



Comune di Ponsacco

Provincia di Pisa

IL SINDACO
Francesca Brogi

ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Massimiliano Bagnoli

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Nicola Gagliardi

UFFICIO URBANISTICA
Elisabetta Ulivi

GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLA
PARTECIPAZIONE
Claudia Ciarfella

Piano Strutturale

Studio idrologico-idraulico

Relazione idrologico- idraulica

PROGETTO URBANISTICO
Riccardo Luca Breschi
con Luca Agostini

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA
Andrea Giraldi

STUDI GEOLOGICI E SISMICI
Fabio Mezzetti
con Annalisa Oliviero

STUDI IDRAULICI
Simone Pozzolini
H.S. ingegneria s.r.l.



Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

INDICE GENERALE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO.....	3
3. RELAZIONE IDROLOGICA.....	6
3.1. <i>Caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico.....</i>	<i>7</i>
3.2. <i>Definizione degli afflussi.....</i>	<i>11</i>
3.2.1. <i>letogramma di progetto e fattore di ragguaglio.....</i>	<i>15</i>
3.3. <i>Le perdite di bacino: metodo CN del SCS.....</i>	<i>15</i>
3.4. <i>Trasformazione afflussi netti – deflussi: Idrogramma SCS.....</i>	<i>19</i>
3.5. <i>Propagazione dei deflussi: il metodo Muskingum-Cunge.....</i>	<i>21</i>
3.6. <i>Risultati della modellazione idrologica.....</i>	<i>22</i>
4. RELAZIONE IDRAULICA.....	32
4.1. <i>Modello di calcolo RAS.....</i>	<i>32</i>
4.1.1. <i>Modello di calcolo a moto vario monodimensionale.....</i>	<i>32</i>
4.1.2. <i>Modello di calcolo a moto vario bidimensionale.....</i>	<i>33</i>
4.2. <i>Caratteristiche geometriche del modello idraulico.....</i>	<i>34</i>
4.3. <i>Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata.....</i>	<i>36</i>
4.4. <i>Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena.....</i>	<i>37</i>
4.5. <i>Scenari simulati.....</i>	<i>38</i>
5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE.....	39

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica idraulica è redatta a supporto dell'aggiornamento degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco (Pi). Il territorio comunale è interessato dai seguenti corsi d'acqua principali, ricompresi nel reticolo idrografico di riferimento della L.R. 79/2012:

- fiume Era;
- torrente Cascina;
- Fossa Nuova;
- Rio Pozzale;
- Rio Rotina.

Il fiume Era, dalla confluenza con il Torrente Capriggine (Volterra) alla confluenza in Arno, ed il Torrente Cascina, da loc. Piano della Cascina alla confluenza con il Fiume Era, fanno parte del reticolo principale del bacino dell'Arno di cui al Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale. Tali corsi d'acqua non sono stati oggetto di studio in questa fase iniziale, tuttavia il Comune di Ponsacco in coordinamento con Regione Toscana e Distretto Appennino Settentrionale ha comunque attivato un percorso di revisione ed aggiornamento delle pericolosità idrauliche derivanti dal reticolo principale sul territorio comunale. I risultati di tali studi, tuttora in corso, saranno prevedibilmente disponibili in fase di approvazione dell'aggiornamento degli strumenti urbanistici.

Per quel che riguarda il reticolo minore presente in sinistra Cascina ed affluente allo Scolmatore dell'Arno, i corsi d'acqua che inducono le maggiori condizioni di rischio sul territorio comunale sono il Rio Pozzale ed il Rio Rotina. Tali corsi d'acqua sono stati oggetto di indagine in questa sede.

Il Rio Fossa Nuova è stato oggetto nel recente passato della realizzazione di significativi interventi di regimazione idraulica. Esso è posto in posizione periferica del territorio comunale, presso il confine sud-ovest con il Comune di Casciana Terme Lari. Tale comune ha peraltro in corso di ultimazione l'aggiornamento dei propri strumenti urbanistici. Il Comune di Ponsacco, previa coordinamento e verifica della Regione Toscana, assumerà nel proprio quadro conoscitivo i risultati degli studi idraulici sulla Fossa Nuova condotti dal Comune di Casciana Terme Lari.

A seguire si illustrano i risultati degli studi condotti su Rio Pozzale e Rio Rotina, unitamente ad i criteri seguiti per la definizione delle condizioni di pericolosità idraulica sul territorio comunale.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

I corsi d'acqua oggetto di studio in questa sede sono il Rio Pozzale e la Rotina, due affluenti di sinistra del canale Scolmatore dell'Arno che originano nel territorio comunale di Ponsacco.

Il Pozzale, secondo quanto si deduce dall'analisi del reticolo idrografico della Regione Toscana di cui alla L.R. 79/2012, nasce da un fosso tombato che esce a cielo aperto nella periferia ovest dell'abitato di Ponsacco, lungo Via di Gello - SP23. Il fosso corre lungo il tracciato stradale attraversando l'area industriale e la frazione di Le Melorie, dopodichè sottopassa la S.G.C. FI-PI-LI ed entra nel Comune di Pontedera; il fosso continua a costeggiare la strada provinciale lambendo l'area industriale di Gello ed infine immettendosi nel canale Scolmatore proprio nei pressi del ponte della SP23. Il corso d'acqua, a partire dalla sua origine come individuata dal reticolo della Regione Toscana fino alla confluenza nello Scolmatore, misura 4.7 km di cui 2.08 km nel Comune di Ponsacco e 2.62 km in quello di Pontedera. Sono presenti estesi tratti tombati.

La Rotina nasce nella periferia nord di Ponsacco dalla confluenza dei fossi di drenaggio dell'area coltivata compresa tra le ultime abitazioni della città, il Fiume Cascina e il Lago di Cavo. Lungo il suo percorso attraversa la città di Ponsacco passando sotto Via Valdera Pontedera – SR439, aggira da nord l'area industriale e continua il suo percorso tra i campi fino alla S.G.C. FI-PI-LI. Dopo aver attraversato la S.G.C. FI-PI-LI devia verso nord passando dall'abitato di Santa Lucia, scorre a fianco del centro commerciale Lidl Italia e si immette nel canale Scolmatore presso il Parco Eolico di Pontedera. La lunghezza complessiva del corso d'acqua è di 5.67 km, di cui 2.60 nel comune di Ponsacco e 3.07 km nel territorio comunale di Pontedera, essendo situato il confine comunale poco a monte dell'attraversamento della S.G.C. FI-PI-LI.

Entrambi i fossi oggetto di studio scorrono esclusivamente in territorio di pianura e presentano una scarsa pendenza; essi non hanno affluenti significativi e le immissioni principali sono costituite dai numerosi fossi di drenaggio delle aree agricole confinanti, oltre che dai recapiti della rete di fognatura bianca delle aree urbanizzate.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

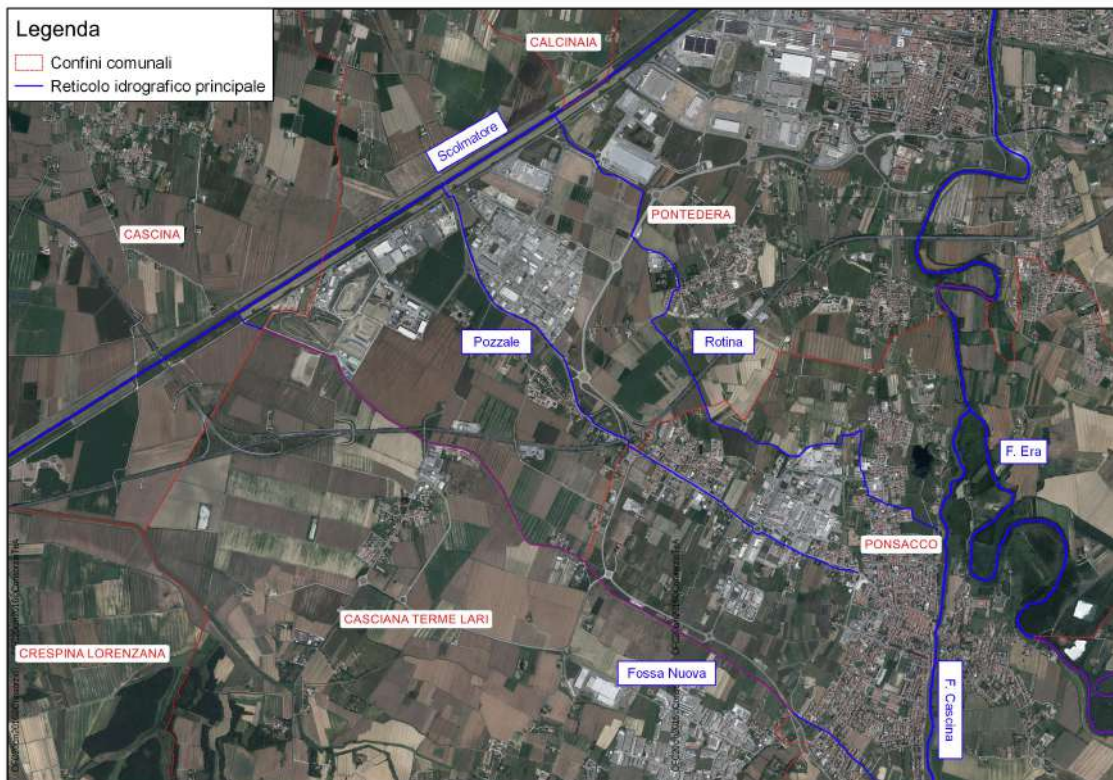


Figura 1: inquadramento dei corsi d'acqua oggetto di studio

I tratti dei corsi d'acqua oggetto di interesse ai fini del presente studio sono quelli compresi prevalentemente nel territorio comunale del Comune di Ponsacco, con particolare attenzione ai tratti urbani. La modellazione idraulica si estende comunque oltre i confini del territorio comunale, su un tratto idraulicamente significativo per la definizione delle condizioni di pericolosità nelle aree di interesse.

Il tracciato di Pozzale e Rotina è caratterizzato dalla presenza di numerosi attraversamenti e tombamenti (in particolare lungo il Pozzale), che comportano criticità per il deflusso idraulico.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica



Figura 2: tratti a cielo aperto e tombati dei corsi d'acqua oggetto di studio

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

3. RELAZIONE IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata condotta con il software HEC-HMS, prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE). Nella definizione dei modelli di calcolo si è fatto riferimento ai dati desunti da altri studi ove disponibili, ovvero:

- "Studio idrologico-idraulico del bacino del Fosso Rotina nel Comune di Ponsacco (PI)", Comune di Ponsacco, Consorzio di Bonifica "Ufficio Fiumi e Fossi" di Pisa, maggio 2008;
- "Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante n. 19 al Regolamento Urbanistico per la ridefinizione del comparto P.I.P. in loc. Le Melorie nel Comune di Ponsacco", Comune di Ponsacco, Ing. Alessio Gabrielli, maggio 2017.

Sono stati simulati scenari aventi tempi di ritorno di 30 e 200 anni. Nel seguito si descrivono in dettaglio le procedure di calcolo ed i parametri di modellazione adottati.

Le seguenti figure riportano le schermate dei modelli HMS implementati:

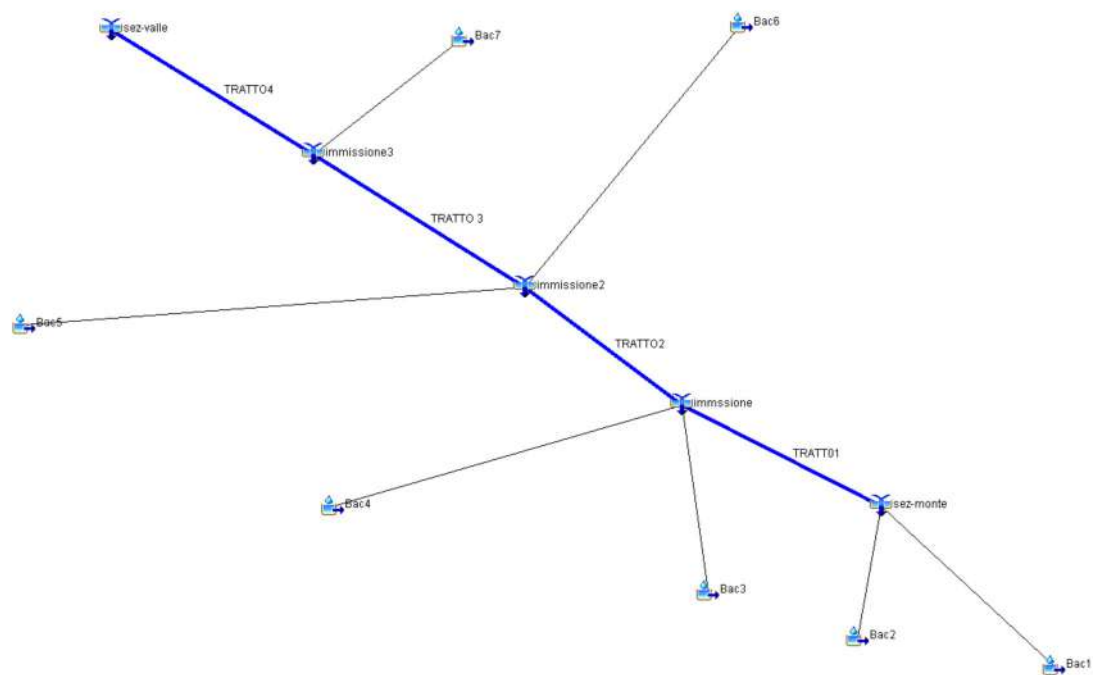


Figura 3: Schema HEC-HMS del fosso Pozzale

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

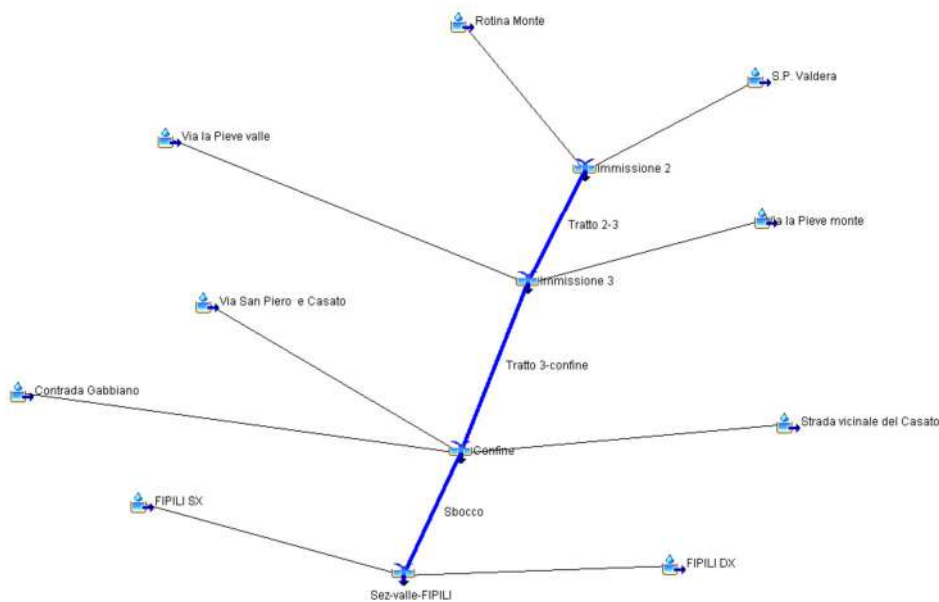


Figura 4: Schema HEC-HMS del fosso Rotina.

3.1. Caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico

L'area in esame ricade nel bacino idrografico del canale Scolmatore dell'Arno, di cui sia la Rotina che il Pozzale sono affluenti, e confina ad est con il tracciato del Fiume Cascina, che nel tratto in questione è arginato.

La definizione dei bacini idrografici dei corsi d'acqua oggetto di studio è stata eseguita sulla base degli studi precedentemente condotti, oltre che con analisi della base cartografica tramite l'ausilio di applicativi GIS e con sopralluoghi condotti sul posto.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

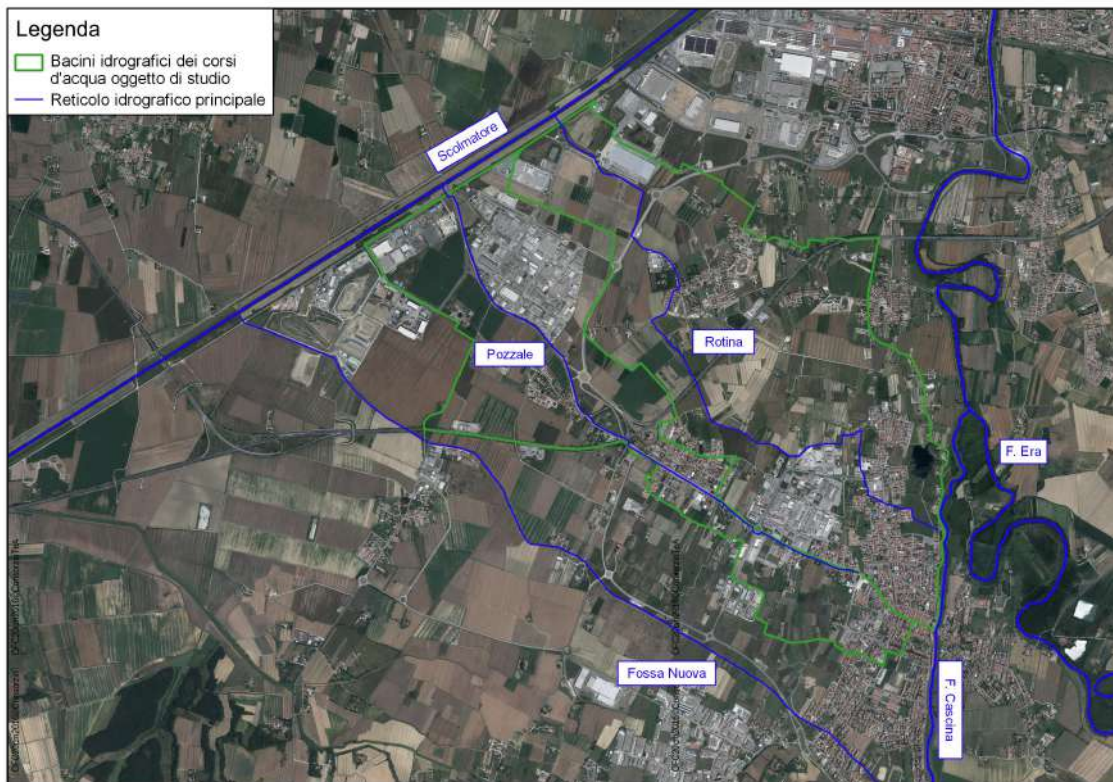


Figura 5: bacini idrografici dei corsi d'acqua oggetto di studio

Ai fini del presente studio i bacini in esame sono stati chiusi a valle del confine comunale di Ponsacco, in punti idraulicamente significativi: per il Pozzale la sezione di sbocco a valle del tombamento presso la S.G.C. FI-PI-LI, per la Rotina il ponte della S.G.C. FI-PI-LI stessa. Successivamente i bacini idrografici sono stati ulteriormente suddivisi in sottobacini per le analisi idrologiche.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica



Figura 6: sottobacini del bacino idrografico del Pozzale



Figura 7: sottobacini del bacino idrografico della Rotina

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

Le principali caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini idrografici, desunte dalla cartografia della Regione Toscana, sono riportate nelle seguenti tabelle:

Sottobacini del Pozzale								
Descrizione	u.m.	Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3	Bacino 4	Bacino 5	Bacino 6	Bacino 7
A Area del bacino	[ha]	15.057	39.514	16.983	10.997	12.686	14.019	16.848
Z_{max} Quota massima del bacino	[m slm]	22.6	22.7	21.7	19.5	18.1	17.8	21.2
Z_0 Quota più bassa del bacino	[m slm]	18.0	16.6	17.5	15.8	15.6	15.5	11.1
L Lunghezza dell'asta principale	[m]	--	519	--	511	524	629	895
L_{max} Lunghezza del massimo percorso idraulico	[m]	900	1600	875	855	620	685	1325
I_m Pendenza media del bacino	[%]	0.664	0.363	0.314	0.216	0.311	0.359	0.342

Tabella 1: principali caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini del Pozzale

Sottobacini della Rotina										
Descrizione	u.m.	Rotina monte	Via Valdera	Via la Pieve monte	Via la Pieve valle	Via S. Piero e casato	Strada vicinale casato	Contrada Gabbiano	FIPILI sx	FIPILI dx
A Area del bacino	[ha]	31.48	2.83	12.19	17.33	60.03	32.15	32.13	3.16	52.19
Z_{max} Quota massima del bacino	[m slm]	23.29	21.14	23.36	21.25	23.27	20.46	19.95	17.06	19.02
Z_0 Quota più bassa del bacino	[m slm]	18.26	18.53	17.6	14.34	16.25	14.68	14.31	13.32	13.05
L Lunghezza dell'asta principale	[m]	493	148	23	495	69	1428	804	--	--
L_{max} Lunghezza del massimo percorso idraulico	[m]	485	470	1295	160	2200	225	400	315	2000
I_m Pendenza media del bacino	[%]	1.077	0.376	0.567	0.310	0.365	0.244	0.259	0.392	0.318

Tabella 2: principali caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini della Rotina

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

3.2. Definizione degli afflussi

Per la stima delle piogge intense è stato utilizzato il modello TCEV (Two Component Extreme Value), facendo riferimento alle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) dedotte nell'ambito dell' "Accordo di Collaborazione Scientifica RT-UNIFI - Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", di cui alla DGRT 1133/2012 e basate sulle elaborazioni dei dati di pioggia aggiornati fino al 2012.

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

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

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

La forma canonica della distribuzione (1) è:

$$P(z) = \exp[-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\theta)], \quad z = (x - \varepsilon_1)/\theta_1;$$

$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta};$$

Per la stima dei parametri della distribuzione è stato seguito un approccio gerarchico di regionalizzazione (Figura 7).

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

$$h = a \cdot t^n$$

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

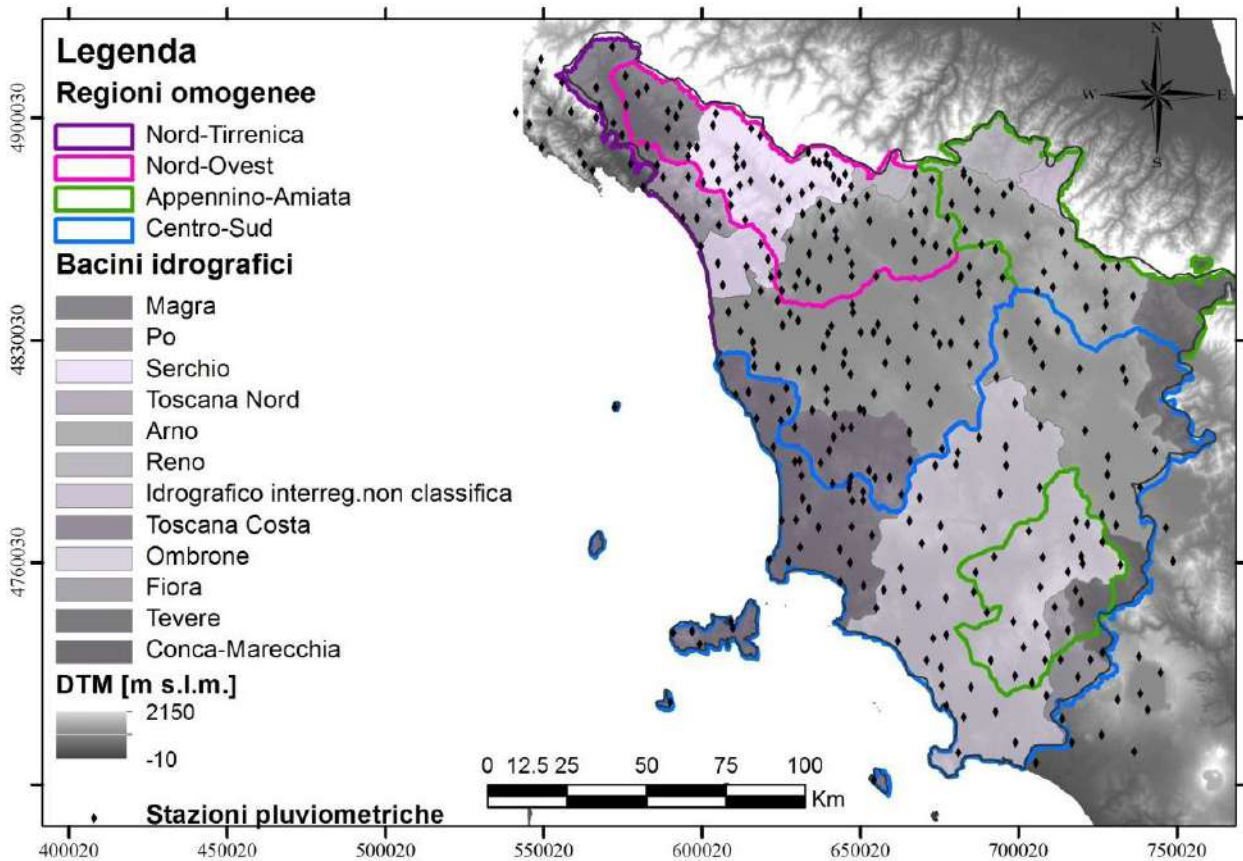


Figura 8 Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee

I parametri a ed n sono forniti in formato raster, con celle aventi risoluzione $1\text{km} \times 1\text{km}$. Per il caso in esame, sono state calcolate per mezzo delle curve pluviometriche altezze di pioggia riferite ad eventi con tempi di durata pari a 0.5, 1 e 2 ore. Per eventi con tempi di durata 0.25 h (15 min) è stata considerata un'altezza di pioggia equivalente a $0.6 h_{tp1h}$, come da indicazioni della letteratura tecnica.

Durata evento	u.m.	TR30		TR200	
		Pozzale	Rotina	Pozzale	Rotina
H per $tp=0.25h$	[mm]	35.34	34.92	49.17	48.60
H per $tp=0.5h$	[mm]	49.64	49.08	67.86	67.09
H per $tp=1.0h$	[mm]	58.89	58.21	81.96	81.00
H per $tp=2.0h$	[mm]	69.87	69.03	98.98	97.79

Tabella 3: altezze di pioggia per i bacini del Pozzale e della Rotina

Le figure seguenti riportano le griglie relative ad i parametri a ed n per l'area di interesse, per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

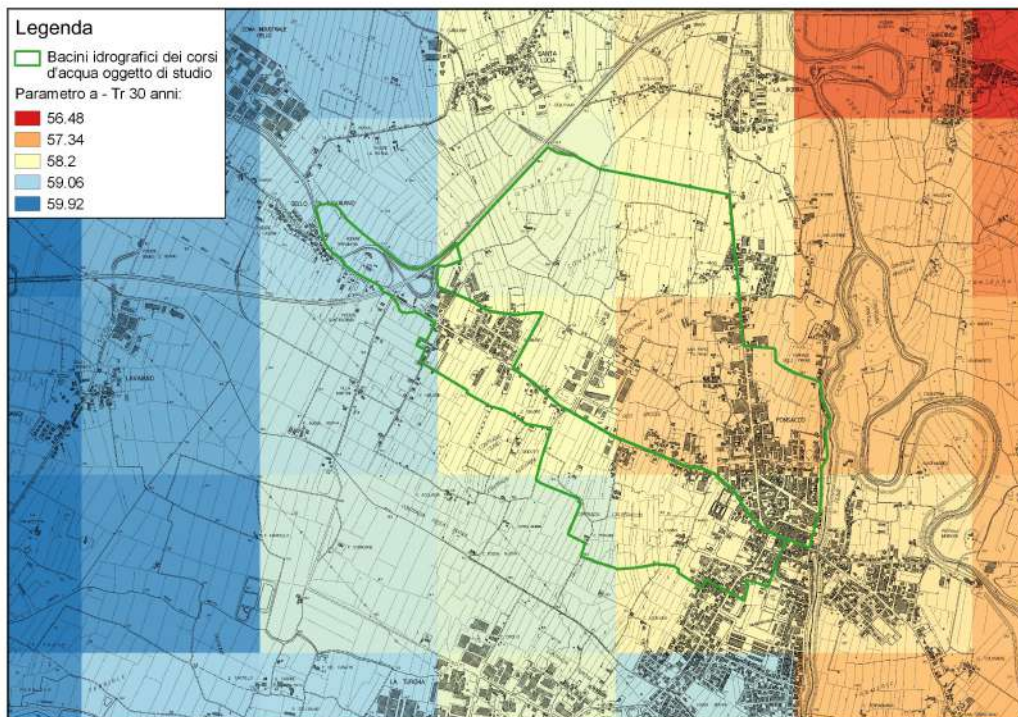


Figura 9: mappatura del parametro a per Tr 30 anni dell'area in esame



Figura 10: mappatura del parametro n per Tr 30 anni dell'area in esame

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

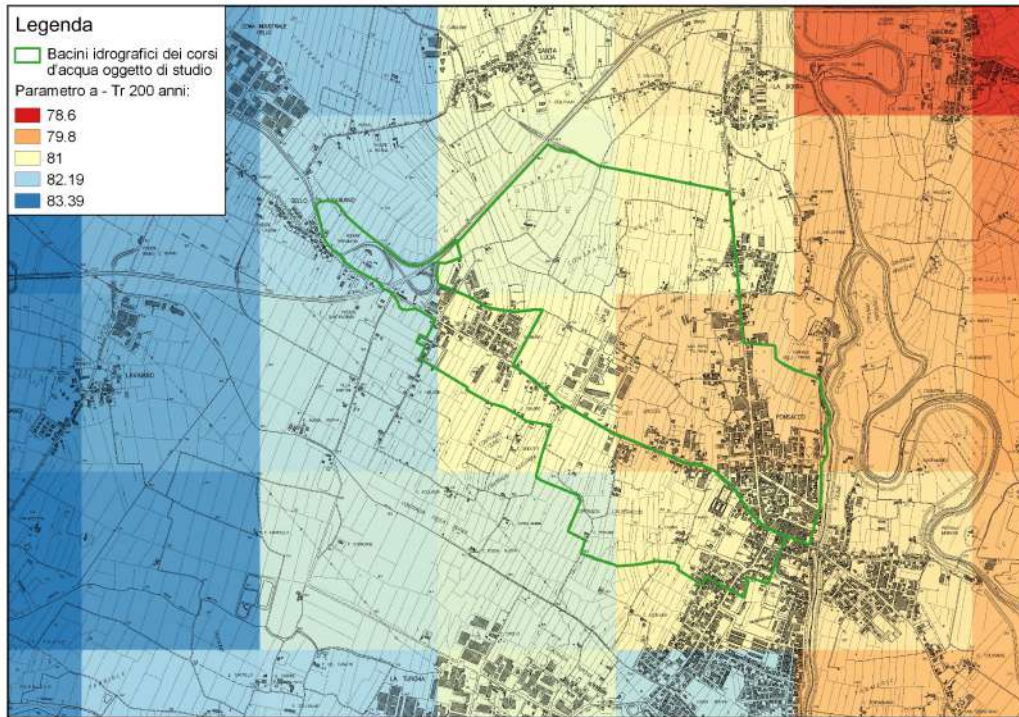


Figura 11: mappatura del parametro a per Tr 200 anni dell'area in esame

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica



Figura 12: mappatura del parametro n per Tr 200 anni dell'area in esame

3.2.1. Ietogramma di progetto e fattore di ragguglio

Per la generazione degli idrogrammi di piena si sono presi in esame ietogrammi triangolari a picco centrato.

Per quel che riguarda il fattore di ragguglio, data l'esigua estensione areale dei bacini considerati, si considera cautelativamente che questo abbia valore unitario (ovvero nessuna riduzione del valore dell'altezza di pioggia con l'area del bacino).

3.3. Le perdite di bacino: metodo CN del SCS

Le perdite di bacino sono state valutate con il metodo CN (Curve Number) del SCS (Soil Conservation Service). Il metodo CN si basa sull'equazione di continuità espressa dalla seguente formula:

$$P_{net} = P - S'$$

con P_{net} volume specifico (mm) di pioggia netta, P volume specifico affluito, S' volume specifico infiltrato. Il metodo ipotizza la validità della seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{(S')}{S} = \frac{P_{net}}{(P - I_a)}$$

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

dove S è il massimo volume d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e I_a la perdita iniziale. Combinando le due equazioni precedenti si ottiene:

$$P_{net} = 0 \quad \text{per } P < I_a$$

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \text{per } P > I_a$$

Per la stima di I_a si può far ricorso alla seguente equazione: $I_a = 0.1 - 0.4 S$ (generalmente $I_a = 0.2 S$). La valutazione di S è ricondotta a quella dell'indice CN, secondo la seguente:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

valida per S espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso tra 0 e 100, funzione della natura del suolo e del tipo di copertura vegetale. Per l'assegnazione del valore a tale parametro si è fatto riferimento alla specifica tabella riportata in "Macroattività B - Modellazione idrologica Attività B2: Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: parametrizzazione HMS" (Università di Firenze, Regione Toscana, 2014). I dati di uso del suolo derivano dal database UCS 2007-2013 della Regione Toscana (USO_E_COPERTURA_DEL_SUOLO_REGIONE_TOSCANA.7z\USO_E_COPERTURA_DEL_SUOLO_REGIONE_TOSCANA\ucs2013_shapefile\ucs_rt.shp), mentre i dati relativi al gruppo idrologico dei suoli derivano dal DB Pedologico regionale (DBPedologico_Regione_Toscana\DBPedologico_Regione_Toscana\dbpedologico_rt.qgs).

Il valore del parametro CN è inoltre influenzato dalla condizione di umidità del suolo all'istante di inizio della precipitazione. A tal proposito sono state individuate tre classi denominate AMC (Antecedent Moisture Condition) in base ai mm di pioggia che si sono avuti nei 5 giorni precedenti all'evento, come indicato nella seguente tabella:

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti all'evento (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 13	< 36
II	13-28	36 - 54
III	> 28	> 54

Tabella 4 classi AMC metodo CN

I valori di CN ricavati così come descritto nel paragrafo precedente fanno riferimento ad una condizione di umidità del suolo di tipo standard AMC II. Per condizioni iniziali differenti vanno effettuate le opportune correzioni secondo le seguenti relazioni:

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

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

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

Nel caso in esame si è cautelativamente scelto di fare riferimento al valore del CN nella condizione AMC III.

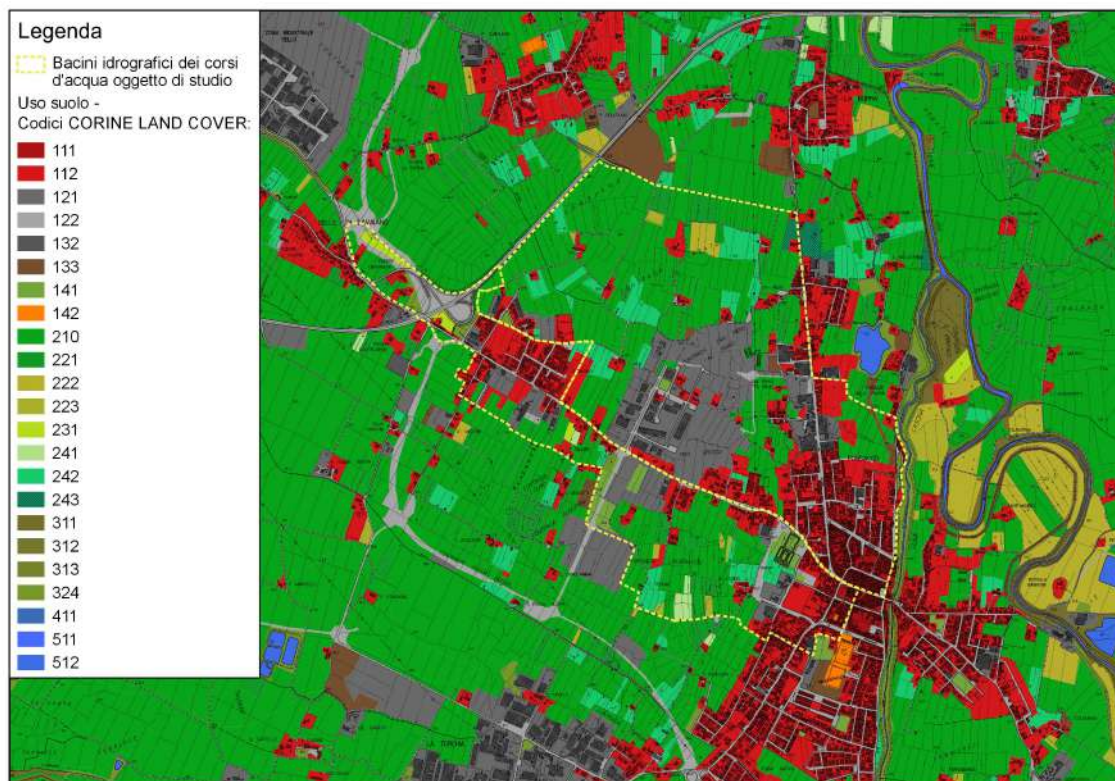


Figura 13: mappatura dell'uso del suolo (CORINE LAND COVER) per l'area in esame

1 – Superfici artificiali	1.1 – Tessuto urbano (111 – Tessuto urbano continuo; 112- Tessuto urbano discontinuo)
	1.2 – Unità industriali commerciali e di trasporto (121 Unità industriali o commerciali; 122 Reti di strade e binari e territori associati; 123 Aree portuali; 124 Aeroporti)
	1.3 – Miniere, discariche e luoghi di costruzione (131 Luoghi di estrazioni di minerali; 132 Discariche; 133 Luoghi di costruzione)
	1.4 – Aree con vegetazione superficiale (141 Aree di verde urbano; 142 Strutture di sport e tempo libero)
2 – Aree agricole	2.1 – Seminativi (211 Seminativi non irrigati; 212 Suolo permanentemente irrigato; 213 Risaie)
	2.2 – Colture permanenti (221 Vigneti; 222 Frutteti e frutti minori; 223 Oliveti)
	2.3 – Pascoli (231 Pascoli)
	2.4 – Aree agricole eterogenee (241 Colture annuali e colture permanenti; 242 Coltivazione complessa; 243 Suoli principalmente occupati dall'agricoltura; 244 Aree di agro-selvicoltura)
3 – Foreste e aree semi naturali	3.1 – Foreste (311 Foreste a latifoglie; 312 Foreste di conifere; 313 Foreste miste)
	3.2 – Associazione di vegetazione erbacea e/o arbusti (321 Prateria naturale; 322 Lande e brughiera; 323 Vegetazione sclerofila; 324 Transizione suolo boscoso/arbusti)
	3.3 – Spazi aperti con poca o nessuna vegetazione (331 Spiagge, dune e piani di sabbia; 332 Roccia nuda; 333 Aree scarsamente vegetate; 334 Aree bruciate; 335 Ghiacciai e nevi perenni)
4 – Terre umide	4.1 – Terre umide interne (411 Paludi interne; 412 Torbiere)

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

5 – Corpi d'acqua

4.2 – Terre umide costiere (421 Paludi di sale; 422 Saline; 423 Piani intertidali)

5.1 – Acque interne (511 Corsi d'acqua; 512 Corpi d'acqua)

5.2 – Acque marine (521 Lagune costiere; 522 Estuari; 523 Mare)

Tabella 5: legenda dei codici CORINE LAND COVER



Figura 14: mappatura delle classi idrologiche del suolo per l'area in esame

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

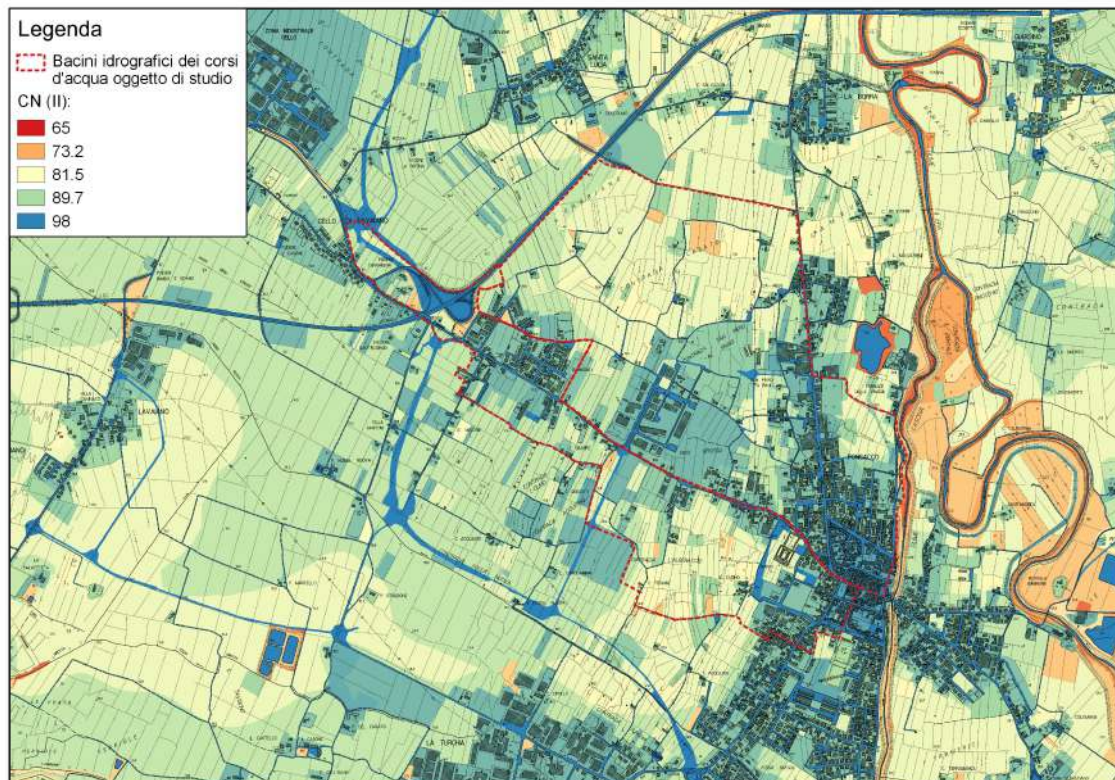


Figura 15: mappatura dei valori del parametro CN (II) per l'area in esame

Sottobacini del Pozzale								
Descrizione	u.m.	Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3	Bacino 4	Bacino 5	Bacino 6	Bacino 7
CN (III)	[-]	96.40	94.02	93.11	95.01	96.07	96.66	95.82

Tabella 6: valori del CN (III) per i sottobacini del Pozzale

Sottobacini della Rotina										
Descrizione	u.m.	Rotina monte	Via Valdera	Via la Pieve monte	Via la Pieve valle	Via S. Piero e casato	Strada vicinale casato	Contrada Gabbiano	FIPILI sx	FIPILI dx
CN (III)	[-]	97.08	94.92	97.01	95.52	96.31	92.24	94.15	94.05	92.45

Tabella 7: valori del CN (III) per i sottobacini della Rotina

3.4. Trasformazione afflussi netti – deflussi: Idrogramma SCS

Per la trasformazione afflussi netti – deflussi è stato utilizzato il metodo di calcolo dell'idrogramma SCS, che ben si presta a bacini misti urbanizzati-agricoli quali quelli in esame.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal Soil Conservation Service in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccole. Esso ha un vasto campo di applicazioni pratiche nel campo delle trasformazioni afflussi-deflussi per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità.

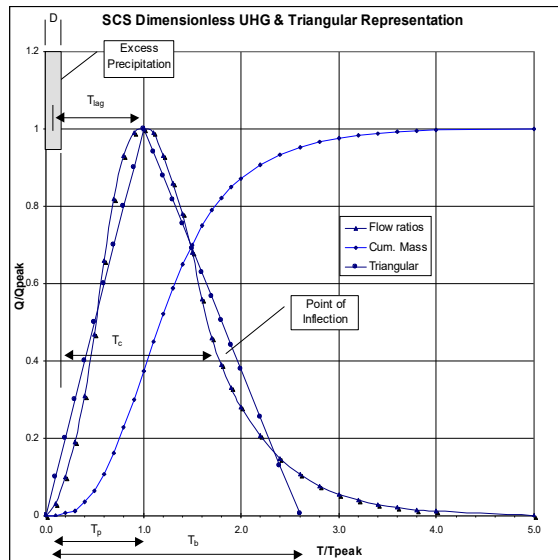


Figura 16 Idrogramma del SCS

Per la definizione dell'idrogramma è necessario specificare l'area del bacino, il fattore di picco e il tempo di ritardo.

Il fattore di picco (Peaking Factor) è un coefficiente che definisce il volume di acqua nei rami crescente e decrescente dell'idrogramma. Il NOHRSC (National Operational Hydrologic Remote Sensing Center) fornisce alcune indicazioni per la stima del fattore di picco in base alle caratteristiche morfologiche e di uso del suolo del bacino in esame. Nel caso in esame si è adottato per ciascun sottobacino il fattore di picco standard (PRF=484).

Il tempo di ritardo T_1 del bacino idrografico può essere valutato a partire dal tempo di corrvazione T_c secondo la relazione:

$$T_1 \approx \frac{3}{5} T_c$$

Per quel che riguarda il caso in esame, per i sottobacini della Rotina si è fatto riferimento ad i dati indicati nello studio idrologico del Consorzio di Bonifica "Ufficio Fiumi e Fossi" del maggio 2008, ritenuti appropriati, mentre per i sottobacini del Pozzale il tempo di corrvazione è stato dedotto come prima stima sulla base di formule di letteratura sotto riportate.

$$T_c = 0.675A^{0.5}$$

Ferro

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

$$T_c = \frac{0.32 \cdot (A^{0.5})}{0.6}$$

Formula regionalizzazione Regione Toscana (A)

$$T_c = \frac{\left(\frac{L_{max} \cdot 1000}{0.3048}\right)^{0.8} \cdot \left(\left(\frac{1000}{CN} - 10\right) + 1\right)^{0.7}}{(1900 \cdot (100 \cdot i_v)^{0.5})}$$

Formula del SCS

dove T_c indica il tempo di corrivazione, L_{max} la lunghezza del massimo percorso idraulico (in km), A area del bacino (in kmq), CN parametro del SCS, i_v pendenza media del bacino (in percentuale), z_{max} l'altezza massima del bacino (in m slm) e z_{min} la sezione di chiusura dello stesso (in m slm).

I valori così ricavati sono stati confrontati con i tempi di scorrimento sui versanti e nel canale lungo il massimo percorso idraulico, effettuando il calcolo del tempo di percorrenza attraverso il percorso idraulico più lungo secondo la relazione seguente:

$$T_c = \sum \frac{(L_i)}{V_i}$$

valutando la velocità V_i della corrente in ogni singolo tratto in condizioni di piena con la formula di Manning per il deflusso nel corso d'acqua e la formula dell'overland flow per il moto delle particelle d'acqua sui versanti.

I parametri adottati infine nella trasformazione afflussi netti deflussi sono riportati nella seguente tabella:

Sottobacini del Pozzale								
Descrizione	u.m.	Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3	Bacino 4	Bacino 5	Bacino 6	Bacino 7
T_L	[h]	0.24	0.47	0.31	0.30	0.21	0.22	0.33

Tabella 8: tempi di ritardo per i sottobacini del Pozzale

Sottobacini della Rotina										
Descrizione	u.m.	Rotina monte	S.P. Valdera	Via la Pieve monte	Via la Pieve valle	Via S. Piero e casato	Strada vicinale casato	Contrada Gabbiano	FIPILI sx	FIPILI dx
T_L	[h]	0.57	0.35	0.68	0.49	0.71	0.71	0.60	0.27	0.74

Tabella 9: tempi di ritardo per i sottobacini della Rotina

3.5. Propagazione dei deflussi: il metodo Muskingum-Cunge

Per la stima della propagazione dei deflussi negli elementi "reach" si è adottato il metodo di

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

Muskingum-Cunge. Tale modello si basa sull'equazione di continuità e sull'approssimazione parabolica delle equazioni complete di De Saint Venant.

I coefficienti del metodo vengono calcolati sulla base delle caratteristiche geometriche medie dei vari tratti per mezzo delle seguenti relazioni:

$$k = \frac{\Delta x}{c} \quad X = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{Q}{BS_0 c \Delta x} \right) \quad c = \frac{dQ}{dA}$$

in cui Δx è l'intervallo di discretizzazione spaziale, Δt il passo temporale di calcolo, c la celerità di traslazione dell'onda, S_0 la pendenza di fondo ed A l'area liquida.

Per ognuno degli elementi di tipo "reach" inseriti nel modello, è stato necessario definire la lunghezza L , coincidente con la lunghezza dell'asta principale, la pendenza media I_L , il numero di Manning n e la forma della sezione, ovvero la larghezza W e l'inclinazione (xH:1V) delle sponde I_s , definite sulla base delle caratteristiche del tratto in esame.

Elemento	L [m]	I_L [m/m]	n [s/m ^{1/3}]	W [m]	I_s [m/m]
Tratto 2-3	640	0.0031	0.035	0.8	0.8
Tratto 3-confine	1100	0.0015	0.035	0.8	0.8
Sbocco	1065	0.00216	0.035	1.2	0.8

Tabella 10: Caratteristiche degli elementi di tipo reach per la Rotina.

Elemento	L [m]	I_L [m/m]	n [s/m ^{1/3}]	W [m]	I_s [m/m]
TRATTO1	765	0.00206	0.035	0.8	0.8
TRATTO2	510	0.00157	0.035	0.8	0.8
TRATTO3	630	0.00307	0.035	0.8	0.8
TRATTO4	900	0.00307	0.035	1.2	0.8

Tabella 11: Caratteristiche degli elementi di tipo reach per il Pozzale.

3.6. Risultati della modellazione idrologica

Sulla base di quanto sopra esposto è stato implementato il modello idrologico dell'area di studio. Sono state eseguite simulazioni per tempi di ritorno di 30 e 200 anni con durata di pioggia pari a 0.25, 0.5, 1 e 2 ore, significative per il sistema in esame.

Le simulazioni idrologiche sono individuate da un codice nella forma SCS-trxxx-tpyy.yyh, dove "xxx" indica il tempo di ritorno in anni ed "yy.yy" la durata di pioggia espressa in ore.

Di seguito si riportano la tabella con i valori di picco delle portate ed i grafici degli idrogrammi ottenuti in uscita dalla modellazione idrologica.

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

Sottobacini del Pozzale								
Codice simulazione	u.m.	Bacino 1	Bacino 2	Bacino 3	Bacino 4	Bacino 5	Bacino 6	Bacino 7
SCS-tr030-tp0.25h	[mc/s]	3.15	3.65	2.15	1.68	2.90	3.23	2.52
SCS-tr030-tp0.5h	[mc/s]	4.05	5.61	3.20	2.37	3.61	4.02	3.55
SCS-tr030-tp1.0h	[mc/s]	3.39	5.95	3.03	2.16	2.93	3.25	3.29
SCS-tr030-tp2.0h	[mc/s]	2.41	5.03	2.33	1.62	2.05	2.29	2.50
SCS-tr200-tp0.25h	[mc/s]	4.75	5.80	3.49	2.61	4.40	4.83	3.85
SCS-tr200-tp0.5h	[mc/s]	5.81	8.40	4.85	3.48	5.20	5.73	5.15
SCS-tr200-tp1.0h	[mc/s]	4.89	8.92	4.57	3.18	4.24	4.70	4.79
SCS-tr200-tp2.0h	[mc/s]	3.51	7.54	3.53	2.40	2.99	3.32	3.67

Tabella 12: valori massimi di portata degli idrogrammi risultati dalla modellazione idrologica dei sottobacini del Pozzale

Sottobacini della Rotina										
Descrizione	u.m.	Rotina monte	Via Valdera	Via la Pieve monte	Via la Pieve valle	Via S. Piero e casato	Strada vicinale casato	Contrada Gabbiano	FIPILI sx	FIPILI dx
SCS-tr030-tp0.25h	[mc/s]	2.53	0.48	1.05	1.80	4.45	1.69	2.39	0.49	2.69
SCS-tr030-tp0.5h	[mc/s]	3.88	0.66	1.55	2.69	6.69	2.80	3.74	0.69	4.42
SCS-tr030-tp1.0h	[mc/s]	4.26	0.61	1.72	2.82	7.55	3.30	4.20	0.61	5.23
SCS-tr030-tp2.0h	[mc/s]	3.76	0.46	1.57	2.36	7.06	3.22	3.81	0.46	5.17
SCS-tr200-tp0.25h	[mc/s]	3.95	0.71	1.57	2.78	6.74	2.81	3.79	0.78	4.43
SCS-tr200-tp0.5h	[mc/s]	5.74	0.94	2.23	3.94	9.69	4.31	5.60	1.03	6.80
SCS-tr200-tp1.0h	[mc/s]	6.32	0.88	2.49	4.14	11.02	5.09	6.30	0.91	8.06
SCS-tr200-tp2.0h	[mc/s]	5.60	0.67	2.29	3.48	10.35	4.95	5.73	0.68	7.94

Tabella 13: valori massimi di portata degli idrogrammi risultati dalla modellazione idrologica dei sottobacini della Rotina

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

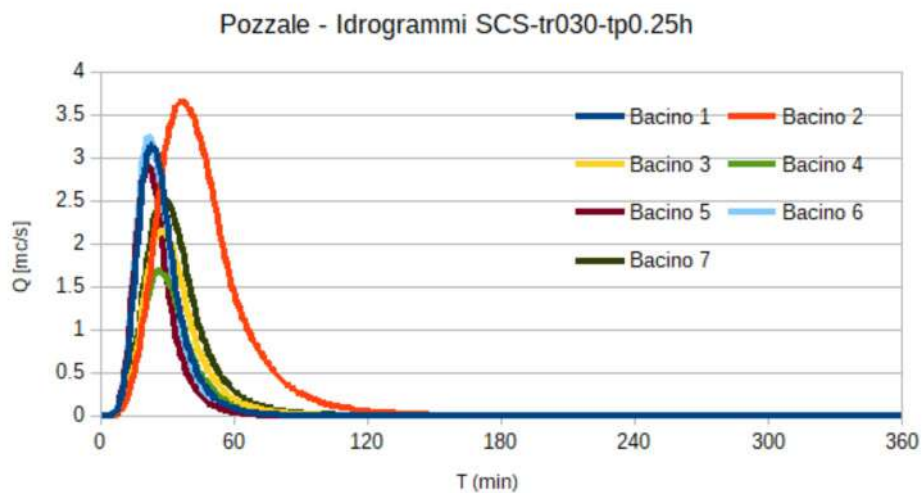


Figura 17: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 15 minuti

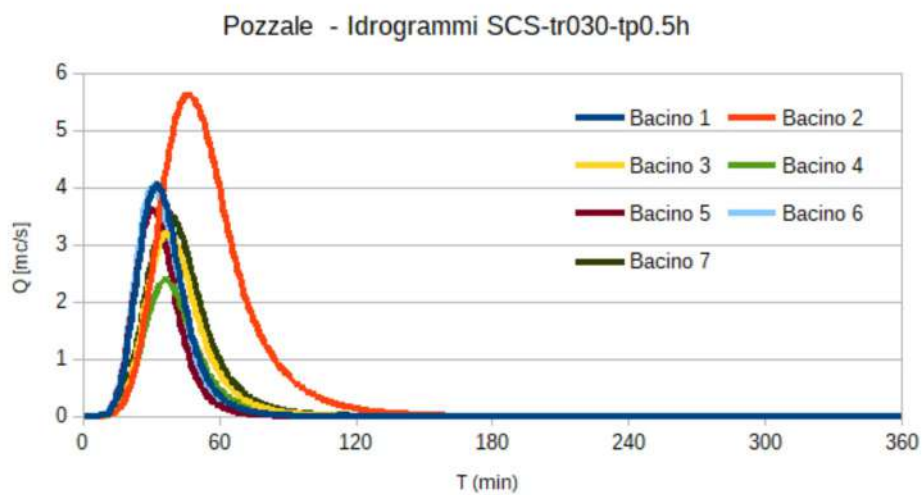


Figura 18: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 30 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

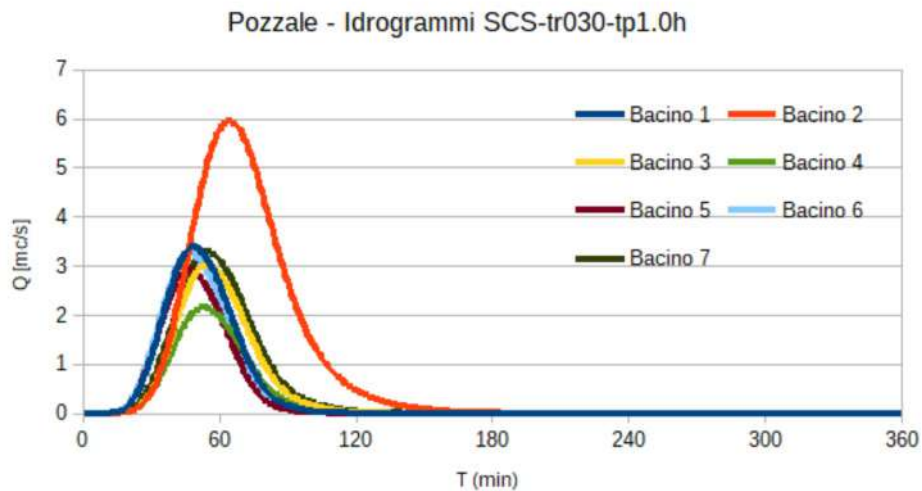


Figura 19: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 60 minuti

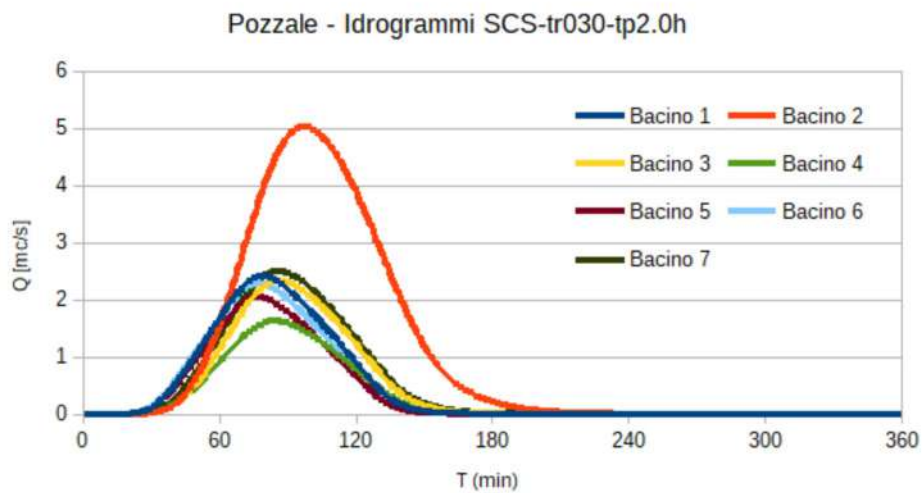


Figura 20: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 120 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

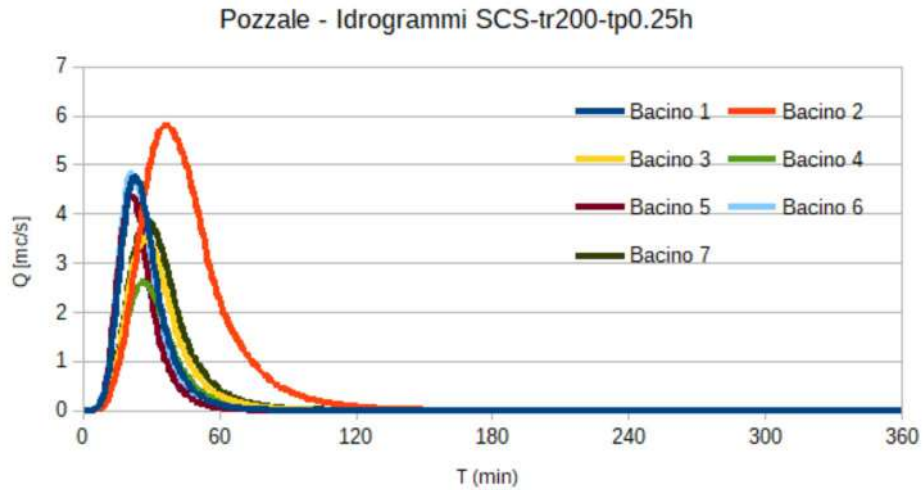


Figura 21: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 15 minuti

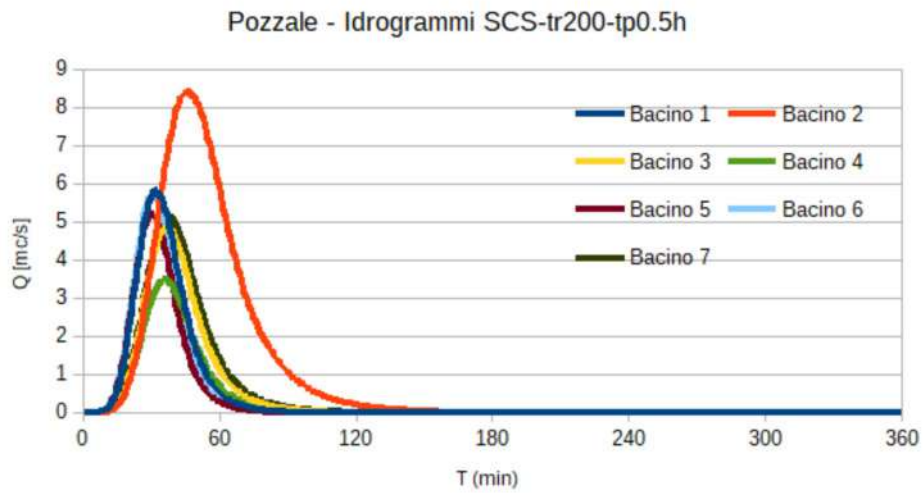


Figura 22: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 30 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

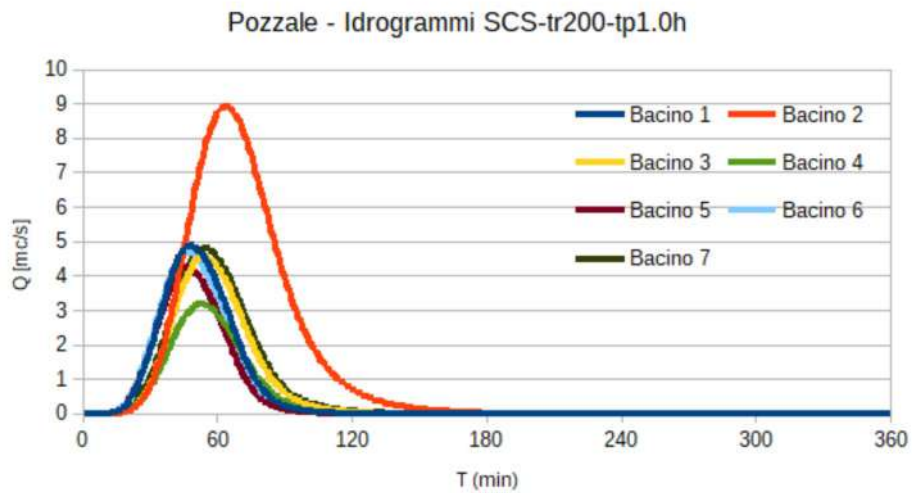


Figura 23: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 60 minuti

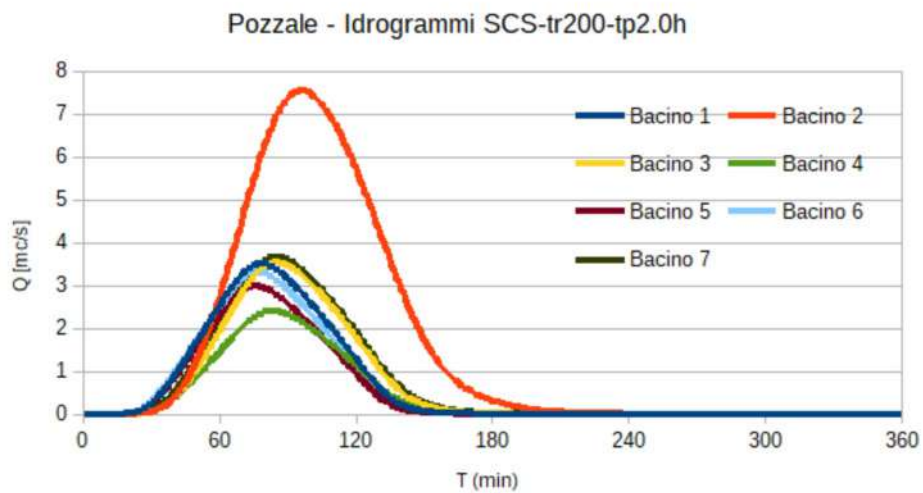


Figura 24: idrogrammi dei sottobacini del Pozzale per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 120 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

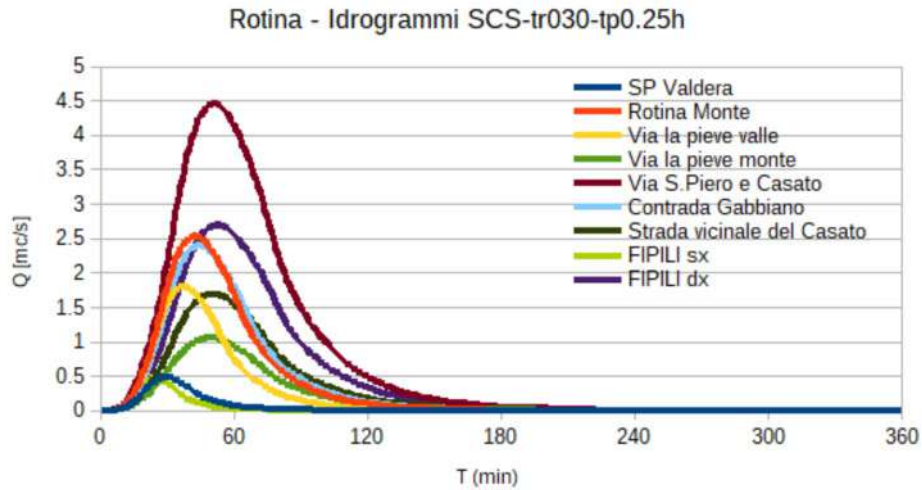


Figura 25: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 15 minuti

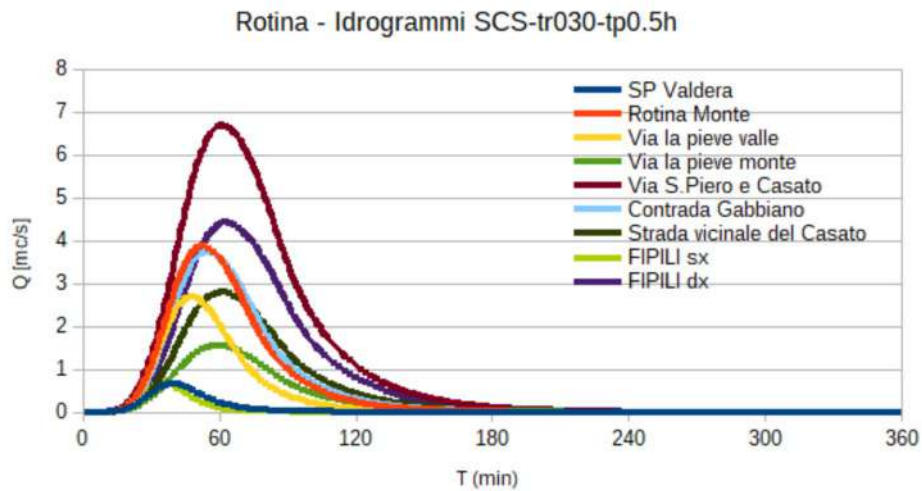


Figura 26: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 30 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

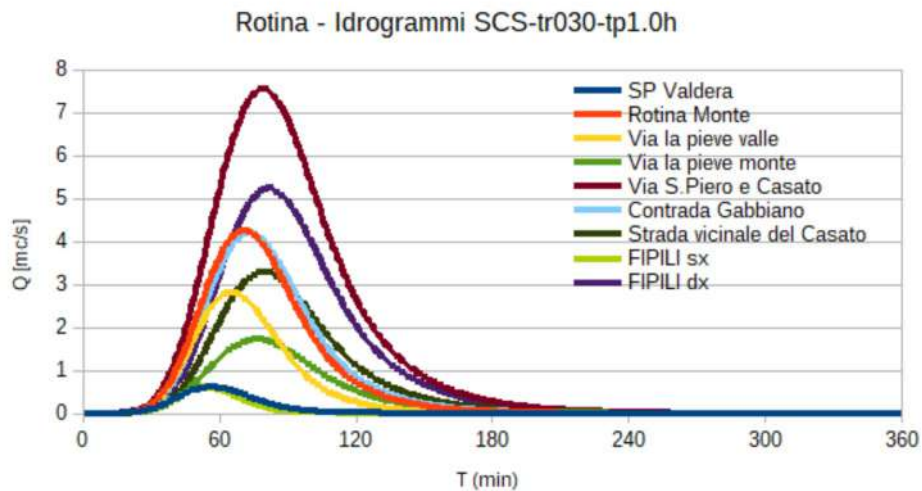


Figura 27: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 60 minuti

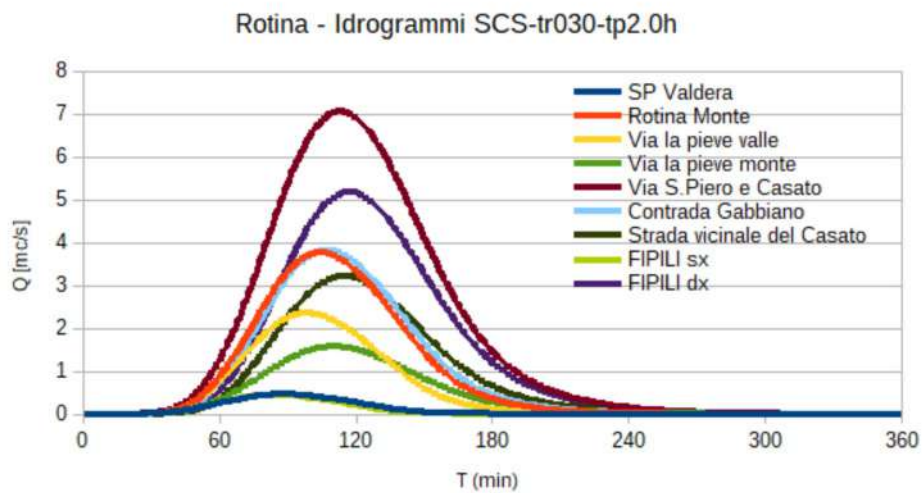


Figura 28: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia 120 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

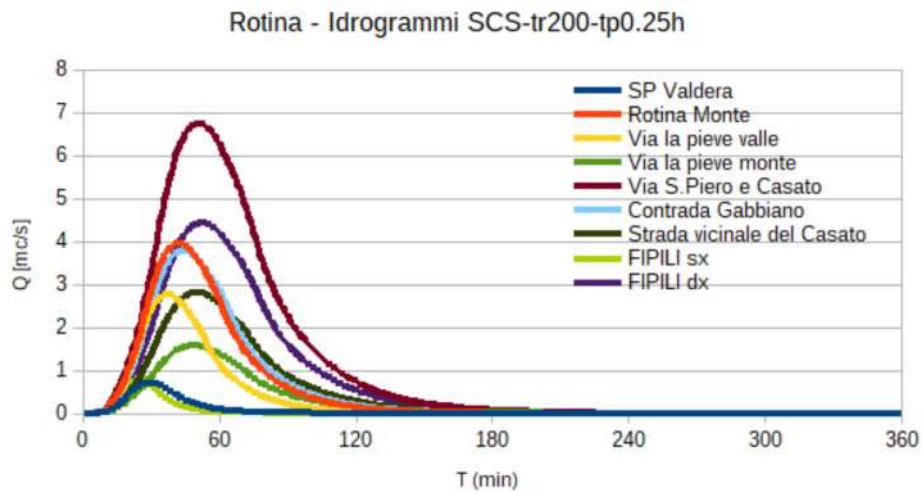


Figura 29: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 15 minuti

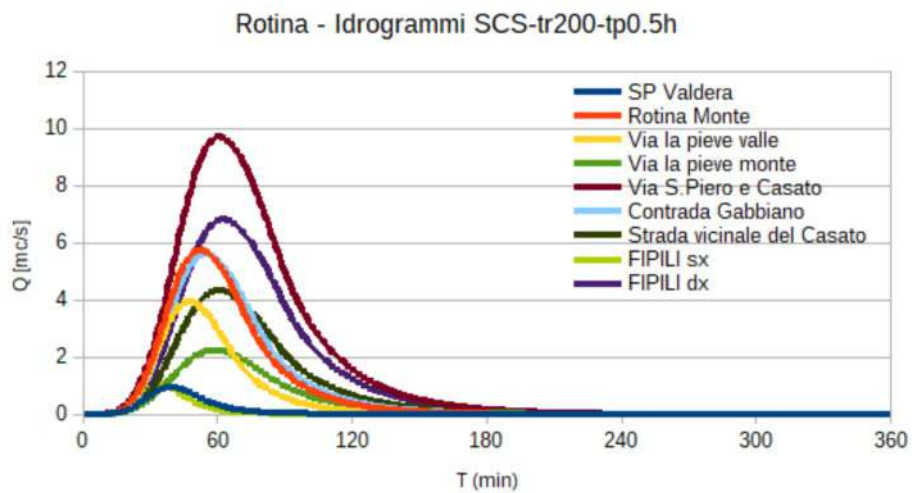


Figura 30: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 30 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

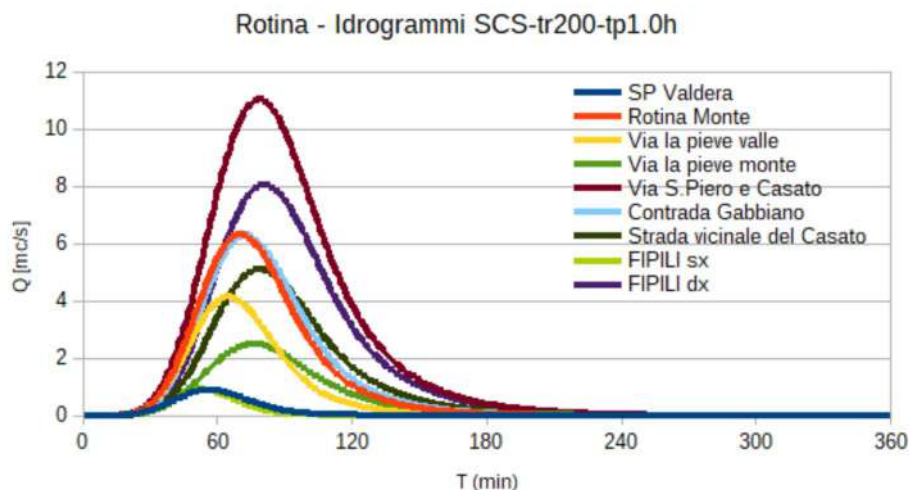


Figura 31: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 60 minuti

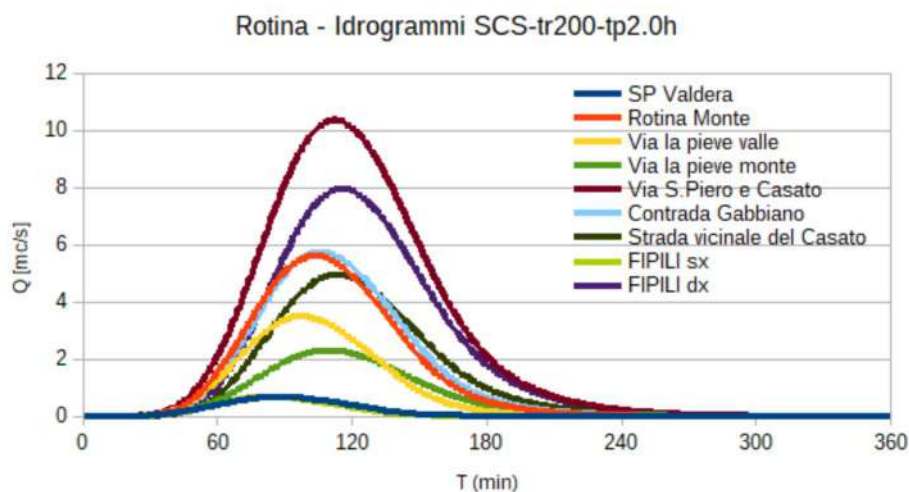


Figura 32: idrogrammi dei sottobacini della Rotina per tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 120 minuti

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

4. RELAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica del tratto di interesse è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto anch'esso dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

Le simulazioni sono state eseguite in regime di moto vario mono e bidimensionale: in particolare si è proceduto ad implementare un'analisi monodimensionale in alveo e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso. Nel seguito dopo una succinta esposizione delle caratteristiche dei modelli matematici adottati da RAS si procede con la descrizione dei parametri di modellazione adottati per i corsi d'acqua indagati.

4.1. Modello di calcolo RAS

4.1.1. Modello di calcolo a moto vario monodimensionale

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

Equazione di continuità:

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

Equazione di conservazione della quantità di moto:

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

con:

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

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida y), A l'area liquida, S_f la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

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

4.1.2. Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

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

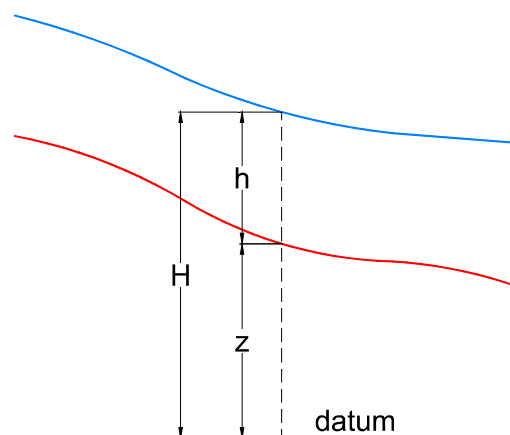


Figura 33: sistema di riferimento di Hec-Ras 2D: la quota del terreno è indicata con $z(x,y)$ l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$

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

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

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

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. Caratteristiche geometriche del modello idraulico

La geometria del modello è stata implementata utilizzando sia rilievi topografici diretti che i dati lidar disponibili per l'area in esame: la modellazione dell'alveo inciso è stata eseguita facendo riferimento alle sezioni di rilievo topografico eseguito lungo il corso del Pozzale e della Rotina nell'estate del 2018 ad opera di H.S. Ingegneria, basandosi inoltre sul rilievo della Rotina utilizzato per la redazione del citato studio dell'Ufficio Fiumi e Fossi, che è stato oggetto di verifica sul posto. Oltre alle sezioni di modellazione idraulica dedotte dai rilievi, sono state inserite sezioni interpolate, generate da HEC-RAS a partire dalle sezioni rilevate, per una più corretta definizione della geometria del modello. Le sezioni di rilievo sono state agganciate altimetricamente al Lidar della

<p style="text-align: center;">H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it web www.hsingegneria.it P.IVA 01952520466</p>	Pagina
	34 di 39

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

Regione Toscana, tramite rilievo e confronto delle quote di punti significativi posti sulla viabilità principale. Le aree esterne all'alveo sono state modellate basandosi sul lidar. Il Comune di Ponsacco ha indicato le (poche) aree su cui sono stati eseguiti interventi edilizi successivamente alla data di esecuzione del volo Lidar (2008). Per tali aree si è proceduto alla modifica del DTM, sulla base di rilievi topografici, trovando comunque con ridotte deviazioni dal Lidar.

Il modello idraulico implementato è di tipo 1D/2D: le aree di calcolo bidimensionali sono collegate con l'alveo inciso mediante "lateral structures" aventi opportuni coefficienti di sfioro. Le celle di calcolo bidimensionali sono state realizzate tenendo conto di eventuali ostacoli significativi per il deflusso idraulico quali possono essere strade e rilevati, rappresentati per mezzo di "break lines".

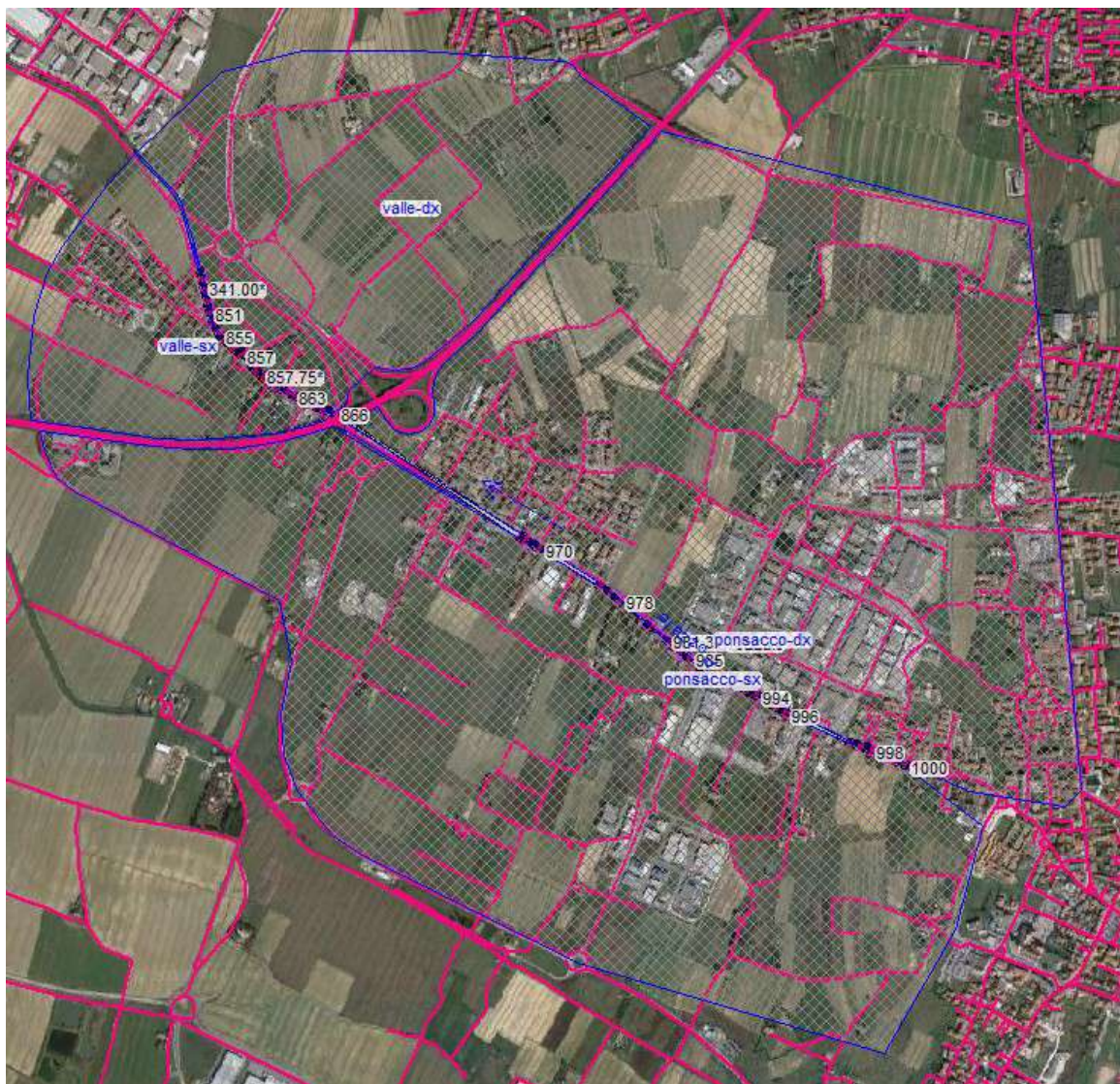


Figura 34: planimetria di modellazione del Pozzale

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica



Figura 35: planimetria di modellazione della Rotina

4.3. Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

I coefficienti di scabrezza n di Manning sono stati fissati avvalendosi del confronto tra le caratteristiche dei tratti in esame ed altri corsi d'acqua di caratteristiche di scabrezza simili, per cui si hanno a disposizione misure di taratura di n . In generale l'alveo si presenta regolare e privo di vegetazione significativa. I valori di n adottati sono riportati nelle sezioni RAS in allegato; nello specifico, per l'alveo inciso si è adottato un valore di 0.035, considerando che le sezioni sia del Pozzale che della Rotina risultano generalmente prive di significativa vegetazione, ma che comunque la piena potrebbe avvenire in condizioni di non perfetta manutenzione dei corsi d'acqua. Sono stati inoltre assegnati coefficienti di perdita concentrata per contrazione/espansione rispettivamente pari a 0.1/0.3 per ogni sezione di calcolo, ad eccezione di quelle in prossimità di ponti ed attraversamenti per cui i coefficienti sono stati impostati rispettivamente pari a 0.3/0.5.

I coefficienti di scabrezza delle celle bidimensionali sono stati assegnati a partire dall'uso del

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

suolo derivato dal progetto Corine, secondo la seguente tabella di corrispondenza (ripresa da R. Pestana et al., 2013, *Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river*, ESA Living Planet Symposium 2013):

Code	Designation	n
111	Continuous urban fabric	0.230
112	Discontinuous urban fabric	0.115
121	Industrial or commercial units	0.230
122	Roads and rail networks and associated land	0.038
124	Airports	0.230
131	Mineral extraction sites	0.104
132	Dump sites	0.115
133	Construction sites	0.115
142	Sport and leisure facilities	0.023
211	Non-irigated arable land	0.043
212	Permanently irrigated land	0.043
213	Rice fields	0.023
221	Vineyards	0.043
222	Fruit trees and berry plantations	0.043
223	Olive groves	0.043
231	Pastures	0.298
241	Annual crops associated w/permanent crops	0.043
242	Complex cultivation patterns	0.023
243	Agriculture, w/significant natural vegetation	0.058
244	Agro-forestry areas	0.058
311	Broad-leaved forest	0.230
312	Coniferous forest	0.127
313	Mixed forest	0.230
321	Natural grasslands	0.039
322	Moors and heathland	0.058
323	Sclerophyllous vegetation	0.058
324	Transitional woodland-shrub	0.058
331	Beaches, dunes, sands	0.138
332	Bare rocks	0.104
333	Sparsely vegetated areas	0.104
334	Burnt areas	0.104
411	Inland marshes	0.115
511	Water courses	0.035
512	Water bodies	0.035

Tabella 14: valori del coefficiente di scabrezza sulle aree 2D (R. Pestana et al., 2014).

4.4. Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena

Gli scenari simulati hanno tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni. Sono stati simulati gli idrogrammi generati da piogge di durata pari a 0.25, 0.5, 1, e 2 h ad intensità triangolare.

La condizione al contorno di monte è stata impostata specificando l'idrogramma in ingresso, mentre quella di valle indicando la condizione di "normal depth" ed impostando il relativo valore della pendenza del tratto di valle per entrambi i corsi d'acqua. Data l'estensione del tratto di

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

modellazione i risultati trovati per il territorio di interesse non risentono del valore della condizione di valle, ed in particolare del livello dello scolmatore d'Arno.

Presso le sezioni idrauliche di immissione dei contributi laterali ai corsi d'acqua principali sono stati assegnati gli idrogrammi dei corrispondenti sottobacini drenati.

4.5. Scenari simulati

I profili degli scenari simulati sono individuati da un codice analogo a quello utilizzato nella corrispondente simulazione idrologica, nella forma SCS-trxxx-tpyy.yyh, dove "xxx" indica il tempo di ritorno in anni ed "yy.yy" la durata di pioggia espressa in ore. La tabella seguente riepiloga le simulazioni eseguite su RAS (analoghe per entrambi i corsi d'acqua oggetto di studio).

Codice simulazione	Codice simulazione
SCS-tr030-tp0.25H	SCS-tr200-tp0.25H
SCS-tr030-tp0.5H	SCS-tr200-tp0.5H
SCS-tr030-tp1.0H	SCS-tr200-tp1.0H
SCS-tr030-tp2.0H	SCS-tr200-tp2.0H

Tabella 15 - scenari di modellazione idraulica

Progetto	Elaborato
Studi idrologici idraulici a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Ponsacco: reticolo minore	Relazione idrologica idraulica

5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

I risultati dettagliati delle simulazioni condotte su RAS sono riportate in allegato alla presente relazione.

Le simulazioni condotte sono servite come base per la redazione delle cartografie di pericolosità per l'area di studio, ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 25/10/2011 e del PGRA. Le classi di pericolosità idraulica sono state assegnate in funzione delle planimetrie di allagamento atteso per i vari tempi di ritorno considerati nell'analisi idraulica, tramite operazioni di regolarizzazione delle aree di esondazione trovate da modellazione, con l'utilizzo di appositi algoritmi gis e con finiture manuali.

Per gli eventi duecentennali sono inoltre state elaborate tavole grafiche con le altezze e le velocità di esondazione nelle aree di interesse, e con le conseguenti combinazioni di magnitudo idrauliche così come determinate ai sensi L.R. 41/2018. La magnitudo è stata definita con riferimento ad i valori massimi di altezza e velocità risultanti in ogni cella di calcolo per i diversi scenari di simulazione considerati.

Si precisa inoltre che:

- la tavola con la pericolosità da PGRA riporta per Era, Cascina e Fossa Nuova le pericolosità risultanti dal vigente PGRA, in attesa degli esiti del percorso di aggiornamento degli studi idraulici sul reticolo principale (Era e Cascina) e della Fossa Nuova da parte del Comune di Lari Casciana Terme. Analoga considerazione è da farsi per la definizione della pericolosità ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 25/10/2011 e della magnitudo (e quindi delle altezze di esondazione) ai sensi della L.R. 41/2018. Per il Pozzale e la Rotina sono ovviamente riportate le pericolosità aggiornate ai sensi del presente studio;
- sulla base di quanto sopra, nel passaggio tra adozione ed approvazione dello strumento urbanistico è verosimile ipotizzare variazioni del quadro conoscitivo in merito alle condizioni di pericolosità idraulica del territorio comunale.