si chiede quindi di correggere quanto riportato sulla prescrizione dal momento che in tale zona non è possibile costruire neanche previa realizzazione e collaudo di opere idrauliche	Scheda revisionata in base alle indicazioni	
25	Per tutte le altre schede interessate da una pericolosità P3 (D3.2 ad Anghiari, D3.7 e D3.8 a San Leo, B3.1 a Tavarnelle) si chiede di rivedere le prescrizioni riportate dal momento che gli interventi strutturali, se ritenuti necessari, devono essere già individuati e definiti in questa fase di Piano Operativo, altrimenti le schede non sono attuabili e devono essere stralciate. Si rileva comunque che queste previsioni sono interessate da una magnitudo moderata e pertanto ai sensi dell'art. 11, comma 1, punto b) della L.R. 41/2018 è possibile metterle in sicurezza mediante la sopraelevazione con un adeguato franco e dimostrazione del non aggravio del rischio nelle aree contermini	Scheda revisionata in base alle indicazioni	
26	Sulla scheda D3.8 mancano le prescrizioni per i 10 m.	Scheda revisionata in base alle indicazioni	
27	Scheda B3.3 e B3.8 precisare che l'edificazione deve essere esterna alla fascia dei 10 m e ridefinire la pericolosità e fattibilità idraulica mediante uno studio idraulico del Fosso della Motina non oggetto di modellazione.	È stato eseguito specifico rilievo topografico e modellazione idraulica del fosso di Carletto nell'abitato di Motina	
28	La scheda B3.2 di Tavarnelle ricade anche in P1 prevalente, correggere la scheda.	Scheda revisionata in base alle indicazioni	

31	Nella relazione urbanistica redatta a supporto del Piano Operativo sono indicati due obiettivi relativi alla individuazione di interventi necessari alla messa in sicurezza geomorfologica dell'abitato di Ponte alla Piera ed il superamento del rischio idraulico in loc. Chiaveretto mediante interventi di regimazione, ma nessuno dei due è stato individuato.	L'indicazione era un refuso che è stato eliminato	Aggiornata la Relazione Urbanistica
----	---	---	-------------------------------------

**PARERE AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE PROT. ARRIVO 5021 DEL 24/05/2021**

Punto	Richiesta	Risposta	Azione
-	<p>Per quanto attiene alle previsioni urbanistiche, per le problematiche idrauliche si evidenzia a codesto ente che dovrà essere verificata la conformità con quanto segue:</p> <p>- gli artt. 8, 10, 11 e 19 delle norme del PGRA dettano "indirizzi" per la formazione degli strumenti di governo del territorio;</p> <p>- ai sensi dell'art. 7 comma 3 delle norme del PGRA del Distretto dell'Appennino Settentrionale nelle aree a pericolosità da alluvione "P3" non sono consentite previsioni di nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali, previsioni di nuove aree destinate alla realizzazione di impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 e previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi e volumi interrati.</p>	<p>Gli indirizzi erano già generalmente recepiti nelle Relazione Urbanistica e nella Relazione Idraulica, specie in riferimento al divieto di edificazione dei sottopassi e volumi interrati in aree "P3". Si ribadisce tuttavia il concetto nella stesura aggiornata.</p>	<p>Si ribadiscono meglio i concetti nella stesura aggiornata della relazione.</p>
2	<p>In relazione al citato Piano di Gestione delle Acque, sul territorio in esame è individuato il Corpo idrico sotterraneo delle Arenarie di Avanfossa della Toscana nord-orientale - zona dorsale appenninica, in stato quantitativo e chimico buono (con obiettivo del suo mantenimento), e il Torrente Chiassaccia in stato ecologico sufficiente (obiettivo dello stato buono al 2021) e stato chimico buono (obiettivo del suo mantenimento).</p> <p>Si ricorda che il PGA è lo strumento, previsto dalla Direttiva 2000/60/CE, con il quale vengono fissati gli obiettivi di non deterioramento e di raggiungimento del buono stato per i corpi idrici superficiali (stato ecologico e stato chimico) e per i corpi idrici sotterranei (stato quantitativo e stato chimico). Rispetto al PGA non è prevista l'espressione di parere dell'Autorità sugli strumenti di pianificazione del territorio; tuttavia, si ricorda che i contenuti degli strumenti in oggetto e gli effetti attesi dovranno risultare coerenti con gli stati di qualità e gli obiettivi dei corpi idrici superficiali e sotterranei individuati. In particolare, si dovrà garantire che l'attuazione delle previsioni non determini impatti negativi sui corpi idrici superficiali e sotterranei potenzialmente interessati, verificando che esse non siano causa in generale di alcun deterioramento del loro stato qualitativo o quantitativo, né siano causa del non raggiungimento degli obiettivi di qualità.</p>	<p>Gli obiettivi suggeriti erano stati oggetto di attenzione da parte dei Progettisti. Si ribadisce tuttavia il concetto nella stesura aggiornata.</p>	

**OSSERVAZIONE PROT. ARRIVO 6253 DEL 17/06/2021**

Punto	Richiesta	Risposta	Azione
-	<p>Il gruppo di case in questione si localizza in un'area altamente pericolosa, trovandosi proprio sull'argine del torrente Sovara; tuttavia, quest'area non viene inclusa nelle aree trattate dalle tavole di dettaglio della pericolosità idraulica del nuovo Piano Strutturale (rimane appena fuori dal perimetro dell'area di dettaglio).</p> <p>Nel precedente piano, invece, l'area in oggetto era ben identificata nella tavola della pericolosità idraulica ed indicata come tra le "aree a pericolosità idraulica elevata – interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30e200 anni". Il nuovo piano risulta dunque manchevole di indicazioni di tipo idro-geologico su un'area estremamente delicata che invece avrebbe bisogno di particolari specifiche anche per intervenire sui fabbricati esistenti che risentono della vicinanza al torrente.</p>	<p>L'assenza di pericolosità di dettaglio è dovuta ai risultati di una modellazione idraulica bidimensionale basata sulla cartografia Lidar che rispecchia correttamente la morfologia territoriale.</p> <p>Nella presente stesura, in coerenza con le risposte fornite alle Osservazioni del Genio Civile della Regione Toscana, parte dell'area è stata inserita nelle zone soggette ai disposti di cui dall'articolo 2, comma 1, lettera s) della l.r.41/2018, rimanendo comunque esclusa dalla pericolosità idraulica di dettaglio.</p>	<p>Revisione cartografia</p>

