

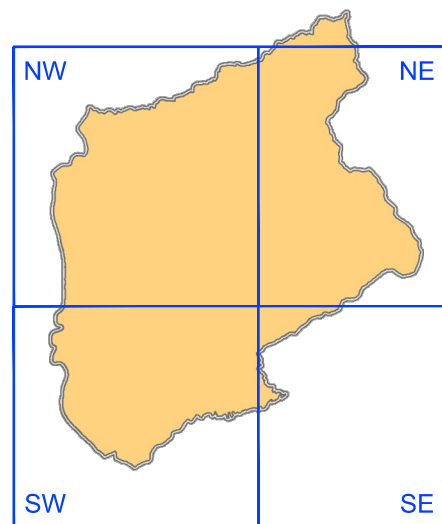


# COMUNE DI REGGELLO

PROVINCIA DI FIRENZE

## INDAGINI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI SUPPORTO AL PIANO OPERATIVO CON AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DEL PIANO STRUTTURALE

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA Relazione R.I01



Professionista incaricato:  
Ing. David Settesoldi

Emesso: marzo 2020 Aggiornamento: giugno 2020	Revisionato:	Adottato con	Approvato con:
--	--------------	--------------	----------------



VIA ANDREA DEL CASTAGNO, 8  
50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P. IVA 02287880484



PHYSIS DIVISIONE WEST SYSTEMS  
SEDE VIALE DONATO GIANNOTTI  
50126 FIRENZE  
Tel. 055.461429 Fax 055.6580564  
P. IVA 01071300501



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
1.1	ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO .....	7
<b>2</b>	<b>IL QUADRO CONOSCITIVO</b> .....	<b>8</b>
2.1	GLI STUDI ESISTENTI .....	8
2.2	I DATI TERRITORIALI .....	8
2.3	I RILIEVI TOPOGRAFICI .....	9
2.4	DATI AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE .....	10
<b>3</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI IDRAULICA</b> .....	<b>27</b>
4.1	DEFINIZIONE DEI CORSI D'ACQUA OGGETTO DI STUDIO .....	27
4.2	GLI ELEMENTI DEL MODELLO IDRAULICO .....	28
4.3	AREE BIDIMENSIONALI .....	29
4.4	DURATE VERIFICHE IDRAULICHE .....	32
4.5	PARAMETRI DEL MODELLO IDRAULICO .....	32
4.5.1	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE E CONTRIBUTI IDROLOGICI</i> .....	32
4.5.2	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE</i> .....	32
4.5.3	<i>PERDITE PER ESPANSIONE E CONTRAZIONE</i> .....	32
4.5.4	<i>CONNESSIONI IDRAULICHE</i> .....	32
4.5.5	<i>SCABREZZE DEI CORSI D'ACQUA</i> .....	33
4.5.6	<i>PASSO TEMPORALE E DURATA DELLA MODELLAZIONE</i> .....	33
4.5.7	<i>CONDIZIONI AL CONTORNO PER IL FIUME ARNO</i> .....	33
<b>5</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE</b> .....	<b>34</b>
5.1	PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA .....	35
5.2	PERIMETRAZIONE DELLA MAGNITUDO IDRAULICA .....	35
<b>A.</b>	<b>APPENDICE</b> .....	<b>36</b>
	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	36

## ELENCO FIGURE

Figura 1-1 – Localizzazione tratti studio .....	6
Figura 2-1 – Sezioni fluviali di studio .....	10
Figura 3-1 – Immissione nei tratti oggetto di studio .....	11
Figura 3-2 – Mappa tempi di trasferimento .....	12
Figura 3-3 – Uso del suolo per il calcolo di la .....	13
Figura 3-4 – Geolitologia .....	15
Figura 3-5 – Parametro a delle curve di possibilità pluviometrica 2012 .....	16
Figura 3-6 – Parametro n delle curve di possibilità pluviometrica 2012 .....	17
Figura 3-7 – Parametro m delle curve di possibilità pluviometrica 2012 .....	17
Figura 3-8 – Topoietai.....	19
Figura 3-9 – Idrogrammi immissioni Tr=30 anni (IMI096 – IMI112).....	23
Figura 3-10 – Idrogrammi immissioni Tr=200 anni (IMI096 – IMI112) .....	24
Figura 3-11 – Idrogrammi immissioni Tr=500 anni (IMI096 – IMI112) .....	24
Figura 3-12 – Idrogrammi immissioni Tr=30 anni (IMI086 – IMI095) .....	25
Figura 3-13 – Idrogrammi immissioni Tr=20 anni (IMI086 – IMI095) .....	25
Figura 3-14 – Idrogrammi immissioni Tr=500 anni (IMI086 – IMI095) .....	26
Figura 4-1 – Copertura del suolo del modello bidimensionale .....	31
Figura A-1 – Localizzazione foto .....	36
Figura A-2 – Foto affluente Leccio - AL1 .....	37
Figura A-3 – Foto affluente Leccio - AL2 .....	37
Figura A-4 – Foto affluente Leccio - AL3 .....	37
Figura A-5 – Foto Fosso Borraccino - FB1 .....	37
Figura A-6 – Foto Fosso Borraccino - FB2 .....	37
Figura A-7 – Foto Fosso Borraccino - FB3 .....	37
Figura A-8 – Foto Fosso Poderino - GP1 .....	38
Figura A-9 – Foto Fosso Poderino - GP2 .....	38
Figura A-10 – Foto Fosso Poderino - GP3 .....	38
Figura A-11 – Foto Fosso Poderino - GP4 .....	38
Figura A-12 – Foto Fosso Poderino - GP5 .....	38
Figura A-13 – Foto Fosso Poderino - GP6 .....	38
Figura A-14 – Foto Fosso Podere Cappella - GP7 .....	39
Figura A-15 – Foto Fosso Podere Cappella - GP8 .....	39
Figura A-16 – Foto Fosso Podere Cappella - GP9 .....	39
Figura A-17 – Foto Fosso Podere Cappella - GP10 .....	39
Figura A-18 – Foto Fosso Podere Cappella - GP11 .....	39
Figura A-19 – Foto Fosso Podere Cappella - GP12 .....	39

## ELENCO TABELLE

Tabella 3-1 – Valori di $I_a$ per i diversi usi del suolo .....	13
Tabella 3-2 – Valori del $K_s$ per le diverse formazioni .....	14
Tabella 3-3 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica .....	18
Tabella 3-4 – Parametri del modello ALTO per i bacini .....	20
Tabella 3-5 – Parametri del modello ALTO per i sottobacini.....	20
Tabella 3-6 – Risultati del modello ALTO per i bacini .....	22
Tabella 3-7 – Aree e durate per il calcolo dei vari scenari.....	23
Tabella 4-1 – Corsi d’acqua modello n.1 .....	27
Tabella 4-2 – Corsi d’acqua modello n.2 .....	27
Tabella 4-3 – Corsi d’acqua modello n.3 .....	27
Tabella 4-4 – Caratteristiche aree bidimensionali affluenti Fiume Arno .....	29
Tabella 4-5 – Caratteristiche aree bidimensionali Fiume Arno .....	30
Tabella 4-6 – Scabrezze aree bidimensionali.....	30
Tabella 4-7 – Durate verifiche idrauliche .....	32

## ELENCO ELABORATI IDROLOGICI-IDRAULICI

### *Relazioni*

R.I01 — Relazione idrologica e idraulica

### *Allegati*

A.I01 — Tabulati verifiche idrauliche

A.I02 — Profili longitudinali

A.I03 — Sezioni fluviali

A.I04 — Elaborazioni Tornia

### *Elaborati grafici*

T.I01a — Planimetria modello idraulico Arno

T.I01b — Planimetria modello idraulico affluenti Arno

T.I02a — Battenti idrometrici di esondazione  $Tr=30$  anni - Foglio NW

T.I02b — Battenti idrometrici di esondazione  $Tr=30$  anni - Foglio SW

T.I03a — Battenti idrometrici di esondazione  $Tr=200$  anni - Foglio NW

T.I03b — Battenti idrometrici di esondazione  $Tr=200$  anni - Foglio SW

T.I04a — Velocità di propagazione delle esondazioni  $Tr=30$  anni - Foglio NW

T.I04b — Velocità di propagazione delle esondazioni  $Tr=30$  anni - Foglio SW

T.I05a — Velocità di propagazione delle esondazioni  $Tr=200$  anni - Foglio NW

T.I05b — Velocità di propagazione delle esondazioni  $Tr=200$  anni - Foglio SW

T.I06a — Aree inondabili - Foglio NW

T.I06b — Aree inondabili - Foglio SW

T.I07a — Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R - Foglio NW

T.I07b — Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R - Foglio SW

T.I08a — Pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. - Foglio NW

T.I08b — Pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. - Foglio SW

T.I09a — Magnitudo idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 - Foglio NW

T.I09b — Magnitudo idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 - Foglio SW

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione idrologica e idraulica di supporto al Piano Operativo con aggiornamento del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del comune di Reggello (FI).

Questa relazione è aggiornata rispetto alla prima emissione a seguito di un'integrazione volontaria da parte del comune di Reggello con particolare riferimento al torrente Resco, in considerazione al completamento della cassa di Pizziconi, e al Tornia, in considerazione dell'aggiornamento cartografico dell'area in sponda destra.

Allo stato attuale per il territorio comunale sono disponibili una serie di studi relativi sia alla valutazione della pericolosità idraulica sia alla definizione e alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza.

In particolare si ricordano:

- Studio idrologico e Idraulico nel Comune di Reggello a supporto dell'attività di revisione del Piano Strutturale, redatto dagli scriventi (maggio 2016)
- Regione Toscana, "I Stralcio/III lotto – Cassa d'espansione Restone e sistemazione del reticolo idraulico di pertinenza. Stralcio n. 2". Accordo di programma D.M. n. 550 25/11/2015. Progetto definitivo (marzo 2019)
- Studio idrologico idraulico con definizione delle pericolosità idrauliche per l'area posta a nord dell'abitato di Matassino nel comune di Reggello ai sensi della LR41 e del Regolamento Regionale 53R, redatto da Hydrogeo Ingegneria S.r.l. (Marzo 2020)
- Studio idrologico e idraulico di verifica della pericolosità idraulica in località Fagiolo nel Comune di Reggello, redatto dagli scriventi (Settembre 2018).

Il presente studio, redatto in ottemperanza a quanto previsto dal D.P.G.R. n.53/R/2011, dal P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvioni) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e dalla L.R. 41/2018, costituisce un aggiornamento di quelli precedenti.

I corsi d'acqua modellati nel presente studio idrologico-idraulico sono:

- Affluente del Leccio in sinistra idraulica;
- Fosso Borraccino;
- Fosso situato in località Poderino (indicato nei paragrafi successivi come Fosso Poderino);
- Fosso situato in località Podere Cappella (indicato nei paragrafi successivi come Fosso Podere Cappella)
- Borro di Colmate e il rispettivo diversivo.
- tratto terminale del torrente Resco a valle della confluenza in località Vaggio

Si riporta in Figura 1-1 la localizzazione dei tratti di corsi d'acqua oggetto di studio.

La modellistica idrologica adottata (software ALTO) è costituita da un modello messo a punto dalla Regione Toscana per la regionalizzazione delle portate di piena, in linea con quanto già redatto nello studio a supporto dell'attività di revisione del Piano Strutturale a maggio 2016.

La modellistica idraulica (software HEC-RAS 5.0.6) è costituita da un modello idraulico in moto vario monodimensionale sulle aste fluviali e bidimensionale nelle aree inondabili.

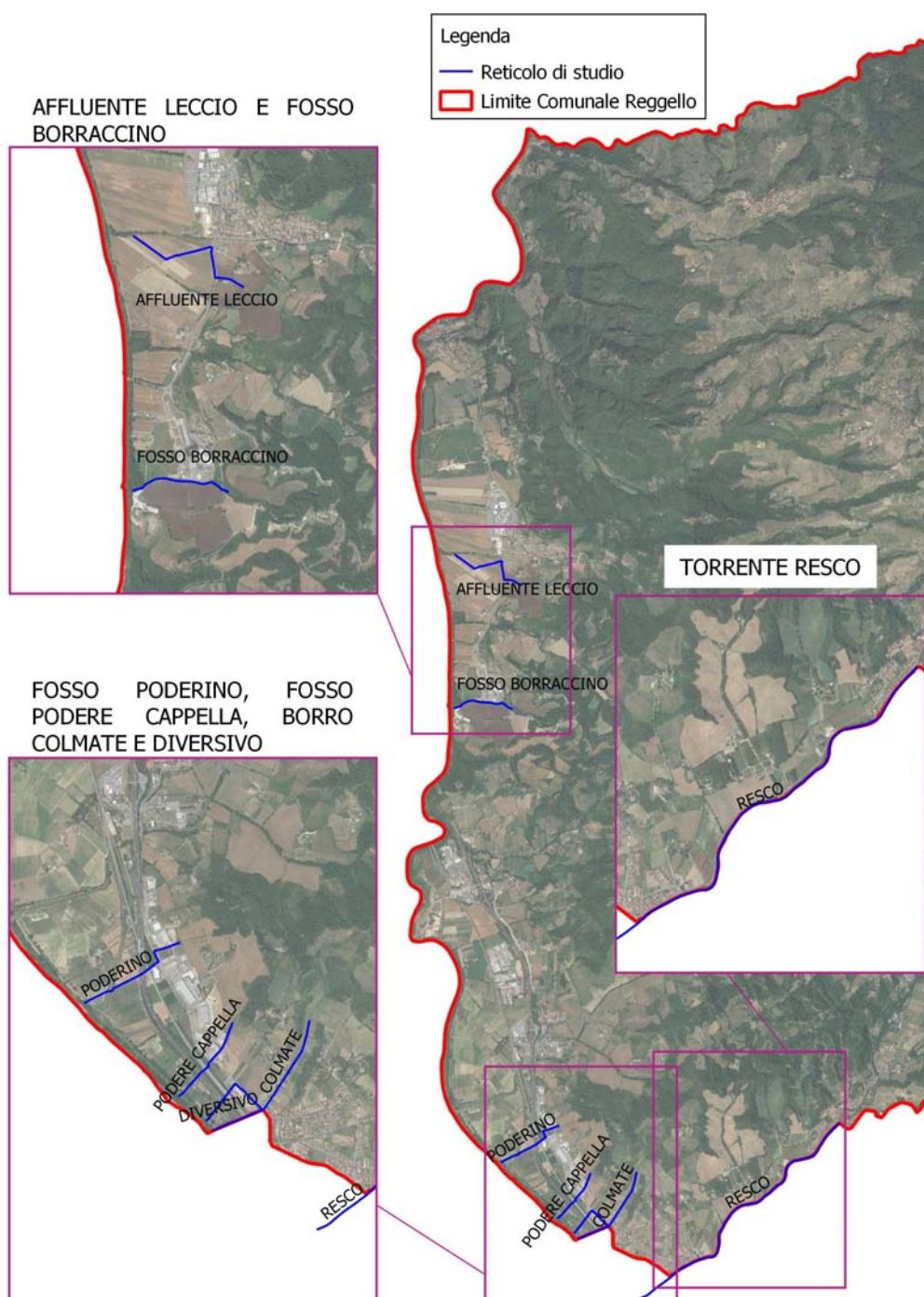


Figura 1-1 – Localizzazione tratti studio



## 1.1 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Nella presente relazione idrologica e idraulica si riportano la metodologia ed i risultati ottenuti, secondo la seguente articolazione:

**FASE 1 – definizione del quadro conoscitivo:** in tale fase sono acquisiti ed esaminati gli studi, la documentazione e i dati disponibili riguardanti il reticolo idrografico considerato. In particolare sono acquisiti i rilievi topografici più recenti;

**FASE 2 – analisi idrologica:** per il sistema idrografico studiato costituito dagli affluenti del Fiume Arno sono state valutate le portate al colmo e gli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

**FASE 3 – analisi idraulica:** la modellazione degli eventi di piena degli affluenti è eseguita attraverso un modello di moto vario, per la stima dei livelli idrici nelle sezioni fluviali e delle eventuali insufficienze idrauliche, accoppiato ad un modello bidimensionale per la stima dei battenti di esondazione all'interno del territorio comunale. Le verifiche idrauliche sugli affluenti del Fiume Arno oggetto di studio sono condotte per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni e per le varie durate fissate nell'analisi idrologica.

La modellazione del Fiume Arno, condotta al fine di ottenere i battenti idrometrici e le velocità di esondazione per la redazione della carta della magnitudo idraulica, è invece eseguita mediante un modello idraulico bidimensionale per le durate di 12, 18, 24 e 36 ore e per tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

**FASE 4 – valutazione delle aree inondabili e della pericolosità idraulica:** sulla base dei battenti idrici ottenuti dal modello bidimensionale sono individuate le aree inondabili, le aree a diversa pericolosità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R/2011, la magnitudo idraulica ai sensi della L.R.41/2018 e la pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A.

Nella presente relazione si descriveranno le attività relative all'analisi idrologica e idraulica dello stato attuale e alla conseguente valutazione delle aree inondabili, della pericolosità idraulica e della magnitudo idraulica.

## 2 IL QUADRO CONOSCITIVO

### 2.1 GLI STUDI ESISTENTI

Nel presente lavoro sono stati consultati i seguenti studi idrologici e idraulici:

- [1] Studio idrologico e Idraulico nel Comune di Reggello a supporto dell'attività di revisione del Piano Strutturale, redatto dagli scriventi (maggio 2016)
- [2] Regione Toscana, "I Stralcio/III lotto – Cassa d'espansione Restone e sistemazione del reticolo idraulico di pertinenza. Stralcio n. 2". Accordo di programma D.M. n. 550 25/11/2015. Progetto definitivo (marzo 2019)
- [3] Studio idrologico idraulico con definizione delle pericolosità idrauliche per l'area posta a nord dell'abitato di Matassino nel comune di Reggello ai sensi della LR41 e del Regolamento Regionale 53R, redatto da Hydrogeo Ingegneria S.r.l. (Marzo 2020).
- [4] Studio idrologico e idraulico di verifica della pericolosità idraulica in località Fagiolo nel Comune di Reggello, redatto dagli scriventi (Settembre 2018).

Si riportano nell'elaborato A.I04 un estratto delle elaborazioni svolte nell'ambito dello studio [4].

Il presente studio idrologico ha fatto riferimento, inoltre, ai seguenti studi:

- [5] "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B1 - Regionalizzazione precipitazioni", studio redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per lo sviluppo di attività di ricerca sulla mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico (Caporali E., Chiarello V. e Rossi G., marzo 2014);
- [6] "Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: Parametrizzazione HMS. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B2 – Modellazione idrologica caso pilota", redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per lo sviluppo di attività di ricerca sulla mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico (Castelli F., novembre 2014).

### 2.2 I DATI TERRITORIALI

Per la redazione dello studio sono stati acquisiti i seguenti dati:

- Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10000 e 1:2000 in formato vettoriale;
- Modello digitale del terreno elaborato nello studio [1]. A tal proposito si specifica che in quest'ultimo studio era stato acquisito il rilievo lidar 1mx1m fornito dalla Regione Toscana ove disponibile e integrato nell'area mancante, nelle zone comprese fra la sponda destra del Torrente Leccio e il bacino del Fosso S. Carlino. In quest'ultime zone il modello digitale del terreno era stato ricavato dalla cartografia scala 1:2000 aggiornata fornita dal Comune di Reggello come punti quotati, curve di livello ed edifici e rilievo GPS dell'area dell'Outlet "The Mall". Tale porzione di modello digitale del terreno era stato poi raccordato in corrispondenza del bordo con i rilievi Lidar.

## 2.3 I RILIEVI TOPOGRAFICI

Le sezioni fluviali sono state ricavate dalle seguenti fonti:

- Studio [1] per le sezioni del borro di Colmate e del rispettivo diversivo.
- Studio [3] per le sezioni del torrente Resco nel tratto modellato dal suddetto studio, mentre sono ricavate dallo studio [1] le sezioni del tratto a monte fino alla confluenza in località Vaggio.
- Rilievo topografico specifico per i restanti corsi d'acqua analizzati nel presente studio, i quali non erano stati rilevati e quindi modellati nello studio [1].

Si riporta nell'Appendice A la documentazione fotografica redatta in sede di rilievo nel febbraio 2020 utile a descrivere lo stato attuale dei luoghi.

Si riporta in Figura 2-1 un estratto delle sezioni fluviali oggetto di studio.

Complessivamente sono state acquisite 379 sezioni, le quali sono state successivamente interpolate a distanza variabile ai fini della modellazione idraulica.

La localizzazione delle sezioni sono riportati nell'elaborato T.I01b, mentre i profili longitudinali e le sezioni fluviali sono riportati rispettivamente negli allegati A.I02 e A.I03.

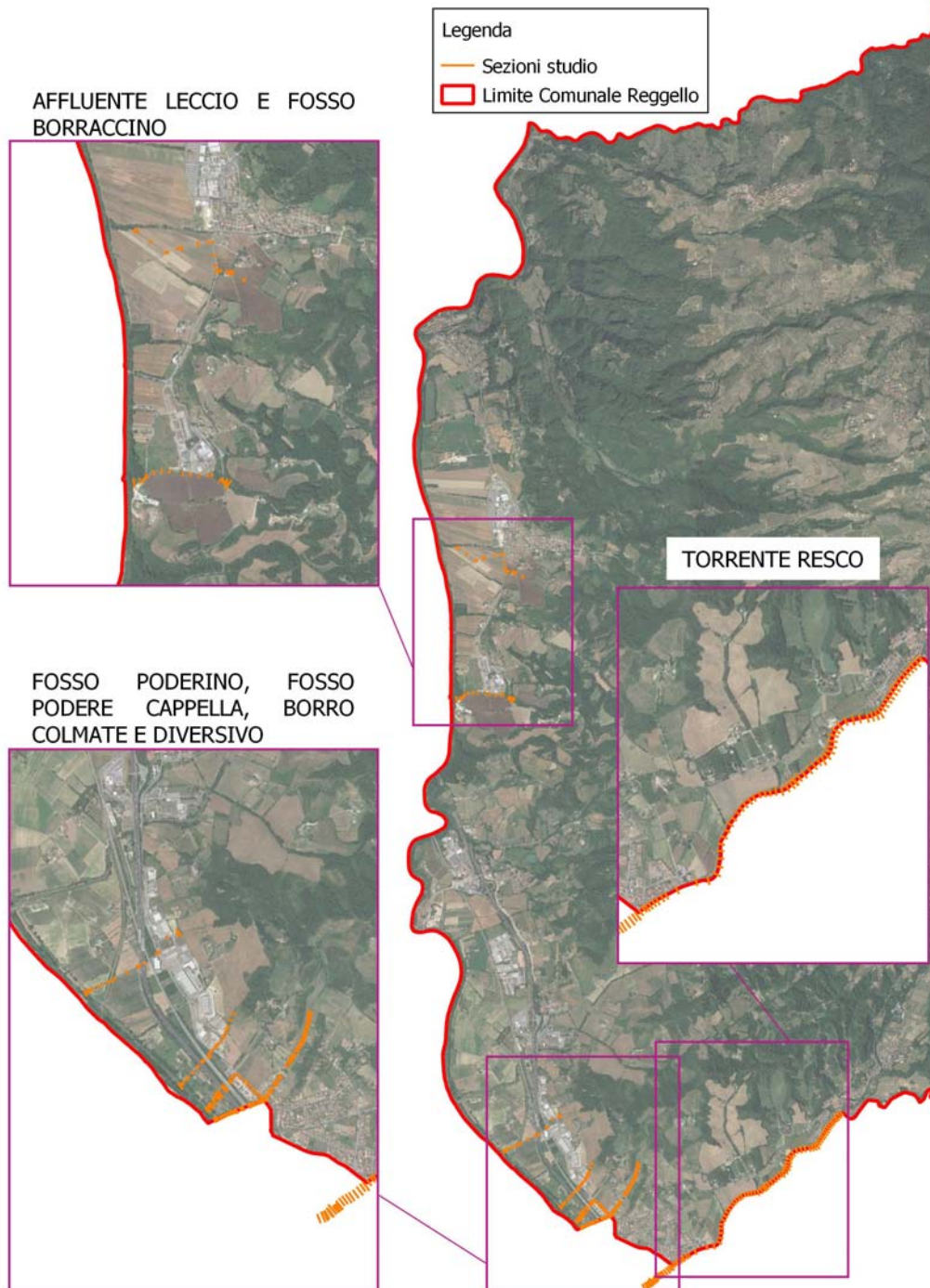


Figura 2-1 – Sezioni fluviali di studio

## 2.4 DATI AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Sono state fornite dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale le perimetrazioni della pericolosità idraulica nel Comune di Reggello. Il presente studio realizza un aggiornamento di tale mappa relativamente agli affluenti del Fiume Arno modellati secondo le modalità descritte nel paragrafo 5.1.



### 3 ANALISI IDROLOGICA

Obiettivo dell'analisi idrologica è fornire gli idrogrammi di piena per i bacini oggetto del presente studio.

L'analisi idrologica è condotta mediante l'applicazione di un modello ALTO messo a punto dalla Regione Toscana per la regionalizzazione delle portate di piena.

Le condizioni di portata sugli affluenti del fiume Arno sono determinate con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Le immissioni nel sistema idraulico sono riportate nella Figura 3-1.

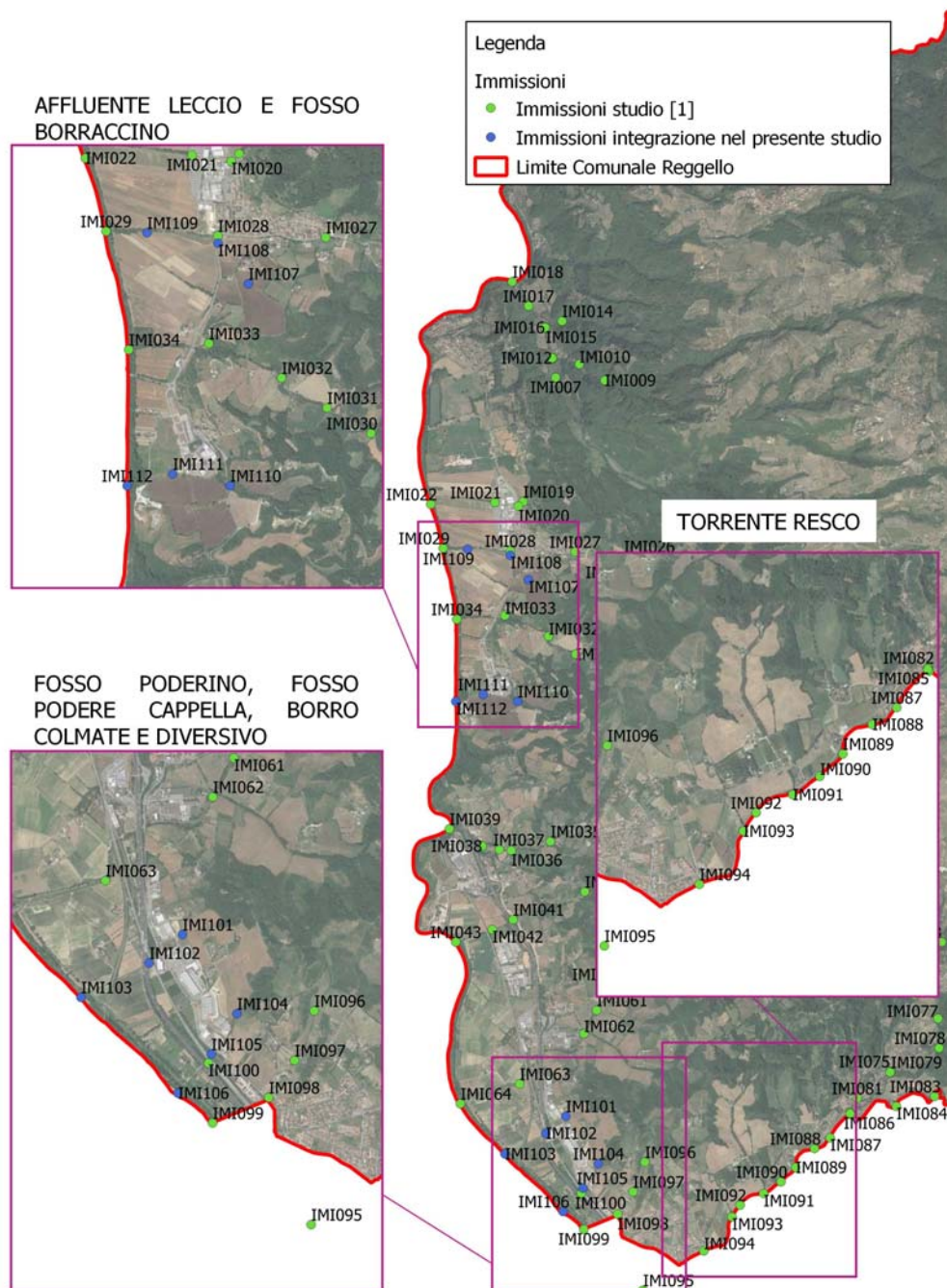


Figura 3-1 – Immissione nei tratti oggetto di studio

I parametri del modello sono  $n$  e  $k$  di Nash  $l_a$  e  $K_s$  e curve di possibilità pluviometrica.

I bacini afferenti sono stati calcolati in automatico a partire dal modello digitale del terreno con passo 10mx10m della Regione Toscana e il reticolo idrografico approvato con la L.R. n.79 del 27 dicembre 2012 attraverso il calcolo della mappa dei puntatori idrologici e degli ordini di calcolo, in linea con quanto redatto nello studio [1].

I parametri  $n$  e  $k$  sono stati calcolati a partire dal valore di  $Tl=n*k$  assumendo una velocità di trasferimento costante nel bacino pari a 1.1 m/s.

Nella Figura 3-2 si riporta la mappa dei tempi di trasferimento alla sezione di chiusura.

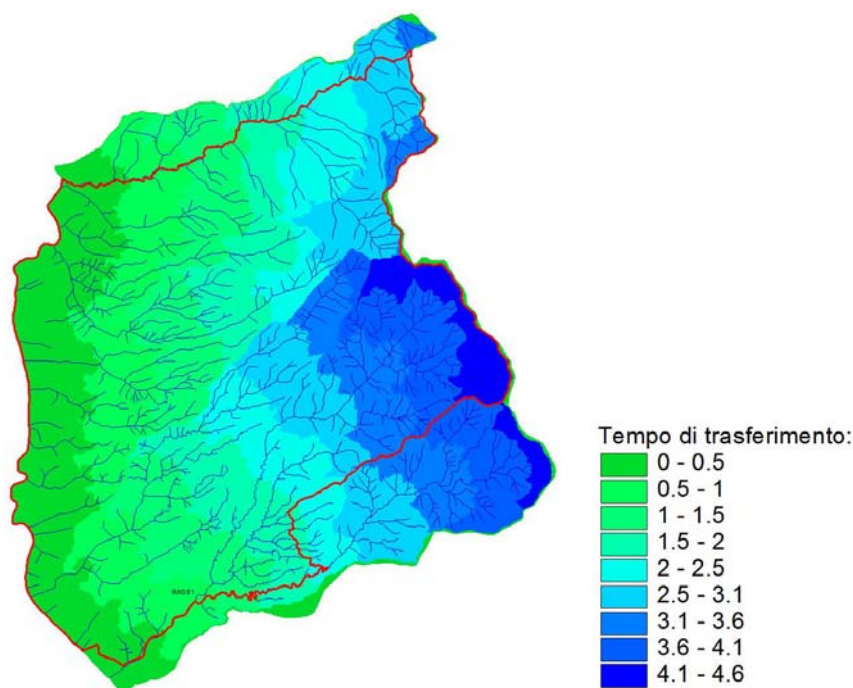


Figura 3-2 – Mappa tempi di trasferimento

Il parametro  $n$  è stato assunto pari a 2.44, pari alla media dei valori calcolati con ALTO per i bacini di interesse, in linea con quanto redatto nello studio [1].

I parametri  $l_a$  e  $K_s$  sono stati valutati secondo la metodologia proposta nel modello ALTO utilizzando la carta della geologia e dell'uso del suolo della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in linea con quanto redatto nello studio [1].

Il parametro  $l_a$  è stato calcolato in funzione della superficie boscata presente nel bacino secondo la relazione  $l_a = 3.3 + 22 P_{sb}$  secondo la legenda riportata nella Tabella 3-1 relativa alla cartografia della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in linea con quanto redatto nello studio [1].

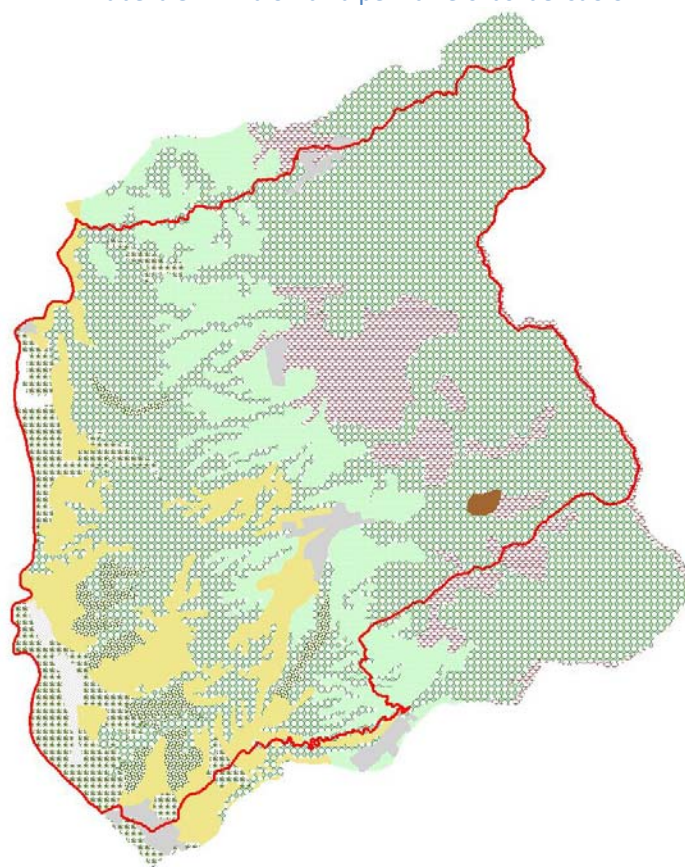
L'uso del suolo dei bacini per il calcolo di  $l_a$  è riportato in Figura 3-3.

Il parametro  $K_s$  è stato calcolato a partire dalla geolitologia del bacino secondo la legenda riportata nella Tabella 3-2 relativa alla cartografia della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in linea con quanto redatto nello studio [1].

La geolitologia è riportata in Figura 3-4.

CODICE	DESCRIZIONE	IA
11	Zone urbanizzate	3.3
12	Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	3.3
13	Zone estrattive , discariche e cantieri	3.3
14	Zone verdi artificiali non agricole	3.3
21	Seminativi	3.3
22	Colture permanenti	3.3
23	Prati stabili	3.3
24	Zone agricole eterogenee	3.3
31	Zone boscate	25.3
32	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	3.3
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente	3.3
51	Acque continentali	3.3

Tabella 3-1 – Valori di Ia per i diversi usi del suolo



Uso del suolo:

- Tessuto urbano continuo
- Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione
- Zone verdi artificiali non agricole
- Seminativi
- Colture permanenti
- Prati stabili
- Zone agricole eterogenee
- Zone boscate
- Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea
- Zone aperte con vegetazione rada o assente
- Acque continentali

Figura 3-3 – Uso del suolo per il calcolo di Ia



CODICE	DESCRIZIONE	KS [mm/h]
aC	("arenarie di Monte Cervarola"); arenarie turbiditiche quarzoso-feldspatiche a grana fine, in strati sottili; talora lenti di selci (sel) Aquitaniano-Langhiano superiore	1.550
alb	("alberese" e "formazione di Lanciaia") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio	0.000
all	alluvioni recenti e attuali Olocene	0.000
at	alluvioni terrazzate; ove distinte at1, at2, at3 Pleist. sup.	0.000
b	arenarie e breccie sedimentarie ofiolitiche, breccie poligeniche a cemento argillitico con prevalenti elementi calcarei ed in subordine ofiolitici	0.775
bw	conglomerati e arenarie di materiale ofiolitico alla base di cb.Paleocene-Eocene medio	0.775
cb	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora breccie sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici	0.000
cd	Conoidi Olocene	2.325
cC	bianchi o debolmente colorati a Calpionelle, con rare liste e noduli di selce Titon. sup.-Valanginiano-Neocomiano	7.750
D	diabasi, diabasi brecciati e diabasi a pillow lavas	0.000
di	("diaspri") radiolariti ed argilliti silicee, sottilmente stratificate, prevalentemente rosse Malm p.p.	3.875
dt	detriti	2.325
f	frane	2.325
fp1	("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori, siltiti e marne grigie Oligocene superiore	0.000
fPaC	intervalli frequenti o potenti di marne siltose e siltiti in aC Aquitaniano-Langhiano superiore	0.000
fVR	(formazione di Villa a Radda) argiloscisti talora siltosi, prevalentemente rossi, con pochi strati calcari marnosi verdastri o arenarie calcarifere, intercalati nella parte alta di pf o al tetto di questa Cretaceo sup.-Eocene inf.	0.000
G	Gabbro giurassico	0.000
mac	("maiolica") calcari e calcari litografici selciferi bianco latte; nella parte alta calcari grigi talora selciferi e calcareniti Titonico sup.-Neocomiano/Barremiano	4.650
mg	argille con lenti di gesso e di salgemma Messiniano sup.	0.000
mp	("marne a Posidonomya") marne e argilliti marnose grigio giallastre, talora con strati di calcareniti gradate e con rari livelli di radiolariti; intercalazioni nella parte alta di radiolariti Lias sup.-Dogger p.p	0.000
Nu	calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene	4.650
ol	a luoghi intercalazioni di materiale ligure in aC (olistostromi) Aquitaniano-Langhiano superiore	1.550
Pcg	conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio	0.775
pf	("pietraforte") arenarie calcaree alternate ad argilliti subordinatamente livelli di marne variaeta' ofiolitifera Cretaceo superiore-Eocene inf.	1.550
S	serpentine Giurassico	0.000
sB	("sabbie di Bucine") sabbie argillose con lenti di sabbie ed argille Pleist. sup.	2.325
sc	("scaglia toscana") argilliti rosse e varicolori con intercalazioni di calcari silicei grigi, marne rosse e calcareniti; al tetto marne siltose grigie, subordinatamente varicolori; Cretaceo inf. p.p.-Oligocene	0.000
Vag	("argille di Figline") argille stratificate con straterelli sabbiosi e lenti di ciottoli arenacei e rari straterelli lignitiferi Pleist. inf.	0.000
Vcg	ciottoli prevalentemente calcarei, con alternanze sabbiose Pleist. inf.	0.775
Vs	("sabbie del Tasso") sabbie con lenti di ciottoli e sabbie argillose Pleist. inf.	0.000

Tabella 3-2 – Valori del Ks per le diverse formazioni



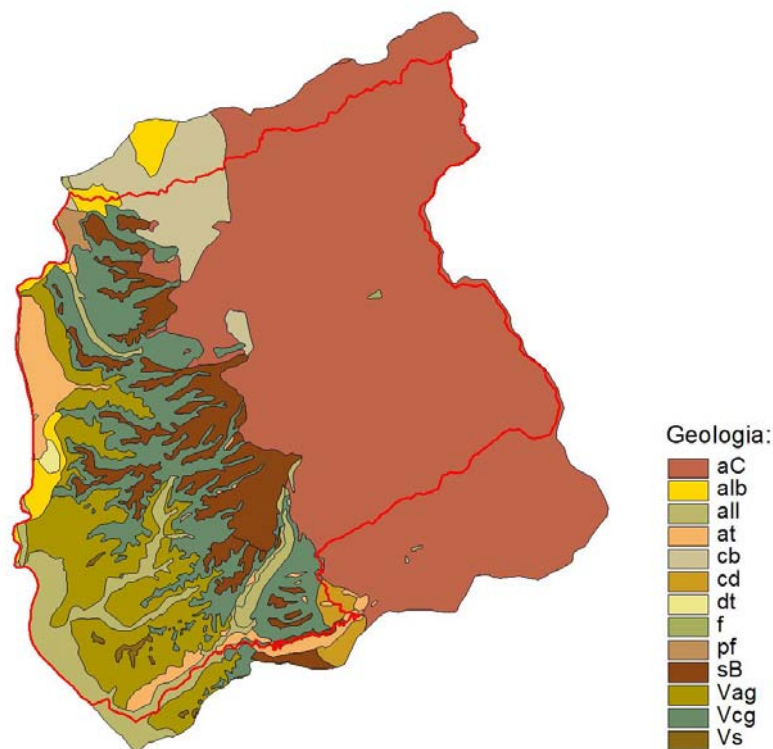


Figura 3-4 – Geolitologia

Le curve di possibilità pluviometrica utilizzate nella modellazione idrologica sono le stesse impiegate nello studio [1], stimate a partire dalle curve di possibilità pluviometrica calcolate dall'Università di Firenze per conto della Regione utilizzando i dati pluviometrici al 2012.

Quest'ultimo studio fornisce le curve di possibilità pluviometrica nella forma generica:

$$h = a t^n$$

dove:

- $h$  = altezza di pioggia in [mm/h];
- $t$  = durata evento [h];
- $a$  = coefficiente dipendente dal tempo di ritorno [mm/h<sup>n</sup>];
- $n$  = esponente della curva di possibilità pluviometrica.

I valori di  $a$  e  $n$  su una maglia 1kmx1km sono disponibili su tutto il territorio regionale per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni.

Al fine di poter utilizzare le suddette curve nel modello ALTO, la curva di crescita, che dipende dal modello probabilistico utilizzato, è stata approssimata per interpolazione con una sola potenza. Tale interpolazione è stata condotta per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

La curva di possibilità pluviometrica risulta pertanto espressa nella nota forma:

$$h = a' t^{nT^m}$$

dove:

- $a' =$  coefficiente [ $\text{mm}/\text{h}^n \text{y}^m$ ]
- $T =$  tempo di ritorno in anni [y]

Nella Figura 3-5, Figura 3-6 e Figura 3-7 si riportano le mappe dei valori dei parametri  $a$ ,  $n$  e  $m$  delle curve di possibilità pluviometrica.

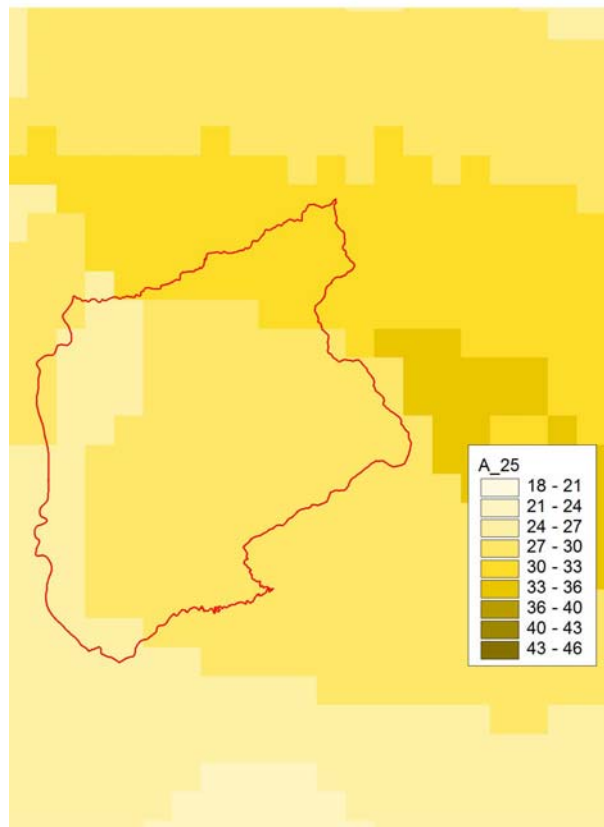


Figura 3-5 – Parametro  $a$  delle curve di possibilità pluviometrica 2012

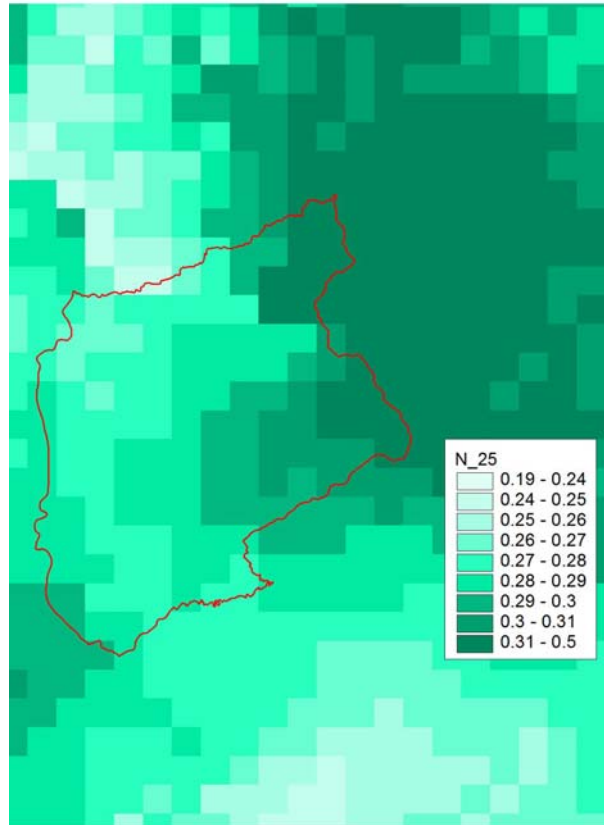


Figura 3-6 – Parametro n delle curve di possibilità pluviometrica 2012

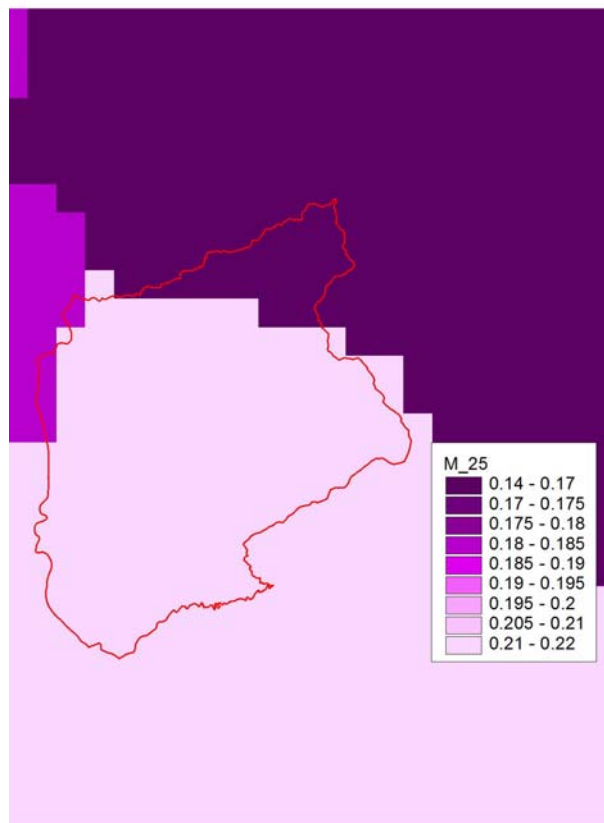


Figura 3-7 – Parametro m delle curve di possibilità pluviometrica 2012

Di norma la curva di possibilità pluviometrica presenta due andamenti distinti per le durate inferiori e superiori all'ora con differenti coefficienti. Gli studi condotti dall'Università di Firenze forniscono i dati solo per durate superiori all'ora.

Nell'ambito del presente studio, vista la dimensione dei bacini analizzati, il valore del parametro n per durate inferiori all'ora è stato stimato in funzione del rapporto esistente nelle curve di possibilità pluviometrica del modello ALTO aggiornate al 200 tra n maggiore dell'ora e n minore dell'ora, in linea con quanto già predisposto nello studio [1].

Le stazioni di riferimento sono riportate nella Tabella 3-3, con i valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica aggiornata al 2002 per le durate inferiori e superiori all'ora.

CODICE	stazione	x	y	a	n	m	a'	n'	m'
870	RENACCI (FATTORIA)	703885	4829580	21.334	0.302	0.213	21.374	0.270	0.166
900	VALLOMBROSA	706000	4845450	26.699	0.338	0.209	28.073	0.425	0.165
1040	CONSUMA	708125	4851395	24.720	0.329	0.201	24.706	0.305	0.170
1050	NAVE DI ROSANO - PONTASSIEVE	694960	4849630	21.790	0.327	0.211	23.445	0.286	0.154

Tabella 3-3 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

Pertanto il valore corretto del parametro n inferiore all'ora è stato calcolato con la seguente espressione:

$$n_{<1ora}^{2012} = n_{>1ora}^{2012} \frac{n_{<1ora}^{2002}}{n_{>1ora}^{2002}}$$

Nella Figura 3-8 si riportano i topoi. Lo ietogramma è stato assunto di intensità costante. La variabilità spazio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso lo stesso coefficiente di riduzione Kr già adottato nella stima di tipo regionale, basato sulla formula dell'USWB:

$$Kr = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

Il valore di Kr dipende da tre fattori:

- l'estensione dell'area investita dalla precipitazione;
- la durata considerata;
- l'altezza di pioggia.

I parametri di default sono i seguenti:

- $\alpha = 0.036 a$ , dove a è il parametro della CPP;
- $\beta = 0.25$ ;
- $\gamma = 0.01$ .

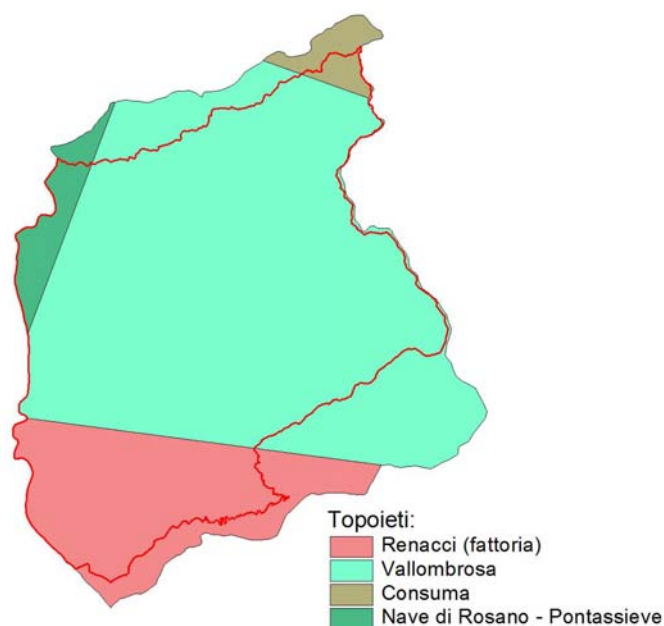


Figura 3-8 – Topoiets

Nella Tabella 3-4 si riportano i parametri del modello ALTO per ciascun bacino analizzato nel presente studio.

CODICE	NOME	AREA	IA	KS	N	K	A1	N1	M1	A	N	M	QB	SEZIONE
086	IMI086	47.53	18.32	1.434	2.437	0.922	29.544	0.354	0.213	29.544	0.303	0.213	0.1	RE0211__
087	IMI087	48.10	18.22	1.418	2.437	0.949	29.527	0.353	0.213	29.527	0.303	0.213	0.1	RE0217__
088	IMI088	48.38	18.16	1.410	2.437	0.969	29.518	0.353	0.213	29.518	0.303	0.213	0.1	RE0227__
89	IMI089	48.60	18.10	1.404	2.437	1.001	29.510	0.353	0.213	29.510	0.303	0.213	0.1	RE0233__
090	IMI090	48.78	18.06	1.399	2.437	1.023	29.503	0.353	0.213	29.503	0.303	0.213	0.1	RE0240__
091	IMI091	49.92	17.80	1.368	2.437	1.026	29.464	0.353	0.213	29.464	0.302	0.213	0.1	RE0246__
092	IMI092	50.27	17.70	1.358	2.437	1.053	29.450	0.352	0.213	29.450	0.302	0.213	0.1	RE0254__
093	IMI093	50.87	17.53	1.342	2.437	1.058	29.426	0.352	0.213	29.426	0.302	0.213	0.1	00142_07
094	IMI094	51.41	17.38	1.328	2.437	1.110	29.402	0.352	0.213	29.402	0.302	0.213	0.1	00107_07
095	IMI095	52.30	17.14	1.306	2.437	1.179	29.358	0.352	0.213	29.358	0.302	0.213	0.1	00035_09
096	IMI096	0.24	4.25	0.000	2.437	0.042	27.496	0.334	0.214	27.496	0.286	0.214	0.1	CO0001__
097	IMI097	0.36	3.95	0.000	2.437	0.065	27.457	0.334	0.214	27.457	0.287	0.214	0.01	CO0022__
098	IMI098	0.43	3.83	0.000	2.437	0.086	27.442	0.335	0.214	27.442	0.287	0.214	0.01	CO0035__
099	IMI099	0.59	3.69	0.000	2.437	0.112	27.329	0.336	0.214	27.329	0.288	0.214	0.01	CO0042__
100	IMI100	0.04	3.30	0.000	2.437	0.051	27.371	0.335	0.214	27.371	0.288	0.214	0.1	CO0065__
101	IMI101	0.15	11.62	0.000	2.437	0.034	27.613	0.332	0.214	27.613	0.285	0.214	0.1	POL000__
102	IMI102	0.18	10.18	0.000	2.437	0.060	27.519	0.334	0.214	27.519	0.287	0.214	0.01	PO0002_O
103	IMI103	0.34	6.85	0.000	2.437	0.090	27.294	0.339	0.214	27.294	0.291	0.214	0.01	POL015__
104	IMI104	0.13	14.70	0.000	2.437	0.036	27.384	0.335	0.214	27.384	0.287	0.214	0.1	PC0001__
105	IMI105	0.20	10.87	0.000	2.437	0.056	27.380	0.335	0.214	27.380	0.288	0.214	0.01	PC0014__
106	IMI106	0.68	5.58	0.000	2.437	0.078	27.290	0.338	0.214	27.290	0.29	0.214	0.01	PCL024__
107	IMI107	0.15	9.35	0.499	2.437	0.045	27.323	0.323	0.214	27.323	0.277	0.214	0.1	AL0001__
108	IMI108	0.34	5.92	0.273	2.437	0.063	27.221	0.323	0.214	27.221	0.277	0.214	0.01	AL0009__
109	IMI109	0.07	3.30	0.000	2.437	0.039	27.219	0.323	0.212	27.219	0.277	0.212	0.1	AL0019__

CODICE	NOME	AREA	IA	KS	N	K	A1	N1	M1	A	N	M	QB	SEZIONE
110	IMI110	0.18	14.87	0.859	2.437	0.053	27.365	0.329	0.214	27.365	0.282	0.214	0.1	FBL001_A
111	IMI111	0.46	10.25	1.017	2.437	0.067	27.329	0.329	0.214	27.329	0.282	0.214	0.01	FB0008__
112	IMI112	0.51	9.50	1.088	2.437	0.094	27.276	0.329	0.214	27.276	0.282	0.214	0.01	FBL014__

Tabella 3-4 – Parametri del modello ALTO per i bacini

Nella Tabella 3-5 si riportano i parametri per gli interbacini:

CODICE	NOME	AREA	IA	KS	N	K	A1	N1	M1	A	N	M	QB	SEZIONE
086	IMI086	47.53	18.32	1.434	2.437	0.922	29.544	0.354	0.213	29.544	0.303	0.213	0.1	RE0211__
087	IMI087	0.58	9.85	0.093	2.437	0.068	28.121	0.331	0.214	28.121	0.284	0.214	0.01	RE0217__
088	IMI088	0.28	8.28	0.102	2.437	0.047	28.007	0.330	0.214	28.007	0.283	0.214	0.01	RE0227__
089	IMI089	0.22	4.91	0.006	2.437	0.037	27.786	0.332	0.214	27.786	0.285	0.214	0.01	RE0233__
090	IMI090	0.18	6.22	0.038	2.437	0.042	27.779	0.332	0.214	27.779	0.285	0.214	0.01	RE0240__
091	IMI091	1.14	6.63	0.032	2.437	0.103	27.850	0.332	0.214	27.850	0.284	0.214	0.01	RE0246__
092	IMI092	0.35	4.54	0.000	2.437	0.060	27.518	0.330	0.214	27.518	0.283	0.214	0.01	RE0254__
093	IMI093	0.61	3.30	0.000	2.437	0.099	27.526	0.334	0.214	27.526	0.287	0.214	0.01	00142_07
094	IMI094	0.54	3.30	0.000	2.437	0.062	27.186	0.337	0.214	27.186	0.289	0.214	0.01	00107_07
095	IMI095	0.89	3.30	0.000	2.437	0.096	26.965	0.339	0.214	26.965	0.291	0.214	0.01	00035_09
096	IMI096	0.24	4.25	0.000	2.437	0.042	27.496	0.334	0.214	27.496	0.286	0.214	0.1	CO0001__
097	IMI097	0.11	3.30	0.000	2.437	0.028	27.371	0.335	0.214	27.371	0.288	0.214	0.01	CO0022__
098	IMI098	0.08	3.30	0.000	2.437	0.028	27.371	0.335	0.214	27.371	0.288	0.214	0.01	CO0035__
099	IMI099	0.16	3.30	0.000	2.437	0.057	27.015	0.341	0.214	27.015	0.292	0.214	0.01	CO0042__
100	IMI100	0.04	3.30	0.000	2.437	0.051	27.371	0.335	0.214	27.371	0.288	0.214	0.1	CO0065__
101	IMI101	0.15	11.62	0.000	2.437	0.034	27.613	0.332	0.214	27.613	0.285	0.214	0.1	POL000__
102	IMI102	0.03	3.30	0.000	2.437	0.025	27.073	0.345	0.214	27.073	0.296	0.214	0.01	PO0002_O
103	IMI103	0.17	3.30	0.000	2.437	0.062	27.054	0.344	0.214	27.054	0.295	0.214	0.01	POL015__
104	IMI104	0.13	14.70	0.000	2.437	0.036	27.384	0.335	0.214	27.384	0.287	0.214	0.1	PC0001__
105	IMI105	0.07	3.30	0.000	2.437	0.025	27.371	0.335	0.214	27.371	0.288	0.214	0.01	PC0014__
106	IMI106	0.48	3.38	0.000	2.437	0.072	27.251	0.339	0.214	27.251	0.291	0.214	0.01	PCL024__
107	IMI107	0.15	9.35	0.499	2.437	0.045	27.323	0.323	0.214	27.323	0.277	0.214	0.1	AL0001__
108	IMI108	0.19	3.30	0.100	2.437	0.044	27.145	0.322	0.214	27.145	0.276	0.214	0.01	AL0009__
109	IMI109	0.07	3.30	0.000	2.437	0.039	27.219	0.323	0.212	27.219	0.277	0.212	0.1	AL0019__
110	IMI110	0.18	14.87	0.859	2.437	0.053	27.365	0.329	0.214	27.365	0.282	0.214	0.1	FBL001_A
111	IMI111	0.27	7.11	1.125	2.437	0.048	27.306	0.329	0.214	27.306	0.282	0.214	0.01	FB0008__
112	IMI112	0.06	3.30	1.678	2.437	0.028	26.830	0.332	0.214	26.830	0.285	0.214	0.01	FBL014__

Tabella 3-5 – Parametri del modello ALTO per i sottobacini

Nella Tabella 3-6 si riportano i valori delle portate per i vari tempi di ritorno dei bacini.

CODICE	NOME	TR	DURATA [H]	AFFLUSSO [MM]	KR	AFFLUSSO RIDOTTO [MM]	SUOLO LIBERO MEDIO [MM]	INFILTRAZ. [MM]	DEFUSSO [MM]	PORTATA AL COLMO [MC/S]
86	IMI086	30	3.21	86.84	0.909	78.93	5.79	17.81	59.71	220.28
87	IMI087	30	3.31	87.55	0.909	79.58	5.88	18.11	60.39	218.76
88	IMI088	30	3.38	88.08	0.909	80.08	5.96	18.39	60.88	217.08

CODICE	NOME	TR	DURATA [H]	AFFLUSSO [MM]	KR	AFFLUSSO RIDOTTO [MM]	SUOLO LIBERO MEDIO [MM]	INFILTRAZ. [MM]	DEFUSSO [MM]	PORTATA AL COLMO [MC/S]
89	IMI089	30	3.49	88.92	0.910	80.91	6.11	18.91	61.66	213.53
90	IMI090	30	3.57	89.49	0.910	81.46	6.21	19.25	62.17	211.31
91	IMI091	30	3.50	88.71	0.908	80.53	6.16	18.86	61.65	215.46
92	IMI092	30	3.59	89.37	0.908	81.16	6.25	18.87	62.29	213.36
93	IMI093	30	3.61	89.42	0.907	81.13	6.20	18.69	62.45	215.26
94	IMI094	30	3.78	90.65	0.908	82.32	6.39	18.71	63.61	210.84
95	IMI095	30	3.92	91.52	0.908	83.09	6.65	18.58	64.51	206.14
96	IMI096	30	0.17	31.76	0.999	31.72	0.00	0.00	27.68	9.99
97	IMI097	30	0.17	31.74	0.998	31.68	0.00	0.00	27.94	11.45
98	IMI098	30	0.29	37.62	0.998	37.54	0.00	0.00	33.92	11.75
99	IMI099	30	0.36	40.17	0.997	40.06	0.00	0.00	36.59	13.48
100	IMI100	30	0.20	32.96	1.000	32.96	0.00	0.00	29.76	1.62
101	IMI101	30	0.21	34.16	0.999	34.14	0.01	0.00	23.02	5.72
102	IMI102	30	0.28	37.33	0.999	37.30	0.01	0.00	27.58	5.21
103	IMI103	30	0.36	40.10	0.998	40.04	0.00	0.00	33.55	8.37
104	IMI104	30	0.22	34.02	0.999	33.99	0.02	0.00	19.92	4.56
105	IMI105	30	0.21	33.67	0.999	33.64	0.01	0.00	23.28	6.11
106	IMI106	30	0.27	36.35	0.997	36.23	0.00	0.00	31.00	18.95
107	IMI107	30	0.18	32.55	0.999	32.52	5.39	9.05	23.47	5.28
108	IMI108	30	0.17	31.80	0.998	31.74	3.04	5.66	26.08	10.59
109	IMI109	30	0.11	27.01	1.000	27.00	0.00	0.00	23.82	2.90
110	IMI110	30	0.32	39.05	0.999	39.02	8.91	14.46	24.56	5.20
111	IMI111	30	0.30	38.17	0.998	38.08	7.52	9.99	28.10	12.61
112	IMI112	30	0.37	40.84	0.998	40.75	7.19	9.35	31.40	11.60
86	IMI086	200	2.99	127.28	0.907	115.39	5.87	17.81	96.44	354.60
87	IMI087	200	3.00	127.35	0.906	115.35	6.04	18.11	96.52	351.90
88	IMI088	200	3.07	128.12	0.906	116.07	6.12	18.39	97.25	349.06
89	IMI089	200	3.17	129.35	0.907	117.28	6.29	18.88	98.40	343.23
90	IMI090	200	3.24	130.17	0.907	118.08	6.39	18.91	99.17	339.57
91	IMI091	200	3.25	129.96	0.905	117.66	6.26	18.60	99.07	345.87
92	IMI092	200	3.33	130.92	0.906	118.57	6.36	18.58	99.99	342.32
93	IMI093	200	3.35	131.00	0.905	118.54	6.31	18.40	100.14	345.10
94	IMI094	200	3.42	131.78	0.905	119.22	6.57	18.31	100.91	337.75
95	IMI095	200	3.64	134.00	0.905	121.32	6.76	18.27	103.05	329.85
96	IMI096	200	0.11	41.40	0.999	41.34	0.00	0.00	37.30	15.45
97	IMI097	200	0.17	47.67	0.998	47.58	0.00	0.00	43.84	17.74
98	IMI098	200	0.23	52.29	0.998	52.18	0.00	0.00	48.56	18.00
99	IMI099	200	0.30	56.74	0.997	56.58	0.00	0.00	53.11	20.69
100	IMI100	200	0.14	43.86	1.000	43.85	0.00	0.00	40.66	2.49
101	IMI101	200	0.15	45.92	0.999	45.88	0.00	0.00	34.76	9.48
102	IMI102	200	0.22	51.74	0.999	51.70	0.00	0.00	41.98	8.42
103	IMI103	200	0.30	56.64	0.998	56.55	0.00	0.00	50.06	13.13
104	IMI104	200	0.16	45.83	0.999	45.80	0.01	0.00	31.73	7.82
105	IMI105	200	0.21	50.58	0.999	50.52	0.00	0.00	40.16	9.99
106	IMI106	200	0.27	54.60	0.997	54.41	0.00	0.00	49.18	29.45
107	IMI107	200	0.12	42.88	0.999	42.84	5.41	9.02	33.83	8.50
108	IMI108	200	0.17	47.76	0.998	47.67	3.04	5.66	42.01	16.66
109	IMI109	200	0.11	40.37	1.000	40.35	0.00	0.00	37.17	4.51
110	IMI110	200	0.20	50.29	0.999	50.25	8.96	14.36	35.89	8.79

CODICE	NOME	TR	DURATA [H]	AFFLUSSO [MM]	KR	AFFLUSSO RIDOTTO [MM]	SUOLO LIBERO MEDIO [MM]	INFILTRAZ. [MM]	DEFUSSO [MM]	PORTATA AL COLMO [MC/S]
111	IMI111	200	0.24	53.28	0.998	53.16	7.54	9.93	43.23	20.50
112	IMI112	200	0.31	57.89	0.998	57.75	7.21	9.29	48.46	18.60
86	IMI086	500	2.84	152.34	0.905	137.86	5.97	17.81	119.09	441.63
87	IMI087	500	2.93	153.59	0.905	138.99	6.07	18.11	120.25	438.17
88	IMI088	500	2.99	154.52	0.905	139.86	6.16	18.39	121.13	434.58
89	IMI089	500	3.09	156.00	0.906	141.31	6.32	18.78	122.53	427.26
90	IMI090	500	3.15	157.00	0.906	142.28	6.43	18.81	123.47	422.66
91	IMI091	500	3.16	156.75	0.904	141.78	6.30	18.50	123.27	430.36
92	IMI092	500	3.16	156.65	0.904	141.60	6.47	18.39	123.21	425.87
93	IMI093	500	3.26	158.00	0.904	142.83	6.35	18.31	124.53	429.20
94	IMI094	500	3.33	158.91	0.904	143.62	6.61	18.21	125.41	419.97
95	IMI095	500	3.54	161.58	0.904	146.14	6.80	18.16	127.98	409.98
96	IMI096	500	0.11	50.38	0.999	50.32	0.00	0.00	46.27	19.04
97	IMI097	500	0.17	58.02	0.998	57.91	0.00	0.00	54.17	21.83
98	IMI098	500	0.23	63.64	0.998	63.50	0.00	0.00	59.88	22.12
99	IMI099	500	0.30	69.06	0.997	68.87	0.00	0.00	65.40	25.38
100	IMI100	500	0.14	53.38	1.000	53.37	0.00	0.00	50.18	3.06
101	IMI101	500	0.15	55.89	0.999	55.84	0.00	0.00	44.72	12.06
102	IMI102	500	0.22	62.98	0.999	62.92	0.00	0.00	53.20	10.53
103	IMI103	500	0.30	68.94	0.998	68.83	0.00	0.00	62.34	16.22
104	IMI104	500	0.16	55.78	0.999	55.74	0.00	0.00	41.67	9.90
105	IMI105	500	0.21	61.56	0.999	61.49	0.00	0.00	51.13	12.48
106	IMI106	500	0.27	66.45	0.997	66.23	0.00	0.00	60.99	36.21
107	IMI107	500	0.12	52.19	0.999	52.14	5.41	9.02	43.13	10.68
108	IMI108	500	0.17	58.12	0.998	58.02	3.04	5.66	52.36	20.61
109	IMI109	500	0.11	49.01	1.000	48.99	0.00	0.00	45.81	5.54
110	IMI110	500	0.20	61.21	0.999	61.15	8.96	14.36	46.79	11.09
111	IMI111	500	0.24	64.85	0.998	64.70	7.54	9.93	54.77	25.60
112	IMI112	500	0.31	70.46	0.998	70.29	7.21	9.29	61.00	23.12

Tabella 3-6 – Risultati del modello ALTO per i bacini

Le verifiche sono state condotte per scenari diversi per ogni modello idraulico sviluppato in modo da massimizzare le portate in ciascun bacino in funzione della durata dell'evento e del valore del coefficiente di ragguaglio Kr.

I modelli idraulici sviluppati e descritti nel dettaglio nel capitolo 4, sono:

1. Modello 1: comprende l'affluente del fosso di Leccio in sinistra idraulica.
2. Modello 2: comprende il fosso Borraccino.
3. Modello 3: comprende il fosso situato in località Poderino (indicato come Fosso Poderino), fosso situato in località Podere Cappella (indicato come Fosso Podere Cappella), Borro di Colmate e il rispettivo diversivo, tratto terminale del torrente Resco a valle della confluenza in località Vaggio.

Si riportano in Tabella 3-7 i parametri idrologici degli scenari eseguiti nell'analisi idrologica condotta con il software ALTO.



Modello		Area [Kmq]	Durate [ore]		
			Tr = 30 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
Modello 1		0.18	0.15	0.13	0.13
Modello 2		0.38	0.33	0.25	0.25
Modello 3	Resco	51.21	3.72	3.43	3.32
	Altri affluenti	0.30	0.25	0.21	0.21

Tabella 3-7 – Aree e durate per il calcolo dei vari scenari

Si riportano in Figura 3-9, Figura 3-10 e Figura 3-11 gli idrogrammi di piena degli interbacini dell'affluente del fosso di Leccio, del fosso Borraccino, del fosso Poderino, del fosso Podere Cappella, del Borro di Colmate e del rispettivo diversivo risultanti dall'analisi idrologica.

Si riportano invece in Figura 3-12, Figura 3-13, Figura 3-14 gli idrogrammi di piena degli interbacini del tratto studiato del torrente Resco.

Tali idrogrammi sono successivamente utilizzati come input per l'analisi idraulica di suddetti affluenti del Fiume Arno oggetto del presente studio.

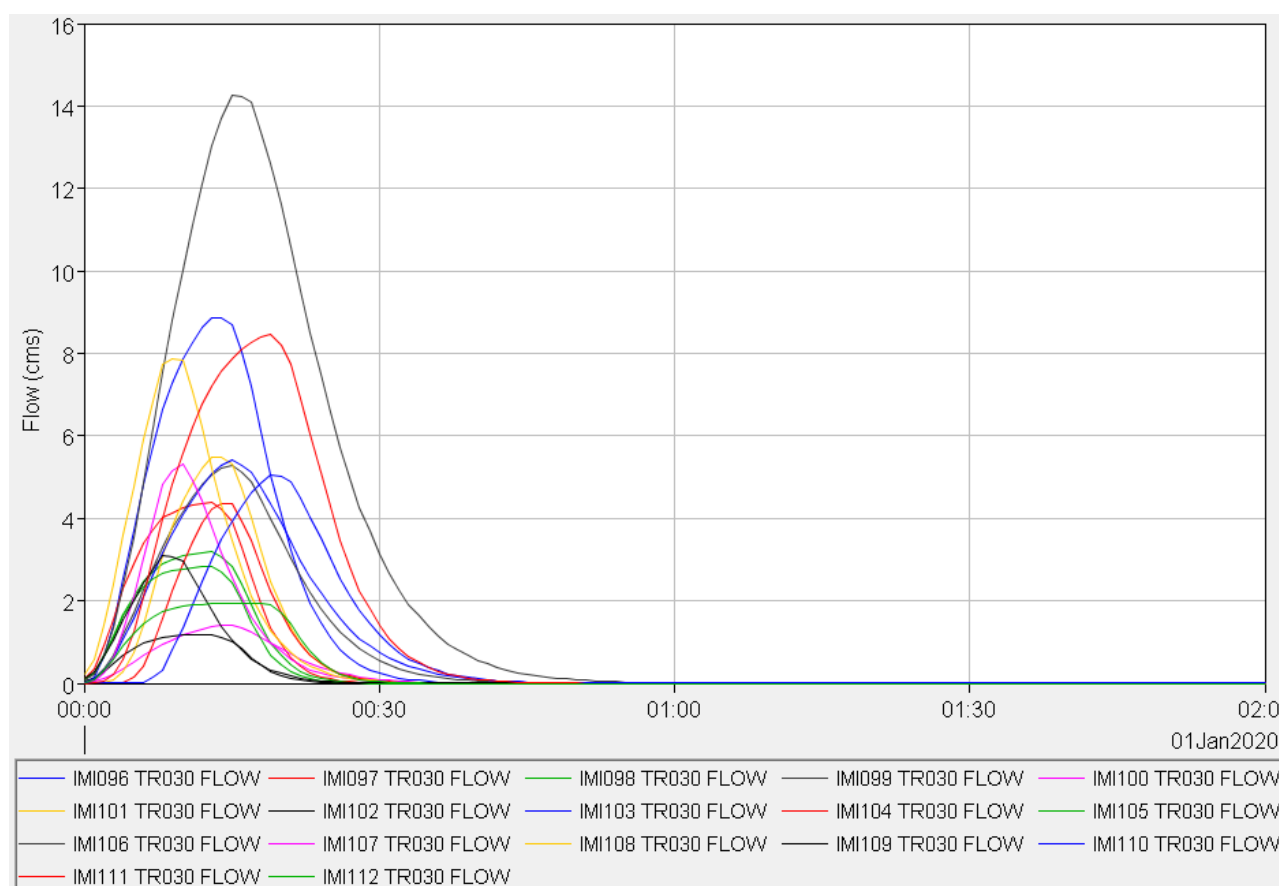


Figura 3-9 – Idrogrammi immissioni Tr=30 anni (IMI096 – IMI112)

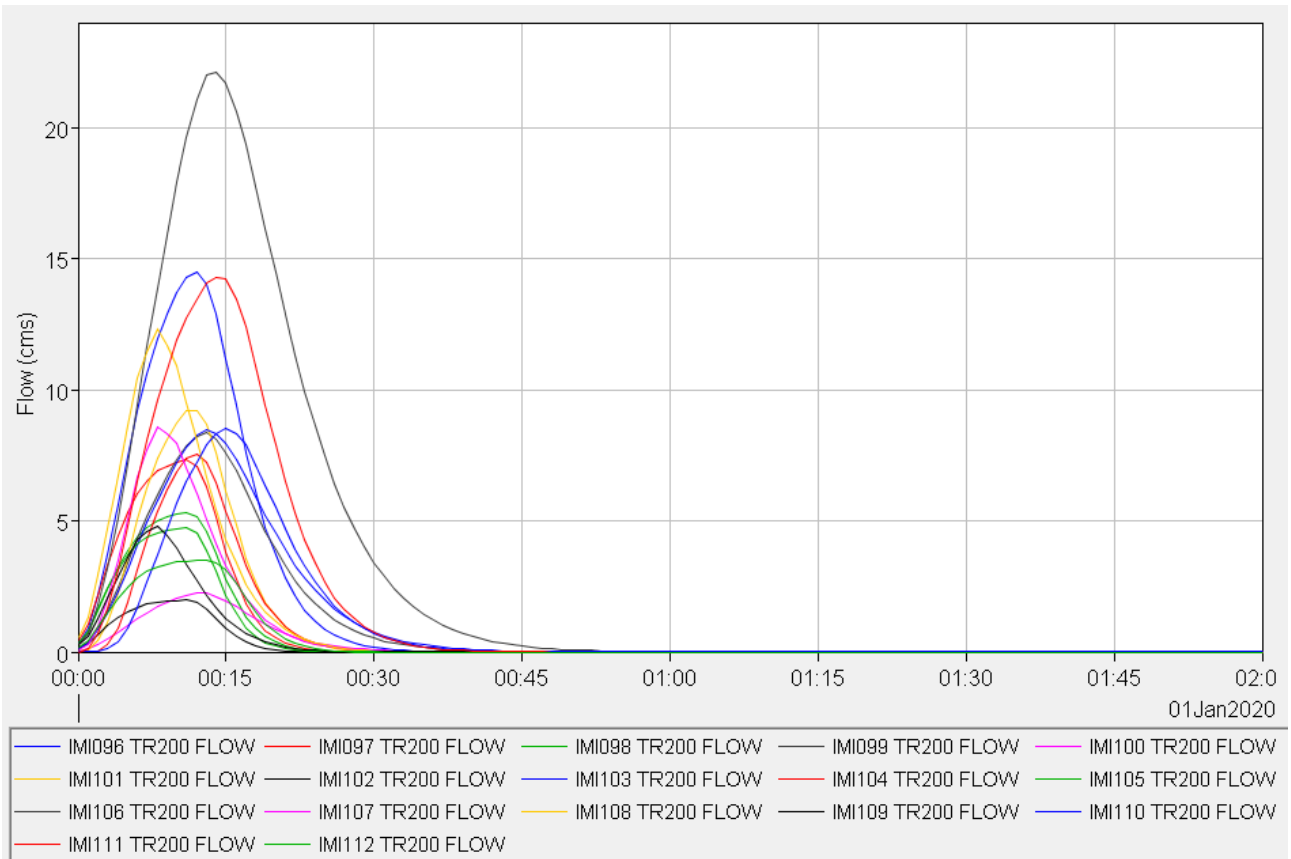


Figura 3-10 – Idrogrammi immissioni Tr=200 anni (IMI096 – IMI112)

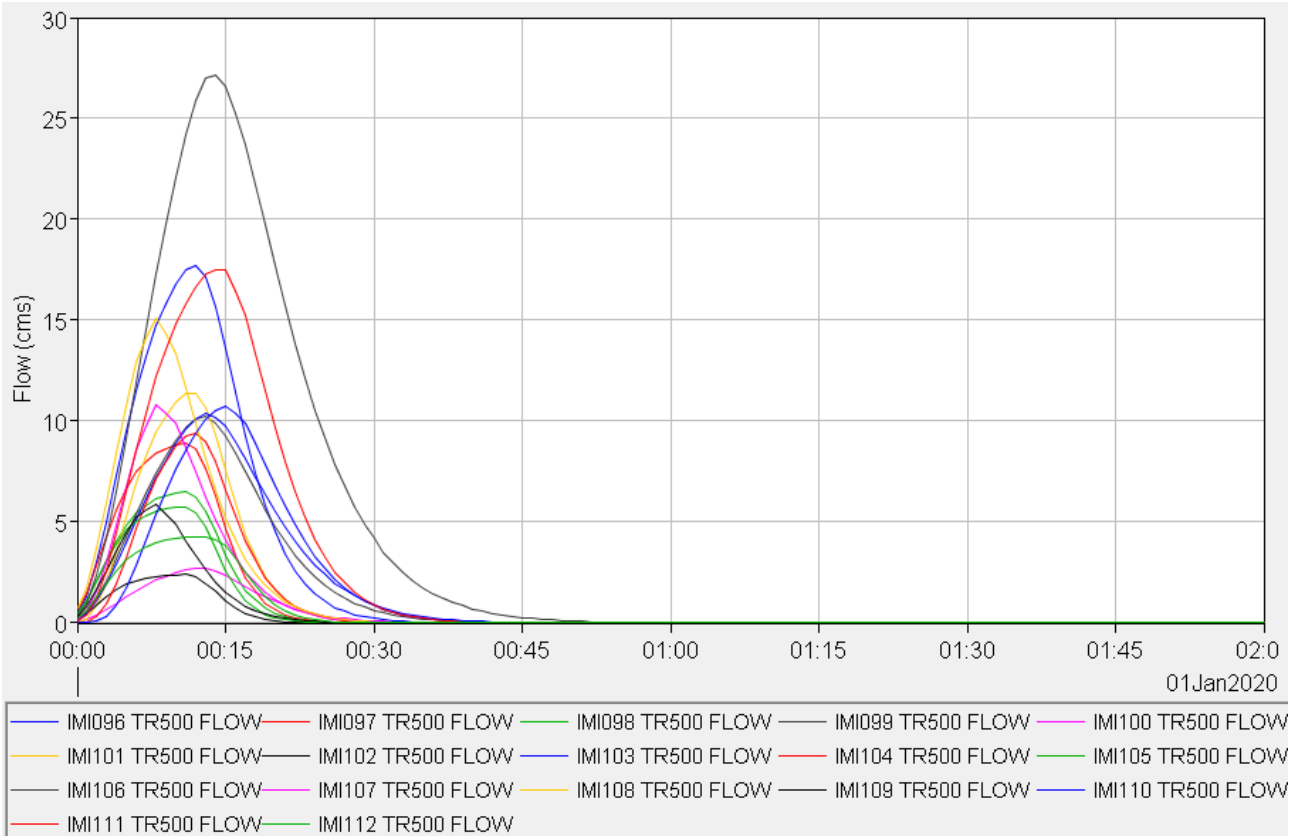


Figura 3-11 – Idrogrammi immissioni Tr=500 anni (IMI096 – IMI112)

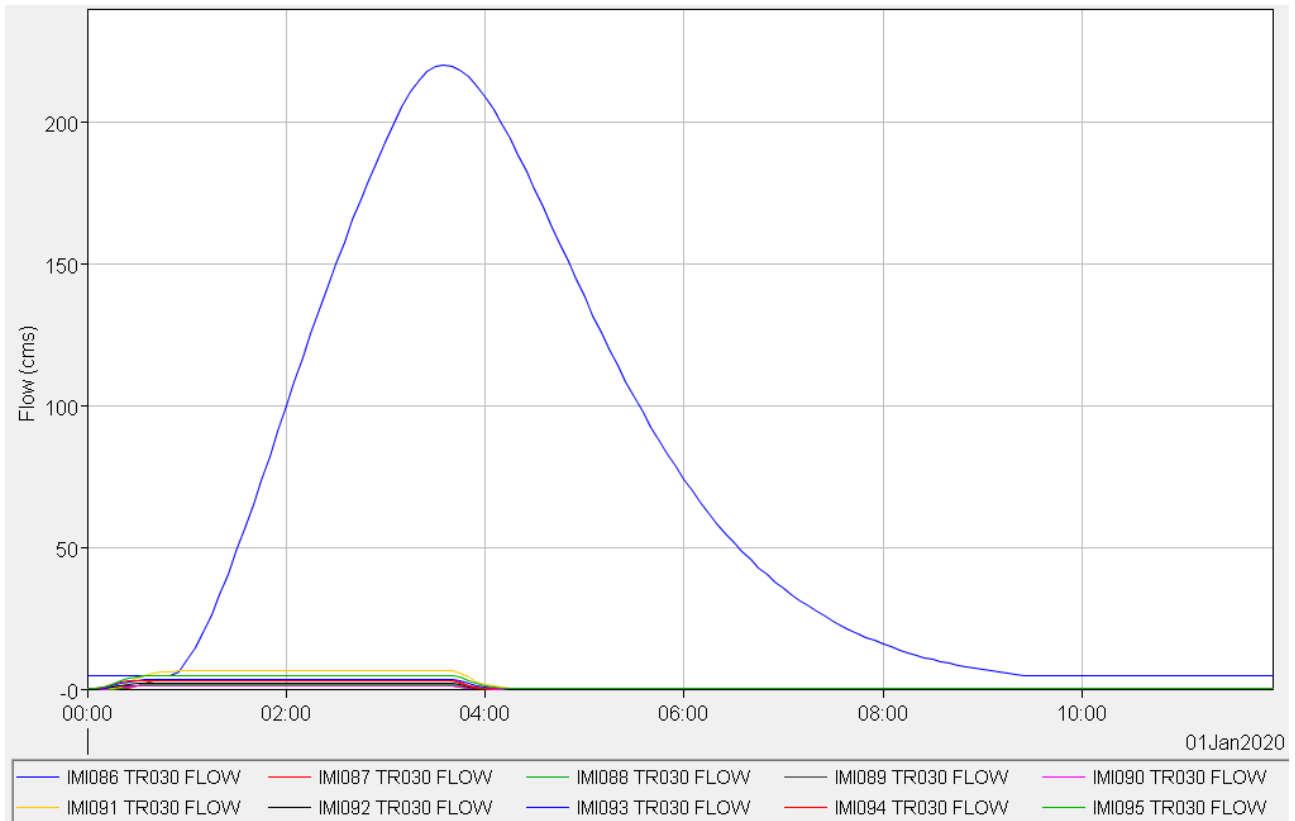


Figura 3-12 – Idrogrammi immissioni Tr=30 anni (IMI086 – IMI095)

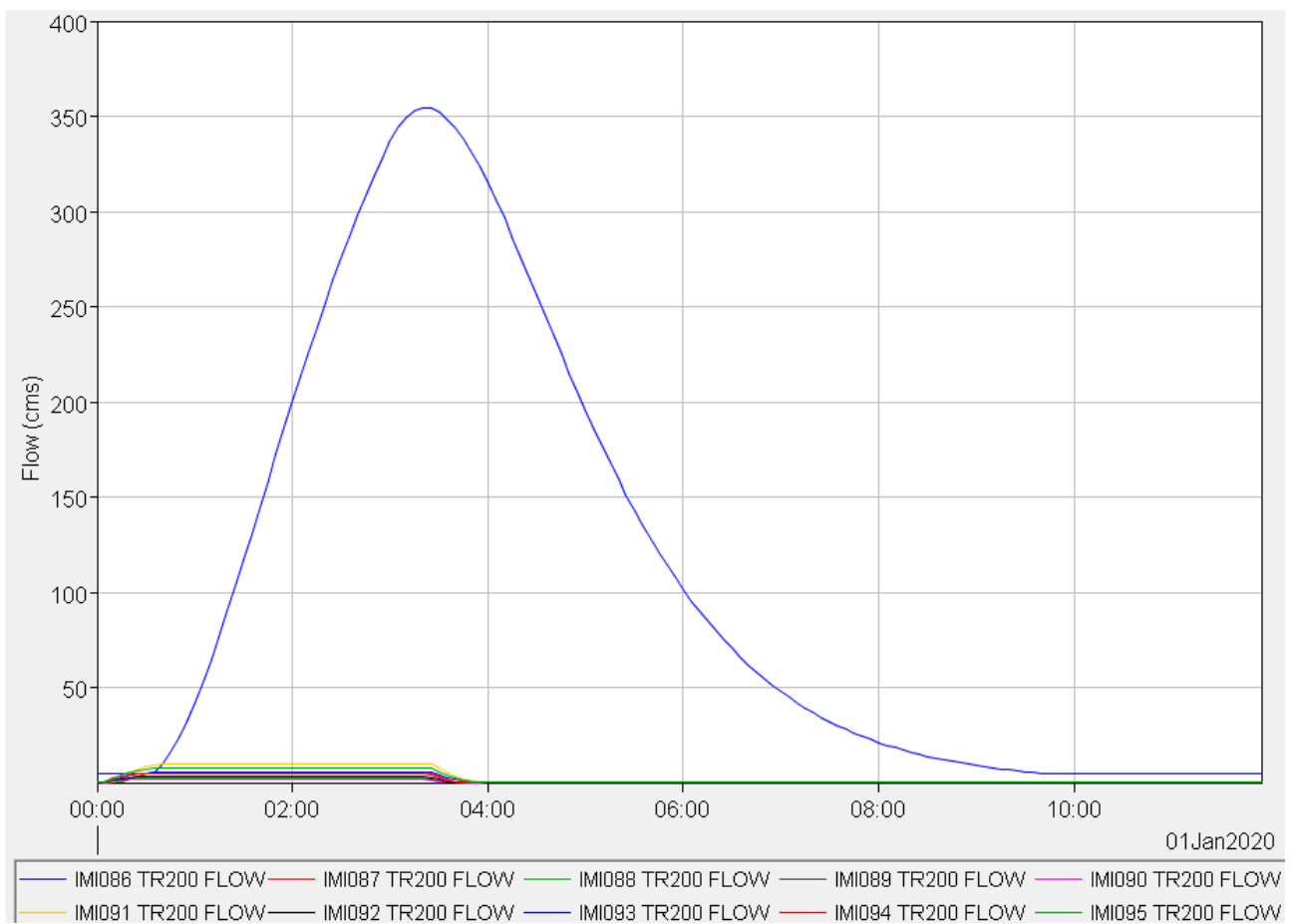


Figura 3-13 – Idrogrammi immissioni Tr=20 anni (IMI086 – IMI095)

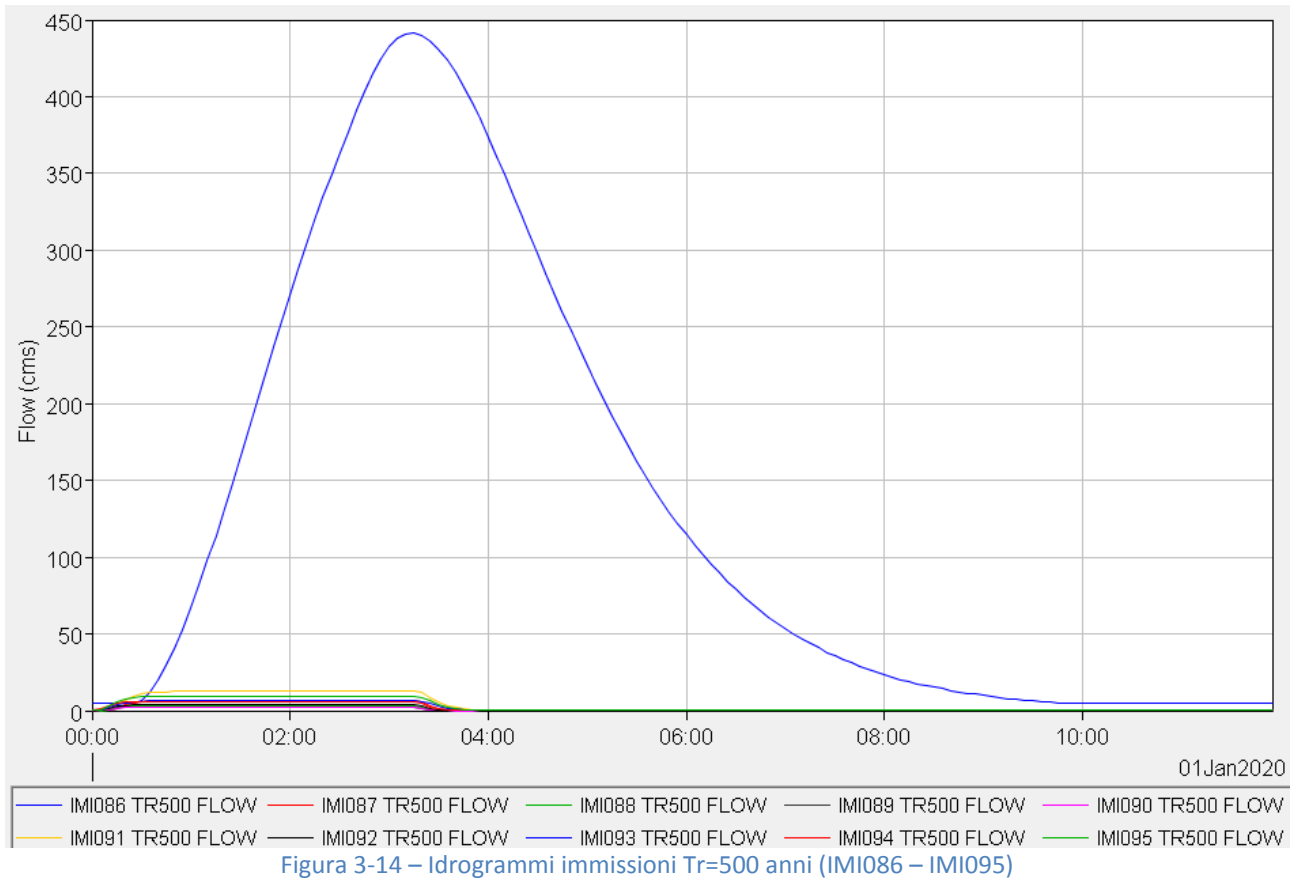


Figura 3-14 – Idrogrammi immissioni Tr=500 anni (IMI086 – IMI095)

## 4 ANALISI IDRAULICA

Le verifiche idrauliche sono state condotte con un modello idraulico di moto vario con modellazione bidimensionale delle aree di esondazione.

Il modello di moto vario monodimensionale consente la simulazione del fenomeno di propagazione dell'onda di piena lungo i corsi d'acqua, mentre il modello bidimensionale permette la simulazione dei fenomeni di propagazione delle esondazioni nelle aree circostanti.

### 4.1 DEFINIZIONE DEI CORSI D'ACQUA OGGETTO DI STUDIO

Ai fini della perimetrazione delle aree inondabili è stato fatto riferimento ai battenti idrici massimi (inviluppo) che si instaurano in ciascuna cella del modello digitale del terreno durante la simulazione numerica.

In questo studio sono stati studiati separatamente 3 diversi modelli bidimensionali.

- **Modello 1:** modello dell'affluente del fosso di Leccio in sinistra idraulica.
- **Modello 2:** modello del fosso Borraccino.
- **Modello 3:** modello del fosso situato in località Poderino (indicato nei paragrafi successivi come fosso Poderino), fosso situato in località Podere Cappella (indicato nei paragrafi successivi come fosso Podere Cappella), borro di Colmate e il rispettivo diversivo, tratto terminale del torrente Resco a valle della confluenza in località Vaggio.

Nelle tabelle seguenti sono indicati, per ciascun sottosistema, il nome del corso d'acqua, il numero di sezioni utilizzate (escluse le interpolazioni) e la lunghezza complessiva del tratto verificato.

Le planimetrie delle sezioni fluviali utilizzate, del modello digitale del terreno, delle connessioni idrauliche, delle condizioni al contorno sul dominio di calcolo e delle immissioni idrologiche sono riportate nell'elaborato T.I01b .

Nome corso d'acqua	Sezioni [#]	Lunghezza [m]
Affluente Leccio	28	987

Tabella 4-1 – Corsi d'acqua modello n.1

Nome corso d'acqua	Sezioni [#]	Lunghezza [m]
Fosso Borraccino	22	675

Tabella 4-2 – Corsi d'acqua modello n.2

Nome corso d'acqua	Sezioni [#]	Lunghezza [m]
Fosso Poderino	44	824
Fosso Podere Cappella	49	615
Borro Colmate	89	1028
Diversivo Borro Colmate	46	564
Torrente Resco	101	3111

Tabella 4-3 – Corsi d'acqua modello n.3

## 4.2 GLI ELEMENTI DEL MODELLO IDRAULICO

Il sistema idraulico del modello n.1, costituito dall'affluente del Leccio in sinistra idraulica, è descritto da:

- n.1 tronco fluviale (affluente Leccio);
- n.28 sezioni fluviali (sono escluse dal conteggio le sezioni interpolate);
- n.2 aree bidimensionali;
- n.12 connessioni idrauliche rappresentative dei collegamenti tra il torrente e le aree di potenziale esondazione;
- n.3 immissioni di portata liquida in altrettante sezioni di corsi d'acqua;
- n.4 condizioni al contorno sul contorno delle aree bidimensionali.

Il sistema idraulico del modello n.2, costituito dal Fosso Borraccino, è descritto da:

- n.1 tronco fluviale (Fosso Borraccino);
- n.22 sezioni fluviali (sono escluse dal conteggio le sezioni interpolate);
- n.2 aree bidimensionali;
- n.8 connessioni idrauliche rappresentative dei collegamenti tra il torrente e le aree di potenziale esondazione;
- n.3 immissioni di portata liquida in altrettante sezioni di corsi d'acqua;
- n.2 condizioni al contorno sul contorno delle aree bidimensionali.

Il sistema idraulico del modello n.3, costituito dal Fosso Poderino, Fosso Podere Cappella, dal Borro Colmate e dal suo diversivo, tratto terminale del torrente Resco, è descritto da:

- n.6 tronchi fluviali (Fosso Poderino, Fosso Podere Cappella, tronchi del Borro Colmate a monte e valle del diversivo e dal suo diversivo stesso, tratto terminale del Torrente Resco);
- n.329 sezioni fluviali (sono escluse dal conteggio le sezioni interpolate);
- n.6 aree bidimensionali;
- n.2 aree quasi-bidimensionali;
- n.92 connessioni idrauliche rappresentative dei collegamenti tra il torrente e le aree di potenziale esondazione;
- n.18 connessioni idrauliche rappresentative dei collegamenti tra le aree bidimensionali;
- n.21 immissioni di portata liquida in altrettante sezioni di corsi d'acqua;
- n.7 condizioni al contorno sul contorno delle aree bidimensionali.

Al fine di disporre dei battenti idrometrici e delle velocità di esondazione dovute alle insufficienze del fiume Arno, necessarie per la redazione della mappa della magnitudo idraulica, è stato necessario implementare un modello idraulico bidimensionale per lo studio della modalità di propagazione delle inondazioni valutate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Per l'analisi del sistema Arno sono state introdotte delle immissioni nel dominio 2D calcolate a partire dalle condizioni al contorno poste sul bordo in termini di idrogrammi dei livelli idrometrici stimati in corrispondenza delle sezioni fluviali del fiume Arno.

Il sistema idraulico del fiume Arno è descritto da:

- n.3 aree bidimensionali;

- n.37 condizioni al contorno in termini di idrogrammi dei livelli idrometrici forniti dallo studio [2].

La planimetria del modello idraulico del Fiume Arno è riportata nell'elaborato T.I01a, mentre la planimetria dei modelli idraulici degli affluenti sono riportati nell'elaborato T.I01b.

### 4.3 AREE BIDIMENSIONALI

Il modello digitale del terreno, utilizzato come base per la modellazione bidimensionale, è ottenuto a partire dal modello digitale con passo 1x1 m (messo a punto nell'ambito del progetto Lidar) fornito dalla Regione Toscana integrato, dove mancante, con la cartografia tecnica regionale scala 1:2'000 e con rilievo GPS, come indicato nel paragrafo 2.2.

Le maglie di calcolo per la modellazione bidimensionale sono costituite da maglie non strutturate realizzate tramite il software HEC-RAS 5.0.6.

Le dimensioni degli elementi della maglia sono state definite in funzione del grado di dettaglio che si desidera ottenere dalle simulazioni compatibilmente con i tempi di calcolo e in funzione della complessità della morfologia del territorio.

In particolare è stato definito un valore limite di 100 m<sup>2</sup> per le superfici degli elementi della maglia in tutta l'estensione del dominio di calcolo dei sottosistemi degli affluenti del fiume Arno.

Nelle aree bidimensionali sono state introdotte delle breaklines per rappresentare le principali discontinuità.

Le principali caratteristiche del dominio di calcolo bidimensionale dei vari modelli degli affluenti è riportato nella Tabella 4-4, mentre quelle del dominio di calcolo del modello bidimensionale sviluppato per il Fiume Arno sono riportate nella Tabella 4-5.

Per ciascuna maglia di calcolo il software HEC-RAS 5.0.6 calcola la legge di invaso e le scale di deflusso su ciascuna faccia di bordo della cella a partire dal modello digitale del terreno.

Modello	Area bidimensionale	Celle [#]	Superficie [mq]
Modello 1	APE_AL_1	1484	120356
Modello 1	APE_AL_2	4658	420984
Modello 2	APE_FB_1	3086	285322
Modello 2	APE_FB_2	1826	162984
Modello 3	APE_PO_PC_1	6879	617963
Modello 3	APE_PO_PC_2	5718	493444
Modello 3	APE_PO_PC_3	3023	245289
Modello 3	APE_PO_PC_4	682	49944
Modello 3	APE_PO_PC_5	1835	145422
Modello 3	APE_PO_PC_6	16707	1474983

Tabella 4-4 – Caratteristiche aree bidimensionali affluenti Fiume Arno

Modello	Area bidimensionale	Celle [#]	Superficie [mq]
Modello Arno	APE1	48379	3890648
Modello Arno	APE2	31553	2787933
Modello Arno	APE3	3780	253385

Tabella 4-5 – Caratteristiche aree bidimensionali Fiume Arno

Il coefficiente di scabrezza di Manning per le aree a deflusso bidimensionale è attribuito in funzione dell'uso e della copertura del suolo ottenuto sulla base della cartografia tecnica regionale. Si riporta in Figura 4-1 i valori di Manning utilizzati, con zoom sulle aree limitrofe agli affluenti oggetto di modellazione.

Le classi in cui è stato suddiviso il territorio con il relativo valore di scabrezza sono riportate nella Tabella 4-6.

Classe	Manning [ $s/m^{1/3}$ ]
<i>Edificato</i>	0.500
<i>Strade</i>	0.025
<i>Verde</i>	0.050
<i>Boschi</i>	0.070
<i>Corpi idrici</i>	0.033

Tabella 4-6 – Scabrezze aree bidimensionali



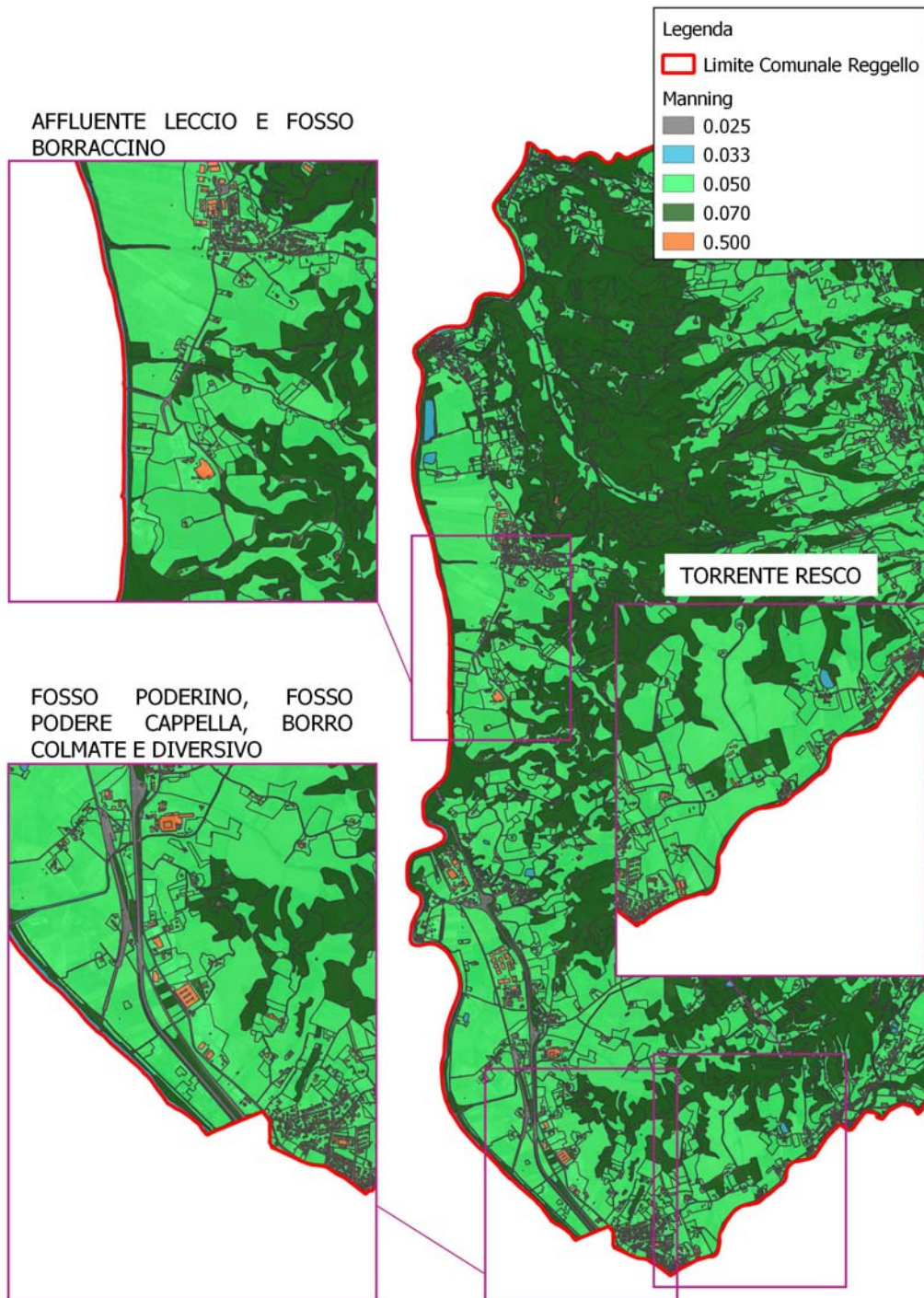


Figura 4-1 – Copertura del suolo del modello bidimensionale

## 4.4 DURATE VERIFICHE IDRAULICHE

Nella Tabella 4-7 sono riportate le durate investigate per i 3 sottosistemi idraulici simulati per i vari tempi di ritorno.

Sottosistema idraulico		Tempo di ritorno [anni]			
		30	200	500	
Modello 1		Durate [ore]	0.15	0.13	0.13
Modello 2			0.33	0.25	0.25
Modello 3	Resco		3.72	3.43	3.32
	Altri affluenti		0.25	0.21	0.21

Tabella 4-7 – Durate verifiche idrauliche

Per quanto riguarda il fiume Arno invece sono state analizzate le durate disponibili per i vari tempi di ritorno, così come riportato nello studio [2]. Le durate analizzate sono pari a 12, 18, 24 e 36 ore per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

## 4.5 PARAMETRI DEL MODELLO IDRAULICO

### 4.5.1 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE E CONTRIBUTI IDROLOGICI

La condizione al contorno di monte degli affluenti, in termini di idrogrammi di portate, è stata assegnata nella prima sezione di monte di ciascun corso d'acqua per ogni tempo di ritorno. Tale idrogramma di piena della condizione di monte è stato ricavato dai risultati dell'analisi idrologica, così come esposto nel capitolo 3.

Le immissioni idrologiche dei sottobacini imposte al sistema, sono state applicate senza tenere conto delle possibili esondazioni a monte delle immissioni stesse.

### 4.5.2 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Le condizioni al contorno di valle degli affluenti sono state espresse in termini di altezza di moto uniforme. Le altezze di moto uniforme sono state assegnate all'ultima sezione del tratto verificato a monte della confluenza nel fiume Arno.

### 4.5.3 PERDITE PER ESPANSIONE E CONTRAZIONE

I coefficienti delle perdite per espansione e contrazione sono stati assunti in generale pari a 0.1 (contrazione) e 0.3 (espansione).

### 4.5.4 CONNESSIONI IDRAULICHE

Le quote degli sfioratori d'alveo sono ricavate dalle sezioni, la larghezza del fronte di sfioro è posta pari alla distanza tra le sezioni.

In taluni casi è stato necessario sopraelevare localmente le quote degli sfioratori collegati ad aree bidimensionali al fine di rispettare la congruità con la quota della cella di arrivo.

Il coefficiente di stramazzo degli sfioratori laterali è stato assunto pari a 0.5.

---

#### 4.5.5 SCABREZZE DEI CORSI D'ACQUA

Il valore del parametro di scabrezza (espressa come coefficiente di Manning) è assunto pari a  $0.033 \text{ s/m}^{1/3}$  per tutti i corsi d'acqua analizzati.

---

#### 4.5.6 PASSO TEMPORALE E DURATA DELLA MODELLAZIONE

La durata complessiva degli eventi simulati varia a seconda del sistema studiato:

- per il modello 1 è stata assunta pari a 4 ore;
- per il modello 2 è stata assunta pari a 4 ore;
- per il modello 3 è stata assunta pari a circa 12 ore;
- per il modello bidimensionale del Fiume Arno è stata assunta pari a 35 ore per eventi fino a 24 ore, mentre pari a 48 ore per l'evento di 36 ore.

---

#### 4.5.7 CONDIZIONI AL CONTORNO PER IL FIUME ARNO

Per l'analisi delle esondazioni del fiume Arno sono state introdotte delle immissioni nel dominio di calcolo in corrispondenza delle sezioni fluviali del fiume Arno nel tratto compreso tra la località Matassino (sezione 809) e località Sant'Ellero (sezione 712).

Gli idrogrammi dei livelli idrometrici sono stati ricavati dallo studio [2] con un file DSS, che è stato direttamente collegato alle condizioni al contorno poste sul bordo del dominio.

I dati utilizzati corrispondono agli idrogrammi stimati per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le durate di 12, 18, 24 e 36 ore, registrati con passo di aggregazione di 30 minuti.

## 5 VERIFICA IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE

Le verifiche idrauliche degli affluenti allo stato attuale sono condotte utilizzando la modellistica descritta nei paragrafi precedenti ed applicata ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni per le durate individuate in funzione della durata critica dei corsi d'acqua studiati.

Le verifiche idrauliche hanno fornito, per ogni tempo di ritorno e durata considerati, i valori temporali e quelli massimi (involuppi) di:

- portate e livelli idrometrici per ogni sezione del reticolo idrografico (modello monodimensionale);
- battenti di esondazione e velocità di propagazione nelle maglie di calcolo (modello bidimensionale);
- portate transitate attraverso gli elementi di connessione tra l'alveo e le aree e tra le aree stesse.

Obiettivo delle suddette verifiche è quello di valutare i battenti massimi (involuppo) di piena raggiunti nel territorio comunale in occasione di eventi di piena con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e la conseguente inondabilità delle suddette aree.

Nell'elaborato A.I01 sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche dei corsi d'acqua studiati.

Nell'elaborato A.I02 sono riportati i profili longitudinali dell'alveo, delle quote arginali e delle altezze idrometriche dei corsi d'acqua studiati con i massimi livelli idrici valutati per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni per le durate analizzate.

Nell'elaborato A.I03 sono riportate le sezioni fluviali.

Negli elaborati T.I02a e T.I02b sono riportati i battenti di esondazione massimi per tempo di ritorno pari a 30 anni.

Negli elaborati T.I03a e T.I03b sono riportati i battenti di esondazione massimi per tempo di ritorno pari a 200 anni.

Negli elaborati T.I04a e T.I04b sono riportate le velocità massime di propagazione delle esondazioni per tempo di ritorno pari a 30 anni.

Negli elaborati T.I05a e T.I05b sono riportate le velocità massime di propagazione delle esondazioni per tempo di ritorno pari a 200 anni.

I battenti e le velocità di esondazione nelle aree contermini al fiume Arno sono desunti dai risultati ottenuti nelle presenti verifiche idrauliche condotte a partire dai dati dello studio [2].

L'estensione delle esondazioni differisce da quella individuata nel P.G.R.A. per la differente schematizzazione numerica.

La perimetrazione adottata per le aree inondabili del reticolo principale, costituito dal fiume Arno, risulta quella del P.G.R.A. modificata unicamente in seguito all'aggiornamento delle inondazioni del reticolo minore affluente.

## 5.1 PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Le aree inondabili sono tracciate a partire dalle mappe dei battenti degli affluenti per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Le aree inondabili sono riportate negli elaborati T.I06a e T.I06b.

A partire dalla mappa delle aree allagabili sono state predisposte le mappe della pericolosità idraulica come definita dal D.P.G.R. n.53/R/2011 (elaborati T.I07a e T.I07b):

- I.4 eventi con tempo di ritorno inferiore a 30 anni;
- I.3 eventi con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- I.2 eventi con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni.

Analogamente sono state create le mappe della pericolosità idraulica come definita dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale ai sensi del P.G.R.A. (elaborati T.I08a e T.I08b):

- P.3 aree con elevata probabilità di accadimento;
- P.2 aree con media probabilità di accadimento;
- P.1 aree con bassa probabilità di accadimento.

## 5.2 PERIMETRAZIONE DELLA MAGNITUDO IDRAULICA

Negli elaborati T.I09a e T.I09b sono rappresentate la magnitudo idraulica definita ai sensi della L.R. 41/2018, come il risultato della combinazione tra i valori dei battenti idrometrici e delle velocità di propagazione delle alluvioni poco frequenti.

Le aree inondate sono suddivise in tre classi di magnitudo:

- moderata: in cui i battenti idrici sono inferiori o uguali a 0.5 m e le velocità sono inferiori o uguali a 1.0 m/s. Nel caso in cui la velocità non sia determinata, area inondata in cui i battenti sono uguali o inferiori a 0.3 m;
- severa: area con battenti inferiori o uguali a 0.5 m e velocità superiori a 1.0 m/s, oppure area con battenti compresi tra 0.5 m e 1.0 m e velocità inferiori o uguali a 1.0 m/s. Nel caso in cui la velocità non sia determinata, area inondata in cui i battenti sono compresi tra 0.3 m e 0.5 m;
- molto severa: dove i battenti sono compresi tra 0.5 m e 1.0 m e velocità superiori a 1.0 m/s, oppure area con battenti superiori a 1.0 m. Nel caso in cui la velocità non sia determinata, area inondata in cui i battenti superiori a 0.5 m.



## A. APPENDICE

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Si riporta nella presente appendice la documentazione fotografica redatta in sede di rilievo delle sezioni trasversali dell'affluente in sinistra idraulica del Leccio, del Fosso Borraccino, del Fosso Poderino e del Fosso Podere Cappella a Febbraio 2020.

In Figura A-1 si riporta la localizzazione del punto di presa delle fotografia, mentre si riportano a seguire le foto oggetto della presente documentazione dello stato attuale dei corsi d'acqua.

#### AFFLUENTE LECCIO



#### FOSSO BORRACCINO



#### FOSSO PODERINO



#### FOSSO PODERE CAPPELLA



Figura A-1 – Localizzazione foto





Figura A-2 – Foto affluente Leccio - AL1



Figura A-3 – Foto affluente Leccio - AL2



Figura A-4 – Foto affluente Leccio - AL3



Figura A-5 – Foto Fosso Borraccino - FB1



Figura A-6 – Foto Fosso Borraccino - FB2



Figura A-7 – Foto Fosso Borraccino - FB3





Figura A-8 – Foto Fosso Poderino - GP1



Figura A-9 – Foto Fosso Poderino - GP2

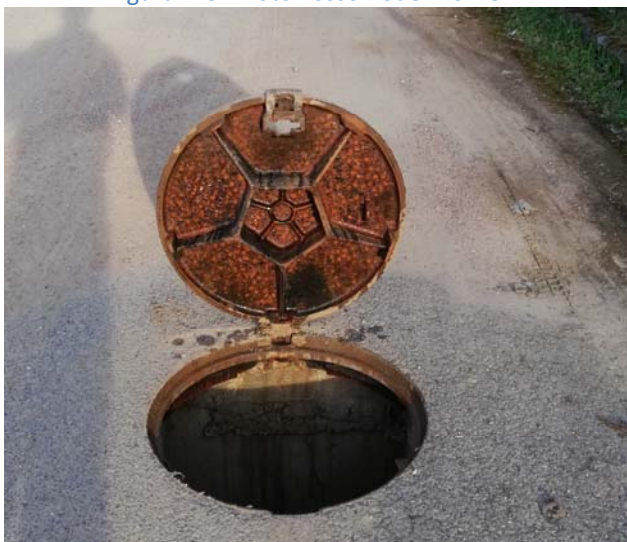


Figura A-10 – Foto Fosso Poderino - GP3



Figura A-11 – Foto Fosso Poderino - GP4



Figura A-12 – Foto Fosso Poderino - GP5



Figura A-13 – Foto Fosso Poderino - GP6





Figura A-14 – Foto Fosso Podere Cappella - GP7



Figura A-15 – Foto Fosso Podere Cappella - GP8



Figura A-16 – Foto Fosso Podere Cappella - GP9



Figura A-17 – Foto Fosso Podere Cappella - GP10



Figura A-18 – Foto Fosso Podere Cappella - GP11



Figura A-19 – Foto Fosso Podere Cappella - GP12