



COMUNE DI PORCARI

PROVINCIA DI LUCCA

SERVIZIO ASSETTO DEL TERRITORIO

Ufficio Pianificazione Urbanistica

IL SINDACO Alberto Baccini ASSESSORE ALL'URBANISTICA Leonardo Fornaciari	GRUPPO TECNICO INCARICATO Arch. Marco Vannucchi Arch. Aldo Gherardi Dott.ssa Barbara Ceragioli Geol. Paolo Sani Geom. Norma Deliso Dott. Ing. Renzo Bessi Arch. Pacifico Fanani Collaboratori ed aiuti: Dott.ssa Antonella Grazzini Dott. Francesco Tomei Sig.ra Dolores Biondi Sig. Luca Marco Maria Matteoni	ESTENSORE DEL PIANO Arch. Marco Vannucchi Arch. Aldo Gherardi RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Arch. Aldo Gherardi
---	---	---

VARIANTE PARZIALE AL REGOLAMENTO URBANISTICO Gennaio 2011

Studio idrologico idraulico
Relazione idrologica idraulica per eventi aventi tempo di ritorno 20 anni

Delibera di approvazione di Consiglio Comunale numerodel.....

Gennaio 2011

INDICE GENERALE

PREMESSA.....	2
1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA.....	3
2. RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E PIANI QUOTATI DELLE AREE INONDABILI..	4
3. CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA.....	6
3.1 Curve di possibilità pluviometrica.....	7
3.1.1 Modello statistico TCEV.....	7
3.1.2 Curve di possibilità pluviometrica per i corsi d'acqua del Comune di Porcari.....	9
3.2 Ietogrammi di progetto.....	11
3.3 Caratteristiche idrologiche del bacino idrografico.....	12
3.3.1 Le perdite di bacino.....	12
3.3.2 La trasformazione afflussi netti-deflussi.....	13
3.3.2.1 Idrogramma unitario SCS.....	13
3.3.2.2 GIUH Shreve.....	14
3.3.2.3 Idrogramma unitario SLR.....	14
3.3.2.4 Modello Kinematic Wave.....	15
3.3.3 Propagazione delle onde di piena nei tratti di canale.....	17
3.3.4 Caratteristiche degli elementi idrologici.....	17
3.4 Modello idrologico e simulazioni.....	19
3.5 Portate massime ed idrogrammi di piena di progetto.....	21
3.6 Utilizzazione degli idrogrammi di piena.....	21
4. SIMULAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI PIENA E DEI FENOMENI DI ALLAGAMENTO.....	27
4.1 Descrizione della modellazione idraulica.....	27
4.1.1 Schematizzazione del territorio.....	27
4.1.2 Dati in uscita dal modello di HEC-RAS.....	30
4.1.3 Elaborazione dei dati provenienti dal modello idraulico HEC-RAS.....	30
4.1.4 Dati in uscita finali.....	31
4.3 Risultati della modellazione idraulica.....	32
4.3.1 Livelli idrici nei vari settori di allagamento.....	32
4.3.2 Portate esondate nei vari tratti di corsi d'acque alte.....	33
4.4 aree di transito non oggetto di modellazione.....	34

PREMESSA

Il presente studio idrologico ed idraulico è redatto dal sottoscritto Ing. Renzo Bessi su incarico del Comune di Porcari, a supporto della Variante Parziale al Regolamento Urbanistico del Comune di Porcari in seguito alla L.R. 3 gennaio 2005, n.1-Norme per il governo del territorio e del DPGR 27 aprile 2007, n. 26/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

Gli allegati facenti parte integrante del presente studio sono i seguenti:

- ALLEGATO A0: Risultati della modellazione idrologica TR 20 anni
- ALLEGATO A1: Risultati della modellazione idraulica TR 20 anni
- TAVOLA 1 : Carta degli allagamenti aventi tempo di ritorno 20 anni

Tale studio risulta conforme agli studi idraulici redatti a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico del Comune di Porcari Aggiornamento Marzo 2006 in cui è stata proposta l'attuale perimetrazione idraulica ai sensi delle Norme del Piano di Assetto idrogeologico del fiume Arno, tali studi sono dunque stati approvati e la relativa cartografia modificata con Decreto n°51 del 28/04/2006.

1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Il Comune di Porcari si colloca nella piana di Lucca al margine Nord del Padule di Bientina. Confina a Nord, a Ovest e a Sud con il Comune di Capannori, e ad Est con i Comuni di Montecarlo ed Altopascio.

Il territorio è prevalentemente pianeggiante nella parte Sud, mentre presenta caratteristiche collinari nella porzione Nord dove si ha, in posizione pressochè centrale il Poggio la Torre, mentre sul lato est iniziano le pendici della collina di Montecarlo.

Le principali infrastrutture che interessano il territorio sono, procedendo da Nord verso Sud, la Strada Provinciale Lucchese Romana, la linea ferroviaria Lucca-Pistoia-Firenze e l'Autostrada A11 Firenze-Mare.

Dal punto di vista idraulico il Comune è solcato da numerosi corsi d'acqua, che scorrono con direzione prevalente Nord-Sud dalle pendici delle colline fino a raggiungere il territorio del Padule di Bientina. I corsi d'acqua presenti, procedendo da Est verso Ovest, sono i seguenti: Rio Tazzera, Fossa Bianca, Rio Leccio, Rio Ralletta, Rio Ralla con l'affluenti destri rio Dezza e rio Quinto e quello sinistro rio Rietto, Fossa Nera, Fossa Nuova in cui confluisce il rio Ralla, Rio Frizzone e Canale Rogio. Gli ultimi tre scorrono lungo il confine comunale tra Porcari e Capannori.

I suddetti corsi d'acqua sono sistemati in modo alternato tra rii di acque alte e rii di acque basse che drenano le porzioni di campagna comprese tra le arginature dei precedenti. In particolare risultano di acque alte il Rio Tazzera, il Rio Leccio, il Rio Ralla e la Fossa Nuova. Di conseguenza sono di acque basse la Fossa Bianca, la Ralletta, la Fossa Nera e il Rio Frizzone.

I suddetti corsi d'acqua, con indicate le sezioni trasversali rilevate sono riportati nella tavola "Tavola 1-B – Planimetria con indicazione delle sezioni trasversali" allegata allo studio idrologico idraulico a corredo della Variante al regolamento Urbanistico aggiornamento marzo 2006.

Per quanto concerne la pericolosità idraulica, il Comune di Porcari è soggetto a varie situazioni critiche, dovute essenzialmente all'inadeguatezza delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua per il transito delle portate causate da eventi meteorici intensi e alla presenza di attraversamenti delle varie infrastrutture che riducono ulteriormente le sezioni di deflusso. Inoltre i rilevati, delle suddette infrastrutture, strade, ferrovia ed autostrada, che sono presenti sul territorio ostacolo il deflusso delle acque di esondazione in transito sul piano campagna, producendo tiranti idraulici locali anche di notevole intensità.

2. RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E PIANI QUOTATI DELLE AREE INONDABILI

Per quanto concerne le sezioni trasversali dei corsi d'acqua si è fatto riferimento ai rilievi disponibili presso il Comune di Porcari e il Consorzio di Bonifica del Padule di Bientina, utilizzati per le progettazioni che si sono succedute negli anni sui corsi d'acqua che interessano il territorio comunale di Porcari.

Laddove sono stati già eseguiti degli interventi di sistemazione si sono utilizzate le sezioni corrispondenti allo stato finale dei lavori quali rappresentazione dello stato attuale, mentre per quei corsi d'acqua non studiati sono state rilevate direttamente le sezioni.

Per i corsi d'acqua già studiati per la redazione del Regolamento Urbanistico del Comune di Capannori, confinante con il Comune di Porcari, si sono utilizzati, per coerenza, i risultati già ottenuti, che hanno già costituito base per la redazione del PAI, con particolare riferimento al Comune di Capannori.

I corsi d'acqua alte considerati nella modellazione idraulica sono i seguenti:

- Rio Tazzera;
- Rio Leccio;
- Rio Ralla con i suoi due affluenti: Rio Dezza e Rio Quinto
- Fossa Nuova.

Sono stati studiati, inoltre, anche i seguenti corsi di acque basse:

Rio Fossa Nera;

Rio Ralletta;

Rio Fossa Bianca;

Ulteriori corsi d'acqua che interessano il territorio del Comune di Porcari sono:

Rio Castruccio;

Rio Frizzone;

Canale Rogio;

i quali, scorrendo lungo il confine con il Comune di Capannori, sono già stati studiati per l'elaborazione del Regolamento Urbanistico di questo Comune e pertanto si utilizzeranno i risultati già ottenuti.

Le sezioni trasversali sono state indicate in cartografia con un codice alfanumerico, nel quale i primi due caratteri alfabetici indicano il corso d'acqua e i successivi numeri indicano il numero della sezione rilevata.

Nella seguente tabella si indicano le sezioni rilevate per ciascun corso d'acqua, e le conseguenti denominazioni:

Corso d'acqua	Tratto rilevato	Numero sezioni rilevate	Codice sezioni
Rio Tazzera	Dalla zona a monte della Romana Vecchia fino alla confluenza nel Fosso Rapecchio, in Comune di Altopascio.	31	TZ
Rio Leccio	Da "Corte Salvetti" a monte della Via Romana Vecchia fino alla località "Corte Pattei".	44	LE
Rio Dezza	Dalla Via Pesciatina fino alla confluenza nel Rio Ralla.	17	DE
Rio Ralla	Dall'ingresso nel Comune di Porcari fino alla confluenza con la Fossa Nuova.	53	RL
Fossa Nuova	Dalla Via Provinciale di Papao fino alla località "Corte Andreotti".	151	FN

Tabella 2.1: Sezioni rilevate sui corsi d'acqua di interesse

Per quanto riguarda la definizione delle aree inondabili si è provveduto alla realizzazione di un modello digitale del terreno (DTM) in formato TIN (Triangular Irregular Network) sulla base della Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000 in formato dxf, integrata da rilievi di dettaglio per le aree che sono state modificate successivamente alla realizzazione dell'impianto cartografico. Il DTM è stato controllato effettuando opportuni sopralluoghi, per verificare l'attendibilità dell'informazione ottenuta.

3. CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

Per il calcolo degli idrogrammi di piena si è provveduto alla implementazione del modello idrologico utilizzato in occasione dei precedenti studi idrologici idraulici a supporto della Variante al RU Comunale, aggiornamento marzo 2006, in cui si era provveduto alla realizzazione di modelli di dettaglio per ciascuno dei corsi d'acqua oggetto di studio, utilizzando modelli disponibili in letteratura di provata affidabilità.

La modellazione idrologica dei corsi d'acqua che ricadono nel territorio comunale di Porcari è stata effettuata con riferimento al tempo di ritorno di 20 anni.

La modellazione è stata eseguita secondo i seguenti passi:

- Reperimento dei dati disponibili dai vari Enti competenti territorialmente;
- Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica con tempi di ritorno 20, 30, 100 e 200 anni secondo la metodologia TCEV secondo la formulazione di Brath, Franchini e Galeati (1998);
- Determinazione degli idrogrammi di pioggia di progetto;
- Individuazione dei bacini idrografici e suddivisione in eventuali sottobacini;
- Determinazione dei parametri idrologici necessari per il calcolo delle onde di piena;
- Implementazione del modello idrologico nel software HEC-HMS 3.1.0;
- Simulazioni per durate di pioggia variabili tra 1 e 24 ore;
- Determinazione degli idrogrammi di piena.

I corsi d'acqua che sono stati studiati nel dettaglio mediante la modellazione idrologica di seguito presentata sono i seguenti:

- Rio Tazzera;
- Rio Leccio;
- Rio Ralla, con gli affluenti Rio Dezza e Rio Rietto;
- Fossa Nuova.

3.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Le curve di possibilità pluviometrica relative al territorio comunale di Porcari sono state determinate secondo il modello statistico TCEV, nella formulazione di Brath, Franchini e Galeati (1998) per l'Italia Centrosettentrionale, come riportata nella pubblicazione "Linee guida per la progettazione delle casse di laminazione" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Il metodo è di seguito ripercorso nei suoi lineamenti generali, prima di vederne l'applicazione al sistema in esame.

3.1.1 Modello statistico TCEV

Il modello statistico TCEV (Two Components Extreme Value), nella formulazione messa a punto da Brath, Franchini e Galeati per l'Italia centrosettentrionale (1998), interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione TCEV ha espressione:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \cdot \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \cdot \exp(-x/\theta_2)] \quad (3.1)$$

dove $P(x)$ indica la probabilità di non superamento del valore x della generica variabile casuale X mentre λ_1, λ_2 e θ_1, θ_2 sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

L'introduzione della (3.1) si giustifica ipotizzando che gli eventi siano indipendenti l'uno dall'altro, che siano prodotti dalle due situazioni meteoriche accennate, e che in entrambi i casi il numero di accadimenti annuo sia assimilabile ad un processo di Poisson con parametri λ_1, λ_2 e le corrispondenti altezze massime di precipitazione di assegnata durata siano distribuite secondo due esponenziali con parametri θ_1, θ_2 . Il massimo annuo di ciascuna delle due componenti risulta allora distribuito secondo una legge di Gumbel, mentre il massimo di ambedue risulta distribuito secondo la legge data dal prodotto delle due funzioni di probabilità, espresso appunto dalla (3.1).

La forma canonica della distribuzione (3.1) è:

$$P(z) = \exp[-\exp(-z) - \lambda \cdot \exp(-z/\theta)] \quad (3.2)$$

$$\text{con } z = \frac{(x - \epsilon_1)}{\theta_1}; \epsilon_1 = \theta_1 \cdot \ln \lambda_1; \theta = \frac{\theta_2}{\theta_1}; \lambda = \lambda_2 / \lambda_1^{(1/\theta)}$$

Inoltre risulta:

$$\mu = \theta_1 \cdot \eta(\lambda, \theta, \lambda_1) = \left[(\ln \lambda_1 + 0.5772) - \sum \frac{(-1)^j \cdot \lambda^j}{(j!)} \cdot \Gamma(j/\theta) \right] \quad (3.3)$$

Scritta in termini della variabile adimensionale $X = H_d / \mu(H_d)$ la (3.1) assume la forma:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \cdot \exp(-x \cdot \eta) - \lambda \cdot \lambda_1^{(1/\theta)} \cdot \exp(-x \cdot \eta/\theta)]; x = h_d / \mu(H_d) \quad (3.4)$$

La funzione inversa della (3.4), espressa in funzione del tempo di ritorno $T = 1/(1 - P)$ definisce la curva di crescita.

L'omogeneità idrologica di una regione comporta l'invarianza spaziale della curva di crescita e quindi l'invarianza spaziale del coefficiente di asimmetria e del coefficiente di variazione; d'altra parte, nel caso della funzione di distribuzione adottata si può dimostrare (Beran et al. 1986) che i coefficienti di asimmetria e di appiattimento dipendono solo da λ e θ , mentre il coefficiente di variazione dipende anche da λ_1 .

Perciò per il modello TCEV la ricerca delle zone omogenee viene generalmente effettuata in due fasi (o livelli): al primo livello si ricercano le zone omogenee in termini del coefficiente di asimmetria (il che consente la stima di λ e θ per ciascuna zona) e al secondo livello si individuano una o più sottozone omogenee in termini di coefficiente di variazione (il che consente la stima di λ_1 per ciascuna sottozona).

L'area su cui è stato sviluppato il modello di stima regionale coincide con il territorio di competenza dei Compartimenti SIMN di Bologna, Pisa e Roma ed è compresa tra il mare Tirreno a ovest e il mare Adriatico a Est.

Dall'analisi statistica è risultata la necessità di considerare 4 sottozone denominate Adriatica costiera, Adriatica appenninica, Tirrenica appenninica e Tirrenica costiera. La regione corrispondente ai bacini toscani, ricade dunque nelle due ultime sottozone. Il Comune di Porcari ricade nella sottozona Tirrenica costiera.

Dato che la funzione di distribuzione TCEV non è invertibile analiticamente, per un agevole utilizzo delle curve di crescita sono state ricavate dagli Autori per interpolazione formule approssimate esplicite, valide per tempi di ritorno superiori a 5 anni (Tabella 3.1). Per piogge di durata intermedia rispetto a quelle indicate si deve procedere ad una interpolazione.

Zona	λ	θ	λ_1	$X_d(Tr)$	Note
Tirrenica Costiera	0.131	1.820	16.28	$0.8528+0.2524\ln T+0.0153\ln^2 T$	d=1 ora
	0.770	2.391	24.71	$0.5155+0.4604\ln T+0.0004\ln^2 T$	d=3 ore
	0.380	2.592	26.21	$0.3292+0.5043\ln T+0.0043\ln^2 T$	d=6 ore
	0.303	2.799	30.01	$0.2296+0.5267\ln T+0.0056\ln^2 T$	d=12 ore
	0.221	3.322	30.78	$-0.0327+0.6135\ln T+0.0083\ln^2 T$	d=24 ore, 1g

Tabella 3.1: Curve di crescita dell'altezza di precipitazione

La grandezza indice è la media delle altezze massime annuali di precipitazione di assegnata durata d. Come si nota dalla tabella precedente, per la regione tirrenica costiera, non si ha invarianza di scala rispetto alla durata per cui le piogge di diversa durata presentano curve di crescita diverse.

Per determinare l'altezza di pioggia di assegnato tempo di ritorno si procede nel modo seguente: dalle serie dei valori massimi si calcola il valore medio relativo alle diverse durate di pioggia e successivamente si moltiplica il valore medio dei massimi di pioggia per la corrispondente curva di durata $X_d(Tr)$, in cui Tr è il tempo di ritorno considerato.

3.1.2 Curve di possibilità pluviometrica per i corsi d'acqua del Comune di Porcari

Le stazioni di pioggia considerate per l'analisi dei bacini idrografici del Comune di Porcari sono riportate nella tabella seguente, insieme alle medie dei valori di pioggia massimi annuali registrati ai pluviometri.

Durata di pioggia	1h	3h	6h	12h	24h
Lucca	35.0	50.6	63.6	77.4	91.0
Montecarlo	25.7	37.0	45.7	56.2	66.3
Chiesina Padule	27.0	44.1	57.6	69.4	79.1
Massa Macinaia	27.9	45.1	56.6	69.7	85.8
Pescia	30.1	47.1	56.2	67.9	83.2
Altezze Indice	27.18	43.94	57.01	68.85	79.06

Tabella 3.2: Altezze di pioggia: medie dei valori massimi annuali

Tutte le stazioni presenti in zona si trovano all'esterno del bacino idrografico studiato. Per il calcolo degli afflussi meteorici al sistema si segue quindi il seguente procedimento: utilizzando i

dati delle stazioni citate in tabella, si è provveduto ad effettuare una media pesata dei valori medi delle altezze di pioggia massime relative a tali punti, assumendo come pesi i reciproci dei quadrati della distanza di tali stazioni di misura dal baricentro del bacino in esame. Così facendo si sono stimate le altezze indice utilizzate per il calcolo della curva di possibilità pluviometrica, riportate in tabella.

Ottenute le altezze indice si sono poi trovate le altezze di pioggia con i tempi di ritorno di 20 anni, utilizzando le leggi di crescita $X(T_r)$; da queste, per interpolazione, si è poi ricavato la curva di possibilità pluviometrica.

La curva di possibilità pluviometrica con tempi di ritorno 20 anni ha quindi la seguente equazione:

TR 20 anni:
$$h = 52.007 \cdot t_p^{0.357}$$

3.2 IETOGRAMMI DI PROGETTO

Per quanto riguarda gli ietogrammi di progetto si è ritenuto opportuno utilizzare ietogrammi di pioggia ad intensità costante, come indicato anche dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno per il dimensionamento delle casse di laminazione delle piene, dato che per la perimetrazione delle aree allagabili risulta a favore di sicurezza massimizzare i volumi.

Le durate di pioggia considerate sono state da 1 a 24 ore.

Nella seguente tabella si riportano le altezze di pioggia attese con il tempo di ritorno considerato al variare della durata di pioggia:

Durata di pioggia [ore]	TR 20 anni h [mm]
1	52.01
2	66.61
3	76.98
4	85.31
5	92.38
6	98.6
7	104.17
8	109.26
9	113.95
10	118.32
11	122.42
12	126.28
13	129.94
14	133.42
15	136.75
16	139.94
17	143
18	145.95
19	148.79
20	151.54
21	154.2
22	156.79
23	159.29
24	161.73

Tabella 3.3: Altezze ietogrammi di pioggia ad intensità costante

Non si è provveduto ad effettuare alcun ragguaglio delle piogge, date le ridotte estensioni dei bacini idrografici del Comune di Porcari.

3.3 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

Gli aspetti considerati per l'analisi idrologica sono:

- modello di calcolo delle perdite di bacino;
- modelli di trasformazione afflussi netti-deflussi;
- modelli di propagazione delle onde di piena nei canali.

Per quanto riguarda il primo aspetto si è fatto riferimento al metodo Initial-Costant, mentre per la trasformazione afflussi netti-deflussi si sono utilizzati sia il metodo dell'idrogramma unitario sia il metodo dell'onda cinematica.

3.3.1 Le perdite di bacino

Per il calcolo delle perdite di bacino si è utilizzato il metodo *Initial-Costant*. Secondo tale metodologia la perdita di precipitazione risulta costante durante l'evento. A questa perdita si aggiunge una perdita iniziale per tener conto dell'intercettazione da parte della vegetazione e per l'immagazzinamento in depressioni superficiali.

I parametri da definire sono quindi due, e rappresentano la perdita iniziale in mm e il tasso di perdita costante in mm/ora. Il Soil Conservation Service americano ha classificato i suoli sulla base della capacità di infiltrazione, dipendente da geologia ed uso del suolo, e Skaggs e Khaleel (1982) hanno provveduto a stimare il tasso di infiltrazione per questi suoli. Tali tassi, al variare delle classi di uso del suolo secondo il metodo CN del SCS, sono i seguenti:

Tipo di suolo	Tasso di perdita [mm/h]
A	11.43 – 7.62
B	7.62 – 3.81
C	3.81 – 1.27
D	1.27 – 0.00

Tabella 3.4: Tassi di perdita per i suoli secondo la classificazione SCS

Tramite le carte geologiche utilizzate per la redazione del Piano Strutturale di Porcari, non disponibili su supporto informatico e sulla base dell'uso del suolo desunto dal progetto CORINE LAND COVER, si sono stimate le classi dei suoli per i vari sottobacini dei corsi d'acqua oggetto di studio secondo il metodo CN del SCS. Dalla classificazione si sono poi desunte la perdita iniziale

e il tasso di perdita successivo. La perdita iniziale è stata assunta pari a quella che si avrebbe nelle condizioni AMC3 secondo il metodo CN, che risultano essere le più gravose in quanto si presuppone di avere un suolo già quasi completamente saturo all'inizio dell'evento meteorico eccezionale.

3.3.2 La trasformazione afflussi netti-deflussi

La trasformazione afflussi netti-deflussi è stata effettuata con riferimento sia al metodo dell'idrogramma unitario sia al metodo dell'onda cinematica.

Gli idrogrammi unitari utilizzati nell'analisi sono l'idrogramma unitario del SCS, l'idrogramma unitario geomorfologico GIUH e l'idrogramma unitario SLR. Per il calcolo dei tempi di corrivazione dei sottobacini si sono utilizzate le formule proposte nella pubblicazione dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno "Linee guida per la progettazione delle casse di laminazione".

Nel seguito si descrivono nel dettaglio i metodi seguiti.

3.3.2.1 Idrogramma unitario SCS

L'idrogramma unitario SCS è un idrogramma di tipo sperimentale ottenuto dal Soil Conservation Service sulla base di registrazioni di piogge ed idrogrammi di piena di un gran numero di piccoli bacini agricoli strumentati. L'idrogramma unitario SCS è un idrogramma adimensionale con un singolo picco, che esprime la portata istantanea U_t come frazione della portata di picco U_p in funzione del rapporto tra l'istante t e il tempo del picco T_p . Le correlazioni effettuate dal SCS hanno mostrato che la portata di picco e l'istante a cui si verifica lo stesso sono legate dalla:

$$U_p = \frac{2.08 \cdot A}{T_p}$$

dove A rappresenta l'area del bacino idrografico.

L'istante di picco è legato alla durata dell'unità di precipitazione Δt (pari al passo di calcolo) secondo la seguente:

$$T_p = \frac{(\Delta t)}{2} + t_{lag}$$

dove t_{lag} è il tempo di ritardo del bacino, definito come lo sfasamento temporale tra il baricentro della pioggia netta e il picco dell'idrogramma unitario. Una volta definito il parametro t_{lag} l'idrogramma unitario può essere completamente descritto.

Per bacini non strumentati l'SCS suggerisce di mettere in relazione il tempo di ritardo con il tempo di corrivazione, secondo la seguente:

$$t_{lag} = \frac{3}{5} \cdot T_c$$

3.3.2.2 GIUH Shreve

Shreve (1966, 1967, 1969) propose un metodo alternativo per la classificazione della rete idrografica, secondo un criterio topologico. In questo caso l'ordine viene attribuito ai seguenti canali secondo le seguenti regole:

- a ciascun ramo esterno viene assegnato ordine 1;
 - quando due rami esterni si uniscono, il ramo interno tributario assume ordine 2;
 - quando due rami interni, rispettivamente di ordine n_1 e n_2 si uniscono, il ramo tributario assume ordine n_1+n_2 ;
 - la magnitudo m del bacino (numero delle sorgenti) corrisponde all'ordine del ramo di chiusura.

Dal punto di vista della risposta idrologica della rete idrografica, i parametri fondamentali del modello topologico sono la magnitudo m e il diametro λ , cioè la distanza topologica massima.

A partire dai suddetti parametri Troutman, Karlinger e Rosso hanno sviluppato una formula per la stima del parametro n del GIUH:

$$n = 3.97 \cdot \lambda^{-0.74} \cdot m^{0.5}$$

Per la stima del parametro k si passa attraverso la stima del tempo di corrivazione, secondo la seguente:

$$k = \frac{0.6 \cdot T_c}{n}$$

L'idrogramma unitario istantaneo geomorfologico (GIUH) ha la seguente espressione:

$$h(t) = \frac{1}{(k \cdot \Gamma(n))} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{(n-1)} \cdot e^{(-t/k)}$$

3.3.2.3 Idrogramma unitario SLR

Il metodo dell'invaso si basa sull'ipotesi che durante l'evento di piena in tutti i canali costituenti la rete idrografica del bacino la superficie libera della corrente trasli parallelamente a se stessa (funzionamento sincrono). Discende da ciò che il volume d'acqua W invasato nel bacino

risulta legato univocamente all'altezza h della corrente nella sezione di chiusura, e poiché nella stessa sezione la h è legata alla portata q tramite la scala di deflusso si può scrivere $W=W(h(q))=W(q)$; in particolare si assume per semplicità che il legame $W(q)$ possa essere considerato lineare. Si può dunque scrivere, in base all'equazione di continuità,

$$dW \frac{(t)}{dt} = p(t) - q(t); W(t) = k \cdot q(t)$$

Si può verificare facilmente che l'IUH (instantaneous unit hydrograph) relativo al serbatoio lineare di costante k ha la forma

$$h(t) = \frac{1}{k} \cdot e^{(-t/k)}$$

Nel caso dei bacini idrografici naturali la stima di k non può essere effettuata sulla base della capacità di invaso dei diversi elementi della rete di drenaggio. Essa viene allora effettuata in modo che sia ben rappresentato il tempo caratteristico di risposta del bacino. Attraverso l'analisi di numerose simulazioni Mignosa e Paoletti hanno proposto di determinare il valore della costante di tempo k dal tempo di corrivazione secondo la relazione:

$$k = 0.7 \cdot T_c$$

3.3.2.4 Modello Kinematic Wave

Il modello Kinematic Wave (onda cinematica) è un modello concettuale fisicamente basato, che rappresenta il bacino idrografico come un canale a pelo libero molto largo, con ingressi nel canale pari alla precipitazione che interessa il bacino stesso. L'idrogramma è calcolato attraverso la risoluzione delle equazioni di moto vario.

La schematizzazione del bacino è indicata attraverso un esempio nella figura seguente:

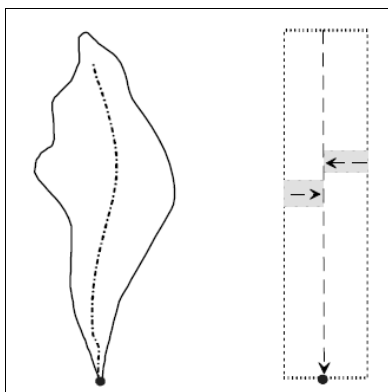


Figura 3.1: Schematizzazione di un semplice bacino mediante il modello Kinematic Wave

Il modello schematizza quindi il deflusso lungo i versanti (overland flow) e il deflusso nel canale (channel flow). Le equazioni utilizzate sono le equazioni fondamentali del deflusso in canali a pelo libero: l'equazione di conservazione della quantità di moto e l'equazione di continuità. Il deflusso sui versanti e nei canali è schematizzato secondo un modello monodimensionale. Le equazioni sono le seguenti:

$$S_f = S_0 - \left(\frac{dy}{dx}\right) - \left(\frac{V}{g}\right) \cdot \left(\frac{dV}{dx}\right) - \left(\frac{1}{g}\right) \cdot \left(\frac{dV}{dt}\right) \quad \text{conservazione quantità di moto}$$

$$\frac{dA}{dt} + \frac{dQ}{dx} = q \quad \text{continuità}$$

dove S_f è il gradiente della linea dell'energia, S_0 la pendenza del fondo, V la velocità, y l'altezza liquida, x la distanza nella direzione del flusso, t il tempo, g l'accelerazione di gravità, A la sezione bagnata, Q la portata e q la portata laterale entrante per unità di lunghezza del canale.

L'ipotesi alla base del metodo cinematico è che siano trascurabili gli effetti dell'accelerazione e che la pendenza della linea dell'energia sia approssimativamente pari alla pendenza del fondo. In queste condizioni l'equazione di conservazione della quantità di moto si riduce a:

$$S_f = S_0$$

Il gradiente energetico può essere stimato mediante l'equazione di Manning:

$$Q = \frac{1}{N} \cdot A \cdot R^{(2/3)} \cdot S_f^{(1/2)}$$

con N coefficiente di scabrezza che tiene conto della copertura dei versanti (diverso dal coefficiente di scabrezza n di Manning che si utilizza per i corsi d'acqua) e R raggio idraulico. L'equazione precedente può essere semplificata nella seguente:

$$Q = \alpha \cdot A^m$$

dove α e m sono parametri legati alla geometria e alla scabrezza della superficie.

Combinando le equazioni precedenti si ottiene:

$$\frac{dA}{dt} + \alpha \cdot m \cdot A^{(m-1)} \cdot \left(\frac{dA}{dx}\right) = q$$

La precedente è l'approssimazione cinematica delle equazioni del moto. La soluzione avviene mediante un'approssimazione alle differenze finite, con l'assegnazione delle condizioni al contorno e delle condizioni iniziali.

In questo modo è possibile ottenere l'idrogramma uscente dal bacino idrografico.

3.3.3 Propagazione delle onde di piena nei tratti di canale

Per lo studio della propagazione dei deflussi di piena in uscita dai vari sottobacini si è adottato il metodo di Muskingum-Cunge, in accordo con le indicazioni in materia del Natural Environment Research Council della Gran Bretagna. Tale variante del metodo di Muskingum consente una accuratezza dello stesso ordine dei modelli parabolici di propagazione delle onde di piena: il suo impiego risulta quindi preferibile rispetto alla versione tradizionale del metodo di Muskingum.

3.3.4 Caratteristiche degli elementi idrologici

I perimetri dei sottobacini idrografici sono stati individuati sulla CTR in scala 1:2000 e sono riportati nella "Tavola 1a – Planimetria dei bacini idrografici" allegata allo studio idrologico idraulico a corredo della Variante al regolamento Urbanistico del Comune di Porcari , aggiornamento Marzo 2006.

Sottobacino	Sup. [kmq]	Perdita iniziale [mm]	Tasso di perdita [mm/h]	CN 3	Tipo di suolo
S Fossa Nera FN-Q	0.38	7.83	1.27	90.68	C-D
S Fossa Nera V-FN	2.81	11.37	1.27	89.94	C-D
S Ralletta 2	4.3	11.2	1.27	90.07	C-D
S Fossa Bianca 2	0.67	11.91	2.54	86.49	C
S Fossa Bianca 4	1.47	9.18	1.27	91.72	C-D
S Fossa Nera R-Q	0.3	9.14	2.54	89.29	C
S Leccio 1	3.97	6.98	2.54	87.92	C
S Lappato	2.92	6.51	2.54	88.65	C
S Leccio 2	1.75	11.57	3.81	81.45	B-C
S Leccio 3	0.54	11.4	3.81	81.62	B-C
S Caravizza	0.89	7.35	1.27	87.36	C-D
S Leccio 4	2.92	13.56	5.72	78.93	B
S Ralletta 1A	0.12	3.21	-	94.05	C
S Dezza	1.94	9.93	3.81	83.64	B-C
S Rietto 2	0.48	7.49	2.54	91.05	C
S Rietto 3	0.07	4.77	2.54	94.11	C
Quintino	0.2	11.21	2.54	87.18	C
S Quinto	2.3	8.14	2.54	90.35	C
S Ralla	4.73	7.04	2.54	87.83	C
S Rietto1	1.11	10.26	2.54	88.13	C
S Ralletta 1B	0.04	2.87	-	94.65	C
S Fossa Bianca 1	0.33	12.11	2.54	86.29	C
S Fossa Bianca 3	0.56	11.47	2.54	86.91	C
S Tazzera	2.34	5.88	1.27	89.63	C-D

Le caratteristiche geometriche ed idrologiche dei sottobacini idrografici studiati per la determinazione degli idrogrammi di piena sono riassunte nelle seguenti tabelle. Per i sottobacini

Ralletta 1A e Ralletta 1B si sono utilizzati i parametri del modello CN del SCS utilizzati per la sistemazione del tratto iniziale del Rio stesso.

Tabella 3.5: Superfici e parametri dei modelli di perdita per i sottobacini

Sottobacino	IUH SCS Tlag [min]	GIUH SHREVE	IUH SLR k [h]
S Fossa Nera FN-Q	-	-	-
S Fossa Nera V-FN	-	-	-
S Ralletta 2	-	-	-
S Fossa Bianca 2	-	-	-
S Fossa Bianca 4	-	-	-
S Fossa Nera R-Q	-	-	2.1
S Leccio 1	36	-	-
S Lappato	42	-	-
S Leccio 2	22	-	-
S Leccio 3	-	-	-
S Caravizza	26	-	-
S Leccio 4	-	-	-
S Ralletta 1A	20	-	-
S Dezza	-	-	1.4
S Rietto 2	11	-	-
S Rietto 3	15	-	-
Quintino	-	-	0.81
S Quinto	-	-	3.5
S Ralla	-	n=2.798, k=1.158	-
S Rietto1	-	-	0.6
S Ralletta 1B	10	-	-
S Fossa Bianca 1	-	-	0.91
S Fossa Bianca 3	-	-	0.98
S Tazzera	40	-	-

Tabella 3.6: Parametri idrogrammi unitari dei sottobacini

Sottobacino	Lof [m]	i	N	% piano 1	%piano 2	L channel [m]	i	n	Forma	Larghezza [m]	Scarpa
S Fossa Nera FN-Q	120	0.00290	0.15	50	50	1542	0.00100	0.03	CIRCULAR	1	-
S Fossa Nera V-FN	360	0.00240	0.22	50	50	2888	0.00100	0.03	TRAPEZOID	2	1.2
S Fossa Bianca 2	420	0.00160	0.3	99	1	1500	0.00110	0.03	TRAPEZOID	4	0.66
S Fossa Bianca 4	295	0.00660	0.5	50	50	2560	0.00110	0.03	TRAPEZOID	3	1
S Leccio 2	170	0.05500	0.35	50	50	2430	0.00650	0.03	TRAPEZOID	6	1
S Leccio 4	180	0.10996	0.4	50	50	3175	0.00470	0.03	TRAPEZOID	6	1

Tabella 3.7: Parametri modelli Kinematic Wave

Reach	Forma	L [m]	i	Larghezza [m]	Scarpa	n
R Ralla1	PRISM	427	0.00357	4	1	0.033
R Ralla2	PRISM	550	0.00134	5	1	0.033
R Quinto	PRISM	1410	0.00049	2	1	0.030
R Ralla4	PRISM	361	0.00040	4	1	0.033
R FossaNuova	PRISM	2350	0.00100	7	1	0.028
R Leccio	PRISM	2290	0.00139	6	1	0.030
R Tazzera	PRISM	3010	0.00207	3	1	0.030
R Ralla3	PRISM	2400	0.00068	5	1	0.033

Tabella 3.8: Parametri modelli Muskingum-Cunge

3.4 MODELLO IDROLOGICO E SIMULAZIONI

Il modello idrologico è stato implementato nel software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America.

Nella seguente figura si riporta la schematizzazione dello stesso:

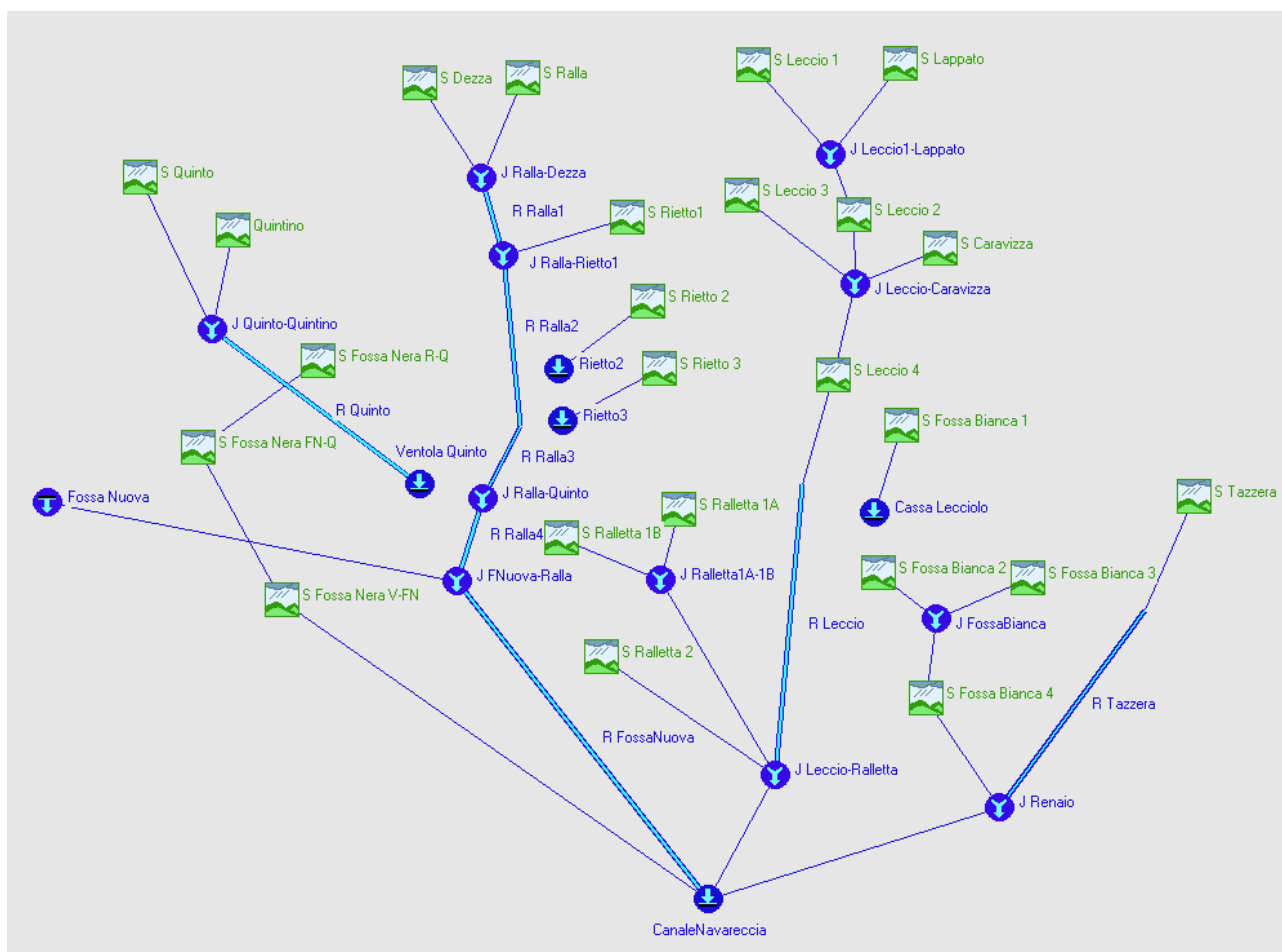


Figura 3.2: Modello idrologico implementato nel software HEC-HMS

Per la planimetria dei bacini idrografici, modellati con HEC-HMS, si faccia riferimento all'elaborato grafico "Tavola 1a – Planimetria dei bacini idrografici" allegata allo studio idrologico idraulico a corredo della Variante al regolamento Urbanistico del Comune di Porcari , aggiornamento Marzo 2006.

Le simulazioni sono state eseguite per durate di pioggia variabili tra 1 e 24 ore, per il tempo di ritorno di 20 anni.

I corsi d'acqua oggetto di studio sono stati simulati con i seguenti elementi idrologici:

- Rio Tazzera: *subbasin* S Tazzera, *reach* R Tazzera;
- Fossa Bianca: *subbasin* S FossaBianca 1, S FossaBianca 2, S FossaBianca 3, S FossaBianca 4, *junction* J FossaBianca;
- Rio Lappato: *subbasin* S Lappato;
- Rio Caravizza: *subbasin* S Caravizza;
- Rio Leccio: *subbasin* S Leccio 1, S Leccio 2, S Leccio 3, S Leccio 4, *junction* J Leccio 1-Lappato, J Leccio-Caravizza, J Leccio-Ralletta, *reach* R Leccio;
- Rio Ralletta: *subbasin* S Ralletta 1A, S Ralletta 1B, S Ralletta 2, *junction* J Ralletta 1A-1B;
- Rio Rietto: *subbasin* S Rietto 1, S Rietto 2, S Rietto 3;
- Rio Dezza: *subbasin* S Dezza;
- Rio Quinto: *subbasin* S Quinto, Quintino, *junction* J Quinto-Quintino, *reach* R Quinto;
- Rio Ralla: *subbasin* S Ralla, *junction* J Ralla-Dezza, J Ralla-Rietto 1, J Ralla-Quinto, J Fnuova-Ralla, *reach* R Ralla1, R Ralla2, R Ralla3, R Ralla4;
- Fossa Nuova: *source* FossaNuova, *reach* R FossaNuova;
- Fossa Nera: *subbasin* S FossaNera R-Q, S FossaNera FN-Q, S FossaNera V-FN.

3.5 PORTATE MASSIME ED IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO

Per i risultati di dettaglio corrispondenti a ciascuna durata di precipitazione per il tempo di ritorno considerato si rimanda all'elaborato "ALLEGATO A0 – Risultati della modellazione idrologica".

3.6 UTILIZZAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

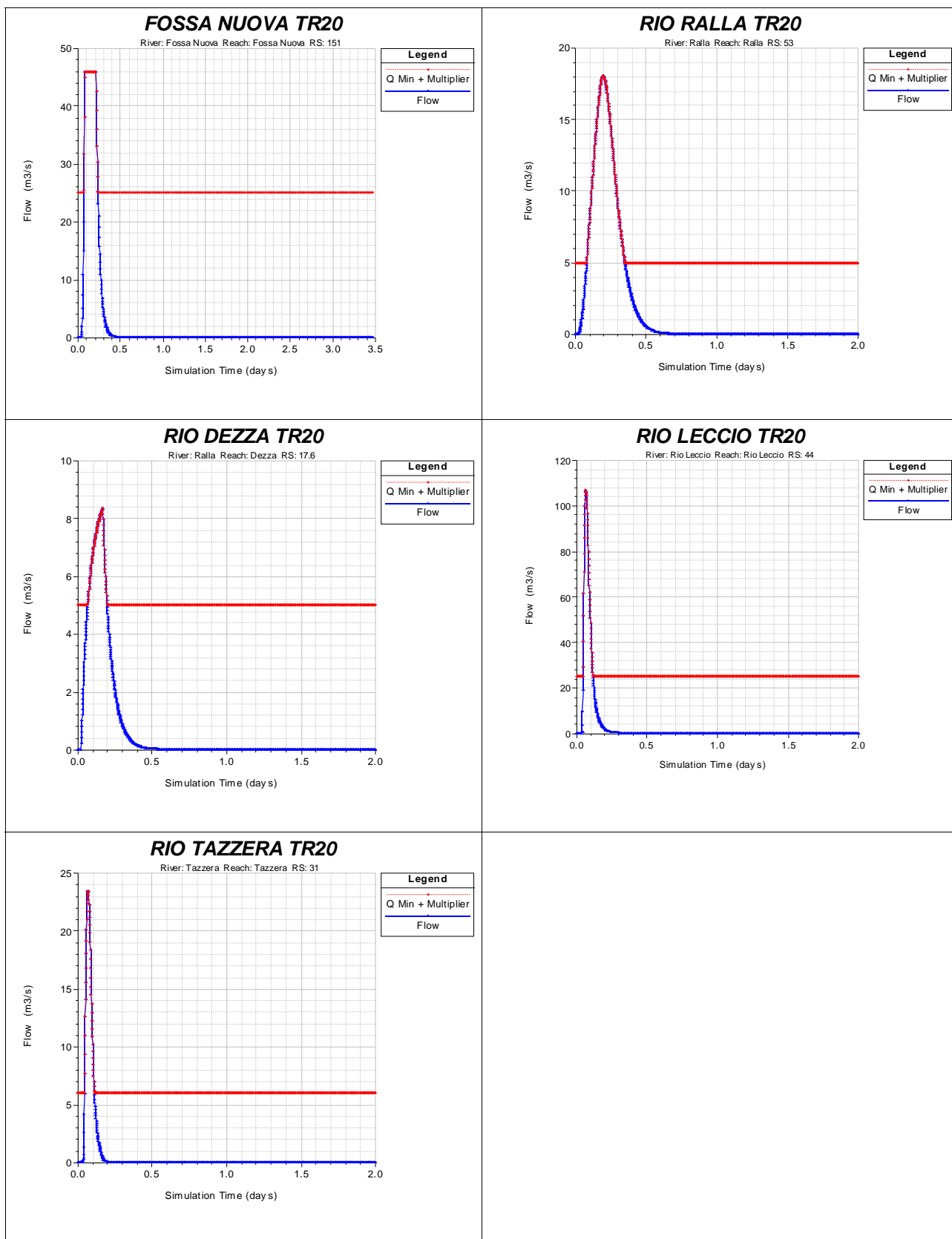
Una volta determinati gli idrogrammi di piena corrispondenti ai corsi d'acque (alte e basse) elencati sopra si è proceduto come segue: per quanto riguarda i corsi di acque alte si sono andati ad inserire nel modello idraulico gli idrogrammi di piena che generano la massima portata nei corsi d'acqua stessi, idrogrammi dedotti dalla modellazione idrologica di cui sopra; caso particolare risulta essere il Rio Fossa Nuova per il quale si è andati a prendere, per ciascun tempo di ritorno, l'idrogramma di piena generante la portata massima e poi si è tagliato il suddetto idrogramma alla portata di 46 mc/s in quanto questa portata è risultata essere (secondo gli studi effettuati per il Regolamento Urbanistico del Comune di Capannori) la massima portata che riesce a transitare a monte del Comune di Porcari senza esondare.

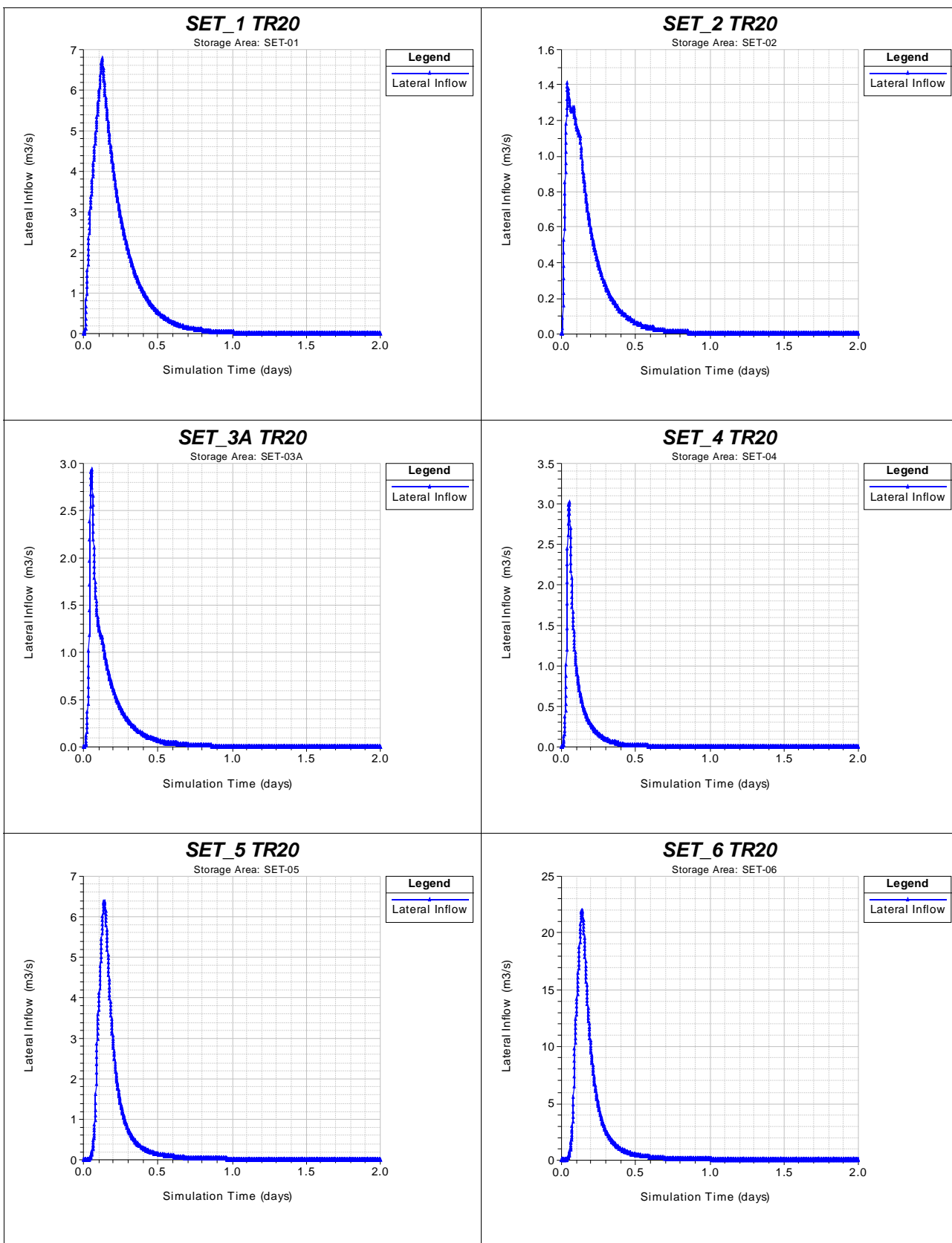
Per quanto riguarda invece i corsi di acque basse, a seguito della suddivisione del territorio comunale in settori di allagamento, si è andati a distribuire le suddette piogge (sempre utilizzando i tempi di pioggia che generano le massime portate) sui vari settori di allagamento in base alla percentuale di sottobacino relativo al generico corso di acque basse che ricade all'interno di un determinato settore di allagamento; ad esempio il settore di allagamento "set1" è interessato da una porzione di sottobacino del Rio Quinto e da una di Rio Quintino; la pioggia che verrà assegnata al settore 1 sarà dovuta in parte all'idrogramma di piena del Rio Quinto (per la percentuale di sottobacino che ricade all'interno del settore 1) ed in parte all'idrogramma del Rio Quintino (ovviamente si dovranno sommare i 2 contributi).

Di seguito si riportano per il tempo di ritorno di interesse (TR 20) gli idrogrammi di piena relativi a ciascun corso di acque alte ed a ciascun settore di allagamento ottenuti con il procedimento sopra illustrato:

PROGETTO:
COMMITTENTE:
DATA:

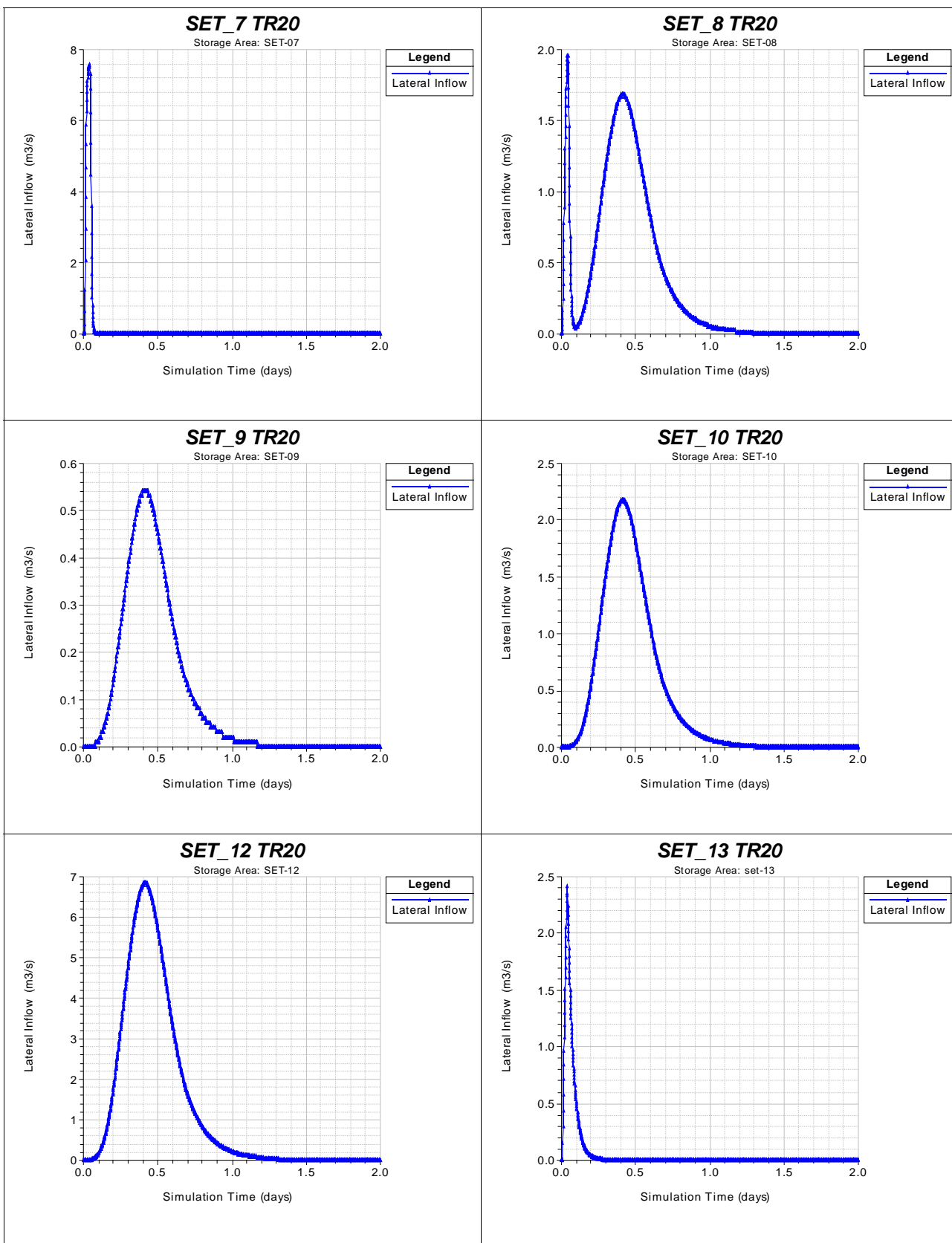
Studio idrologico ed idraulico Tr 20 anni
 Comune di Porcari
 Aggiornamento Gennaio 2011

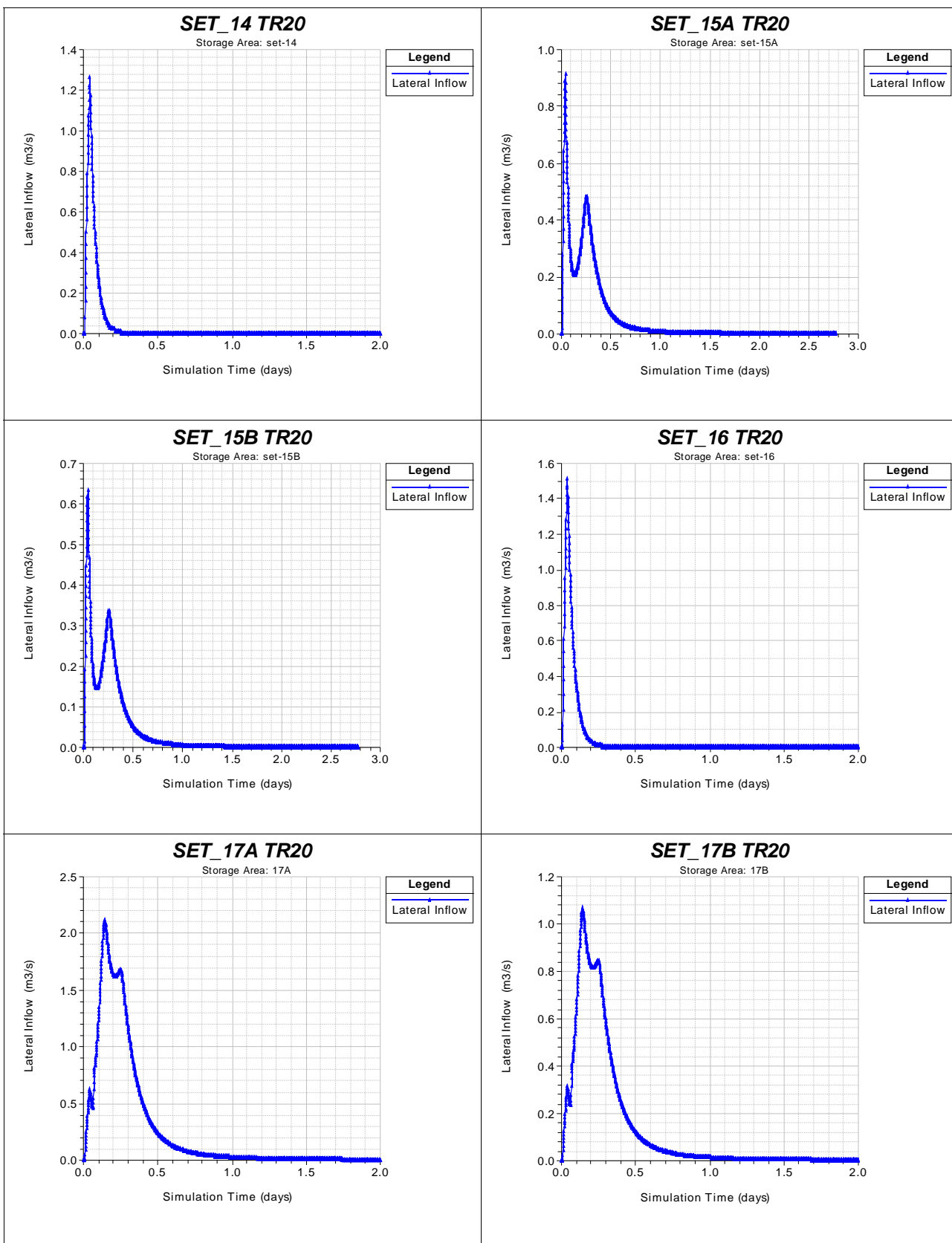




PROGETTO:
COMMITTENTE:
DATA:

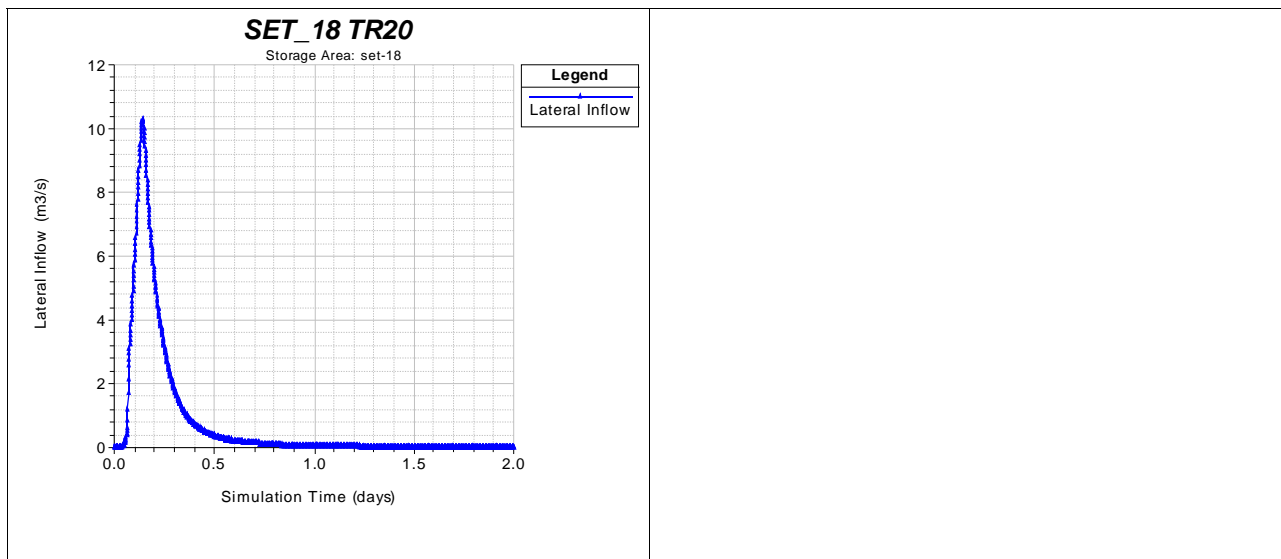
Studio idrologico ed idraulico Tr 20 anni
Comune di Porcari
Aggiornamento Gennaio 2011





PROGETTO:
COMMITTENTE:
DATA:

Studio idrologico ed idraulico Tr 20 anni
Comune di Porcari
Aggiornamento Gennaio 2011



4. SIMULAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI PIENA E DEI FENOMENI DI ALLAGAMENTO

4.1 DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

La modellazione dei fenomeni di allagamento e di transito riguardanti il Comune di Porcari sono state eseguite utilizzando il software di calcolo HEC-RAS del Corpo degli Ingegneri degli Stati Uniti. La modellazione è stata eseguita a moto vario utilizzando gli idrogrammi di piena generanti le massime portate desunti dalla modellazione idrologica descritta in precedenza.

La modellazione idraulica è stata eseguita secondo uno schema quasi-bidimensionale a moto vario, simulando cioè in moto monodimensionale il deflusso negli alvei fluviali, i quali sono stati dotati di opportuni sfioratori lungo tutte le arginature e sono stati collegati con i settori di allagamento dove il livello liquido è funzione della portata entrante ed uscente.

I settori di allagamento sono quindi stati simulati come casse di espansione, opportunamente interconnessi tra loro mediante sfioratori di superficie che simulano i rilevati stradali o ferroviari e tramite tombini (culvert) che modellano i sottopassi ed i corsi di acque basse dei suddetti rilevati. Le scale di riempimento di ciascun settore sono state ottenute in via automatica mediante un modello digitale del terreno (DTM) realizzato sulla base della CTR in scala 1:2000 mediante il software ArcView. Vediamo più in dettaglio come, in pratica, si è costruito il suddetto modello.

4.1.1 Schematizzazione del territorio

Il territorio comunale oggetto del presente studio è stato suddiviso, come già accennato in precedenza, in una serie di settori di allagamento, che rappresentano quelle parti di territorio all'interno delle quali è ammissibile considerare che le acque che vi confluiscono possano essere sommate tra di loro andando a generare un unico volume d'invaso; si sono così ottenuti 21 settori di allagamento (Tavola 1b – Planimetria con indicazione delle sezioni trasversali" allegata allo studio idrologico idraulico a corredo della Variante al regolamento Urbanistico del Comune di Porcari, aggiornamento Marzo 2006). All'interno del nostro modello di calcolo i suddetti settori di allagamento sono stati schematizzati come casse di espansione alle quali è stata associata una legge di invasore dedotta attraverso l'utilizzo del software Arcview. Tale legge di invasore è quella che va a definire l'elemento cassa di espansione nel modello di HEC-RAS.

Generalmente si è scelto di individuare i confini di un singolo settore di allagamento (e di inserirlo dentro il modello HEC-RAS come una cassa di espansione) prendendo in considerazione i rilevati stradali presenti sul territorio comunale, i quali costituiscono una barriera al defluire dell'acqua da una zona ad un'altra ed individuano appunto un singolo settore di allagamento, che poi viene inserito dentro il modello HEC-RAS come una cassa di espansione avente una determinata legge di invaso. Caso particolare risulta essere quello delle casse di espansione denominate Capannori ed Altopascio: queste due casse rappresentano i territori dei comuni di Capannori ed Altopascio direttamente confinanti con il Comune di Porcari: le esondazioni in destra idrografica di buona parte della Fossanuova e quelle in sinistra del Rio Tazzera vanno a confluire rispettivamente nelle casse di espansione Capannori e Altopascio e simulano il fatto che le suddette esondazioni non vanno ad interessare il presente studio, che si limita al solo Comune di Porcari. I suddetti rilevati stradali (o ferroviari) di cui sopra andranno a costituire gli elementi di connessione tra i vari settori di allagamento e quindi tra le varie casse di espansione; nel modello di HEC-RAS tali elementi verranno inseriti come "Storage Area Connections", vale a dire connessioni tra le varie casse di espansione; tali connessioni saranno costituiti da soglie sfioranti, rappresentanti i rilevati stradali e ferroviari di confine tra due settori di allagamento, più eventualmente un "culvert" che simuli i vari tombini presenti sotto tali rilevati e, più in generale, i corsi di acque basse presenti sul territorio comunale che mettono in comunicazione i vari settori di allagamento.

Per la planimetria dei settori di allagamento, modellati con HEC-RAS, si faccia riferimento all'elaborato grafico "Tavola 1a – Planimetria con indicazione delle sezioni trasversali" a corredo della Variante al regolamento Urbanistico del Comune di Porcari, aggiornamento Marzo 2006.

Per quanto riguarda infine le interconnessioni tra i corsi di acque alte ed i settori di allagamento, si è proceduto inserendo dentro il modello di HEC-RAS una serie di sfioratori laterali (in destra ed in sinistra idrografica) i quali seguono l'andamento delle sponde dei corsi di acque alte e sono collegati con le casse di espansione confinanti; ad esempio il Rio Ralla, nel tratto compreso tra le sezioni 28 e 21, si trova ad avere in destra idrografica il settore di allagamento N° 8 ed in sinistra il N°2; si è pertanto provveduto a inserire due soglie sfioranti (una in destra ed una in sinistra) le quali seguono l'andamento delle rispettive sponde del Rio Ralla e sono collegate alle casse di espansione Set_8 e Set_2 rispettivamente. In questo modo, nel caso in cui il Rio Ralla, nel tratto compreso tra le sezioni 28 e 21 non sia in grado di far transitare le portate che giungono da monte, sfiorerà una parte di portata nei settori di allagamento adiacenti. Ovviamente l'acqua invasata nelle singole casse di espansione potrà a sua volta transitare da queste in altri settori attraverso i collegamenti sopra descritti, in modo da rendere il modello dinamico.

Di seguito si riporta una tabella in cui si individuano sul territorio comunale tutti gli elementi di interconnessione tra i vari settori di allagamento e le relative "Storage area connection" inserite nel modello idraulico:

Nome elemento	Tipologia elemento	Descrizione
1-2	Soglia sfiorante	Rilevato stradale di Via di Capannori
1-3A	Culvert	Rio Quinto
2-3A	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato stradale di Via Giacomo Puccini e tombini sottostrada
2-3B	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato stradale di Via Giacomo Puccini e Rio Quintino
3A-4	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato ferroviario (Lucca Firenze) e Rio Quinto
3B-3A	Soglia sfiorante	Rilevato arginale del Rio Quinto
3B-4	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato ferroviario e Rio Quintino
5-6	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato autostrada e Fossa Nera
5-Cap	Soglia sfiorante	Rilevato arginale Rio Frizzone
6-Cap	Soglia sfiorante	Rilevato arginale Canale Rogio
7-8	Soglia sfiorante	Rilevato stradale di Via di Capannori
8-10	Culvert	Rio Ralletta
9-10	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato ferrovia e Rio Ralletta
10-11	Soglia sfiorante	Rilevato Via Carlotti
11-12	Soglia sfiorante	Rilevato autostradale
13-15A	Soglia sfiorante	Rilevato Via Romana Est
14-15B	Soglia sfiorante	Rilevato Via Romana Est
15B-16	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato Via Giacomo Puccini e tombini sottostrada

Nome elemento	Tipologia elemento	Descrizione
15A-17A	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato Via Giacomo Puccini e tombini sottostrada
16-17	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato ferrovia e tombini sottostrada
17A-17B	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato Via Diaccio
17B-18	Soglia sfiorante e culvert	Rilevato autostrada e Fossa Bianca
4-5	Culvert	Fossa Nera
10-12	Culvert	Rio Ralletta
1B-1	Soglia sfiorante	Rilevato stradale Via Antonio Rossi
1B-3A	Soglia sfiorante	Rilevato stradale Via Romana
8-9	Soglia sfiorante	Rilevato stradale Via Giacomo Puccini

4.1.2 Dati in uscita dal modello di HEC-RAS

I dati utilizzati per la simulazione degli eventi alluvionali provenienti dal modello idraulico sono, in definitiva, di due tipi:

- 1) i livelli massimi raggiunti nelle diverse casse di espansione in corrispondenza del tempo di ritorno preso in considerazione;
- 2) punti di uscita di portate d'acqua dai corsi di acque alte e loro portate massime (ottenuti attraverso la analisi delle tabelle per le portate e dei profili longitudinali dei corsi di acque alte per i punti di uscita).

4.1.3 Elaborazione dei dati provenienti dal modello idraulico HEC-RAS

Una volta ottenuti dal modello idraulico i dati di output di cui sopra, si è provveduto ad elaborarli come segue:

- 1) conoscendo i livelli idrici nelle varie casse, tramite il software Arcview, si è andati a ricavare le porzioni dei settori di allagamento che si trovano a quote inferiori alla quota raggiunta dall'acqua e che quindi vengono allagate;

- 2) una volta noti i punti in cui i corsi d'acque alte esondano, si è andati a tracciare, tramite il software Arcview, una serie di sezioni territoriali partenti da detti punti fino ad arrivare alle zone di ristagno del relativo settore di allagamento; tali sezioni territoriali costituiscono un reach importabile in HEC-RAS, all'interno del quale si è andati ad inserire la massima portata esondata nel punto in questione e, come condizione a contorno di valle, il livello idrico presente nel settore in cui si sta definendo il transito; una successiva esportazione in Arcview consente di individuare le zone di territorio interessate dal suddetto transito.

4.1.4 Dati in uscita finali

In definitiva come output finale del nostro studio abbiamo ottenuto:

- 1) le porzioni di territorio comunale interessate da allagamenti e da transiti di portate esondate dai corsi d'acque alte o transitanti tra un settore di allagamento ed un altro tramite sfioro sopra i rilevati stradali e/o ferroviari con i tiranti d'acqua descritti sopra; i files di output saranno del tipo "Shapefile";

4.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

I risultati della modellazione idraulica effettuata ed i relativi elaborati grafici sono quelli relativi alla situazione che in precedenza è stata definita “stato attuale”.

Di seguito si riportano quelli più significativi della modellazione idraulica, rimandando per tutti gli altri risultati agli allegati.

4.3.1 Livelli idrici nei vari settori di allagamento

I livelli idrici nei vari settori di allagamento sono risultati essere, per il tempo di ritorno considerato, i seguenti:

	TR20
Settore 1	12.76
Settore 1B	13.78
Settore 2	12.04
Settore 3A	12.08
Settore 3B	11.95
Settore 4	11.94
Settore 5	10.41
Settore 6	8.28
Settore 7	14.47
Settore 8	10.99
Settore 9	11.33
Settore 10	10.4
Settore 11	9.32
Settore 12	7.53
Settore 13	15.54
Settore 14	13.92
Settore 15A	13.13
Settore 15B	11.91
Settore 16	10.49
Settore 17	10.02
Settore 18	7.23

4.3.2 Portate esondate nei vari tratti di corsi d'acque alte

Di seguito si riportano, per i vari corsi d'acque alte, i tratti in cui si verificano delle esondazioni e le relative portate massime relativamente allo stato attuale.

FOSSA NUOVA

	TR20 (mc/s)
Sez. 150-149 sinistra	4.49
Sez. 132-130 sinistra	7.02
Sez. 95-90 sinistra	12.23
Sez. 45-42 destra	12.46

RIO RALLA

	TR20 (mc/s)
Sez. 52-51 sinistra	0
Sez. 35-32 sinistra	1.84
Sez. 35-32 destra	1.82
Sez. 25.1-24 sinistra	0.12
Sez. 11-10.3 destra	4.42

RIO LECCIO

	TR20 (mc/s)
Sez. 43.9-42.2 destra	3.61
Sez. 43.9-39 sinistra	41.31
Sez. 36.2-34 sinistra	11.26
Sez. 35.8-35.3 destra	7.44
Sez. 32.9-29.4 destra	6.35
Sez. 20.4-20 destra	0.61
Sez. 15.3-14.6 destra	4.71
Sez. 2.1-1 destra	7.4

RIO TAZZERA

	TR20 (mc/s)
Sez. 20.6-20 destra	4.33

4.4 AREE DI TRANSITO NON OGGETTO DI MODELLAZIONE.

Come descritto nei capitoli precedenti, tutte le aree oggetto di allagamento e/o di transito sono state modellate in modo da ottenere un dato oggettivo il più possibile attinente alla realtà dei luoghi; tuttavia in alcune zone ciò non è stato possibile o per motivi tecnici o per motivi talmente evidenti da poter fare a meno della suddetta modellazione che sarebbe risultata eccessiva dal momento che il risultato è comunque evidente a chicchessia.

Della prima categoria, cioè delle aree di transito non modellate per motivi tecnici fa parte ed è l'unica, la zona del depuratore consortile, di cui si è già ampiamente descritto la situazione idraulica nel precedente studio idrologico idraulico a supporto dello studio idrologico idraulico a corredo della Variante al regolamento Urbanistico del Comune di Porcari, aggiornamento Marzo 2006. In tale zona, poiché il rischio di transito è derivante dal rio Frizzone, è stata condotta una verifica idraulica a moto vario per eventi ventennali dello stesso rio Frizzone, da cui è emerso che in sponda sinistra non si hanno esondazioni e quindi transiti sulla campagna che inducono condizioni di pericolosità.

Della seconda categoria, cioè delle aree di transito non modellate perché il risultato è oltremodo evidente, fa parte la zona qui di seguito descritta.

La zona posta a subito a monte dell'incrocio fra la via Prov. Romana e la via Prov. di Papao, (vedasi figura n°4.1) dove sono stati uniti gli allagamenti esistenti da una parte e dall'altra della via Provinciale con un'area di transito vista l'esigua distanza fra le aree allagate.

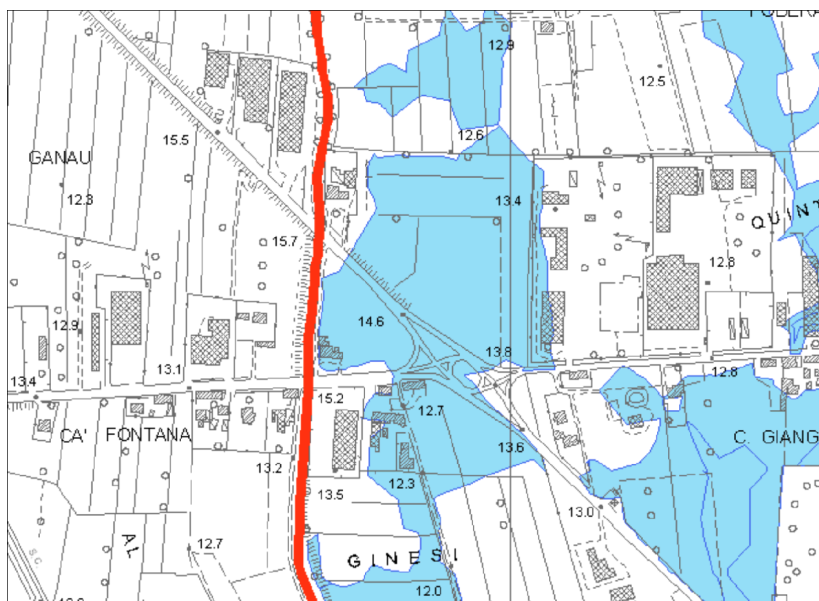


Figura n°4.1 – Area di transito in corrispondenza della Via Provinciale.

Infine, si segnala che le aree oggetto di transito, determinate con il modello matematico, sono risultate molto frastagliate ed a volte non contigue l'una all'altra, ed al fine di rendere più plausibile la perimetrazione sono state eseguite delle correzioni in modo da ottenere un risultato più razionale come riportato nella Tavola grafica allegata alla presente relazione.

Il tecnico incaricato

Ing. Renzo Bessi

Allegato 0

Risultati della modellazione idrologica TR 20 anni

Allegato 1

Risultati della modellazione idraulica TR 20 anni