

**Regolamento
Urbanistico**



**Studio idraulico per l'individuazione dei possibili
fenomeni alluvionali della piana urbanizzata di
Scandicci**

Relazione idrologica e idraulica

Febbraio 2007

COMUNE DI **SCANDICCI**

**STUDIO IDRAULICO PER L'INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI
FENOMENI ALLUVIONALI DELLA PIANA URBANIZZATA DI
SCANDICCI**

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA



*Consorzio di Bonifica Colline del Chianti - Via Verdi, 50122 - 16 - Firenze - tel: 055240269 - 055244366 - fax: 055241458
C.F. 80000220485 - WWW.CBCC.IT - Email: info@cbcc.it*

INDICE

PREMESSA	2
1 - FIUME GREVE	2
1.1 - MODELLO IDROLOGICO E IDRAULICO	2
1.2 - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE	3
2 - TORRENTE VINGONE	4
2.1 - MODELLO IDROLOGICO	4
2.1.1 - <i>Schema generale della modellazione</i>	4
2.1.2 - <i>Formazione della piena e parametri idrologici</i>	6
2.1.3 - <i>Scenari di sollecitazione</i>	9
2.2 - IDRAULICA STATO ATTUALE	10
2.2.1 - <i>Modellazione idraulica</i>	10
2.2.2 - <i>Analisi dei risultati</i>	10
2.3 - IDRAULICA DI PROGETTO	14
2.3.1 - <i>Cassa di Santa Maria a Vingone</i>	16
2.3.2 - <i>Cassa del Ghindossoli</i>	17
2.3.3 - <i>Casse di Villa Antinori</i>	18
2.3.4 - <i>Aree di esondazione naturale di Villa Castelpulci e di Villa Montecacioli</i>	20
2.3.5 - <i>Risultati delle simulazioni</i>	21
3 - PIANA DI SETTIMO	25
3.1 - MODELLO IDROLOGICO	26
3.2 - MODELLO IDRAULICO	27
3.3 - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	28
3.3.1 - <i>Esondazioni dalla rete</i>	28
3.3.2 - <i>Stima delle quote di sicurezza</i>	30
CONCLUSIONI	34

PREMESSA

Il presente elaborato descrive le modellazioni idrologiche e idrauliche utilizzate, al fine di individuare le condizioni di rischio nella piana urbanizzata di Scandicci, e ne riporta i risultati ottenuti alla situazione dello stato attuale e con interventi previsti. Si sviluppa analizzando separatamente le 3 fonti di rischio prese in considerazione:

- fiume Greve;
- torrente Vingone;
- sistema di drenaggio della Piana di Settimo.

Il fiume Arno non è stato oggetto di studio in quanto l'analisi deve essere effettuata a scala di bacino ed esula quindi dal dettaglio del presente lavoro. Ci si limita a sottolineare che nel 1966 l'Arno non ha sormontato gli argini, ma la portata risultava nel tratto già laminata dalle esondazioni avvenute nell'attraversamento di Firenze. Allo stato attuale l'adeguamento dei ponti nel Capoluogo permette il transito di portate maggiori, con conseguente aggravio a valle. In particolare l'evento del 1966 si ritiene possa provocare sormonti arginali nella piana di Settimo. La riduzione del rischio dovuto all'Arno è demandata al Piano di Bacino del Fiume Arno, tramite la realizzazione degli interventi del *Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico*.

1 - FIUME GREVE

Per quanto riguarda il fiume Greve è in corso di elaborazione dal Consorzio un modello di area vasta all'interno della progettazione degli interventi previsti dal Piano Stralcio Riduzione del Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Non essendo ancora stato completato il suddetto modello si fa riferimento allo studio *Evoluzione territoriale e fenomeni alluvionali nel bacino del fiume Greve*, elaborato dal PIN, Centro Studi Ingegneria (committente Provincia di Firenze) nel Giugno 1998. Tale studio risulta comunque attuale non essendo stati realizzati nel tratto che interessa il territorio comunale interventi rilevanti sul corso d'acqua né a monte interventi che possano laminare in misura sostanziale la piena.

1.1 - MODELLO IDROLOGICO E IDRAULICO

Per quanto riguarda le piogge è stato adottato un modello TCEV regionale al primo livello per durate inferiori e superiori all'ora con distribuzione costante. Le curve di possibilità pluviometrica

sono state determinate sulle analisi dei dati storici delle stazioni di Renacci_(fattoria) (870), Firenze_(Reparto Idrografico) (1080), Firenze_(Osservatorio Ximeniano) (1090), Bagno a Ripoli (1100), Ferrone (1130) e Antella (1140).

Per l'analisi sono state utilizzate le procedure del modello di regionalizzazione delle piene (ALTO). Il modello idraulico utilizzato è in moto vario.

1.2 - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Di seguito i risultati delle simulazioni idrauliche nelle sezioni comprese tra le Bagnese e Ponte a Greve, per un evento con durata di pioggia costante di 8 ore.

Sez.	Quota [m s.l.m.]			Tr = 20 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni	
	Argine / sponda sx	Argine / sponda dx	Fondo	Q [m ³ /sec]	h [m s.l.m.]	Q [m ³ /sec]	h [m s.l.m.]	Q [m ³ /sec]	h [m s.l.m.]
191 ¹	47.6	47.6	45.3	372.3	48.4	537.0	46.2	627.9	49.6
192 ¹	48.3	47.6	45.5	372.3	47.8	537.0	48.4	627.8	48.6
193 ¹	49.2	49.3	42.5	372.2	47.0	537.0	47.8	627.8	48.2
194	48.9	48.8	42.5	371.6	46.4	536.9	47.1	627.4	47.4
195	48.2	48.0	42.5	371.3	45.6	536.9	46.2	627.6	46.6
196A	47.2	47.0	42.6	371.2	45.7	536.9	46.4	627.6	46.8
196B	47.2	46.8	42.6	371.2	45.5	536.9	45.8	627.6	46.0
196C	47.2	46.8	42.6	371.2	45.5	536.9	45.8	627.6	46.8
196D	47.2	47.0	42.6	371.2	45.6	536.9	46.1	627.6	46.3
197	45.9	45.5	42.0	371.1	45.6	536.9	46.0	627.6	46.3
198	45.9	48.7	42.8	371.1	45.0	536.9	45.5	627.6	45.7
199	47.5	48.7	41.2	371.0	45.1	536.9	47.0	627.6	47.4
200	47.0	46.6	40.9	370.2	45.2	536.8	45.9	627.5	46.2
201A	47.2	46.7	40.9	370.1	45.1	536.8	45.7	627.5	46.1
201B	47.2	46.7	40.9	370.1	45.0	536.8	45.7	627.5	46.0
201C	47.2	46.7	40.9	370.1	45.0	536.8	45.7	627.5	46.0
201D	47.2	46.7	40.9	370.1	45.0	536.8	45.6	627.5	45.9
202	46.7	46.5	40.3	370.1	45.1	536.8	45.7	627.5	46.1
203	46.3	46.2	40.8	369.7	44.6	536.8	45.2	627.3	46.4
204	45.8	45.8	41.1	369.3	44.4	536.8	45.0	627.3	45.4
205A	45.5	45.4	40.8	369.2	44.5	536.8	45.0	627.3	45.4
205B	45.5	45.4	40.8	369.2	44.4	536.8	45.0	627.3	45.3
205C	45.5	45.4	40.8	369.2	44.4	536.8	45.0	627.3	45.3
205D	45.5	45.4	40.8	369.1	44.4	536.8	45.0	627.3	45.4
206	44.9	46.9	41.1	368.8	43.2	536.8	43.7	627.2	43.9
207	44.7	45.0	38.7	368.7	43.0	536.8	44.0	627.2	44.5
208	44.2	44.4	38.2	368.6	42.4	536.6	45.4	627.4	43.9
209A	45.6	46.1	38.9	368.6	42.4	536.5	45.3	627.4	43.8
209B	45.6	46.1	38.9	368.6	42.0	536.5	42.5	627.4	42.7
209C	45.6	46.1	38.9	368.6	42.0	536.5	42.4	627.5	42.4
209D	45.6	46.1	38.9	368.6	41.9	536.5	42.9	627.5	43.2
210	44.5	44.5	38.5	368.6	42.2	536.5	42.0	627.5	42.3
211	44.3	44.6	36.7	368.6	41.4	536.5	43.3	627.5	43.8
212A	46.5	46.1	38.9	368.6	42.2	536.5	43.3	627.5	43.9
212B	46.5	46.1	38.9	368.6	42.2	536.5	43.3	627.5	43.8

¹ Sezione non arginata

Nel tratto che interessa la Piana urbanizzata di Scandicci, da Le Bagnese a Ponte a Greve, non sono presenti esondazioni per eventi con tempo di ritorno inferiore a 200 anni. Si rileva comunque che in diverse sezioni il franco sulla portata duecentennale rimane molto basso.

A monte di Le Bagnese (sezioni 191 e 192) sono presenti esondazioni di rilievo in sinistra idraulica (sebbene la quota di sponda sia simile, il terreno in destra sale nelle vicinanze di circa 1-2 m rispetto al ciglio di sponda).

In conclusione, il tratto del fiume Greve che attraversa la piana urbanizzata di Scandicci non presenta esondazione per eventi con frequenza inferiore a 200 anni. Nonostante questa condizione permane un rischio residuo legato alla soggiacenza delle aree limitrofe rispetto al fiume, e al franco basso o nullo in diverse sezioni del tratto in esame, con conseguente rischio di sormonto e di cedimento arginale.

2 - TORRENTE VINGONE

2.1 - MODELLO IDROLOGICO

Per simulare il comportamento idrologico del bacino (in particolare per quanto riguarda la risposta in termini di portata ad un evento meteorico), si è fatto riferimento ad un modello semidistribuito, implementato mediante HEC-HMS (ver. 2.2.2) di USACE. Tale modello permette la produzione di idrogrammi sintetici o rappresentativi di eventi meteorici registrati che costituiscono condizioni a contorno per la successiva modellazione idraulica di moto vario (HEC-RAS (ver. 3.1.3) di USACE). Lo scambio dati (mediante DSS di USACE) tra idrologia e idraulica offre l'opportunità di verificare il comportamento del sistema per molti possibili scenari.

2.1.1 - Schema generale della modellazione

Il bacino e il reticolo idrografico sono stati schematizzati mediante una serie di componenti idrologicamente interconnessi tra di loro (subbasins, reaches, junctions). Ogni componente, a sua volta, è stato caratterizzato con i suoi processi fisici peculiari, simulati attraverso una o più procedure matematiche (metodi), di tipo semplificato e sintetico.

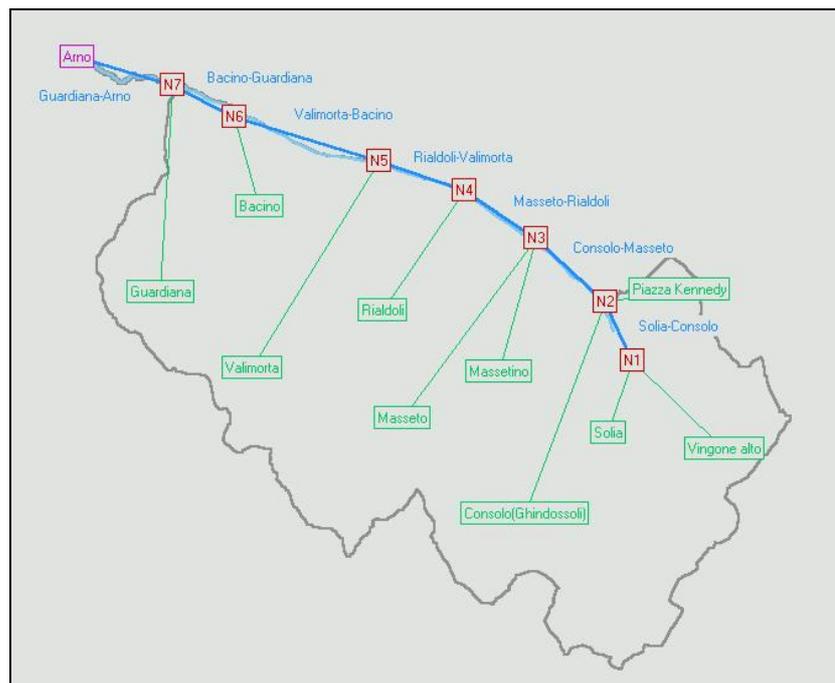


Fig.1: Bacino e reticolo idrografico modellati in HMS

Il bacino (affidente per l'evento di piena) è stato suddiviso nei seguenti subbasins: Vingone alto, Solia (Soglia), Consolo (Ghindossoli), Massetino, Masseto, Rialdoli, Valimorta, Bacino, Guardiana. La formazione della piena, in questi, si è valutata mediante convoluzione dell'idrogramma unitario rappresentativo della risposta del bacino all'impulso di pioggia (è stato scelto un U.H. del tipo S.C.S.) con gli idrogrammi efficaci distribuiti nello spazio e nel tempo secondo scenari valutati come utili per la corretta progettazione delle opere.

Il t.Vingone è stato suddiviso nei seguenti reaches (da junction a junction):

Solia - Consolo, Consolo - Masseto, Masseto - Rialdoli, Rialdoli - Valimorta, Valimorta - Bacino, Bacino - Guardiana, Guardiana - Arno.

Le stazioni pluviometriche più significative (in relazione alla serie storica di registrazione, anche riguardo alle precipitazioni di notevole intensità e breve durata, e alla collocazione geografica) per il bacino del t.Vingone, sono state considerate quella di Firenze (Ximeniano) e quella di Empoli (Prunecchio). I parametri delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica sono ricavabili dalla pubblicazione specifica dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa (aggiornamento dei dati all'ottobre 1998).

Il calcolo della pioggia efficace (in analogia al modello di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana ALTO) è stato effettuato introducendo il Initial Constant Loss Method. Non essendo presenti ampie aree urbanizzate, è stata considerata nulla la percentuale d'area completamente

impermeabile. Dunque è stata posta una perdita iniziale per assorbimento (parametro λ relativo alle perdite per intercettazione) e una perdita per infiltrazione (parametro K_s relativo alle caratteristiche di infiltrazione del suolo), utilizzando i dati di ALTO2000.

Il ragguglio all'area è stato eseguito utilizzando la formula di Raudkivi (1970).

Dunque dalle LSPP sono state dunque prodotti vari scenari (sintetici) di eventi di pioggia.

Le uscite in termini di idrogrammi dei singoli sottobacini costituiscono condizioni a contorno del modello idraulico di moto vario. In particolare perciò, la parametrizzazione della propagazione dell'onda di piena in alveo ha significato per la produzione di scenari di pioggia "fasati" con la piena.

Il modello idraulico fa riferimento alla definizione geometrica del sistema idraulico, e particolare cura deve essere posta nella caratterizzazione delle discontinuità di alveo. Tale problematica, nel caso del torrente Vingone, che presenta caratteristiche di forte canalizzazione nel tratto vallivo (quello cioè modellato), si riversa dunque sui manufatti trasversali, come ponti e soglie.

2.1.2 - Formazione della piena e parametri idrologici

La forma dell'idrogramma unitario del singolo sottobacino è stata imposta del tipo S.C.S., con parametro T_{lag} , pari al prodotto fra i parametri di forma (n) e di scala (k), regionalizzati in ALTO secondo un approccio geomorfologico.

	$A [kmq]$	n	k	$T_{lag} [min]$
<i>Vingone alto</i>	7.35	2.290	0.625	86
<i>Solia</i>	2.75	2.352	0.337	48
<i>Piazza Kennedy*</i>	0.07			5
<i>Consolo(Ghindossoli)</i>	2.13	3.871	0.240	56
<i>Massetino*</i>	0.33			10
<i>Masseto</i>	1.49	2.722	0.242	40
<i>Rialdoli</i>	1.27	2.470	0.363	54
<i>Valimorta</i>	9.14	2.823	0.451	76
<i>Bacino</i>	0.27	1.643	0.153	15
<i>Guardiana</i>	1.48	2.422	0.303	44

*: stima diretta

L'idrogramma unitario caratteristico del sottobacino viene integrato per convoluzione con lo ietogramma efficace considerato comunque "costante nello spazio" dell'intero sottobacino, così da ottenere l'idrogramma alla chiusura.

Stazioni pluviometriche significative sono state considerate:

Firenze (Ximeniano);

Empoli (Prunecchio).

Codice	Nome	E UTM [m] f.32	N UTM [m] f.32	Quota [m s.l.m.]	Data inizio misure
1090	Firenze Ximeniano	681580	4849500	51	1949
1350	Empoli Prunecchio	660370	4841740	38	1968

I parametri delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica sono state ricavate dalla pubblicazione specifica dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa (aggiornamento dei dati all'ottobre 1998).

Nome	a1	< 1 ora		> 1 ora		
		n1	m1	a	n	m
Firenze Ximeniano	25.978	0.409	0.172	24.689	0.247	0.202
Empoli (Prunecchio)	20.352	0.260	0.173	21.974	0.284	0.190

Si riportano per confronto i valori di ALTO2000 (elaborazioni 2002):

Nome	a1	< 1 ora		> 1 ora		
		n1	m1	a	n	m
Firenze Ximeniano	24.250	0.490	0.170	24.830	0.230	0.190
Empoli (Prunecchio)	23.720	0.640	0.190	21.690	0.240	0.220

Le LSPP sono espresse nella forma

$$h = a t^n T_r^m$$

dove **h** è l'altezza di pioggia, **t** è la durata di pioggia, **Tr** è il tempo di ritorno.

Per quanto riguarda la distribuzione temporale delle piogge si fa riferimento alla distribuzione uniforme su diverse durate (durata critica pari a 2.75 ore ovvero massimizzante le piene nel basso bacino, durata critica pari a 1.75 ovvero massimizzante le piene nell'alto bacino, durata critica pari a 1 ora ovvero massimizzante le piene dei sottobacini – valori derivati da ALTO (vedi tabella successiva) per eventi di diverso tempo di ritorno e per bacini afferenti diversi) ed alla distribuzione secondo la tecnica dell'*alternating block* (su durata maggiore del tempo di corrivazione dell'intero bacino).

Tr [anni]	durate critiche [h]								
	2	5	10	20	30	50	100	200	500
Vingone alla confluenza Arno	2.999	2.813	2.803	2.601	2.798	2.594	2.429	2.427	2.779
Vingone monte Valimorta	2.786	2.614	2.423	2.417	2.454	2.261	2.006	2.255	2.583
Vingone valle Consolo	1.858	1.827	1.811	1.698	1.693	1.570	1.780	1.990	1.771

La distribuzione spaziale viene invece prodotta in termini di diversificazione della pioggia tra i vari sottobacini.

Il dettaglio relativo ai vari scenari è riportato al paragrafo specifico.

Le perdite sugli afflussi sono state stimate mediante il *Initial Constant Loss Method*.

I parametri **Ia** e **Ks** sono stati regionalizzati sulla base dell'uso del suolo e della litologia dei bacini sottesi [ALTO2000].

	A [kmq]	Ia	Ks
Vingone alto	7.35	10.235	0.625
Solia	2.75	9.988	0.336
Piazza Kennedy*	0.07	7.502	0.369
Consolo(Ghindossoli)	2.13	7.502	0.369
Massetino^	0.33	3.300	0.119
Masseto	1.49	3.300	0.119
Rialdoli	1.27	3.300	0.000
Valimorta	9.14	10.384	1.480
Bacino	0.27	3.300	1.550
Guardiana	1.48	10.247	1.550

*: valori del bacino Consolo

^: valori del bacino Masseto

Il ragguglio all'area è stato prodotto attraverso semplice inserimento di un coefficiente moltiplicativo.

Per questo coefficiente si è scelta la formula di Raudkivi (1970) con i parametri del modello di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (ALTO - PIN, 1998):

$$k_r = 1 - \exp(-1.1 \cdot t^{0.25}) + \exp(-1.1 \cdot t^{0.25} - 0.01 \cdot A)$$

dove t è la durata di pioggia in ore e A è l'area interessata dall'evento di pioggia in Km^2 . Questo coefficiente risulta sempre minore di 1 tendendo all'unità per A che tende a 0 o per t che tende ad infinito. Si può quindi ricavare un nuovo valore di altezza d'acqua per una precipitazione di durata complessiva t , con tempo di ritorno T_r e che interessa un'area pari ad A :

$$h_1(t, T_r) = k_r(t, A) \cdot h(t, T_r).$$

In particolare sono state considerate come aree di riferimento per il "ragguaglio" $A_1 = 22.75 \text{ Km}^2$ e $A_2 = 12.7 \text{ Km}^2$ rappresentanti una pioggia intensa estesa sull'intero bacino ed uno scroscio intenso ma confinato a parti limitate del bacino (12.7 è l'area del bacino a monte della Valimorta).

La propagazione della piena nel canale, è stata modellata in termini di *lag* (ritardo), dal momento che tale parametrizzazione ha significato per la produzione di scenari di pioggia "fasati" con la piena, e che la propagazione "reale" è stata modellata con il moto vario.

	$L [m]$	$Lag [min]$
Solia - Consolo	400	5
Consolo - Masseto	970	15
Masseto - Rialdoli	1340	20
Rialdoli - Valimorta	2330	35
Valimorta - Bacino	630	10
Bacino - Guardiania	755	10
Guardiana - Arno	1210	20

2.1.3 - Scenari di sollecitazione

Il modello idrologico permette l'implementazione di diversi scenari utilizzati derivanti dalla combinazione dei seguenti dati/parametri:

- stazioni pluviografiche: Firenze (Ximeniano) – Empoli (Prunecchio);
- tempo di ritorno [anni]: 10 – 30 – 50 – 100 - 200;
- durata pioggia [ore]: 1 – 1.75 – 2.75 – 4 – 24;
- area per ragguaglio [km^2]: 12.7 – 22.75;
- distribuzione temporale pioggia: costante – *alternating block*;
- unità di area per la distribuzione: *subbasin*.

2.2 - IDRAULICA STATO ATTUALE

2.2.1 - Modellazione idraulica

Per quanto riguarda l'idraulica dello stato attuale, si fa riferimento ai risultati della modellazione in moto permanente di cui alla *PERIZIA N.205/U.S.I.* (gennaio 2004).

Il modello idrologico applicato fa riferimento al modello ALTO. In particolare sono valutati i valori di picco relativamente alla sezione in corrispondenza del ponte dell'A1 mediante opportuno adattamento dei parametri (area: **A** = 17 kmq; parametri di perdita: **la** = 10.78 mm e **ks** = 0.41 mm/h; parametri di Nash-Rosso: **n** = 2.59 e **K** = 0.77; parametri delle LSPP: **a1** = 25.32, **m1** = 0.39, **n1** = 0.17, **a** = 23.30, **n** = 0.26 e **m** = 0.208), ottenendo i seguenti valori:

Q100 = 95 mc/s; Q200 = 110 mc/s.

Il tratto modellato va dalla sezione 59 (a valle del ponte di Vingone, all'altezza del campo sussidiario da calcio) alla sezione 17 (confluenza Valimorta). I risultati sono stati ottenuti nell'ipotesi di adeguamento del ponte di Formicola, che si trova immediatamente a monte dell'attraversamento autostradale. Si è utilizzato un valore di scabrezza di Manning di $0.02 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$; sono stati modellati gli altri ponti considerando lo stato attuale a meno del ponte autostradale, per il quale sono state considerate le indicazioni di progetto di cui alla Conferenza di Servizi relativa al progetto della III corsia nel tratto FI sud – FI nord.

2.2.2 - Analisi dei risultati

Per quanto riguarda lo stato attuale, si riportano alcuni risultati del calcolo [h: altezza del pelo libero; hcr: altezza della corrente critica; zsx: quota sommità arginale sinistra; zdx: quota sommità arginale destra; fsx: franco argine sinistro; fdx: franco argine destro].

STATO ATTUALE - Q = 95 mc/s							
Sezione	Q [mc/s]	h [m slm]	hcr[m slm]	z _{sx} [m slm]	z _{dx} [m]	f _{sx} [m]	f _{dx} [m]
59	95	52.41	52.65	53.77	53.77	1.36	1.36
58	95	52.06	52.17	52.98	52.98	0.92	0.92
57	95	51.15	51.50	52.79	52.79	1.64	1.64
56	95	51.40	51.06	51.99	51.99	0.59	0.59
55	95	51.26	50.99	51.78	51.80	0.52	0.54
54.1	95	50.69	50.69	51.20	51.20	0.51	0.51
54	95	50.21	50.38	51.00	51.00	0.79	0.79
53.9	95	49.90	50.01	51.00	51.00	1.10	1.10
53	95	48.42	48.96	49.68	50.50	1.26	2.08
52	95	49.55	48.40	50.03	50.25	0.48	0.70
51	95	49.01	48.73	49.20	49.74	0.19	0.73
50	95	49.03	48.38	48.96	49.46	-0.07	0.43
49	95	48.52	48.30	48.70	48.99	0.18	0.47
48	95	48.01	48.01	48.20	48.60	0.19	0.59
47	95	47.68	47.85	47.85	48.48	0.17	0.80
46	95	47.46	47.60	47.48	48.48	0.02	1.02
45	95	47.79	46.88	46.80	47.62	-0.99	-0.17
44	95	47.78	46.35	46.44	47.24	-1.34	-0.54
43	95	47.76	46.08	46.20	46.82	-1.56	-0.94
42	95	47.73	45.81	45.53	46.70	-2.20	-1.03
41	95	44.29	45.08	46.90	46.94	2.61	2.65
40	95	45.50	45.07	45.40	46.21	-0.10	0.71
39	95	45.38	44.83	45.20	45.86	-0.18	0.48
38	95	44.80	44.80	44.73	45.53	-0.07	0.73
37	95	43.75	44.03	44.13	45.13	0.38	1.38
36	95	44.59	42.44	44.10	44.91	-0.49	0.32
35	95	44.56	43.24	44.24	44.36	-0.32	-0.20
34	95	44.38	43.38	43.45	44.41	-0.93	0.03
33	95	44.37	42.95	43.13	44.13	-1.24	-0.24
32	95	44.36	42.49	42.90	43.81	-1.46	-0.55
31	95	44.35	42.07	42.75	43.57	-1.60	-0.78
30	95	42.76	42.17	42.45	43.33	-0.31	0.57
29	95	42.69	42.00	42.25	43.16	-0.44	0.47
28	95	42.69	41.49	42.25	42.94	-0.44	0.25
27	95	42.68	41.20	42.05	42.64	-0.63	-0.04
26	95	42.58	41.09	41.85	42.31	-0.73	-0.27
25	95	42.57	40.96	41.03	42.03	-1.54	-0.54
24	95	42.58	40.45	41.53	41.88	-1.05	-0.70
23	95	39.41	40.04	40.78	41.78	1.37	2.37
22	95	40.27	39.70	40.62	41.62	0.35	1.35
21	95	40.10	39.55	40.46	41.46	0.36	1.36
20	95	40.02	39.36	40.39	41.39	0.37	1.37
19	95	40.02	39.29	40.36	41.36	0.34	1.34
18	95	39.95	38.96	40.18	41.18	0.23	1.23
17	95	39.75	38.93	40.02	41.02	0.27	1.27

STATO ATTUALE - Q =110 mc/s							
Sezione	Q [mc/s]	h [m slm]	hcr[m slm]	zsx [m slm]	zdx [m]	fsx [m]	fdx [m]
59	110	52.56	52.84	53.77	53.77	1.21	1.21
58	110	52.23	52.34	52.98	52.98	0.75	0.75
57	110	51.31	51.69	52.79	52.79	1.48	1.48
56	110	51.62	51.23	51.99	51.99	0.37	0.37
55	110	51.49	51.16	51.78	51.80	0.29	0.31
54.1	110	50.87	50.87	51.20	51.20	0.33	0.33
54	110	50.36	50.56	51.00	51.00	0.64	0.64
53.9	110	50.04	50.20	51.00	51.00	0.96	0.96
53	110	48.55	49.14	49.68	50.50	1.13	1.95
52	110	49.85	48.58	50.03	50.25	0.18	0.40
51	110	49.20	48.95	49.20	49.74	0.00	0.54
50	110	49.25	48.58	48.96	49.46	-0.29	0.21
49	110	48.72	48.50	48.70	48.99	-0.02	0.27
48	110	48.22	48.22	48.20	48.60	-0.02	0.38
47	110	47.84	48.08	47.85	48.48	0.01	0.64
46	110	47.64	47.79	47.48	48.48	-0.16	0.84
45	110	47.95	47.05	46.80	47.62	-1.15	-0.33
44	110	47.94	46.56	46.44	47.24	-1.50	-0.70
43	110	47.91	46.31	46.20	46.82	-1.71	-1.09
42	110	47.88	45.97	45.53	46.70	-2.35	-1.18
41	110	44.43	45.25	46.90	46.94	2.47	2.51
40	110	44.86	45.23	45.40	46.21	0.54	1.35
39	110	45.55	44.99	45.20	45.86	-0.35	0.31
38	110	44.98	44.98	44.73	45.53	-0.25	0.55
37	110	44.78	44.24	44.13	45.13	-0.65	0.35
36	110	45.00	42.56	44.10	44.91	-0.90	-0.09
35	110	44.98	43.35	44.24	44.36	-0.74	-0.62
34	110	44.81	43.58	43.45	44.41	-1.36	-0.40
33	110	44.80	43.11	43.13	44.13	-1.67	-0.67
32	110	44.80	42.64	42.90	43.81	-1.90	-0.99
31	110	44.79	42.23	42.75	43.57	-2.04	-1.22
30	110	41.86	42.34	42.45	43.33	0.59	1.47
29	110	42.84	42.19	42.25	43.16	-0.59	0.32
28	110	42.84	41.65	42.25	42.94	-0.59	0.10
27	110	42.83	41.36	42.05	42.64	-0.78	-0.19
26	110	42.72	41.28	41.85	42.31	-0.87	-0.41
25	110	42.72	41.32	41.03	42.03	-1.69	-0.69
24	110	42.72	40.59	41.53	41.88	-1.19	-0.84
23	110	39.57	40.20	40.78	41.78	1.21	2.21
22	110	40.48	39.86	40.62	41.62	0.14	1.14
21	110	40.32	39.70	40.46	41.46	0.14	1.14
20	110	40.24	39.52	40.39	41.39	0.15	1.15
19	110	40.25	39.45	40.36	41.36	0.11	1.11
18	110	40.18	39.11	40.18	41.18	0.00	1.00
17	110	39.97	39.09	40.02	41.02	0.05	1.05

Si riportano inoltre, nella successiva tabella, altri risultati di calcolo, evidenziando gli accenti di crisi da esondazione, per vari valori di portate, nel tratto a valle dell'autostrada. Tali risultati sono

ottenuti mantenendo inalterati i ponti attuali. I valori negativi evidenziati in grigio individuano condizioni di sormonto arginale. Si considera che il battente massimo che si può formare sull'argine non possa superare in misura consistente 0.5 m poiché in tale condizione la portata esondata risulta considerevole e nel caso del perdurare nel tempo di battenti elevati può verificarsi un cedimento arginale. In queste sezioni non si riporta il franco sull'argine destro, in generale da considerarsi inferiore ad 1 m e in diversi casi prossimo a 0.

Q [mc/s]	70		80		90		100		110	
	Franco [m]									
Sezione	fsx	fdx	fsx	fdx	fsx	fdx	fsx	fdx	fsx	fdx
59	1.62	1.62	1.51	1.51	1.41	1.41	1.30	1.30	1.21	1.21
58	1.23	1.23	1.10	1.10	0.99	0.99	0.87	0.87	0.75	0.75
57	1.94	1.94	1.82	1.82	1.70	1.70	1.59	1.59	1.48	1.48
56	0.97	0.97	0.81	0.81	0.66	0.66	0.51	0.51	0.37	0.37
55	0.95	0.97	0.77	0.79	0.60	0.62	0.44	0.46	0.29	0.31
54.1	0.86	0.86	0.72	0.72	0.58	0.58	0.45	0.45	0.33	0.33
54	1.04	1.04	0.93	0.93	0.84	0.84	0.73	0.73	0.64	0.64
53.9	1.44	1.44	1.29	1.29	1.17	1.17	1.08	1.08	0.96	0.96
53	1.50	2.32	1.40	2.22	1.31	2.13	1.22	2.04	1.13	1.95
52	0.96	1.18	0.76	0.98	0.57	0.79	0.39	0.61	0.18	0.40
51	0.58	1.12	0.42	0.96	0.26	0.80	0.13	0.67	0.00	0.54
50	0.35	0.85	0.17	0.67	0.00	0.50	-0.15	0.35	-0.29	0.21
49	0.56	0.85	0.39	0.68	0.25	0.54	0.11	0.40	-0.02	0.27
48	0.54	0.94	0.41	0.81	0.26	0.66	0.13	0.53	-0.02	0.38
47	0.21	0.84	0.34	0.97	0.23	0.86	0.12	0.75	0.01	0.64
46	0.06	1.06	-0.04	0.96	0.16	1.16	-0.08	0.92	-0.16	0.84
45	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
44	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
43	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
42	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
41	2.84	2.88	2.75	2.79	2.65	2.69	2.56	2.60	2.47	2.51
40	0.23	1.04	0.09	0.90	-0.04	0.77	-0.15	0.66	0.54	1.35
39	0.15	0.81	0.01	0.67	-0.13	0.53	-0.24	0.42	-0.35	0.31
38	0.25	1.05	0.13	0.93	0.01	0.81	-0.14	0.66	-0.25	0.55
37	0.66	1.66	0.54	1.54	0.43	1.43	-0.53	0.47	> -0.5	0.35
36	0.15	0.96	-0.10	0.71	-0.37	0.44	> -0.5	/	> -0.5	/
35	0.38	0.50	0.10	0.22	-0.19	-0.07	> -0.5	/	> -0.5	/
34	-0.16	0.80	-0.47	0.49	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
33	-0.42	0.58	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
32	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
31	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
30	0.35	1.23	0.75	1.63	-0.25	0.63	0.74	1.62	0.59	1.47
29	0.35	1.26	0.12	1.03	-0.39	0.52	-0.49	0.42	> -0.5	0.32
28	0.43	1.12	0.17	0.86	-0.38	0.31	-0.49	0.20	> -0.5	0.10
27	0.27	0.86	0.00	0.59	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
26	0.26	0.72	-0.03	0.43	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
25	-0.48	0.52	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/
24	0.01	0.36	-0.32	0.03	> -0.5	/	> -0.5	/	> -0.5	/

23	1.44	2.44	1.38	2.38	1.37	2.37	1.30	2.30	1.21	2.21
22	0.72	1.72	0.57	1.57	0.42	1.42	0.28	1.28	0.14	1.14
21	0.77	1.77	0.60	1.60	0.44	1.44	0.29	1.29	0.14	1.14
20	0.77	1.77	0.60	1.60	0.44	1.44	0.29	1.29	0.15	1.15
19	0.75	1.75	0.58	1.58	0.42	1.42	0.26	1.26	0.11	1.11
18	0.65	1.65	0.47	1.47	0.31	1.31	0.15	1.15	0.00	1.00
17	0.67	1.67	0.50	1.50	0.34	1.34	0.19	1.19	0.05	1.05

Dall'analisi dei risultati delle verifiche di stato attuale, si evince una evidente condizione di rischio legata prevalentemente ad esondazioni in sinistra idraulica a valle dell'autostrada.

In destra idraulica non si rilevano esondazioni, tranne che per una sezione dove comunque il sormonto si limita a pochi centimetri. In diversi tratti, soprattutto dove si verificano esondazioni ingenti in sinistra, il franco risulta ridotto.

2.3 - IDRAULICA DI PROGETTO

Gli interventi necessari a garantire un abbassamento del livello di rischio sono mirati a:

- laminare il più possibile, senza incrementare le condizioni di rischio;
- irrobustire le strutture arginali per garantire maggior sicurezza alle "rottture";
- realizzare un drenaggio funzionale per le aree di versante "basse", che permetta anche di indirizzare le acque meteoriche al sistema di scolo naturale (in particolare attraverso il t.Vingone) piuttosto che al sistema fognario con recapito finale al depuratore di San Colombano;
- realizzare opere complementari funzionali alle manutenzioni ordinarie e straordinarie delle opere idrauliche.

Per raggiungere questi obiettivi il progetto sopracitato prevede i seguenti interventi:

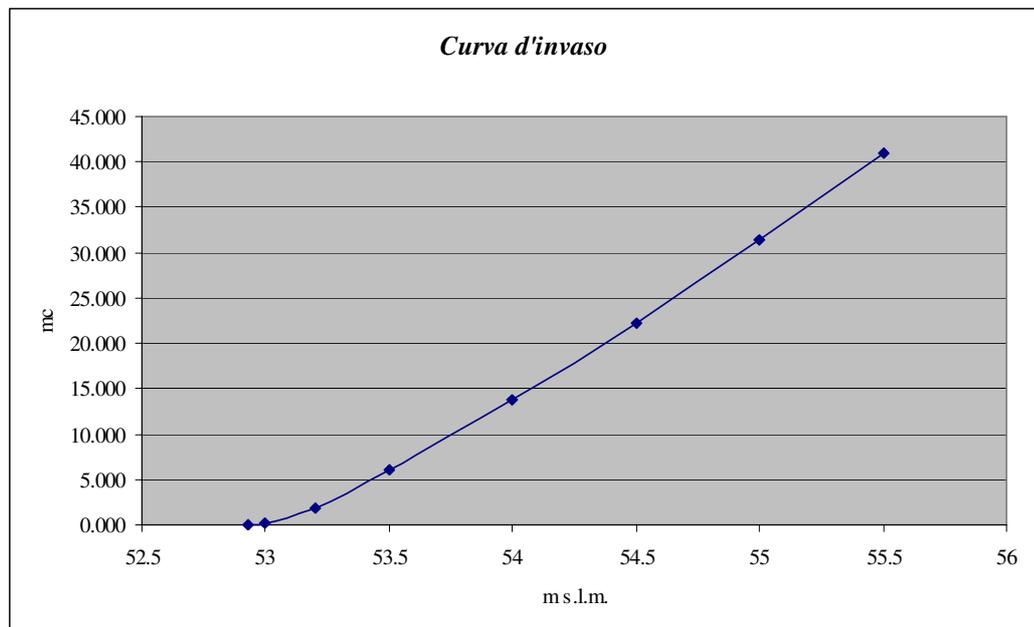
- la realizzazione di una cassa di espansione (Santa Maria a Vingone) sul t.Vingone, a monte della confluenza con il t.Solia, in derivazione dx;
- la sistemazione di sponda del t.Vingone nella zona di p.zza Kennedy;
- la sistemazione del nodo idraulico del t.Ghindossoli, sia a monte della A1 che tra la A1 e l'immissione in Vingone;
- l'adeguamento del ponte di Formicola;
- la riorganizzazione idraulica del reticolo di drenaggio minore, in sx Vingone, tra la A1 ed il ponte di Rinaldi;
- la ricalibratura (modesta) dell'alveo e l'adeguamento arginale tra la A1 ed il ponte di Rinaldi;
- l'adeguamento del ponte del Ristoro (di Rinaldi);

- la riorganizzazione idraulica dell'attuale linea di drenaggio del t.Rialdoli, mediante spostamento della confluenza in Vingone subito a valle del ponte di Rinaldi, per il drenaggio di monte;
- la realizzazione di un invaso, in derivazione del t.Rialdoli, in sostituzione di quello attuale a forma di quadrilatero abbastanza regolare, ad uso agricolo, nell'area della realizzanda cassa di espansione (vedi p.to successivo);
- la realizzazione di due casse di espansione sul t.Vingone, tra il ponte del Ristoro ed il ponte del Moretto (sotto villa Antinori);
- l'adeguamento del ponte del Moretto e relativo raccordo alle arginature del t.Vingone;
- l'organizzazione di un'area di esondazione naturale tra il ponte di Moretto, il vecchio argine sinistro del t.Rialdoli ed il ponte di Castelpulci;
- l'organizzazione di un'area di esondazione naturale in sinistra Vingone tra il Ponte di Castelpulci e la foce del Torrente Valimorta, nei pressi della Villa Montecacioli;
- la riorganizzazione della viabilità interferente le strutture arginali nel tratto del t.Vingone tra il ponte di Castelpulci ed il ponte di Sant'Ilario;
- l'adeguamento del ponte di Sant'Ilario;
- la realizzazione di una cassa di espansione, in derivazione sx, tra il rilevato infrastrutturale della FI-PI-LI ed il borro del Bacino;
- il consolidamento di strutture arginali in alcuni tratti del corso d'acqua.

Tra le opere complementari sono previste: il posizionamento di aste metriche e cippi di fondo alveo, il completamento degli interventi della PERIZIA N.213/ U.S.I., la riorganizzazione gestionale degli organi di manovra delle *botti*.

2.3.1 - Cassa di Santa Maria a Vingone

Si riporta la *legge d'invaso* dell'area di laminazione secondo la modellazione morfologica prevista in progetto:

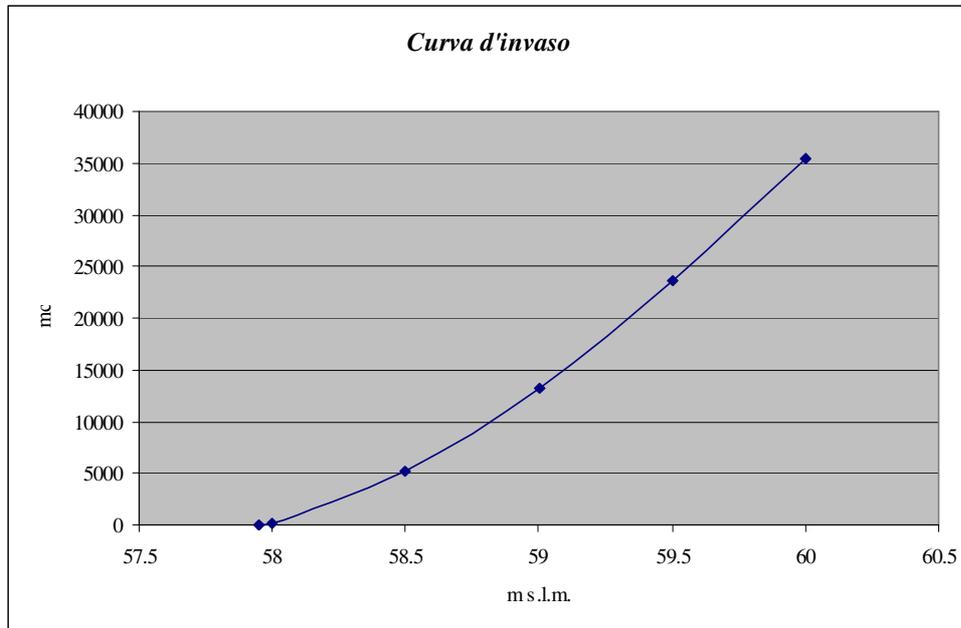


Si prevede la realizzazione di uno sfioratore di 7.5 m. Si riporta una tabella di sintesi dei parametri della cassa di espansione:

Superficie	A [mq]	16'000
Quota di difesa	zarg [m slm]	55.5
Quota fondo		52.9-
cassa	zfc [m slm]	53.1
Tr = 30 anni	hmax [m slm]	55.0
	altezza d'acqua	
	[m]	2.1
	franco [m]	0.50
	Vmax [mc]	32'500
Tr = 10 anni	hmax [m slm]	54.4
	altezza d'acqua	
	[m]	1.5
	franco [m]	1.1
	Vmax [mc]	20'400

2.3.2 - Cassa del Ghindossoli

Si riporta la *legge d'invaso* dell'area di laminazione secondo la modellazione morfologica prevista in progetto.

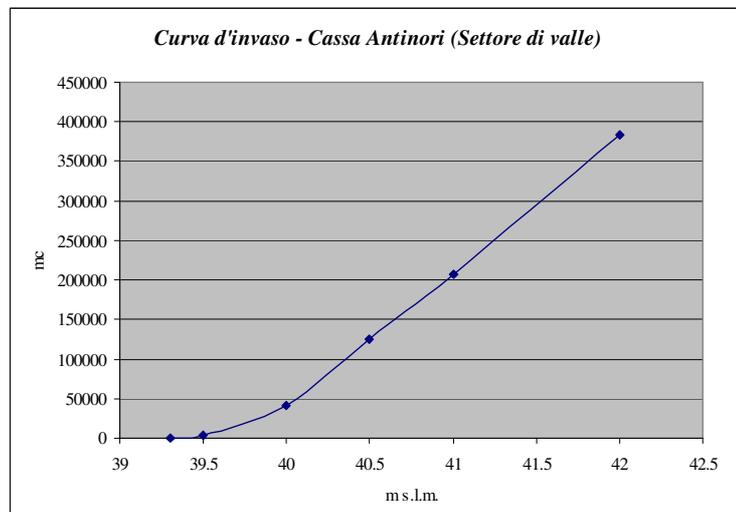
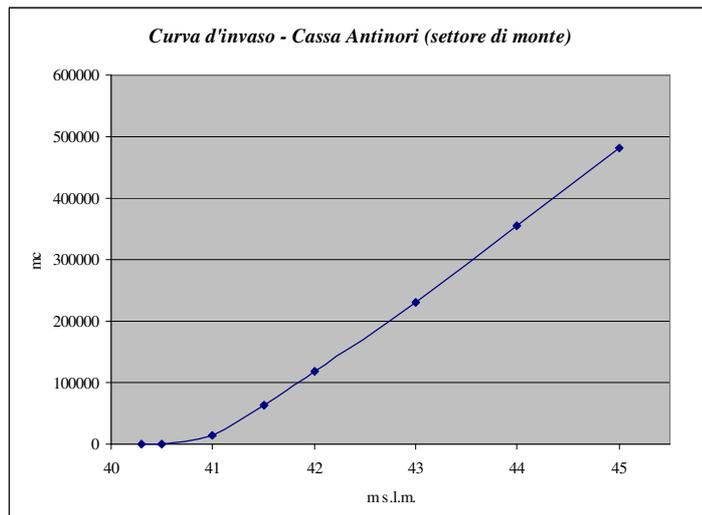


Si riporta una tabella di sintesi dei parametri della cassa di espansione.

<i>Superficie</i>	A [mq]	25'000
<i>Quota di difesa</i>	zarg [m slm]	60.0
<i>Quota fondo</i>		
<i>cassa</i>	zfc [m slm]	58.0
<i>Tr = 30 anni</i>	hmax [m slm]	59.6
	altezza d'acqua	
	[m]	1.6
	franco [m]	0.4
	Vmax [mc]	26'000
<i>Tr = 10 anni</i>	hmax [m slm]	59.4
	altezza d'acqua	
	[m]	1.4
	franco [m]	0.6
	Vmax [mc]	22'600

2.3.3 - Casse di Villa Antinori

Si riportano le *leggi d'invaso* delle aree di laminazione secondo la modellazione morfologica prevista in progetto.



La scelta progettuale ha previsto la lunghezza degli sfioratori di 100 m.

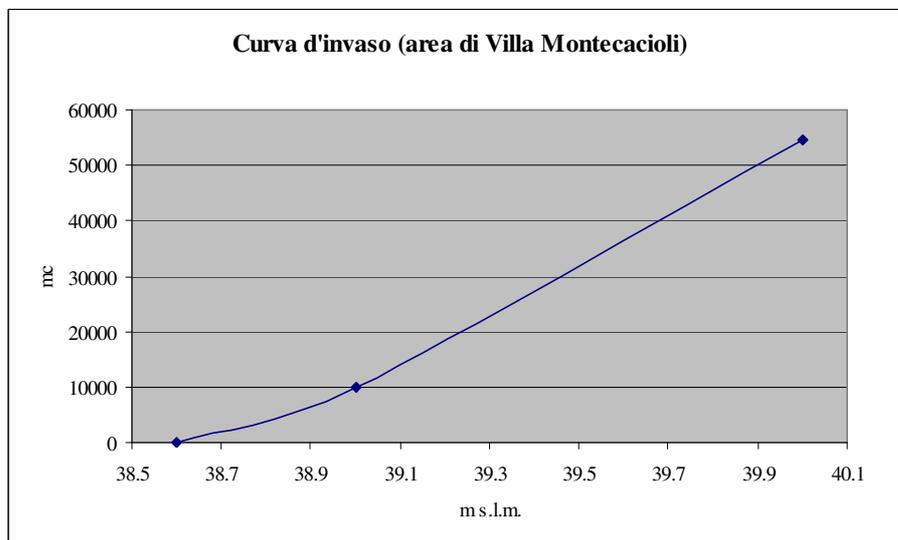
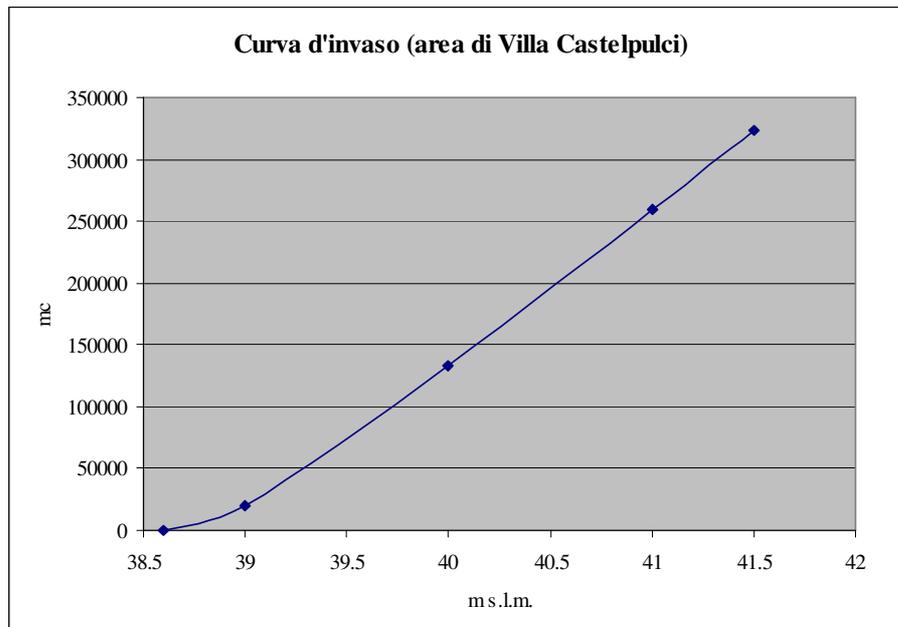
Si riporta una tabella di sintesi dei parametri della cassa di espansione.

Cassa Antinori – Settore di monte		
<i>Superficie</i>	A [mq]	125'200
<i>Quota di difesa</i>	zarg [m slm]	45.0
<i>Quota fondo cassa</i>	zfc [m slm]	40.3
Tr = 50 anni – Scenario 1B	hmax [m slm]	43.4
	altezza d'acqua [m]	3.1
	franco [m]	1.6
	Vmax [mc]	280'700
Tr = 100 anni – Scenario 2B	hmax [m slm]	42.2
	altezza d'acqua [m]	3.9
	franco [m]	0.8
	Vmax [mc]	382'500
Tr = 100 anni – Scenario 3B	hmax [m slm]	42.2
	altezza d'acqua [m]	3.9
	franco [m]	0.8
	Vmax [mc]	378'000

Cassa Antinori – Settore di valle		
<i>Superficie</i>	A [mq]	175'000
<i>Quota di difesa</i>	zarg [m slm]	43.0
<i>Quota fondo cassa</i>	zfc [m slm]	39.3
Tr = 50 anni – Scenario 1B	hmax [m slm]	40.5
	altezza d'acqua [m]	1.2
	franco [m]	2.5
	Vmax [mc]	116'000
Tr = 100 anni – Scenario 2B	hmax [m slm]	40.7
	altezza d'acqua [m]	1.4
	franco [m]	2.3
	Vmax [mc]	164'500
Tr = 100 anni – Scenario 3B	hmax [m slm]	40.5
	altezza d'acqua [m]	1.2
	franco [m]	2.5
	Vmax [mc]	129'500

2.3.4 - Aree di esondazione naturale di Villa Castelpulci e di Villa Monteciacoli

Riportiamo le curve di invaso delle aree di esondazione, non strutturate.



L'area di Villa Castelpulci, per gli scenari riportati non entra in funzione; si configura, viceversa, un impegno in relazione alle condizioni di pelo libero in prossimità del ponte di Castelpulci, ovvero quando il livello sta per raggiungere l'intradosso dell'impalcato.

Per quanto riguarda invece l'area di Villa Montecacioli, può rappresentare in futuro un'importante varice per le espansioni del t.Valimorta, che rappresenta un contributo importante alle piene del Vingone. In particolare, i picchi di piena della Valimorta, oltre i 60-70 mc/sec possono produrre rigurgiti nel Vingone a monte della sezione 17, con conseguente impegno delle aree di sinistra idrografica attraverso sormonti arginali.

La sistemazione idraulica del t.Valimorta non è stata oggetto di studio nel progetto in questione.

2.3.5 - Risultati delle simulazioni

Lo studio del sistema di laminazione e mitigazione del rischio è attualmente in corso da parte del Consorzio di Bonifica Colline del Chianti e sarà presentato in uno specifico progetto in via di redazione. Nel corso del presente lavoro sono stati utilizzati i risultati preliminari del suddetto progetto. Le diverse simulazioni hanno permesso di individuare le soluzioni progettuali ottimali e di valutare l'efficacia del sistema. In generale è possibile evidenziare quanto segue:

- il rischio di esondazione al restringimento di ponte a Vingone viene parzialmente mitigato per eventi con tempo di ritorno da basso a medio grazie alla Cassa di espansione di S. Maria a Vingone; analogamente per tempi di ritorno bassi viene ridotto il rischio di allagamento del borro del Ghindossoli;
- il tratto a monte dell'autostrada non presenta esondazioni a patto di adeguare il ponte di Formicola;
- nel tratto compreso tra l'autostrada e il ponte del Ristoro si contiene la portata grazie alla riprofilatura e all'adeguamento delle quote arginali in sinistra; questo garantisce un franco minimo in destra di 0.5 m;
- nel tratto di valle la cassa Antinori permette un abbattimento considerevole delle portate di picco, garantendo quindi franche adeguati nei tratti di valle e un certo abbassamento anche verso monte per effetto del rigurgito.

Nella tabella seguente si riportano come esempio i risultati delle simulazioni idrauliche per un evento con tempo di ritorno 100 anni critico per la parte di bacino a monte della Vallimorta (area per ragguglio 12.7 kmq) e durata di pioggia di 1.75 ore (le quote dell'argine non tengono conto dei rialzi arginali). A seguire il grafico che mostra l'efficacia di laminazione della cassa di Villa Antinori.

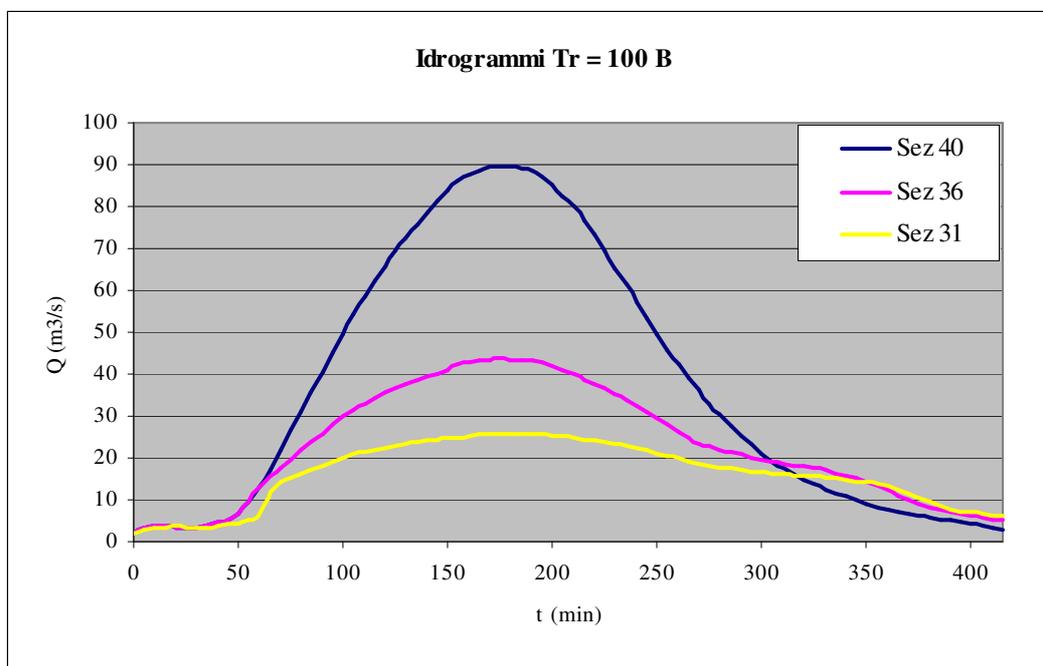
Sezione	Portata (m ³ /s)	Quota fondo alveo (m s.l.m.)	Altezza d'acqua (m s.l.m.)	Quota argine sx (m s.l.m.)	Franco sx (m)	Quota argine dx (m s.l.m.)	Franco dx (m s.l.m.)
59	99.53	50.15	53.15	53.77	0.62	53.77	0.62
58	99.52	49.81	52.29	52.98	0.69	52.98	0.69
57	99.49	49.06	52.03	52.79	0.76	52.79	0.76
56	99.49	48.87	51.76	51.99	0.23	51.99	0.23
55	99.49	48.79	51.59	51.8	0.21	51.8	0.21
54.7	99.48	48.56	51.36	51.8	0.44	51.8	0.44
54.6	99.48	48.54	51.56	51.9	0.34	51.9	0.34
54.5	Bridge				0		
54.4	99.48	48.42	51.55	51.9	0.35	51.9	0.35
54.3	99.48	48.4	51.31	51.67	0.36	51.67	0.36
54.1	99.45	48.12	51.11	51.4	0.29	51.4	0.29
54	99.33	47.89	50.82	51	0.18	51	0.18
53.8	98.32	47.69	50.17	50.19	0.02	51.11	0.94
53	92.97	47.68	50.09	50.18	0.09	51.1	1.01
52	96.3	47.23	49.6	50.03	0.43	51.05	1.45
51.5	Bridge						
51 ¹	93.78	45.75	49.5	49.2	-0.3	49.74	0.24
50 ¹	96.83	45.5	49.21	48.96	-0.25	49.46	0.25
49 ¹	119.86	45.08	48.65	48.7	0.05	48.99	0.34
48 ¹	134.44	44.73	48.48	48.2	-0.28	48.6	0.12
47 ¹	97.76	44.62	48.23	47.85	-0.38	48.48	0.25
46 ¹	93.79	44.34	47.7	47.48	-0.22	48.48	0.78
45 ¹	101.21	43.89	47.21	46.8	-0.41	47.62	0.41
44 ¹	95.66	43.51	46.91	46.44	-0.47	47.24	0.33
43 ¹	95.89	43.16	46.35	46.2	-0.15	46.82	0.47
42 ¹	94.72	42.87	45.7	45.53	-0.17	46.7	1
41.7 ¹	93.95	42.79	45.62	45.53	-0.09	46.7	1.08
41.5	Bridge						
41	93.62	42.73	45.67	46.9	1.23	46.84	1.17
40 ¹	97.78	42.73	45.54	45.4	-0.14	46.21	0.67
39.1	Lat Struct						
39	67.87	42.54	44.74	45.2	0.46	45.86	1.12
38	46.75	42.42	44.3	44.73	0.43	45.53	1.23
37	45.08	41.75	43.6	44.13	0.53	45.13	1.53
36	44.67	41.55	43.56	44.1	0.54	44.91	1.35
35	43.69	41.36	43.38	44.16	0.78	44.36	0.98
34	43.26	40.99	43.13	43.45	0.32	44.41	1.28
33	42.96	40.59	42.45	43.13	0.68	44.13	1.68
32.9	Lat Struct						
32	25.48	40.23	41.99	42.9	0.91	43.81	1.82
31	25.44	39.74	41.82	42.75	0.93	43.57	1.75
30.8	25.43	39.79	41.55	42.56	1.01	43.42	1.87

¹ Previsti adeguamenti arginali

30.5	Bridge						
30.2	25.43	39.8	41.54	42.54	1	43.4	1.86
30	25.43	39.82	41.51	42.45	0.94	43.33	1.82
29	25.42	39.49	41.3	42.25	0.95	43.16	1.86
28	25.41	39.4	40.97	42.25	1.28	42.94	1.97
27	25.4	39.02	40.79	42.05	1.26	42.64	1.85
26.5	Lat Struct						
26	25.39	38.66	40.51	41.85	1.34	42.31	1.8
25	25.37	38.36	40.15	41.03	0.88	42.03	1.88
24	25.37	38.13	39.78	41.53	1.75	41.88	2.1
23.5	Bridge						
23.2	25.37	38.05	39.63	41.2	1.57	42.2	2.57
23	25.37	37.63	39.55	40.78	1.23	41.78	2.23
22	25.36	37.13	39.31	40.62	1.31	41.62	2.31
21	25.35	37.1	39.04	40.46	1.42	41.46	2.42
20	25.34	36.66	38.91	40.39	1.48	41.39	2.48
19	25.34	36.64	38.87	40.36	1.49	41.36	2.49
18	25.33	36.16	38.7	40.18	1.48	41.18	2.48
17	25.32	36.15	38.47	40.02	1.55	41.02	2.55
16	25.31	35.88	38.08	39.51	1.43	39.88	1.8
15	25.28	35.72	37.76	39.29	1.53	39.95	2.19
14	25.29	35.32	37.79	39.65	1.86	39.67	1.88
13.5	25.28	34.95	37.68	39.54	1.86	39.39	1.71
13.2	Bridge						
13	25.28	34.86	37.66	39.45	1.79	39.3	1.64
12.8	Lat Struct						
12.5	25.28	35.1	37.47	39.37	1.9	39.38	1.9
12	25.28	35.12	37.31	39.3	1.99	39.06	1.75
11	25.28	35.05	37.33	39.5	2.17	39.47	2.14
10.5	Bridge						
10	25.28	34.78	37.28	39.22	1.94	39.57	1.94
9.5	25.28	34.84	37.2	39.4	2.2	39.58	2.2
9	25.27	34.51	37.06	39.39	2.33	39.35	2.29
8.5	25.27	34.76	36.88	39.12	2.24	39.45	2.24
8	25.26	34.73	36.63	39.15	2.52	39.26	2.52
7.5	25.25	34.24	36.51	39.19	2.68	39.34	2.68
7.1	25.25	34.04	36.41	39.45	3.04	39.32	2.91
7	25.25	34.1	36.31	39.44	3.13	39.38	3.07
6.8	Bridge						
6.7	25.25	34.11	35.99	39.45	3.46	39.39	3.4
6.5	25.25	33.51	35.19	39.51	4.32	39.24	4.05
6	25.24	33.14	34.73	39.55	4.82	39.25	4.52
5.5	25.23	32.57	34.69	39.5	4.81	39.67	4.81
5	25.23	32.26	34.53	39.39	4.86	39.48	4.86
4.5	25.22	31.49	34.13	39.55	5.42	39.59	5.42
4.3	25.22	32.35	34.1	39.56	5.46	39.54	5.44
4.2	Bridge				0		0

4.1	25.22	32.35	34.08	39.56	5.48	39.54	5.46
4	25.22	32.43	34.01	39.64	5.63	39.62	5.61
3	25.22	31.77	33.83	39.73	5.9	39.58	5.75
2.75	25.22	31.98	33.72	39.59	5.87	39.6	5.87
2.71	25.22	31.91	33.71	39.52	5.81	39.53	5.81
2.7	Inl Struct				0		0
2.6	25.22	30.57	32.26	39.61	7.35	39.52	7.26
2.5	25.21	30.42	32.2	39.46	7.26	39.37	7.17
2	25.21	30.63	32.07	36.45	4.38	37.84	4.38
1	25.21	30.43	31.89	37.06	5.17	37.08	5.17

CASSA DI ESPANSIONE DI VILLA ANTINORI



3 - PIANA DI SETTIMO

Nel presente studio si è scelto di utilizzare il software “SWMM” (Storm Water Management Model), prodotto e distribuito dall'US Environmental Protection Agency (EPA). Si tratta di un modello dinamico compilato su codice FORTRAN per la simulazione del comportamento delle reti di drenaggio, soprattutto ma non esclusivamente per le aree urbane, adattabile ad un singolo evento o a periodi di lunga durata.

Il modello idrologico è stato implementato mediante il modulo RUNOFF di SWMM. Questo simula il comportamento idrologico-idraulico di un bacino idrografico al fine di ricavare dati sulle portate. Analizza sia i fenomeni ricollegabili allo scorrimento superficiale delle acque, sia quelli relativi al moto nei canali o nelle tubazioni. Il programma riceve uno ietogramma come input e in uscita restituisce gli idrogrammi delle portate.

Il bacino idrografico viene rappresentato come un aggregato di sottobacini e interbacini (sotto-aree) che alimentano tubazioni fognarie e fossi a cielo aperto. Sia per le sotto-aree che per i canali drenanti RUNOFF fa riferimento allo schema di “serbatoio non lineare”.

Il modello idraulico è stato implementato mediante il modulo EXTRAN di SWMM. Questo riceve ingressi concentrati costituiti da idrogrammi e sviluppa il moto attraverso il sistema di drenaggio fino al recapito finale. Il metodo di calcolo fa riferimento allo schema di moto vario proposto da De Saint Venant, e dà la possibilità di inserire dispositivi particolari quali aperture, scolmatori, pozzetti, sistemi di pompaggio e vasche di accumulo. Consente l'immissione delle forme più utilizzate per i collettori, nonché l'inserimento di canali a sezione irregolare (prismatici).

L'area oggetto di studio è stata modellata con la seguente procedura. Basandosi sullo schema fognario si è individuata una rete principale che fosse in grado di intercettare tutte le acque provenienti dall'area considerata e che contenesse tutti gli scolmatori presenti nel sistema fognario oggetto di analisi. La rete principale così costruita è stata rappresentata nel modulo EXTRAN che è in grado di eseguire una modellazione molto spinta per quanto riguarda il moto vario nelle tubazioni, nei canali a cielo aperto e attraverso dispositivi particolari come sfioratori e orifici.

Si è effettuata poi una divisione di tutta l'area oggetto di studio in sub-sistemi, basandosi più che sulle pendenze, spesso esigue in quest'area di pianura, sulla disposizione delle tubature fognarie che convogliano le acque nella rete principale individuata. Si sono ricercate in sostanza delle aree costituite da superfici e da canali drenanti che fossero in grado di poter dare ognuna un input concentrato nella rete principale rappresentata in EXTRAN. Questo sistema di sotto-aree è

stato schematizzato mediante il modulo RUNOFF. Il modulo EXTRAN è stato quindi collegato in coda a quello di RUNOFF, ed insieme costituiscono il modello completo.

3.1 - MODELLO IDROLOGICO

L'analisi delle piogge, eseguita secondo la distribuzione probabilistica di Gumbel, è stata effettuata sui dati forniti dalla stazione pluviometrica di Firenze Ximeniano, che possiede un lungo periodo di osservazione con dati che arrivano fino al 1996.

Per la suddivisione dell'intera zona oggetto di studio in sub-sistemi, si sono individuate le aree che afferiscono in precisi punti della rete principale o che sversano le loro acque in modo distribuito lungo un tratto della rete stessa. Le porzioni di territorio così individuate, che risultano 51, sono state poi modellate in RUNOFF, e la modellazione ha in taluni casi richiesto una ulteriore suddivisione in altre sotto-aree. La completa suddivisione in sotto-aree di RUNOFF con tubi o fossi drenanti al loro interno ha prodotto:

- 80 sotto-aree
- 47 canali drenanti

Si osserva che il numero di canali drenanti risulta inferiore a quello delle sotto-aree, e ciò trova spiegazione nel fatto che in alcuni casi il condotto che drena un'area inserita in RUNOFF risulta un tratto già facente parte della maglia principale EXTRAN.

L'infiltrazione è stata valutata con il metodo di Green-Ampt.

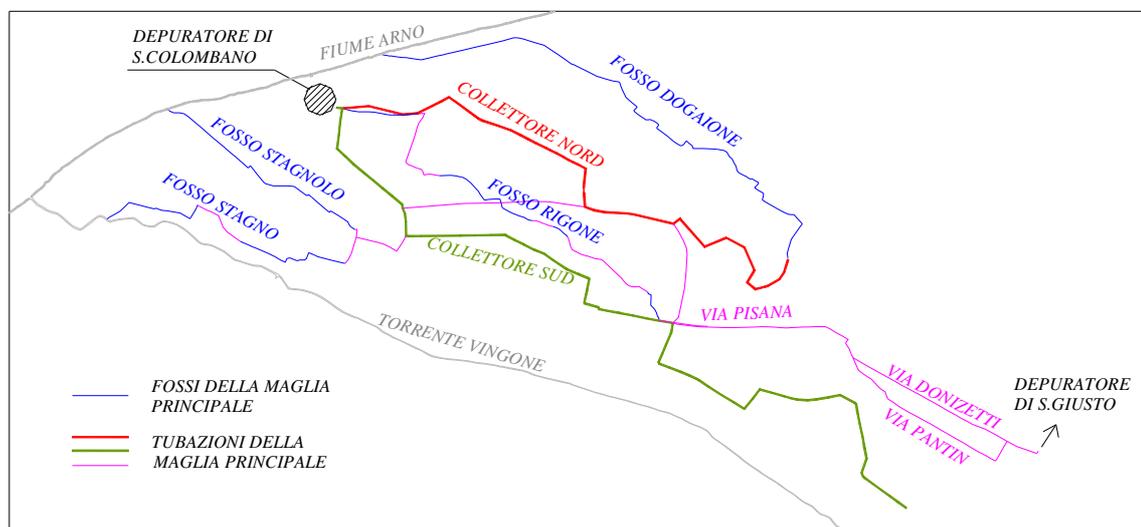
In alcuni casi si sono rese necessarie delle approssimazioni relative all'assetto della rete fognaria inserita nei sottobacini del modulo di RUNOFF, perché tale modulo non è in grado di modellare reti molto complesse come quelle che si riscontrano negli agglomerati urbani.

Una delle assunzioni che si sono fatte è quella che i due sottosistemi denominati "Boccaccio" e "Duprè" siano del tutto indipendenti tra loro. Per la verità ciò non sarebbe del tutto esatto, perché le reti di scolo dei due sistemi presentano due punti di contatto, in corrispondenza di Via dei Ciliegi e di Via S.Bartolo in Tuto. Si è deciso tuttavia, sulla base di considerazioni effettuate consultando le caratteristiche altimetriche della rete, di ipotizzare delle direzioni preferenziali al flusso che giunge in questi due nodi, e di trascurare quindi questa interazione tra i due sottosistemi.

Un'opera importante realizzata negli ultimi anni è quella della sistemazione della zona "I Pratonì", presso il centro di distribuzione COOP. Questa sistemazione è di una complessità notevole e, considerata la vastità dell'area interessata dal presente studio, non è stata modellata nei particolari. E' stata inserita comunque, in modo semplificato, senza i dispositivi scolmatori e i volumi di accumulo, nel blocco di RUNOFF.

3.2 - MODELLO IDRAULICO

La maglia principale modellata con EXTRAN risulta costituita dai due grandi collettori Nord e Sud, da un lungo tratto di Via Pisana, nonché dalle Vie Donizetti e Pantin e da un tratto adiacente a Piazza Togliatti. Si è deciso di inserirvi anche i due rami (FI-PI-LI e Casicciole) che collegano i due nuovi collettori, perché tali rami saranno prossimamente costruiti e costituiranno parte integrante del nuovo assetto fognario della piana. Fanno inoltre parte della rete EXTRAN il Fosso Rigone, alcuni tratti della zona "I Praton", e i fossi Stagno, Stagnolo e Dogaione, nonché il primo tratto della fognatura che conduce le acque non scolmate in prossimità di piazza Togliatti verso il depuratore di S.Giusto.



I nodi della rete, per i quali sono impostate le quote delle tubazioni afferenti nonché il livello del terreno, sono stati posizionati in corrispondenza delle giunzioni tra più tubazioni, dei cambi di sezione e di pendenza, dei dispositivi scolmatori e degli orifici. Sono stati inseriti anche nei punti incaricati di ricevere input concentrati dal modulo di RUNOFF. Ne risulta uno schema EXTRAN costituito da:

- 152 tratti costituiti da tubazioni o canali a cielo aperto, per una lunghezza totale di 27.860 Km,
- 154 nodi,
- 61 sezioni irregolari per i fossi a cielo aperto,
- 2 sfioratori,
- 7 orifici.

3.3 - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

3.3.1 - Esondazioni dalla rete

Dalle simulazioni effettuate sono rilevabili le esondazioni che si verificano per gli eventi di progetto. Queste sono evidenziate separatamente dai moduli RUNOFF e EXTRAN di SWMM. Dagli output del primo sono visibili i volumi che eccedono la capacità di smaltimento delle tubazioni e che producono allagamenti. Da EXTRAN invece risultano quantificati i volumi che durante l'evento escono dai nodi in pressione della rete o che esondano dalle sezioni dei fossi a cielo aperto. Ne risultano quindi due contributi da aggiungere, per ottenere un valore complessivo di esondazione.

La scelta degli scenari di studio è stata effettuata sulla base dei tempi di risposta del bacino e sulla base dei tempi di ritorno solitamente utilizzati nelle analisi delle reti fognarie. Si è scelta come distribuzione quella degli alternating blocks, che fissato il tempo di ritorno considera le massime intensità di pioggia nei vari intervalli di tempo, presentandosi così estremamente più gravosa della distribuzione a intensità costante. Si è scelta la condizione di portelle di scarico dei fossi (in Arno e in Vingone) chiuse per tutta la durata dell'evento. Gli scenari analizzati sono stati pertanto i seguenti:

- **SCENARIO N°1:** Pioggia di durata 4 ore e tempo di ritorno 5 anni, sviluppata con alternating blocks a distribuzione centrale e steps di 15 minuti; portelle di scarico chiuse;
- **SCENARIO N°2:** Pioggia di durata 4 ore e tempo di ritorno 25 anni, sviluppata con alternating blocks a distribuzione centrale e steps di 15 minuti; portelle di scarico chiuse;

Sono stati trascurati eventi con minore frequenza dato che il sistema di scolo viene generalmente dimensionato su eventi con tempo di ritorno medio e quindi si presume che per eventi secolari il sistema entri diffusamente in crisi.

L'attribuzione dei volumi esondati alle varie zone è stata fatta sulla base della suddivisione in sotto-aree costruita per il modello idrologico, in quanto queste sono state perimetrare in relazione alle reali direzioni di scolo delle acque. Ciascun volume di esondazione è quindi stato assegnato alla sotto-area di competenza e si è provveduto ad indicare un'altezza d'acqua media prodotta dal volume sulla sotto-area, come V/A in millimetri. Si sottolinea come tale altezza sia da considerarsi media sulla sotto-area, e che localmente si potranno verificare anche consistenti differenze di altezza d'acqua esondata in conseguenza alle variazioni altimetriche di dettaglio del piano campagna.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dalle simulazioni, in termini di V/A totale.

SOTTO-AREA	SUPERFICIE [ha]	$\frac{V}{A}$ [mm] (SCENARIO N°1)	$\frac{V}{A}$ [mm] (SCENARIO N°2)
SCANDICCI - NORD A	44.14	13.99	59.63
SCANDICCI - NORD B	6.78	18.56	67.59
SCANDICCI - NORD C	4.92	18.56	67.59
SCANDICCI - NORD D	12.26	18.56	67.59
SCANDICCI - NORD E	36.36	5.05	12.12
SCANDICCI - NORD F	26.96	5.05	12.12
SCANDICCI - NORD G	10.98	5.05	12.12
PARIGI 1	7.79	18.23	48.62
PARIGI 2	2.03	0.00	0.00
PARIGI 3	12.52	0.00	0.00
PARIGI 4	0.69	0.00	0.00
VIOTTOLONE - CASTELPULCI C	20.75	29.27	72.28
VIOTTOLONE - CASTELPULCI B	57.35	10.93	26.98
BORGO FOSSI	15.70	1.72	22.93
BOTTEGHINO	2.67	0.00	7.42
FORNACI A	2.53	0.00	0.00
FORNACI B	2.45	0.00	129.86
FORNACI C	1.70	0.00	129.86
FORNACI D	13.13	0.00	0.00
PALAZZACCIO A	9.17	0.00	0.00
PALAZZACCIO B	4.72	1.43	55.90
PARLAMENTO	15.88	22.67	62.33
DOGAIA - BADIA A SETTIMO A	2.48	7.78	37.92
DOGAIA - BADIA A SETTIMO B	9.98	7.78	37.92
DOGAIA - BADIA A SETTIMO C	4.99	0.00	0.00
DOGAIA - BADIA A SETTIMO D	1.37	0.00	0.00
DOGAIA - BADIA A SETTIMO E	4.50	7.78	37.92
DOGAIA - BADIA A SETTIMO F	49.85	8.91	50.46
DOGAIA - BADIA A SETTIMO G	20.89	119.34	243.20
DOGAIA - BADIA A SETTIMO H	7.20	39.27	81.51
DOGAIA - BADIA A SETTIMO I	26.65	0.00	0.00
DOGAIA - BADIA A SETTIMO L	8.04	0.00	0.00
DOGAIA - BADIA A SETTIMO M	10.60	0.00	0.00
GRANATIERI	8.48	0.00	0.00
CAPANNUCCIA NORD	1.72	2.20	0.00
CAPANNUCCIA	9.84	6.49	114.96
RIGONE 1	15.73	0.00	0.00
RIGONE 2	0.56	0.00	0.00
RIGONE 3	2.14	0.00	0.00
RIGONE 4	4.27	0.00	0.00
RIGONE 5	5.89	0.00	0.00
S.COLOMBANO	11.70	0.00	0.00

ROMANIA	22.11	0.00	26.86
BARONTINI A	2.26	32.05	120.18
BARONTINI B	3.01	23.95	89.81
BARONTINI C	2.38	30.20	113.26
STAGNACCIO BASSO	8.30	72.31	135.36
GRIOLI	10.32	0.00	14.53
STAGNACCI A	7.52	0.00	2.79
STAGNACCI B	2.19	0.00	0.00
VILLACCIA	25.68	0.00	51.04
S. GIULIANO A	4.70	7.65	45.93
S. GIULIANO B	6.27	3.82	34.42
IL PORTO	6.94	0.00	0.00
L'OLMO A	18.94	16.79	91.92
L'OLMO B	3.10	67.72	232.18
VIA PISANA 2	2.64	0.00	0.00
TRAMVIA A	10.00	16.82	56.28
TRAMVIA B	25.71	16.82	56.28
CASELLINA	7.31	0.00	0.00
VIA PISANA 1	6.99	0.00	0.00
PADULE	4.76	253.47	368.96
DONIZETTI	20.90	42.02	93.57
DUPRE'	33.33	64.82	172.89
RESISTENZA	6.73	0.24	2.71
TOGLIATTI	1.35	0.24	2.71
STAGNOLO 1	7.72	0.00	0.00
DOGAIONE 1	48.09	43.04	112.22
DOGAIONE 2	28.29	7.38	86.20
DOGAIONE 3	17.71	0.00	0.00
DOGAIONE 4	14.59	0.00	0.00
TRAMVIA C	49.69	16.82	56.28
SCOPETINO	44.90	18.56	32.46
BOCCACCIO	34.69	32.93	97.55

3.3.2 - Stima delle quote di sicurezza

L'altezza d'acqua V/A in mm precedentemente descritta rappresenta un battente medio su ciascuna sotto-area. Questo si distribuirà in funzione delle caratteristiche morfologiche locali con estrema variabilità. Si è effettuata comunque una stima cautelativa delle quote che si trovano in condizioni di sicurezza rispetto allo scenario di studio n°2, ossia quello maggiormente gravoso tra quelli studiati. I terreni a quota inferiore a quella riportata nella tabella seguente non si trovano necessariamente in condizioni di rischio di allagamento, ma il dettaglio dei dati morfologici a disposizione non permette di individuarne con esattezza il grado di rischio. Per un grado di

dettaglio adeguato è necessario effettuare analisi di dettaglio sulla base di dati morfologici più precisi (rilievi celerimetrici, laser scanning ecc.).

La stima della quote di sicurezza è stata effettuata secondo i seguenti step:

- si è costruito un Modello Digitale del Terreno (DTM) dell'intera piana oggetto di studio, al fine di ottenere la completa distribuzione delle quote su tutte le sotto-aree. Il DTM è stato costruito sulla base dei punti quotati e delle curve di livello presenti sulla Carta Tecnica Regionale 1:2000, modellando con maggior dettaglio i principali rilevati presenti;
- in base alla distribuzione altimetrica su ciascuna sotto-area, si è individuata la quota al di sotto della quale si trova l'80% della superficie della sotto-area, eliminando precedentemente eventuali singolarità dovute ai rilevati presenti (es. Autostrada);
- alla quota individuata al punto precedente si sono sommati il battente idrico V/A calcolato al PARAGRAFO 3.3.1 e un franco di sicurezza assunto pari a 30 cm.

SOTTO-AREA	QUOTA DI SICUREZZA Qs, COMPRESO FRANCO DI 30 cm [m s.l.m.]
SCANDICCI - NORD A	43.81
SCANDICCI - NORD B	42.25
SCANDICCI - NORD C	42.58
SCANDICCI - NORD D	42.42
SCANDICCI - NORD E	40.96
SCANDICCI - NORD F	39.81
SCANDICCI - NORD G	38.76
PARIGI 1	35.95
PARIGI 2	36.02
PARIGI 3	35.48
PARIGI 4	35.67
VIOTTOLONE - CASTELPULCI C	35.59
VIOTTOLONE - CASTELPULCI B	37.53
BORGO FOSSI	36.67
BOTTEGHINO	36.30
FORNACI A	35.77
FORNACI B	36.02
FORNACI C	36.02
FORNACI D	36.27
PALAZZACCIO A	35.33
PALAZZACCIO B	35.74
PARLAMENTO	39.81
DOGAIA - BADIA A SETTIMO A	38.84
DOGAIA - BADIA A SETTIMO B	38.69
DOGAIA - BADIA A SETTIMO C	36.66
DOGAIA - BADIA A SETTIMO D	37.20
DOGAIA - BADIA A SETTIMO E	38.24

DOGAIA - BADIA A SETTIMO F	36.35
DOGAIA - BADIA A SETTIMO G	36.02
DOGAIA - BADIA A SETTIMO H	36.37
DOGAIA - BADIA A SETTIMO I	36.23
DOGAIA - BADIA A SETTIMO L	35.94
DOGAIA - BADIA A SETTIMO M	35.91
GRANATIERI	35.92
CAPANNUCCIA NORD	35.39
CAPANNUCCIA	36.57
RIGONE 1	35.56
RIGONE 2	35.79
RIGONE 3	35.57
RIGONE 4	35.41
RIGONE 5	37.65
S.COLOMBANO	35.89
ROMANIA	35.52
BARONTINI A	35.71
BARONTINI B	35.84
BARONTINI C	35.52
STAGNACCIO BASSO	35.75
GRIOLI	35.75
STAGNACCI A	35.89
STAGNACCI B	35.54
VILLACCIA	35.56
S. GIULIANO A	36.68
S. GIULIANO B	36.19
IL PORTO	36.67
L'OLMO A	39.39
L'OLMO B	38.21
VIA PISANA 2	38.67
TRAMVIA A	39.51
TRAMVIA B	40.63
CASELLINA	41.94
VIA PISANA 1	39.38
PADULE	41.75
DONIZETTI	43.17
DUPRE'	47.77
RESISTENZA	44.05
TOGLIATTI	44.89
STAGNOLO 1	35.19
DOGAIONE 1	36.49
DOGAIONE 2	36.08
DOGAIONE 3	36.63
DOGAIONE 4	36.47
TRAMVIA C	42.98
SCOPETINO	44.23
BOCCACCIO	45.57

Si sottolinea ancora come le quote calcolate con la metodologia sopra esposta risultino affette da un certo grado di approssimazione, in quanto derivanti dalla altimetria ricavabile dalla C.T.R.; una maggior precisione potrà essere ottenuta sulla base di rilievi plano-altimetrici di dettaglio e studi specifici.

Oltre al rispetto delle quote sopraelencate, si consiglia come quota di sicurezza in qualsiasi zona della piana, quella derivante dall'applicazione di un franco di sicurezza di 25 cm a partire dal piano campagna.

In sostanza, la quota di sicurezza è la massima individuabile tra:

- **Quota di sicurezza Q_s della sotto-area;**
- **Quota del piano campagna + franco di 25 cm.**

Si sottolinea inoltre che tale quota di sicurezza riguarda esclusivamente l'insufficienza della rete fognaria.

CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stata effettuata una valutazione delle condizioni di rischio della piana di Scandicci individuando anche alcuni interventi di mitigazione.

L'analisi non ha riguardato il fiume Arno, dato che per questo corso d'acqua valgono gli studi del Piano di Bacino ed inoltre un'analisi corretta deve essere legato ad uno studio a scala di bacino che esula del dettaglio del presente lavoro.

Sono state quindi analizzate le condizioni di rischio dovute al fiume Greve, al torrente Vingone e al reticolo fognario e di fossi della Piana di Settimo.

Il dettaglio del dato morfologico e la conformazione planoaltimetrica della piana non permettono di simulare la propagazione di eventuali esondazioni dei due corsi d'acqua principali, rendendo impossibile la sovrapposizione di scenari di rischio legati alla combinazione di più fattori. Si evidenzia comunque che il torrente Greve ha una sezione adeguata al transito di portate secolari anche se con franco nullo e ridotto, mentre il Vingone presenta esondazioni prevalentemente in sinistra idraulica, grazie ad una quota superiore delle arginature destre.

Per quanto riguarda la Greve il rischio è quindi legato ad eventi eccezionali o a eccessiva sollecitazione della struttura arginale. Tali fattori potranno essere ulteriormente mitigati grazie alla realizzazione del sistema di casse di espansione previste nel Piano Stralcio Rischio Idraulico.

Per il Vingone oltre al franco ridotto, il rischio è legato alla presenza di un sistema di botti che permette la connessione idraulica tra la piana allagata in sinistra e quella in destra. La mitigazione del rischio è legata alla realizzazione di un sistema integrato di interventi in corso di studio da parte del Consorzio di Bonifica Colline del Chianti che sarà oggetto di uno specifico progetto.

Per quanto riguarda il reticolo fognario e di fossi della Piana sono state individuate le principali criticità dell'area, a cui sono collegati fenomeni di insufficienza anche per eventi a basso tempo di ritorno, che risultano:

- settore Padule (collettore insufficiente) e parte alta della rete (monte autostrada),
- Dogaione all'attraversamento dell'A1 (presenza di aree depresse e sezione attraversamento insufficiente),
- Dogaione a Badia a Settimo (tratto tombato).

Al crescere del tempo di ritorno la rete fognaria presenta fenomeni di crisi diffusa, mentre la rete di fossi, almeno nella parte terminale, ha una capacità di invaso sufficiente al contenimento dei

volumi conferiti da monte anche in condizione di portelle in Arno chiuse. Per tempi di ritorno elevati l'intero sistema entra in crisi.

L'analisi è stata sviluppata tramite un modello idrologico e idraulico in moto vario con SWMM della rete fognaria, grazie al quale è stato possibile stimare le esondazioni. Sulla base dei volumi esondati rete e della morfologia del territorio, suddividendo il territorio in settori, sono state individuate quote cautelative di sicurezza.

Si deve infine sottolineare che, indipendentemente dalle analisi e criticità individuate, i territori di acque basse come la piana di Scandicci presentano fattori di rischio idraulico residuo legato a fenomeni difficilmente modellabili o prevedibili come rotture arginali, insufficienza idraulica di collettori minori, intasamento di tubazioni, griglie e fossi, transito di acqua verso sono a quota inferiore, ecc.. Tali fattori di rischio possono risultare accettabili a patto di tenerli in considerazione nelle scelte localizzative e progettuali. In quest'ottica nel presente studio si suggerisce un franco minimo nella piana mai inferiore a 25 cm rispetto al piano campagna.