



**Unione dei Comuni
del Pratomagno**

**Interventi per la mitigazione del rischio idraulico dell'abitato di Vaggio
nel Comune di Castelfranco Piandiscò
II° STRALCIO**

PROGETTO DEFINITIVO



A: Relazione Tecnica

Responsabile Unico del Procedimento: Dott. Geol. Simone Frosini		Redatto Ing. Leonardo Duranti
Progettazione: Studio ATRE Ingegneria Ing. Leonardo Duranti		Verificato Ing. Eleonora Petti
Resp. Coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione: Ing. Leonardo Duranti		Approvato Geol. Simone Frosini
Revisione n. 00	Data Aprile 2019	

PROVINCIA DI AREZZO
Comune di Castelfranco Piandiscò

INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'ABITATO
DI VAGGIO NEL COMUNE DI CASTELFRANCO PIANDISCÒ
II STRALCIO

RELAZIONE GENERALE DESCRITTIVA E IDRAULICA

Ing. Leonardo Duranti

Firenze
Aprile 2019

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	IL QUADRO CONOSCITIVO.....	8
2.1	DATI TERRITORIALI	8
2.2	GLI STUDI ESISTENTI	9
2.2.1	<i>Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del fiume Arno.....</i>	<i>9</i>
2.2.2	<i>Comune di Castelfranco Piandiscò</i>	<i>10</i>
2.2.3	<i>Lo studio redatto per il reticolo idraulico minore.....</i>	<i>17</i>
3	ANALISI IDROLOGICA.....	19
3.1	MODELLO IDROLOGICO.....	19
3	ANALISI IDRAULICA	24
3.1	LA DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	24
3.2	LE CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL MODELLO BIDIMENSIONALE	26
3.3	LE CONDIZIONI AL CONTORNO	27
4	VERIFICHE IDRAULICHE	28
4.1	FRANCO DI SICUREZZA.....	28
5	LE OPERE IN PROGETTO	29
6	LE INVARIANTI STRUTTURALI E I SOTTOSERVIZI ESISTENTI	30

ELENCO FIGURE

Figura 1-1: Inquadramento geografico su CTR 1:10000 del bacino del torrente Resco	8
Figura 1-2 – Pericolosità idraulica ai sensi del PGRA.....	10
Figura 1-3 – Interventi strutturali da Piano di Bacino Stralcio "Riduzione Rischio Idraulico" per l'area oggetto di studio.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-4 - Carta delle aree allagate da Piano di Bacino Stralcio "Riduzione Rischio Idraulico"	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-5 - Carta delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e degli affluenti da Piano di Bacino Stralcio	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-6 – Pericolosità idraulica dei corsi d'acqua dal Piano Strutturale del Comune di Castelfranco Piandiscò	12
Figura 1-7 – Estratto Tav. QC.I.04 Area a pericolosità idraulica FAELLA – VAGGIO (PS 2018)	13
Figura 1-8 – Estratto Tav. QC.I.06 Magnitudo Idraulica FAELLA – VAGGIO (PS 2018)	14
Figura 1-9 – Estratto Tav. QC.I.07 Aree allagabili (PS 2018)	15
Figura 1-10 – Carta della fattibilità in relazione agli aspetti idraulici del Comune di Castelfranco Piandiscò	16
Figura 1-11 – Sezioni planimetriche in corrispondenza dell'area oggetto di studio (sezioni da RE0225 a RE0236)	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-12 – Profilo longitudinale lungo il tratto compreso tra le sezioni RE0225 e RE0236	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-13 - Battenti idraulici per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-14: Estratto Tavola T.IDR.07 Pericolosità idraulica PGRA Piano Strutturale	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 1-15 – Estratto tavola T.IDR.05_SW delle aree allagabili ai sensi del regolamento 53/RE	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2-1 - Sezioni di interesse	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2-2 - Bacini idrografici affluenti	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2-3 - Carta d'uso del suolo	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2-4 - Carta geolitologica	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2-5 - Parametro a distribuito per il bacino del T. Resco.	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2-6 - Parametro n distribuito per il bacino del T. Resco.	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 4-7 - Sezione 11.4 (ponte di progetto) con portata duecentennale	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 4-8 - Profilo (ponte di progetto) con portata duecentennale.....	Errore. Il segnalibro non è definito.

ALLEGATI

ALLEGATO A.1: RISULTATI MODELLO IDRAULICO STATO DI PROGETTO

TAVOLE

TAV_1	COROGRAFIA ED ESTRATTO PRG
TAV_2	PLANIMETRIA STATO ATTUALE E RILIEVO PLANALTIMETRICO
TAV_3	PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO
TAV_4	PLANIMETRIA CATASTALE
TAV_5	PROFILO IDRAULICO
TAV_6	SEZIONI TIPOLOGICHE DI PROGETTO
TAV_7	PARTICOLARE MANUFATTI
TAV_8	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1 PREMESSA

La presente relazione è di presentazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico dell'abitato di Vaggio nel comune di Castelfranco Piandiscò - Il Stralcio.

L'abitato di Vaggio è stato interessato nell'ottobre 2013 da un evento alluvionale che ha causato significativi danni alla zona industriale e residenziale a seguito dell'insufficienza idraulica del tratto terminale di un fosso collinare/campestre, che attraversa – tombato – la zona edificata.

Il tratto in tombamento, realizzato in epoca remota, prima dell'evento alluvionale ha generalmente svolto il suo compito di far confluire le acque collinari fino al Torrente Resco, sottoattraversando l'abitato. Solo in qualche occasione ha indotto modesti fenomeni di allagamento circoscritti all'area agricola circostante l'imbocco.

Si riporta di seguito l'individuazione dell'area d'intervento.



Figura 1: Area d'intervento

Un primo stralcio di sistemazione del reticolo idraulico è stato progettato dall'Ing. Andrea Sorbi e recentemente realizzato.

Si riporta di seguito la planimetria del progetto eseguito che ha visto la realizzazione di uno scatolare della lunghezza di circa 80m delle dimensioni di BxH 100x180cm con una pendenza di circa il 4% con immissione nel Resco Simontano.



Figura 2: Planimetria d'intervento I Stralcio

Nel corso del sopralluogo delle aree oggetto d'intervento è stato possibile rilevare lo stato di compromissione del punto di sbocco del reticolo idraulico sul Resco Simontano. In particolare, come di seguito rappresentato, è collassato su se stesso il muro di sponda destra del Resco Simontano, generando una sorta di scivolo per le acque provenienti da monte.



Figura 3: Vista sbocco reticolo idraulico d'intervento sul Resco Simontano.

Si evidenzia che la presente progettazione riguarda le opere poste a monte dell'abitato di Vaggio e non interessa l'area di sbocco sul Resco Simontano. Risulta necessario, altresì, ripristinare la stabilità della sponda sinistra del Resco Simontano, anche in considerazione dell'incremento di portata previsto con gli interventi in progetto, che potrebbe aggravare l'attuale situazione.

2 IL QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Dati territoriali

Le basi cartografiche utilizzate sono costituite dalla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e 1:2.000 in formato vettoriale.

La cartografia 1:10.000 è stata utilizzata per l'inquadramento a livello di bacino, mentre la cartografia CTR 1:2.000 per l'inquadramento a livello locale.

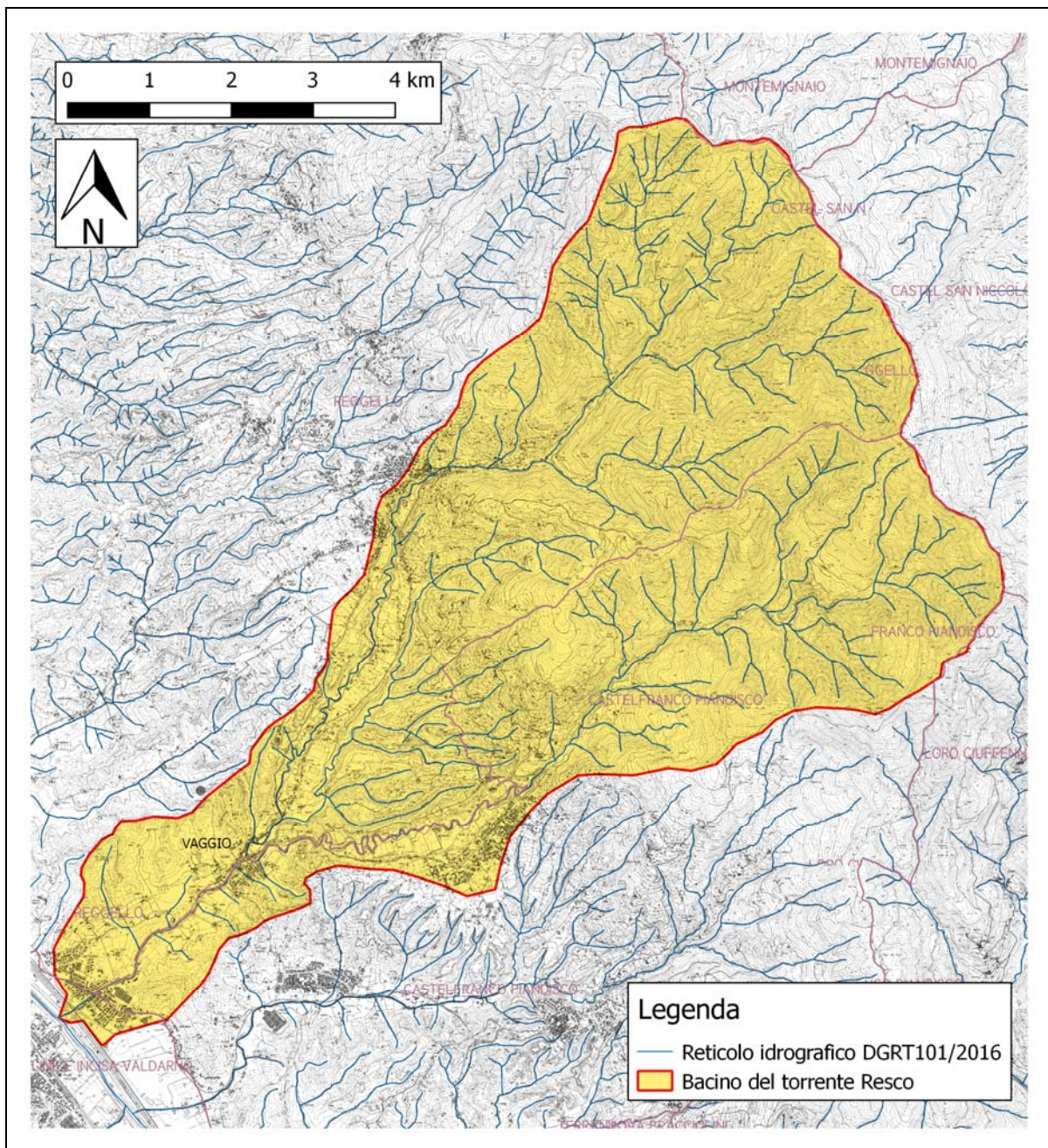


Figura 2-1: Inquadramento geografico su CTR 1:10000 del bacino del torrente Resco

2.2 *Gli studi esistenti*

Per la definizione del quadro conoscitivo sono stati raccolti i seguenti studi:

1. *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del fiume Arno;*
2. *Piano di Bacino Stralcio Riduzione del Rischio Idraulico*
3. *Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del comune di Reggello;*
4. *Piano Strutturale del comune di Piandiscò.*
5. *Piano Strutturale del comune di Castelfranco Piandiscò adottato.*

2.2.1 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del fiume Arno

Con le delibere del Comitato Istituzionale n. 231 e 232 del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del bacino del fiume Arno con apposizione delle misure di salvaguardia. Successivamente con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016 il Piano è stato definitivamente approvato.

Il PGRA dell'Arno rappresenta un forte elemento di innovazione in quanto sostituisce a tutti gli effetti per ciò che riguarda la pericolosità da alluvione (con una nuova cartografia, nuove norme nonché la mappa del rischio da alluvioni redatta ai sensi del D.lgs. 49/2010) il PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

Come si nota in



Pericolosità ai sensi del PGRA

- P1
- P2
- P3

Figura 2-2 l'area oggetto di studio ricade nella pericolosità idraulica di tipo P2 (pericolosità media) e in parte in P1 (pericolosità bassa); la rappresentazione della pericolosità avviene attraverso tre classi in funzione della frequenza di accadimento dell'evento (quindi con pericolosità elevata si indica una maggiore frequenza di accadimento).



Pericolosità ai sensi del PGRA



Figura 2-2 – Pericolosità idraulica ai sensi del PGRA

2.2.2 Comune di Castelfranco Piandiscò

PIANO STRUTTURALE PIANDISCO'

Il Piano Strutturale è aggiornato alla Variante Generale approvata con Delibera di D.C.C. n. 59 del 29.11.2011, pubblicata sul B.U.R.T. n.1 del 04.01.2012.

La perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica è individuata secondo le seguenti definizioni, ai sensi della Legge Regionale 53R del 2011:

a) pericolosità idraulica molto elevata (I.4) - aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr < 30$ anni; fuori dalle aree potenzialmente interessate da previsioni insediative ed infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in tale classe le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda;

b) pericolosità idraulica elevata (I.3) - aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 \leq Tr \leq 200$ anni; fuori dalle aree potenzialmente interessate da previsioni insediative ed infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in tale classe le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda;

c) pericolosità idraulica media (I.2) - aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 \leq Tr \leq 500$ anni; fuori dalle aree potenzialmente interessate da previsioni insediative ed infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in tale classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda;

d) pericolosità idraulica bassa (I.1) - aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

L'area dell'alveo e quella in sinistra idraulica del T. Resco ricadono in classe I.4 (Figura 2-3).

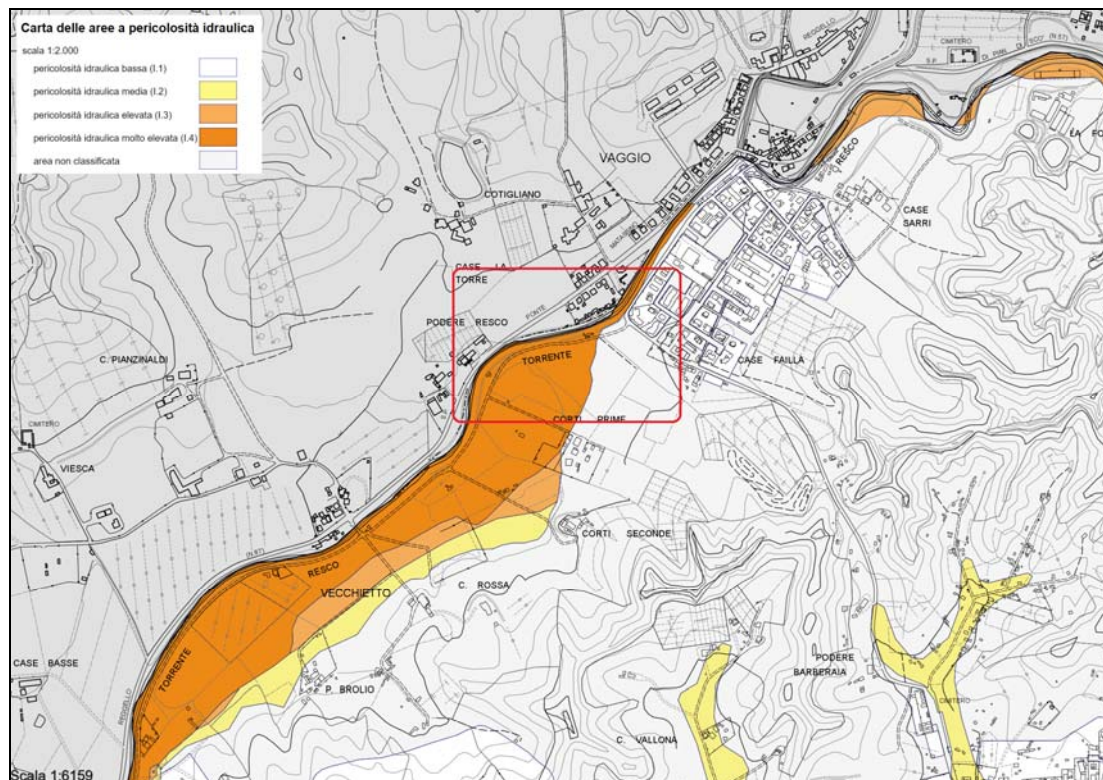


Figura 2-3 – Pericolosità idraulica dei corsi d'acqua dal Piano Strutturale del Comune di Castelfranco Piandiscò

PIANO STRUTTURALE CASTELFRANCO PIANDISCO' ADOTTATO 2018

Il Piano Strutturale del comune di Comune di Castelfranco Piandiscò è stato adottato con Delibera del Consiglio Comunale n. 5 del 08/01/2019 e pubblicato sul B.U.R.T. del 16 gennaio 2019.

Per quanto riguarda la parte idraulica relativamente all'area del presente progetto si evince che:

- per lo studio del T. Resco sono stati presi a riferimento i risultati ottenuti nello studio redatto a supporto del PS di Reggello;
- è stato studiato il reticolo secondario che impatta sull'abitato di Vaggio relativo ai fossi denominati A (cod. LRT79/2012 e smi AV8764-AV8681) e B (cod. LRT79/2012 e smi AV8734-AV8706) che convogliano le acque collinari sul Resco attraverso tracciati in parte a cielo aperto ed in parte intubati.

Si riportano di seguito gli estratti della carta della pericolosità e magnitudo idraulica.



**Aree a pericolosità idraulica
LRT 41/2018 e DPGR n.53/R del 25 Ottobre 2011**




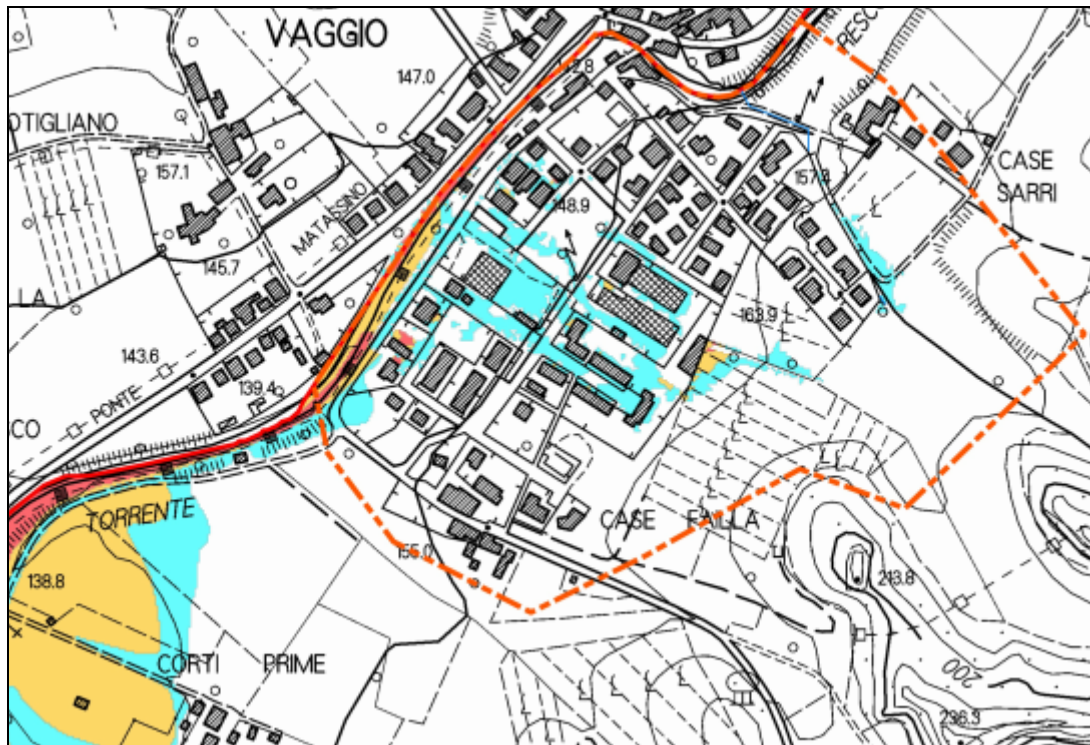
-  I2 - Pericolosità Idraulica media (Reg.53/R - Tr500)
-  Aree a Pericolosità per alluvioni poco frequenti
-  Aree a Pericolosità per alluvioni frequenti

Figura 2-4 – Estratto Tav. QC.I.04 Area a ppericolosità idraulica FAELLA – VAGGIO (PS 2018)



Magnitudo Idraulica (LRT 41/2018)

- h1 - magnitudo idraulica moderata
- h2 - magnitudo idraulica severa
- h3 - magnitudo idraulica molto severa

Figura 2-5 – Estratto Tav. QC.I.06 Magnitudo Idraulica FAELLA – VAGGIO (PS 2018)

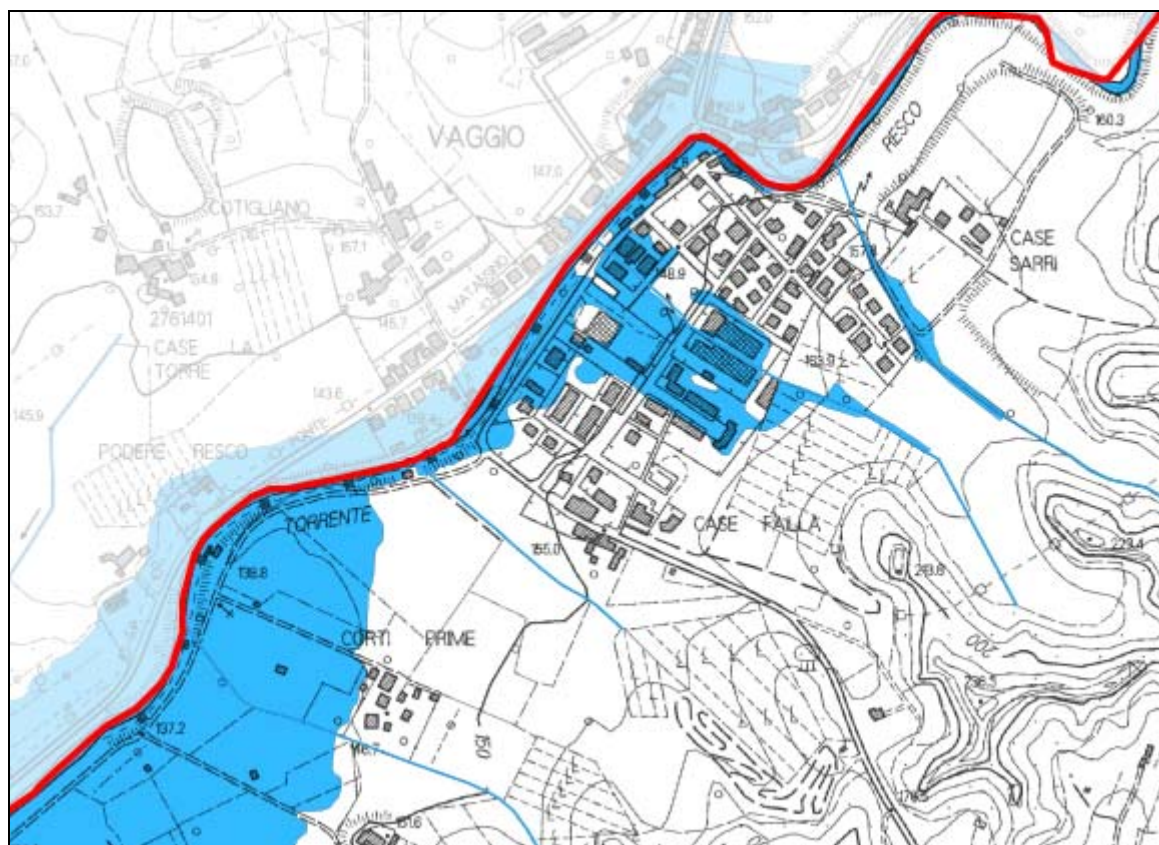


Figura 2-6 – Estratto Tav. QC.I.07 Aree allagabili (PS 2018)

REGOLAMENTO URBANISTICO

Il nuovo Regolamento Urbanistico è stato approvato con Delibera di C.C. n. 17 del 28.05.2013 ed è stato aggiornato con la Variante 1, approvata con Delibera di C.C. n. 53 del 30.12.2013.

Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali del Regolamento Urbanistico sono differenziate secondo le categorie di fattibilità previste dalla normativa vigente ed in particolare dal Regolamento Regionale n. 53/R (D.P.G.R. n. 53/R del 25/10/2011). In particolare sono definiti i seguenti criteri generali di fattibilità:

- fattibilità senza particolari limitazioni (F1): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia;

- fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia;
- fattibilità condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi;
- fattibilità limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza individuati e definiti in sede di Regolamento Urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

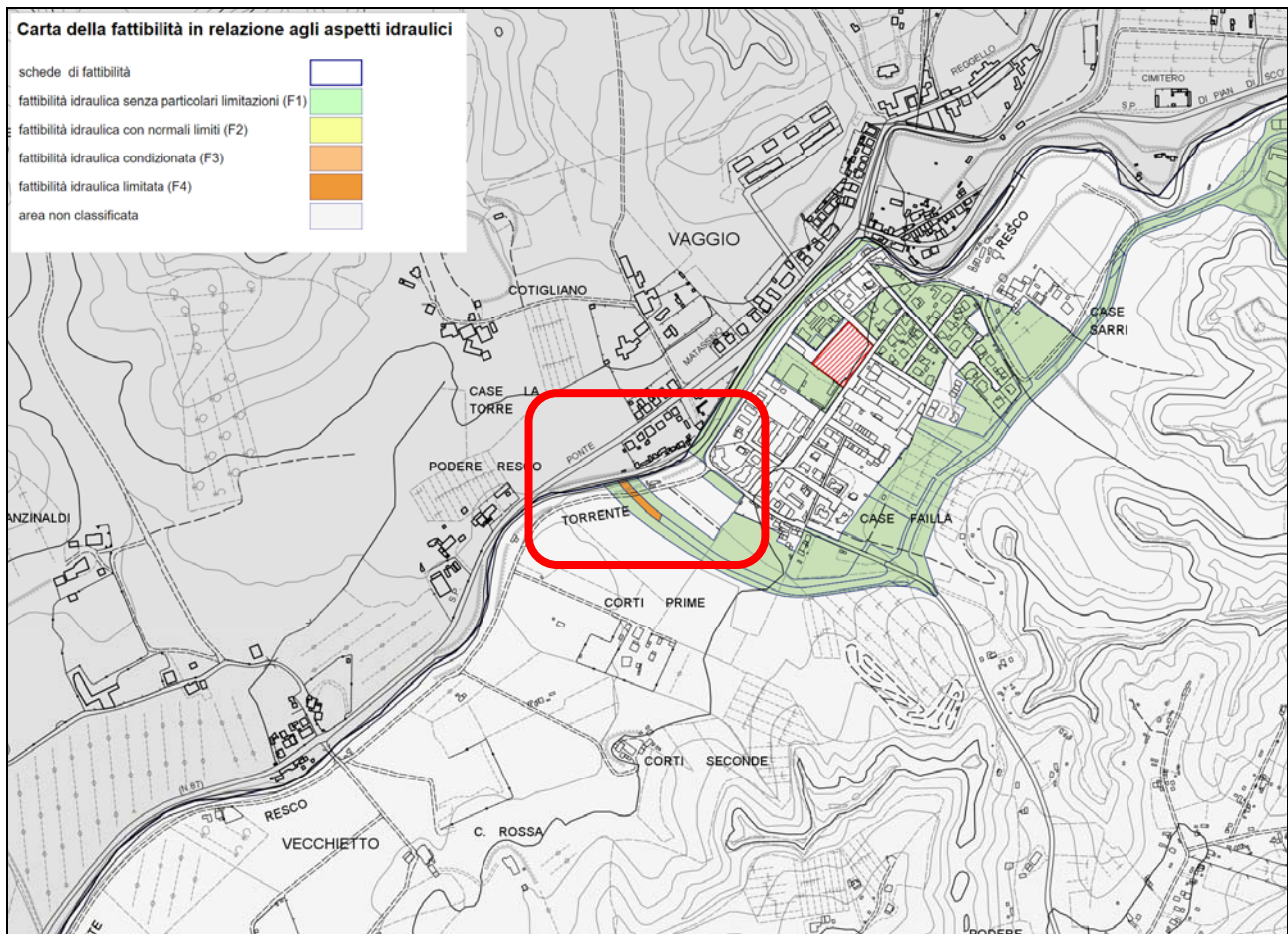


Figura 2-7 – Carta della fattibilità in relazione agli aspetti idraulici del Comune di Castelfranco Piandiscò

2.2.3 Lo studio redatto per il reticolo idraulico minore

Come sopra ricordato nell'ambito dell'aggiornamento del Piano Strutturale è stato eseguito un approfondimento sulla pericolosità idraulica degli affluenti minori che attraversano l'abitato di Vaggio, in particolare quelli d'interesse per la presente progettazione. Lo studio è stato redatto dall'Ing. Rosadini e dall'Ing. Marini dello studio Sorgente Ingegneria. Si riporta di seguito un estratto dello studio per quanto d'interesse per la presente progettazione.

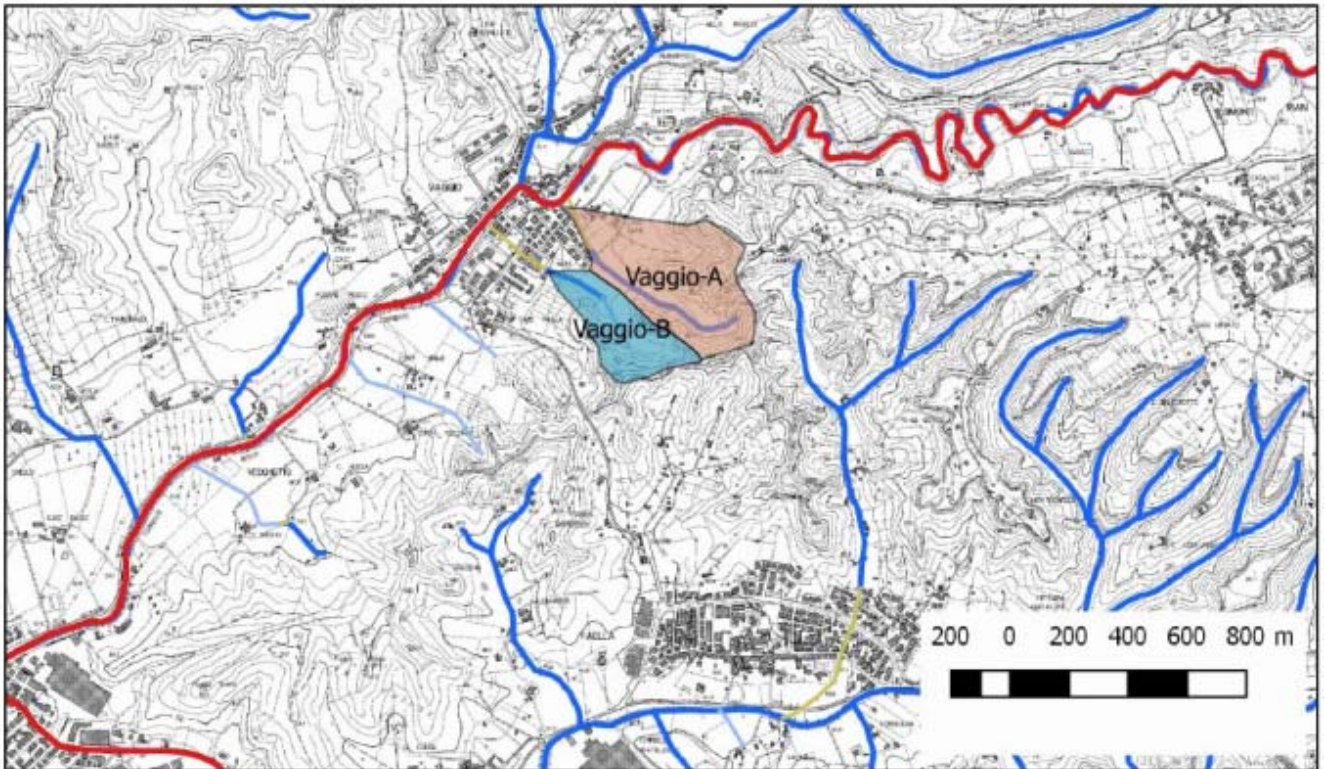


Figura 2-8 – Planimetria con bacini analizzati nel Piano Strutturale.

Per la modellazione idrologica si è fatto riferimento alla LSPP del 2012 a due parametri per tempo di pioggia maggiore di 1 ora analizzate con interpolazione lineare per ottenere curva a tre parametri.

E' stato utilizzato il metodo dell'invaso a serbatoio lineare con $n=1$ e $K=0.7 T_c$ (dove T_c è il tempo di corruzione caratteristico del bacino). Per i parametri di infiltrazione è stato assunto:

- I_a (mm) perdita iniziale che il terreno assorbe durante i primi istanti di precipitazione valutata in funzione della percentuale di area boscata presente nel bacino considerato (derivata dall'Uso e Copertura del Suolo) con la seguente relazione $I_a=3.3+22P_{ab}$;
- K_s (mm/h) coefficiente di infiltrazione a saturazione K_{sat} è valutato sulla base dell'aggiornamento del quadro conoscitivo eseguito con lo studio in collaborazione tra LAMMA e Regione Toscana nel 2014 per la "Caratterizzazione idrologica dei suoli della Toscana" utilizzato nell'implementazione del modello idrologico distribuito "Mobidic". Nel

dettaglio è stato utilizzato il valore di Ksat30 valido per i primi 30 cm di suolo utilizzato per la modellazione dei processi legati all'infiltrazione superficiale.

Si riportano di seguito i risultati della modellazione utilizzata:

Bacino	Area	IA	KS	N [-]	K [h]	TL	Parametri LSPP2014		
							Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
	[kmq]	[mm]	[mm/h]	[-]	[h]	[h]	[mm/ore ^A n/anni ^m]	[-]	[-]
VAGGIO A	0.190	13.92	0.79	1	0.366	0.366	29.075	0.283	0.210
VAGGIO B	0.090	13.17	0.74	1	0.377	0.377	29.075	0.283	0.210

Tabella 1: Parametri idrologici e geomorfologici per i bacini analizzati.

Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione e totale	Precipitazione e netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VAGGIO A	30	0.6	53.1	39.3	82.7	0.999	3.0
	200	0.4	69.8	56.1	173.5	0.999	4.8
	500	0.4	85.0	71.3	211.1	0.999	6.1
VAGGIO B	30	0.7	53.4	40.2	81.6	1.000	1.4
	200	0.7	80.1	66.9	122.4	1.000	2.2
	500	0.4	85.7	72.7	206.6	1.000	2.8

Tabella 2: Portate al colmo per i bacini analizzati.

3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 Modello idrologico

L'analisi idrologica è stata condotta con il modello ALTO messo a punto dalla regione Toscana per la regionalizzazione delle portate di piena. Essa è finalizzata alla determinazione degli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 200 anni.

In primo luogo sono state individuati i bacini di interesse riportati nella Figura 9.

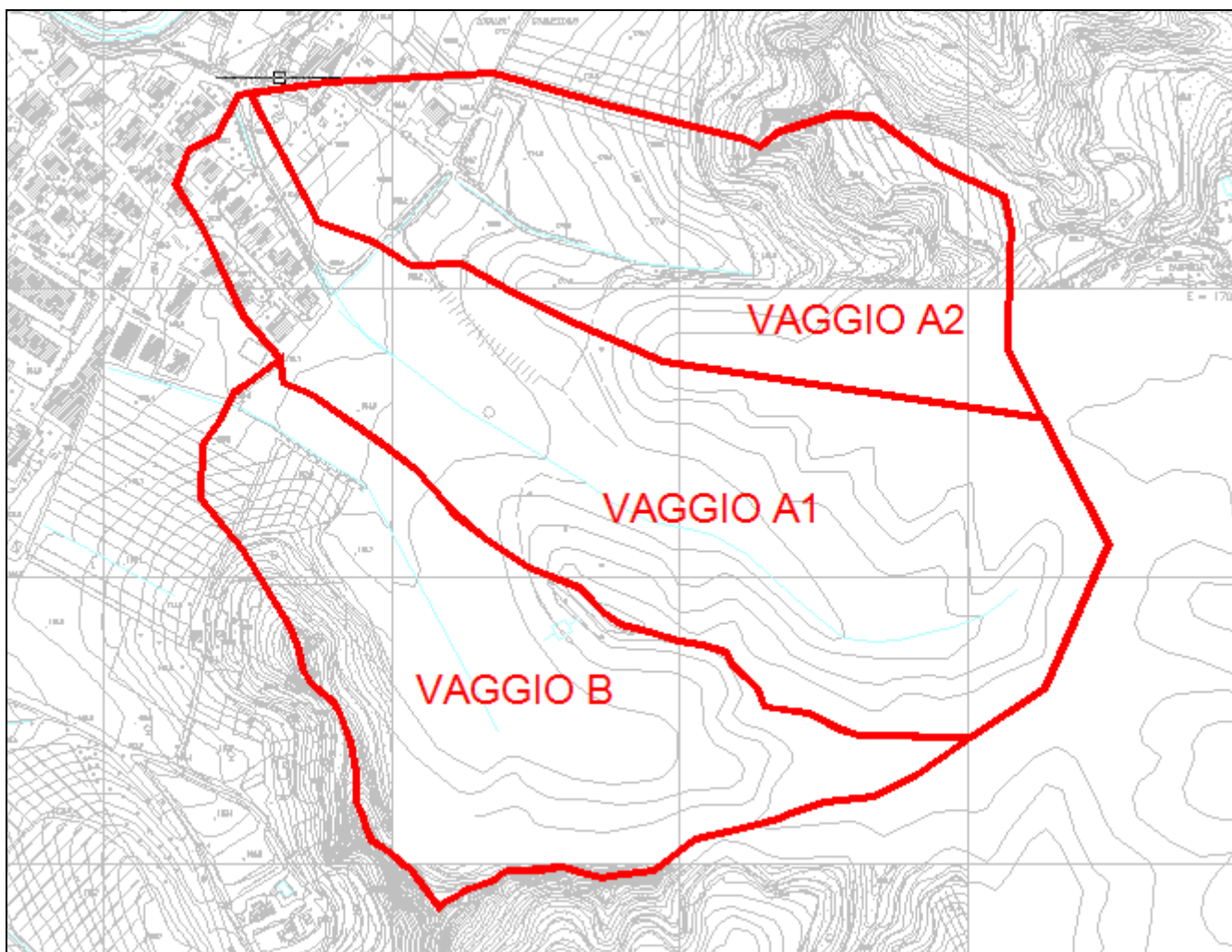


Figura 9: Bacini idrografici d'interesse

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

In accordo con lo studio idraulico a supporto del Piano Strutturale n è stato assunto pari a 1 mentre per k si è utilizzata la formulazione $k=0.7 \times T_c$ con T_c tempo di corrivazione.

Si riporta di seguito il calcolo del tempo di corrivazione per i 3 bacini.

VAGGIO B		Superficie [km2]	Pendenza	Lunghezza asta principale [km]	H max[m]	H min[m]
	TC	0,08	12%	0,489	220	161
Formula di Ventura	0,10					
Formula Kirpich	0,36					
Formula Puglisi	0,96					
Media	0,47					
Media minuti	28,38	0,47				
T lag	19,86	0,33				
VAGGIO A1		Superficie [km2]	Pendenza	Lunghezza asta principale [km]	H max[m]	H min[m]
	TC	0,11	14%	0,62	250	161
Formula di Ventura	0,11					
Formula Kirpich	0,43					
Formula Puglisi	0,98					
Media	0,50					
Media minuti	30,27	0,50				
T lag	21,19	0,35				
VAGGIO A2		Superficie [km2]	Pendenza	Lunghezza asta principale [km]	H max[m]	H min[m]
	TC	0,077	17%	0,465	240	161
Formula di Ventura	0,09					
Formula Kirpich	0,30					
Formula Puglisi	0,84					
Media	0,41					
Media minuti	24,48	0,41				
T lag	17,13	0,29				

Tabella 3: Tempo di corrivazione dei bacini

Il parametro la e Ks è stato valutato secondo la metodologia proposta nel modello ALTO utilizzando la carta della geologia e dell'uso del suolo della Autorità di Bacino del Fiume Arno in accordo con lo studio a supporto del Piano Strutturale.

Le curve di possibilità pluviometrica sono state stimate a partire dalle curve di possibilità pluviometrica calcolate dalla Università di Firenze per conto della Regione utilizzando i dati pluviometrici al 2012.

Il suddetto studio fornisce le curve di possibilità pluviometrica nella forma

$$\text{generica: } h = a t^n$$

dove:

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

I valori di a e n su una maglia di 1kmx1km su tutto il territorio regionale sono disponibili 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 curva di 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

$$\text{forma: } h = a' t^n T^m$$

dove:

- a' coefficiente [mm/hⁿy^m];
- T tempo di ritorno in anni [y].

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 dalla 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 al disotto della durata oraria è stato stimato in funzione del rapporto esistente nelle curve di possibilità pluviometrica del modello Alto aggiornate al 2002 tra n maggiore dell'ora e n minore dell'ora.

Le stazioni di riferimento sono riportate nella Tabella 4 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

Tabella 4 Parametri delle curve di possibilità pluviometrica al 2002

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

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

Lo ietogramma è stato assunto di intensità costante. La variabilità spazio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso lo stesso coefficiente di riduzione K_r già adottato nella stima di tipo regionale, basato sulla formula dell'USWB:

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

Il valore di K_r 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;
 - $\beta = 0.25$;
 - $\gamma = 0.01$.

Nella Tabella 2-4 si riportano i parametri del modello ALTO per ciascun bacino.

Nome	Area_por	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
VAGGIOA2	0.077	13.92	0.79	1	0.28	26.26	0.2422	0.2356	26.26	0.283	0.2356
VAGGIOA1	0.11	13.92	0.79	1	0.35	26.26	0.2422	0.2356	26.26	0.283	0.2356
VAGGIOB	0.08	13.17	0.74	1	0.33	26.26	0.2422	0.2356	26.26	0.283	0.2356

Tabella 5: Parametri del modello ALTO per i bacini

Nella si riportano i valori delle portate per i vari tempi di ritorno dei bacini.

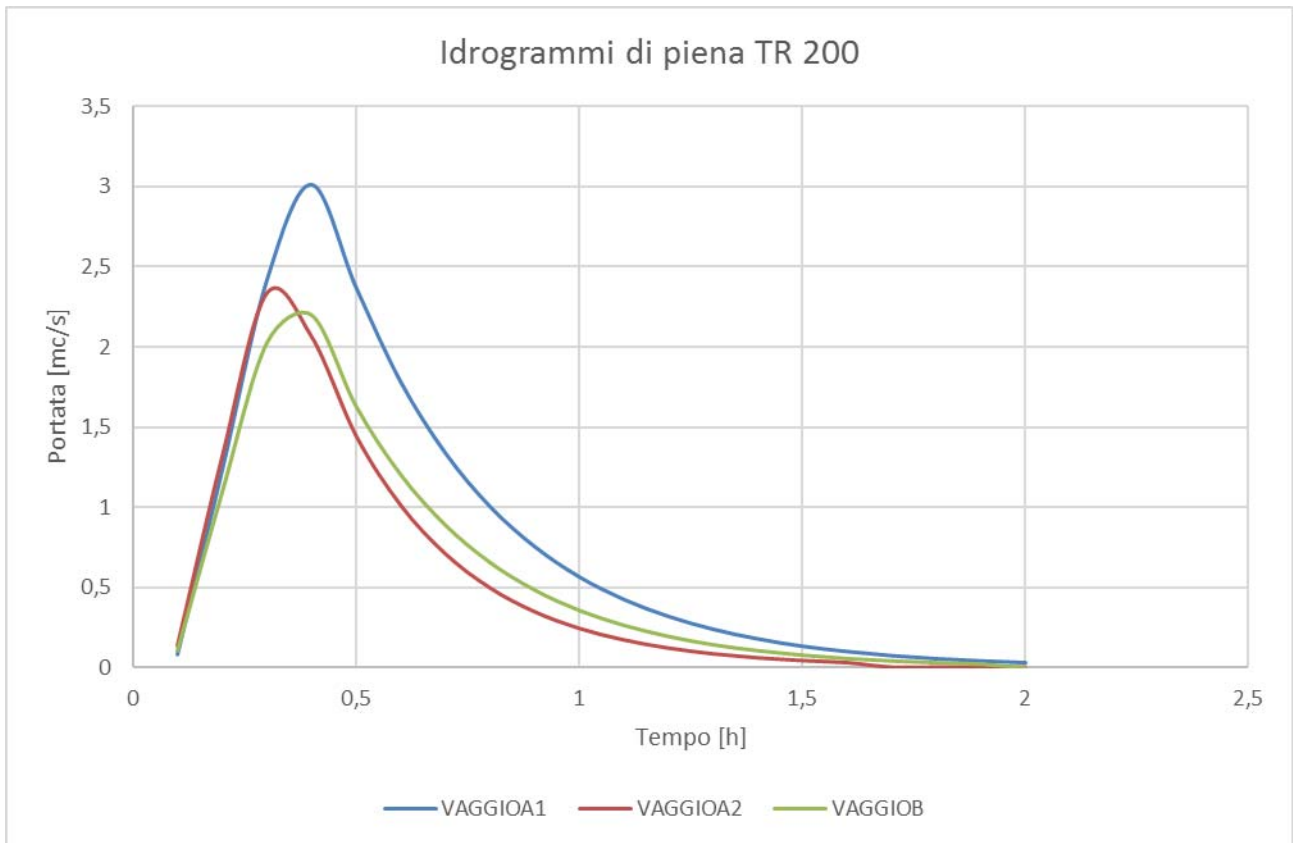


Figura 10: Idrogramma di portata per TR 200 anni per i bacini d'interesse

3 ANALISI IDRAULICA

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

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

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

3.1 La descrizione del modello idraulico

La modellazione idraulica del corso d'acqua oggetto di studio viene eseguita secondo uno schema accoppiato 1D – 2D mediante il software HEC-RAS 5.0.3 (Settembre 2016), simulando cioè in modo monodimensionale il deflusso all'interno dell'alveo fluviale, dotato di sfioratori laterali collegati ad aree di esondazione in destra e sinistra idraulica, e simulando in 2D la fuoriuscita e l'eventuale reimmissione delle portate in alveo.

Per una descrizione dettagliata del software si rimanda alla documentazione tecnica fornita a corredo del programma e consultabile on line (Hydraulic Reference Manual disponibile al sito <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx>).

Il modello si basa sulle equazioni di continuità e di moto per una corrente liquida incomprimibile e unidirezionale in condizioni non stazionarie; tali equazioni risultano, rispettivamente:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + q(x) = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} - J$$

in cui:

- A = area della sezione liquida;
- Q = portata;
- q(x) = portata laterale (positiva se entrante);
- H = carico totale della corrente;
- g = accelerazione di gravità;
- U = velocità media della corrente;
- J = perdite di carico effettivo per unità di lunghezza;
- x = ascissa corrente lungo l'alveo;

t = tempo.

La perdita di carico effettiva può essere stimata con un'equazione analoga a quella adottata per il moto uniforme:

$$J = \frac{U|U|}{gC^2 R}$$

ove, oltre ai simboli già noti, R è il raggio idraulico e C il coefficiente di resistenza al moto esprimibile nella forma:

$$C = \frac{KsR^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{g}}$$

ove Ks [$m^{\frac{1}{3}}s^{-1}$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza di Gauckler-Strickler.

Il software di calcolo HEC-RAS 5.0.3 utilizza come coefficiente di scabrezza quello di Manning (n) definito come 1/ks.

Per includere nel modello gli effetti dissipativi indotti da variazioni di sezione, quali allargamenti o restringimenti, si sono valutate le perdite di carico effettivo addizionali, ΔH , mediante la formula:

$$\Delta H = \frac{Q^2}{2g} \xi \Delta(\alpha / A^2)$$

ove α è il coefficiente di ragguaglio dell'energia cinetica e ξ può assumere valori compresi tra 0.1 e 0.8, maggiori nel caso di allargamento della sezione e minori nel caso di restringimento.

La risoluzione delle equazioni sopra descritte viene svolta per via numerica, discretizzandole opportunamente alle differenze finite, e associandovi appropriate condizioni al contorno.

Il modello HEC RAS fornisce la risoluzione delle equazioni in corrispondenza dei nodi di una griglia spazio-temporale ove, in corrispondenza delle sezioni fluviali predefinite, al variare del tempo si ricavano i valori delle grandezze idrauliche (portata, velocità, carico piezometrico, etc). A ciascun passo il programma bilancia le equazioni di moto e di continuità in modo iterativo fino al raggiungimento di una correzione su portate e livelli inferiore a una soglia prefissata.

Il modello consente la verifica in condizioni di corrente lenta ($Fr < 1$), veloce ($Fr > 1$) o mista veloce-lenta. Nella situazione reale, a causa di salti di fondo o di singolarità quali bruschi restringimenti di sezione, generalmente presenti su un corso d'acqua naturale o antropizzato che sia, il moto avviene in quest'ultimo regime di corrente.

In sintesi, l'algoritmo di modellazione 1D/2D combinata del moto in HEC-RAS ha le seguenti principali caratteristiche:

1. *Modellazione combinata 1D e 2D*: Dà la possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario, utilizzando la modellazione

1D per l'asta fluviale principale, e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi.

2. *Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D:* Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda sia quelle complete di Saint Venant.
3. *Algoritmo di soluzione ai volumi finiti:* Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti.
4. *Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D:* Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia.
5. *Maglie computazionali strutturate o non strutturate:* Il software è stato progettato per utilizzare mesh computazionali strutturate o non strutturate. Ciò significa che le celle computazionali possono essere triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale è definito con un poligono.
6. *Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo:* Ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pre-trattata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione.

3.2 Le caratteristiche geometriche del modello bidimensionale

Per la costruzione del modello idraulico HEC-RAS 2D sono stati percorsi i seguenti steps:

- È stato creato l'alveo fluviale georeferenziato mediante l'inserimento di 70 sezioni trasversali rilevate che sono state interpolate al fine di ottenere una maggiore definizione dell'alveo stesso;
- Sono state inserite le strutture di attraversamento, anch'esse oggetto di rilievo (ponti e briglie);
- E' stato acquisito il modello altimetrico del terreno DTM dai rilievi LIDAR;
- Sono state rappresentate aree laterali di esondazione, in destra e sinistra idraulica, ciascuna discretizzata in celle di lato 5x5 m associate al DTM;
- Sono stati inseriti lungo tutto il corso d'acqua degli sfioratori laterali, così da permettere sia la fuoriuscita che la reimmissione in alveo delle portate di esondazione.

Le scabrezze n di Manning utilizzate in alveo sono:

- 0.033 [s/m^{1/3}] in alveo;

- 0.045 [s/m^{1/3}] nelle aree golenali;
- 0.06 [s/m^{1/3}] per le celle del modello bidimensionale.

3.3 Le condizioni al contorno

Come condizione al contorno di monte è stato inserito l'idrogramma di piena per tempo di ritorno di 200 anni con passo temporale di 6 minuti, ricavato dal modello ALTO con i parametri aggiornati, come descritto in precedenza.

Come condizione al contorno di valle è stato inserito il valore massimo dell'altezza d'acqua del Resco Simontano come risultante della studio idraulico a supporto del Piano Strutturale.

In prossimità degli attraversamenti la sezione rilevata è stata suddivisa in 4 sezioni teoriche, di cui una posta a monte, una a filo del ponte a monte, una a filo del ponte a valle ed una a valle, in modo da schematizzare il fenomeno di rigurgito connesso con la presenza di un eventuale restringimento della sezione.

I coefficienti delle perdite per espansione e contrazione sono stati assunti in generale pari a 0.1 (contrazione) e 0.3 (espansione); in corrispondenza dei ponti sono stati utilizzati i coefficienti 0.3 (contrazione) e 0.5 (espansione).

4 VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche sono state condotte in moto permanente per tempo di ritorno di 200 anni.

4.1 *Franco di sicurezza*

Per gli scolarari di progetto si è tenuto conto delle indicazioni della Circolare 7/2019 pubblicata in Gazzetta Ufficiale dell'11/02/2019 riguardante "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale del 17 gennaio 2018.

In particolare al punto C.5.1.2.3. le prescrizioni per i tombini (manufatto totalmente rivestito in sezione eventualmente suddiviso in più canne in grado di condurre complessivamente fino a 50 mc/s) sono le seguenti:

- Nel caso di funzionamento a pelo libero il tirante idraulico non dovrà superare i $2/3$ dell'altezza garantendo comunque un franco libero di 50 cm.

5 LE OPERE IN PROGETTO

Come già spiegato, è stato recentemente realizzato uno scatolare della lunghezza di circa 80 m delle dimensioni di 100x180(H) cm e pendenza di circa il 4% lungo il tratto di valle del corso d'acqua con immissione finale nel Resco Simontano, in un primo stralcio progettuale.

Il presente secondo stralcio di progetto prevede:

- l'allungamento verso monte di tale scatolare, per altri 30 m;
- la deviazione del corso d'acqua che si immette attualmente nello scatolare, che scorrerà parallelamente allo stato attuale, ma più a destra di circa 15 m;
- la deviazione di un altro corso d'acqua parallelo al precedente, che attualmente scorre nei pressi di via Catania, e la creazione di una confluenza tra i due, con successiva immissione nello scatolare stesso, fino allo sbocco nel Torrente Resco Simontano;
- la posa in opera di altri scotalari prefabbricati di attraversamento di strade bianche per l'accesso alle varie proprietà, tra cui uno di 180x180 cm e un altro di 160x160 cm.

Le lavorazioni consisteranno perciò in:

- posa in opera di scotalari prefabbricati in c.a. di grandi dimensioni;
- scavo e riporto di terreno di campagna per la riprofilatura del fondo alveo dei corsi d'acqua oggetto di intervento;
- rivestimento del fondo alveo e delle sponde in cls, in muratura di pietrame e posa di elementi per il contrasto dell'erosione (geotessuti);
- ripristino e livellamento di massicciata stradale per strade bianche oggetto di sottoattraversamento con scotalari.

6 LE INVARIANTI STRUTTURALI E I SOTTOSERVIZI ESISTENTI

La scelta del tracciato ha tenuto conto dei seguenti fattori:

- Previsioni urbanistiche;
- Rispetto di distanze da edifici esistenti;
- Presenza di sottoservizi.

In particolare le precedenti previsioni del Piano Strutturale indicavano un tracciato per la variante alla viabilità in direzione Pian di Scò, che percorreva il limite superiore dell'edificato, mentre l'attuale piano adottato si limita ad un potenziamento della viabilità con il collegamento su Via Campania come di seguito rappresentato.



Figura 11: Previsioni di nuova viabilità PS 2018

Il tracciato del nuovo reticolo ha dovuto considerare l'ingombro della strada con il collegamento su Via Campania.

Nella definizione del tracciato idraulico sono state considerate le necessità di percorsi di accesso per le operazioni di manutenzione.

Per quanto riguarda i sottoservizi sono state inoltrate richieste di segnalazione delle reti tecnologiche ai principali gestori, ma è stato possibile acquisire durante i sopralluoghi eseguiti il tracciato della fognatura che corre parallelamente all'abitato in direzione nord-est - sud-ovest. La profondità di scorrimento della fognatura (DN 300) è di circa 2.2 m rispetto al piano campagna.

E' stato quindi scelto un tracciato al fine di garantire un distanza di sicurezza rispetto alla rete fognaria e per gestire l'interferenza nel tratto di attraversamento è stato tenuta una pendenza tale da

garantire un franco tra il fondo del canale (che in tale punto sarà rivestito con massi) e l'estradosso della fognatura di circa 50 cm.



Figura 12: Tracciato fognario interferente con il nuovo reticolo idraulico