



Comune di Collesalveti

STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO A SUPPORTO DEL REGOLAMENTO URBANISTICO

Il Sindaco
Lorenzo Bacci

Il Responsabile del Procedimento
Arch. Leonardo Zinna



*Studio Tecnico Associato di Ingegneria e
Progettazione idraulica e marittima*
Via G. Civinini, 8 – 57128 Livorno
Tel/Fax 0586 372660
E-mail: info@primaingegneria.it;
www.primaingegneria.it
Studio Certificato ISO 9001:2008



Ing. Pietro Chiavaccini

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Nicola Buchignani

Ing. Nicola Verzoni

Cartografia e gis
Arch. Marcella Chiavaccini

R1-RELAZIONE GENERALE

Rev.	Cod. Elaborato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
2	PT50-13-COL-R01-02	Lug. 2015	M. Chiavaccini	P. Chiavaccini	M. Verzoni
1	PT50-13-COL-R01-01	Gen. 2015	M. Chiavaccini	P. Chiavaccini	M. Verzoni
0	PT50-13-COL-R01-00	Dic. 2013	M. Chiavaccini	P. Chiavaccini	M. Verzoni

INDICE

1.	INTRODUZIONE	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
1.2	DOCUMENTAZIONE DI SUPPORTO	5
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
2.1	INTERVENTI IDRAULICI PREGRESSI	8
2.1.1	ACQUASALSA	8
2.1.2	FOSSO DELLE CHIAVICHE EST	11
2.1.3	FOSSO DEL CATERATTO	12
2.1.4	FOSSO DELL'ACQUECHIARE	12
3.	IDROLOGIA	12
3.1	PLUVIOMETRIA	12
3.2	IETOGRAMMI	17
3.3	PERDITE IDROLOGICHE	18
3.4	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	20
3.4.1	RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IETOGRAMMI AD INTENSITA' COSTANTE	25
3.4.2	RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IETOGRAMMI DI TIPO CHICAGO	39
3.4.3	CONFRONTO CON STUDI ESISTENTI	40
3.5	ALTRI CORSI D'ACQUA	41
3.5.1	EMISSARIO BIENTINA	45
3.5.2	FOSSA CHIARA	47
3.5.3	SCOLMATORE DELL'ARNO	48
4.	STUDIO IDRAULICO	50
4.1	CONDIZIONI AL CONTORNO	50
4.2	ANALISI IN MOTO PERMANENTE	50
4.2.1	RISULTATI RELATIVI AI CORSI D'ACQUA DEL BACINO	52
4.3	ANALISI IN MOTO VARIO	85
5.	CARTE DI PERICOLOSITA'	91

1. INTRODUZIONE

Il presente studio è predisposto come aggiornamento di quadro conoscitivo della pericolosità idraulica del vigente regolamento urbanistico del Comune di Collesalveti. Gli approfondimenti consentiranno anche di definire gli interventi necessari di messa in sicurezza idraulica, da attuare con specifiche fonti di finanziamento.

Lo studio si inquadra all'interno del protocollo di intesa con soggetti attuatori il Comune di Collesalveti, la Regione Toscana, l'Autorità di Bacino Toscana Costa e l'Autorità di Bacino dell'Arno che hanno costituito un gruppo di coordinamento.

Lo studio è stato sviluppato secondo la presente procedura:

- Acquisizione di studi e rilievi esistenti;
- Analisi dei dati topografici ed integrazione dei rilievi esistenti;
- Analisi idrologica ed idraulica;
- Confronto con gli studi esistenti per la taratura dei modelli;
- Analisi delle aree inondabili e delle classi di pericolosità;
- Individuazione degli interventi per l'attenuazione del rischio idraulico

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

DIRETTIVA 2007/60/CE "Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni"

DPGR 53/R 2011 "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.

L.R. 21/2012 "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua.

Piano Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino dell'Arno- Norme di attuazione ed Allegati-2004

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino di rilievo regionale Toscana Costa-2004

1.2 DOCUMENTAZIONE DI SUPPORTO

Ai fini della predisposizione dello studio, i seguenti elaborati ha costituito documentazione di supporto:

- Consorzio di Bonifica, Ufficio dei Fiumi e Fossi Sistemazione idraulica della piana di Guasticce nel comune di Collesalveti (LI)-Completamento Fosso delle Chiaviche – 2009
- ALTO- Alluvioni in Toscana- Regione Toscana – Aggiornamento 2007
- Provincia di PISA "Adeguamento idraulico del Canale Scolmatore d'Arno"- Progetto definitivo-2013
- Ing. Pietro Chiavaccini "Studio Idrologico idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Collesalveti" 2008
- Prof. Geol. Giovanni Pranzini, "Studio Idrogeologico per il progetto di autoparco in località Faldo" Relazione – Luglio 2000 Comune di Collesalveti;

- Dott. Ing. Mario Lodà, Dott. Ing. Antonio Sacconi, "Studio Idraulico di supporto alla variante dello strumento urbanistico in località " Il Faldo" per la previsione di un autoparco", " Verifica disposti D.C.R.T. N°230 del 21/06/1994" – Luglio 2000 Comune di Collesalveti;
- Dott. Ing. Francesco Uzzani, "Studio di rischio idraulico" finalizzato alla realizzazione di un Parco Commerciale per medie strutture di vendita in località Stagno – Novembre 2007 Comune di Collesalveti;
- Prof. Ing. Stefano Pagliara, "Studio idrologico-idraulico finalizzato al piano convenzionato di lottizzazione in loc. Guasticce"- Agosto 2008 Comune di Collesalveti;
- Prof. Ing. Stefano Pagliara "Studio idraulico del tratto terminale del T. Ugione" – Comune di Livorno
- Consorzio di Bonifica, Ufficio dei Fiumi e Fossi "Studio sul rischio idraulico relativo al bacino del Fosso Cateratto" – Giugno 2008;
- Provincia di Pisa, Dipartimento del Territorio Servizio Difesa del Suolo e Protezione Civile U.O. Opere Idrauliche e Marittime, "Progetto Preliminare – Adeguamento Idraulico e Navigabilità del Canale Scolmatore d'Arno" – Settembre 2008;
- Valentina Altieri, Tesi di Laurea, "Sistemazione del Fosso Fologno" – A.A. 2003-2004;
- Dati Topografici Lidar – Volo 2009- Fonte Ministero Ambiente

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Lo studio copre un'estensione di circa 260 km² ed interessa in parte i Comuni di Livorno e Pisa e per intero il Comune di Collesalveti.

Il deflusso delle acque è assicurato da un complesso sistema di aste fluviali che è possibile schematizzare in diversi bacini e sottobacini. In particolare, a nord del canale scolmatore dell'Arno, si trovano il bacino del Biscottino e quello del Fossa Nuova, mentre, a sud sono localizzabili il sottobacino del Torretta, del Tora e dell'Isola ed i restanti sottobacini dell'Interporto, dell'Acqua Salsa e dell'Ugione. Più precisamente:

- Il bacino del Biscottino, a nord-ovest del canale scolmatore dell'Arno, si estende nel Comune di Collesalveti ed è stata suddiviso in due sottobacini (Biscottino 1 e del Biscottino 2) ubicati rispettivamente ad est e a ovest dell'idrovora Acque Industriali. La superficie totale del primo risulta pari a 0.18 kmq con quote che per gran parte della superficie sono posizionate al di sotto del l.m.m. La pendenza del collettore principale che corre lungo la SS Arnaccio presenta una pendenza media pari circa allo 0,04%. Il Biscottino 2 ricopre, invece, una superficie complessiva di 0.64 kmq con quote che, anche in questo caso, oscillano attorno al l.m.m. ed una pendenza media sull'intero percorso pari a circa lo 0,0250%.
- Il bacino del Fossa Nuova, situato a nord-est del canale scolmatore dell'Arno, ricade in parte nel comune di Collesalveti ed in parte, nella Provincia di Pisa ed è stato suddiviso all'altezza della Località Il Faldo in due sottobacini (Fossa Nuova 1 e del Fossa Nuova2), a cui aggiungere i contributi del Fosso degli Alessandrini e del Fosso Solaiola. La superficie drenata complessiva è di circa 34 kmq e presenta pendenze maggiori (dell'ordine dello 0,07%) nella parte terminale e minori (0,05% circa) in quella iniziale. La sommità del bacino è a circa 8.8 m sul l.m.m.
- Il bacino del Torretta comprende il sottobacino dell'Antifossetto e quello del Fattoria. Il primo ricopre una superficie complessiva di 22 Km² e presenta pendenze dell'ordine dello 0,7% nei tratti a monte, che diminuiscono a circa lo 0,025% nei tratti terminali (zona Interporto e Stagno). Il secondo, invece, si estende per 9,5 Km² e presenta pendenze maggiori (dell'ordine dello 0,2%) nel sottobacino del Fosso Fologno. La sommità del sottobacino dell'Antifossetto è a 42.6 m sul l.m.m., quella del sottobacino del Fattoria è, invece, a 11.5 m sul l.m.m.

- Il bacino del Fiume Isola, così come quello del Torretta, ricade in parte nella Provincia di Pisa e in parte nel Comune di Collesalveti. La rete idrografica è costituita dal Fiume Isola, corso d'acqua principale, e dai corsi d'acqua secondari Borra, Ecina, Tremoscio e Tavola. La superficie drenata complessiva è pari a 31 Km² e presenta pendenze maggiori (dell'ordine del 3,5%) nel sottobacino del Borra e minori (0,4% circa) nel sottobacino del Fiume Isola. L' altezza massima del bacino raggiunge i 387 m sul l.m.m.
- Il bacino del Torrente Tora ricade in parte nella Provincia di Pisa e in parte nel Comune di Collesalveti. La rete idrografica è costituita dal Tora, corso d'acqua principale, e dai suoi 5 affluenti Cunella, Loti, Morra, Nugola e Tanna. La superficie drenata complessiva è di circa 93 Km² e presenta pendenze elevate (dell'ordine del 8,5%) nella parte collinare del territorio (Botro di Loti, Cunella) per scendere a valori di circa lo 0,1% circa) subito a valle dell'abitato di Collesalveti nel suo tratto terminale. L' altezza massima del Bacino raggiunge i 430 m sul l.m.m.
- Il bacino connesso all'Interporto ricade interamente nel comune di Collesalveti. La rete idrografica è costituita da una serie di collettori (interni al lotto) ed alcuni fossi tra cui il Colmata Orti e il Chiaviche Est che convogliano le acque ad una batteria di idrovore (con capacità totale di smaltimento di circa 15 mc/s) che scaricano direttamente nello Scolmatore. La superficie drenata complessiva è di circa 6 Km² e presenta pendenze maggiori (dell'ordine del 1,0%) nel sottobacino del Chiaviche Est e minori (0,07% circa) lungo i collettori. L' altezza massima del Bacino è di 5,5 m sul l.m.m.
- Il bacino dell'Acquasalsa ricade interamente nel comune di Collesalveti. La rete idrografica è costituita dall'Acqua Salsa (che nel tratto terminale subito a valle dell'abitato di Stagno viene a chiamarsi fosso delle Acque Chiare), dal Fosso del Cateratto, e nella parte iniziale del bacino dal Fosso di Stigliano. Nel complesso la superficie drenata è di circa 18 Km² e presenta pendenze maggiori (dell'ordine del 1,75%) nel sottobacino dello Stigliano e minori (0,025% circa) in quello del Fosso Acque Chiare. L' altezza massima del Bacino è di 50 m sul l.m.m.
- Il bacino dell'Ugione ricade in parte nel comune di Collesalveti ed in parte in quello di Livorno. La rete idrografica è costituita dall' Ugione, corso d'acqua principale, e dai suoi 2 affluenti il Rio Vallelunga ed il Rio dell'Acqua Puzzolente. La superficie drenata complessiva al Ponte sull'Aurelia (abitato di Stagno) è di circa 24 Km² e presenta pendenze dell'ordine del 4,7% nella parte a monte (indicato con Ugione 1) che si riducono allo 0,3% subito a valle della Via Aiaccia. L' altezza massima del Bacino è di circa 400 m sul l.m.m.

In Tabella 1 sono riportati le principali caratteristiche degli stessi.

Tabella 1 Caratteristiche dei bacini

ID	S (km ²)	ID	S (km ²)
B-ACQUASALSA1A	1.88	B-FOLOGNO 4	0.77
B-ACQUASALSA1B	1.63	B-FOLOGNO 5	0.82
B-ACQUASALSA1C	2.80	B-FONTINO	5.84
B-ACQUASALSA2	1.20	B-FOSSA_NUOVA2	4.16
B-ACQUASALSA3	3.60	B-FOSSANUOVA1	10.43
B-ACQUASALSA4	0.80	B-FOSSO_VALLELUNGA	4.26
B-ACQUASALSA 5	0.33	B-ISOLA1	13.16
B-ACQUECHIARE	1.78	B-LENZEA	0.57
B-ALESSANDRINI	1.79	B-LENZEB	0.54

B-ANTIFOSSETTO1	10.46	B-LOTI	3.66
B-ANTIFOSSETTO2	1.01	B-MARIGNANO	3.55
B-ANTIFOSSETTO3	0.86	B-MORRA1	8.09
B-ANTIFOSSETTO4	0.32	B-MORRA2	5.14
B-BISCOTTINO EST	0.56	B-NUGOLA	5.5
B-BISCOTTINO OVEST	0.21	B-PUZZOLENTE	6.53
B-BORRA	11.83	B-RIOVALLELUNGA	2.43
B-CATERATTO	1.84	B-SOLAIOLA	17.19
B-CHIAVICHE_EST	1.00	B-STIGLIANO	2.07
B-CIGNA1	0.45	B-TANNA_2_4	0.56
B-CIGNA2	1.80	B-TANNA_2_6	0.28
B-CIGNA3	1.29	B-TANNA1	9.39
B-CIGNOLO	3.86	B-TANNA2_1	0.57
B-COLLETTORE_EST	0.58	B-TANNA2_2	0.65
B-COLLETTORE_NORD2	1.37	B-TANNA2_3.1	0.93
B-COLLETTORE_OVEST	0.43	B-TANNA 2_3.2	0.33
B-COLLETTORE_SUD2	0.88	B-TANNA 2_5	0.38
B-COLLETTORE NORD1	0.68	B-TANNA 2_7	0.08
B-COLLETTORE SUD1	0.18	B-TAVOLA	8.29
B-COLLETTORE SUD3	0.32	B-TORA1	32.44
B-COLMATA_ORTI_STAGNO	0.15	B-TORA2	6.33
B-COLMATA ORTI GUASTICCE	1.00	B-TORA3	6.47
B-CUNELLA	11.52	B-TORA4	0.22
B-ECINA	6.19	B-TORAVECCHIA1	1.8
B-FATTORIA1	1.99	B-TORRETTA1	0.46
B-FATTORIA2	1.92	B-TORRETTA2	0.58
B-FOLOGNO_1	0.91	B-TREMOSCIO	4.25
B-FOLOGNO 2	0.24	B-UGIONE1	8.89
B-FOLOGNO 3	0.28	B-UGIONE2	1.43

2.1 INTERVENTI IDRAULICI PREGRESSI

Il territorio è stato oggetto di diverse attività di manutenzione e di miglioramento ai fini della riduzione del rischio idraulico. Di seguito si illustrano le principali caratteristiche degli interventi che si sono susseguiti sui vari corsi d'acqua. Si trascurano gli interventi di manutenzione che non hanno modificato le capacità idrauliche della rete.

2.1.1 ACQUASALSA

Il fosso dell'Acquasalsa è stato soggetto a due principali interventi:

- risagomatura ed innalzamento degli argini nel tratto a valle dell'abitato di Guasticce per circa 2400 m (progetto Provincia di Livorno-2000)
- realizzazione di un sistema di casse di laminazione nel tratto a monte dell'abitato di Guasticce finalizzate a ridurre la portata di transito sotto il ponte della Ferrovia.



Figura 1 Intervento di risagomatura del Fosso dell'Acqua Salsa

- Cassa 2 (Figura 3): è ubicata a monte dell'abitato di Guasticce, in corrispondenza dell'immissione con il Botro Stigliano, ed ha una superficie complessiva di 85000 mq ed una capacità di circa 90000 mc. Nelle condizioni attuali, la cassa consente di laminare portate ventennali e trentennali garantendo, in uscita, valori che, al massimo, raggiungono i 10 mc/sec, al contrario, la laminazione della portata duecentennale non garantisce la messa in sicurezza dell'area poiché fornisce, in uscita, valori di portata di 35 mc/sec circa.



Figura 2 Casse in derivazione lungo il Fosso Acquasalsa



Figura 3. Cassa di espansione 2 lungo il Fosso Acqua Salsa

- Cassa 3 (Figura 4): è ubicata a sud dell'abitato di Guasticce ed è costituita da due casse in serie aventi una superficie complessiva di 175000 mq ed una capacità di circa 150000 mc. Allo stato attuale, la cassa consente di laminare portate ventennali e trentennali assicurando in uscita valori che al massimo raggiungono i 12 mc/sec, mentre la laminazione della portata duecentennale non garantisce la messa in sicurezza dell'area poiché fornisce, in uscita, valori di portata di 43 mc/sec circa.



Figura 4. Cassa di espansione 3 lungo il Fosso Acqua Salsa

2.1.2 FOSSO DELLE CHIAVICHE EST

Il tratto immediatamente a valle di Guasticce è stato oggetto di recente intervento da parte del Consorzio di Bonifica Ufficio Fiumi e Fossi, in particolare per un km a monte della rotatoria della S.P. 555 delle Colline (Figura 5). La nuova sezione tipo del fosso è caratterizzata da una larghezza al fondo di 2 m, da una scarpa delle sponde pari a 3/2 nei tratti in cui è previsto semplice inerbimento e di 1/1 nei tratti in cui è prevista la realizzazione delle palificate (sponda sx del fosso lungo il rilevato ferroviario).

L'altezza del fosso rispetto al ciglio è compresa tra 2 e 3 m (andando da monte verso valle) mentre gli scatolari utilizzati per le coperture sono caratterizzati da una luce libera di 2,5 m x 2,0 m.

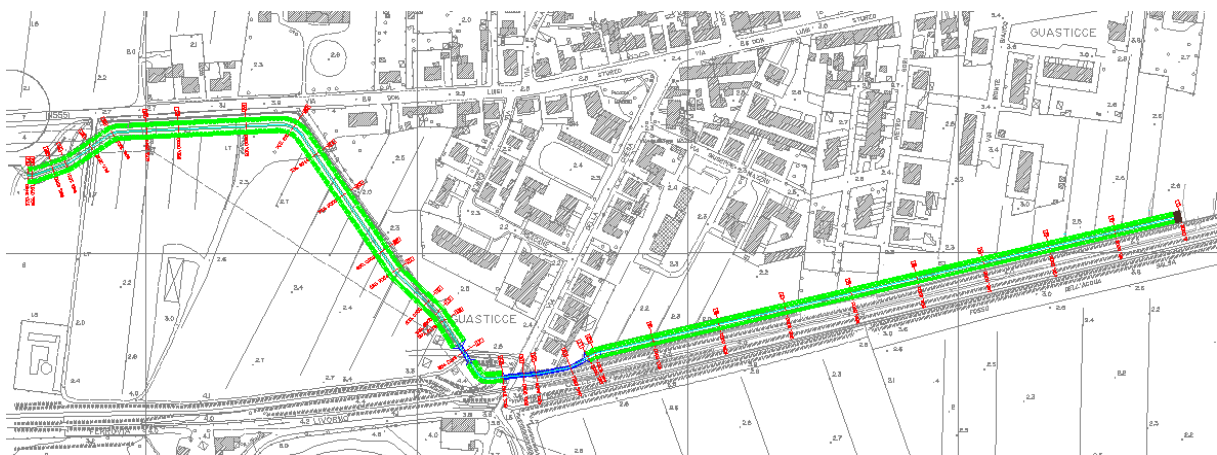


Figura 5. Risagomatura del Fosso delle Chiaviche Est

2.1.3 FOSSO DEL CATERATTO

Lungo il fosso del Cateratto è prevista la realizzazione di un impianto idrovoro (i lavori sono previsti per settembre 2013) costituito da due idrovore della potenza di 22 kW e con capacità di 350 l/s ciascuna con scarico diretto sul fosso dell'Acqua Salsa. Le pompe presentano quota di attacco e stacco rispettivamente a +0.2 e -0.45 m sul l.m.m e vanno ad integrare l'impianto esistente ubicato all'estremità sud con scarico nel T. Ugione.

2.1.4 FOSSO DELL'ACQUECHIARE

A seguito del franamento della SGG FI-PI-LI in prossimità della rampa di ingresso alla Darsena Toscana del Porto di Livorno, si è verificata una parziale ostruzione del tratto terminale del Fosso delle AcqueChiare che ha richiesto la realizzazione di un bypass provvisorio che consentisse il deflusso delle acque. Il bypass è costituito da uno scatolare di circa 3.6x2m ed ha messo in comunicazione il Fosso delle AcqueChiare con il fosso Torretta garantendo così continuità idraulica (Figura 6).

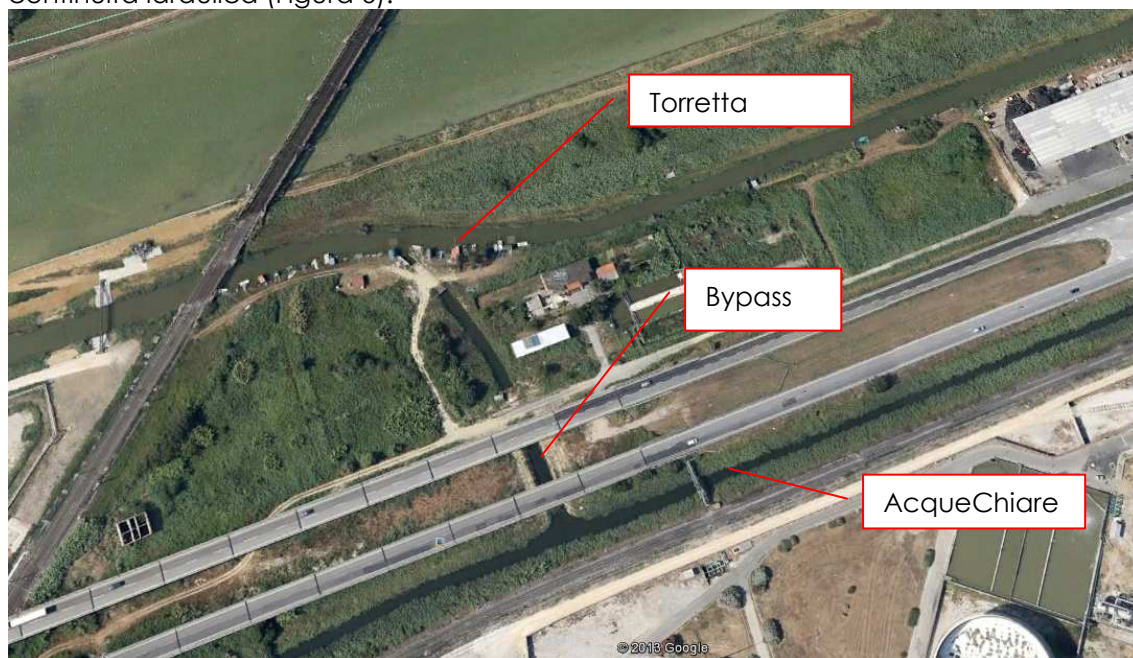


Figura 6. Bypass di collegamento tra il fosso delle AcqueChiare ed il Fosso Torretta

3. IDROLOGIA

L'analisi idrologica è stata compiuta per contestualmente per il reticolo di acque alte e di acque basse, adottando una metodologia omogenea per tutto il territorio. I risultati in termini di portate e di durata degli eventi sono stati confrontati con i risultati degli studi esistenti citati in precedenza.

3.1 PLUVIOMETRIA

Al fine di definire dati aggiornati di pluviometria si sono considerate le stazioni pluviometriche che avessero serie degli eventi estremi estese fino al 2009 con un numero di dati significativo

per effettuare analisi statistiche. I dati sono stati acquisiti presso il SIR- Servizio Idrologico Regionale. In molti casi si è dovuto fare un accorpamento dei dati riferibili a stazioni limitrofe per vicinanza. In particolare

LIVORNO: Stazione TOS10001960 (Livorno)- periodo dati 1932-1997
Stazione TOS10001959 (Livorno Scuola)- periodo dati 1995-2000
Stazione TOS10005981 (Livorno Mareografo)- periodo dati 2004-2009
COLTANO Stazione TOS10001830 (Coltano)- periodo dati 1929-2000
Stazione TOS10001831 (Coltano)- periodo dati 2004-2009
NUGOLA Stazione TOS10001951 (Nugola)- periodo dati 1936-1997
Stazione TOS10005342 (Stagno)- periodo dati 2004-2009
PONTEDERA Stazione TOS10001910 (Pontedera)- periodo dati 1982-1987
Stazione TOS10005181 (Pontedera)- periodo dati 1996-2009
SANTA LUCE Stazione TOS10002000 (Santa Luce)- periodo dati 1958-1998
Stazione TOS10001921 (Lorenzana)- periodo dati 2004-2009
CAPANNOLI Stazione TOS10005131 (Capannoli)- periodo dati 1994-2009
Stazione TOS10001764 (Peccioli)- periodo dati 1971-1973
Stazione TOS10001921 (Terriciola)- periodo dati 1925-1933/82-87/93-95

La metodologia di regressione è basata sul metodo di Gumbel, tra i più diffusi per la definizione delle curve di possibilità climatica degli eventi estremi. I risultati, applicati su una relazione del tipo

$$h = at^n T_r^m$$

dove h è l'altezza di pioggia cumulata espressa in mm, t la durata in ore e T_r il tempo di ritorno (espresso in anni), a, n e m coefficienti di regressione, hanno fornito i valori di Tabella 2.

Tabella 2 Curve di possibilità climatica e pluviometrica con dati aggiornati al 2009

STAZIONE	t<1h			t>1h		
	a	n	m	a	n	m
Livorno	44.91	0.68	0.16	44.23	0.22	0.18
Nugola	36.20	0.61	0.14	35.17	0.25	0.15
Coltano	35.81	0.60	0.17	38.16	0.24	0.16
Pontedera	34.65	0.67	0.14	34.52	0.23	0.16
Santa Luce	31.35	0.54	0.15	33.25	0.22	0.15
Capannoli	35.81	0.60	0.17	36.12	0.19	0.16

Le curve interpolanti forniscono generalmente andamenti più cautelativi (in particolare per gli eventi con $T_r < 100$ anni) rispetto alle curve fornite con la metodologia ALTO della Regione Toscana i cui dati sono aggiornati al 2002. Nei grafici che seguono sono riportate le curve di possibilità climatica e pluviometrica ricavate nel presente studio ed in quelle con la metodologia ALTO per diverse durate e tempi di ritorno. Le curve del presente studio sono caratterizzate da valori più elevati per tempi di ritorno di 30 anni mentre non si notano grandi scostamenti per tempi di ritorno maggiore. Questo coerentemente con il fatto che gli ultimi anni di dati hanno registrato eventi intensi riconducibili a bassi tempi di ritorno.

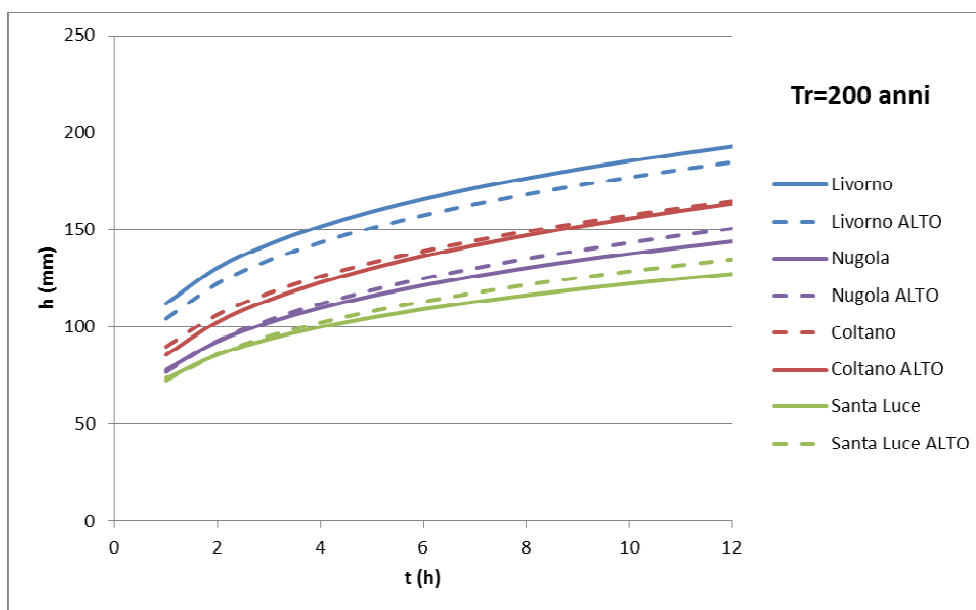


Figura 7. Confronto tra le curve di possibilità climatica e pluviometrica del presente studio e del modello ALTO per Tr=200 anni

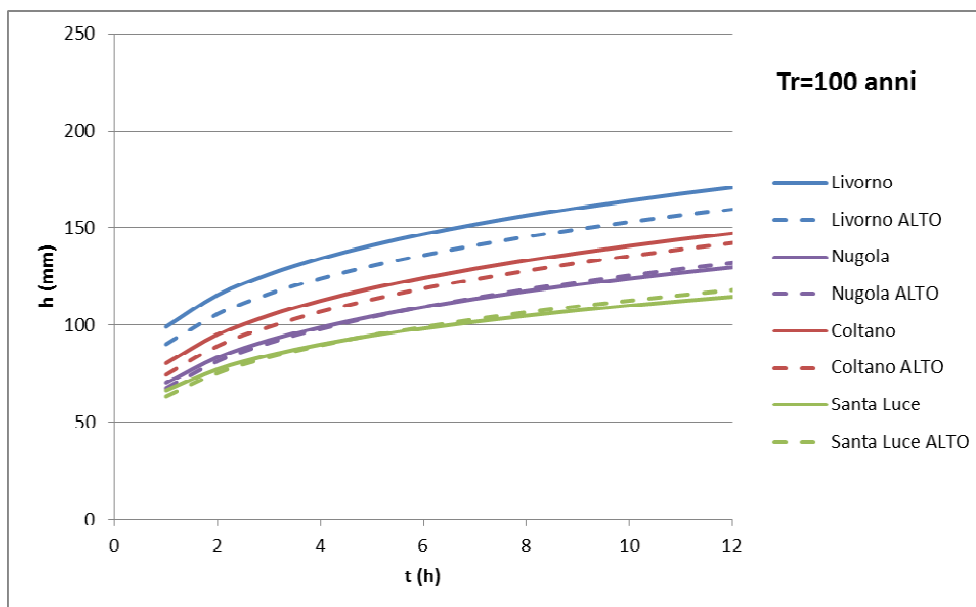


Figura 8. Confronto tra le curve di possibilità climatica e pluviometrica del presente studio e del modello ALTO per Tr=100 anni

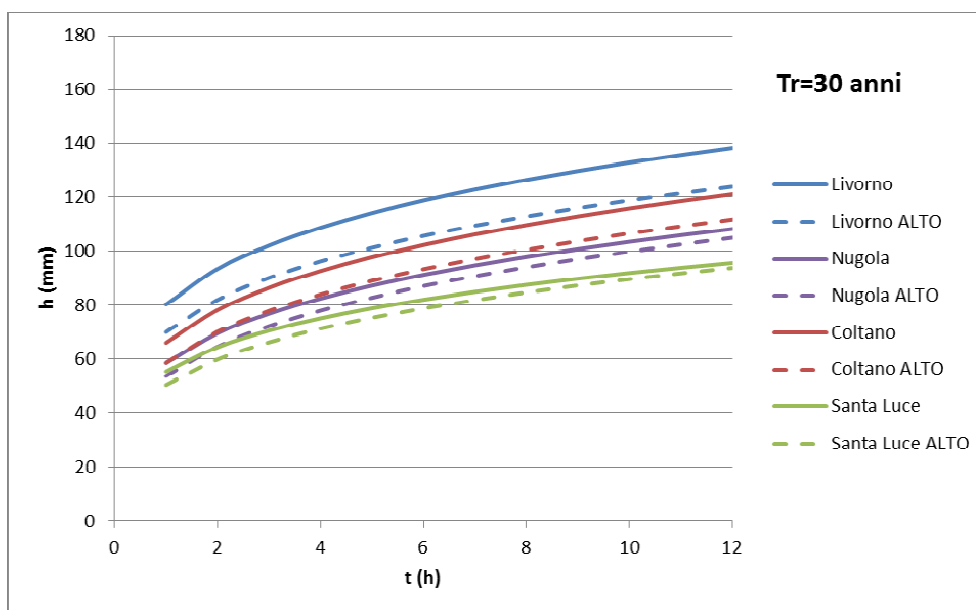


Figura 9. Confronto tra le curve di possibilità climatica e pluviometrica del presente studio e del modello ALTO per Tr=30 anni

3.2 CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA REGIONE TOSCANA 2014

Nel mese di aprile 2014 sono state definitivamente presentate le nuove curve di possibilità climatica regionale, derivate da un accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano. Le nuove curve fanno riferimento un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso. La metodologia prevede l'individuazione dei parametri di una legge di tipo nomomia $h = at^n$ su celle di 1x1km sull'intero territorio regionale e per diversi tempi di ritorno. Per ogni topoiato analizzato si sono individuati i parametri a ed n medi per l'area di interesse e per vari tempi di ritorno.

Rispetto alla metodologia con dati aggiornati al 2009 indicata al paragrafo precedente, le nuove curve di possibilità climatiche risultano essere più gravose per durate maggiori di 2 h, mentre per quelle inferiori non si ottengono variazioni significative.

Alcune stazioni di misura (quali Nugola) presentano curve con scartamenti di circa il 25%. Le differenze sono imputabili ai diversi criteri interpolanti ed ai dati di base impiegati.

I parametri riassuntivi per i vari topoiati analizzati sono indicati in Tabella 3.

Tabella 3 Parametri delle curve di possibilità climatica Regione Toscana 2014

STAZIONE	Tr200		Tr100		Tr30	
	a	n	a	n	a	n
Livorno	101.85	0.30	91.13	0.29	73.22	0.25
Nugola	88.76	0.29	79.50	0.28	63.79	0.26
Coltano	90.51	0.29	81.11	0.29	65.04	0.27
Pontedera	80.04	0.28	70.81	0.27	56.05	0.25
Santa Luce	86.73	0.29	77.63	0.28	62.34	0.24
Capannoli	80.04	0.28	71.73	0.27	57.52	0.25

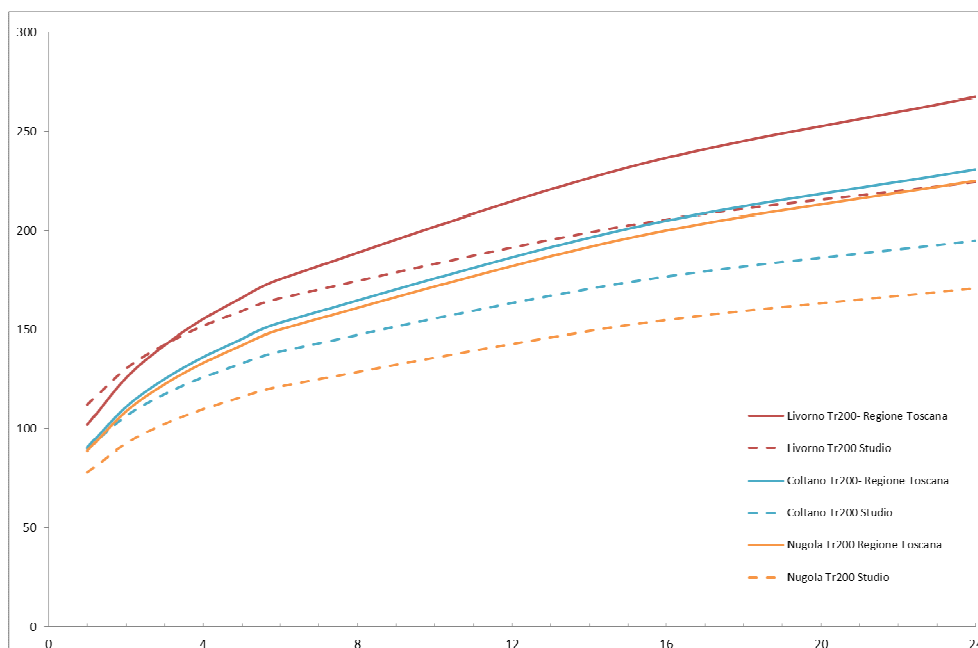


Figura 10. Confronto tra le curve di possibilità climatica e pluviometrica del presente studio e del modello ALTO per Tr=30 anni

3.3 USO DELLE CURVE

L'adozione delle nuove curve di pericolosità, inserite in questa revisione 1, verrà impiegata per definire le portate massime per il singolo corso d'acqua. La stima delle durate critiche viene invece effettuata con i dati di Tabella 2. Da notare inoltre che le stazioni più rappresentative del regime pluviometrico dell'area sono quelle di Livorno, Coltano e Nugola. Per la distribuzione areale delle precipitazioni è stato impiegato il metodo dei Poligoni di Thiessen.

Relativamente alla riduzione areale delle precipitazioni, è stato considerato nei corsi d'acqua afferenti a bacini di superficie complessiva superiore a 30 km², e più precisamente per i corsi d'acqua in Tabella 4. Il coefficiente di riduzione areale K è determinato con la formula USBW:

$$K = 1 - e^{(-\alpha \cdot d^\beta)} + e^{(-\alpha \cdot d^\beta - \gamma \cdot A)}$$

dove A è la superficie in km² e d la durata in h.

Tabella 4 Coefficienti di ragguglio

	Durata (h)	A (kmq)	α	β	γ	Coefficiente di ragguglio K (USWB)
Tora	4	88.71	1.1	0.25	0.0386	0.80
J-Tora Morra2	4	67.18	1.1	0.25	0.0386	0.80
Tanna	4	3.83	1.1	0.25	0.0386	0.97
B-Tanna1	4	9.34	1.1	0.25	0.0386	0.94
B-Nugola	4	5.5	1.1	0.25	0.0386	0.96

B-Tora3	4	6.47	1.1	0.25	0.0386	0.95
Isola Tremoscio	4	88.71	1.1	0.25	0.0386	0.84
Tavola	4	67.18	1.1	0.25	0.0386	0.94
J-Isola Fine	4	3.83	1.1	0.25	0.0386	0.83

La metodologia dei topoieta non è stata applicata per il bacino del T. Ugione, in analogia a studi esistenti, facendo per detto bacino interamente riferimento al pluviometro di Livorno.

3.4 IETOGRAMMI

L'andamento temporale dell'evento pluviometrico è stato schematizzato ricorrendo ad uno ietogramma sintetico, che pur non rappresentando il reale andamento dell'evento di pioggia, introduce, nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi, una variabilità temporale della pioggia in grado di produrre risultati tali da ritenersi cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, lo ietogramma di "progetto" o ietogramma "sintetico". Per lo studio in questione, tra gli ietogrammi noti in letteratura, si è deciso di utilizzare due tipologie di ietogramma sintetico:

- ad intensità costante (IDF), applicato a eventi pluviometrici di durata t variabile dalle 2 alle 24 h ed aventi tempi di ritorno pari a 20, 30, 100, 200 e 500 anni. La valutazione per eventi di diverse durate ha consentito di definire la durata critica dell'evento che massimizza il deflusso per i diversi bacini esaminati;
- di tipo Chicago con intensità di picco posizionata a 0.4 della durata di pioggia. Tale ietogramma è stato applicato, coerentemente con le indicazioni degli autori che ne hanno definito le caratteristiche (Keifer e Chu, 1957 Synthetic storm pattern for drainage design. ASCE Journal of the Hydraulics Division 83 (HY4): 1-25), per la sola durata critica riferita al singolo bacino.

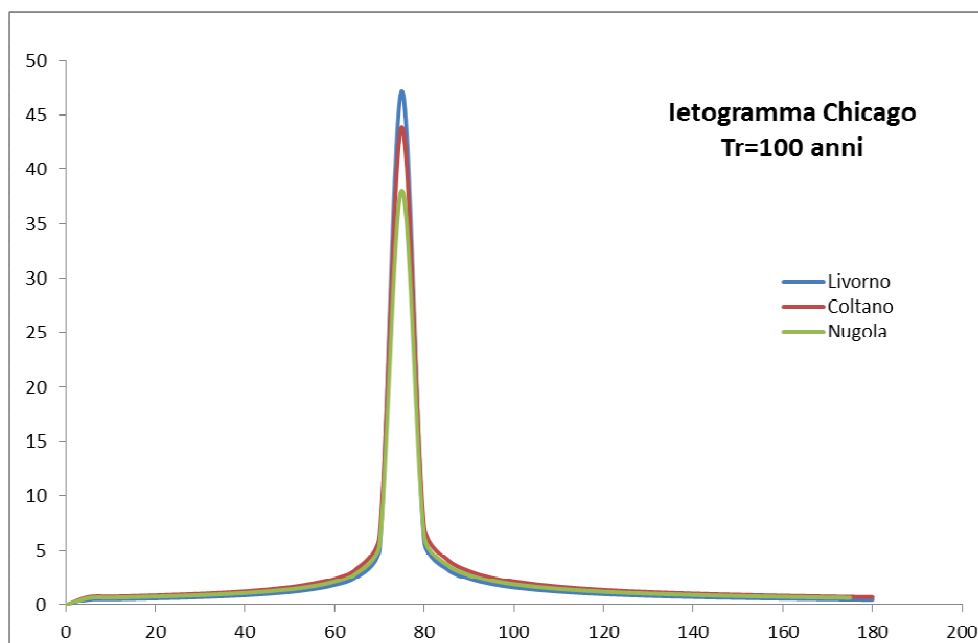


Figura 11. Esempio di ietogramma di tipo Chicago per $Tr=100$ anni, durata $t_p=3h$ e picco a $0.4t_p$

3.5 PERDITE IDROLOGICHE

Per la determinazione delle perdite di bacino è stato utilizzato il metodo del CN del Soil Conservation Service che consente di determinare il deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale di bacini per i quali non esistono osservazioni di deflusso.

Il metodo si basa sul concetto che il deflusso superficiale è nullo fino a che non è raggiunto un valore minimo pari alle perdite iniziali I_a . In letteratura tecnica è riconosciuta l'esistenza di una correlazione positiva fra la perdita iniziale I_a e la capacità di ritenzione potenziale S espressa dalla seguente espressione:

$$I_a = 0.2S$$

dove S è la capacità di ritenzione potenziale S cioè la quantità di acqua immagazzinabile

$$\text{nel bacino, definita come: } S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right).$$

S dipende da CN (Runoff Curve Number), parametro determinato mediante apposite tabelle in funzione della natura del terreno, del tipo di copertura vegetale e del corrispondente grado di imbibizione. Nel caso in esame si è considerata la Tabella 5 che fornisce i parametri CN in funzione della codice LAND CORINE dell'uso del suolo. Nel presente studio si è fatto riferimento alla carta di uso del suolo riferita al 2006. La classe di permeabilità dei suoli è stata definita sulla base della corrispondente carta della Regione Toscana sulla base della tipologia indicata (Tabella 6).

I valori di CN indicati nelle tabelle fanno riferimento ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition classe II).

Tabella 5. Parametri CN relativi alla classe II di umidità (AMC) per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

Codice CORINE	CN(A)	CN(B)	CN(C)	CN(D)
111	77	85	90	92
112	61	75	83	87
121	85	90	92	94
122	83	89	92	93
123	95	95	95	95
131	77	86	91	94
133	77	86	91	94
141	39	61	64	80
211	58	72	81	85
212	58	72	81	85
221	58	69	77	80
222	32	58	72	79
223	32	58	72	79
231	39	61	74	80
241	58	72	81	85
242	58	72	81	85
243	30	58	71	78
311	30	55	70	77
312	36	60	73	79
313	33	57	71	78
321	39	61	74	80
322	30	48	65	73
323	35	56	70	77
324	48	67	77	83
332	89	92	94	95

333	68	79	79	89
334	76	85	90	93

Tabella 6. Attribuzione della classe litologica SCS in base ai codici di permeabilità della carta regionale

COD	PERMEABILITA'	TIPOLOGIA	Classificazione litologica SCS
1	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	D
2	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	C
3	Permeabilità media	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	B
4	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
5	Permeabilità alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
A	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' MISTA	D
B	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' MISTA	C
C	Permeabilità media	PERMEABILITA' MISTA	B
D	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' MISTA	A
E	Permeabilità alta	PERMEABILITA' MISTA	A
I	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	D
II	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	C
III	Permeabilità media	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	B
IV	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
V	Permeabilità alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
IM	IMPERMEABILE	IMPERMEABILE	D
NRC	Aree non rilevate o non classificate	AREE NON RILEVATE o NON CLASSIFICATE	C

Nel caso in esame, procedendo in maniera cautelativa, si è considerato una condizione di umidità AMCIII e pertanto i valori di CN sono stati modificati con la seguente formula:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}}$$

I valori risultanti di CN(II) ricavati dalla procedura sono indicati negli allegati grafici allegati al progetto.

3.6 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

L'estensione dello studio ed il grado di dettaglio nella suddivisione dei bacini, nonché la diversità delle caratteristiche dei bacini esaminati (di acque alte e basse) ha suggerito l'applicazione di una metodologia che tenesse conto sia dei processi di scorrimento superficiale che del contributo degli invasi e degli immagazzinamenti. Per tale motivo si è scelto il metodo di Clark che esprime l'idrogramma di piena attraverso due parametri: il tempo di corivazione T_c e la costante di ritardo R . I risultati saranno confrontati con quelli ottenuti dagli studi esistenti e dal modello ALTO, basato su un idrogramma di tipo Nash ed applicato ad alcuni tratti del T. Tora e di suoi affluenti.

L'applicazione di tale modello nei bacini della Toscana è risultata complessivamente affidabile, pur considerando che si tratta di stime intrinsecamente affette da approssimazioni ed ipotesi semplificative. In particolare i risultati ottenuti sono attendibili per bacini superiori a 10 km² di estensione: per bacini più piccoli, come il caso in esame, è importante valutare accuratamente eventuali situazioni locali, recenti e particolari (modifiche nell'uso del suolo e nel reticolo idrografico, infrastrutture, ecc.), che possono influire sui dati di base del sistema aggiornati alla metà degli anni '90. In linea di massima l'ordine di possibile sottostima dei valori di portata così ottenuti è ritenuto del 30%, percentuale questa che deve dunque essere aggiunta alla valutazione di portata effettuata ricorrendo a tale metodo di calcolo. Per tale motivo si è proceduto all'applicazione di una metodologia diversa, effettuato comunque una verifica di coerenza con i risultati del modello ALTO.

La valutazione del tempo di corivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono dalle molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

- formula di Kerby - Hatheway:

$$T_c = \frac{1}{60} \left(\frac{0.67 \cdot \left(1000 \frac{L}{0.3048} \cdot N \right)}{i^{0.5}} \right)^{0.467}$$

- formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8H_m}$$

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Rosso et al:

$$T_c = 0.26 \frac{L^{0.82}}{i_B^{0.2}} (1+S)^{0.13}$$

- formula di Ferro:

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

- formula PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

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

dove A è la superficie del Bacino in Km², L=lunghezza asta in km, i pendenza media del corso d'acqua, i_B pendenza media del bacino, N coefficiente di copertura del suolo (pari a 0.2 per suoli privi di significativa copertura vegetale come è il caso della condizione invernale) e S capacità di ritenzione potenziale (definita attraverso il Curve Number) sopra determinato.

Per il bacino del T. Ugione, il parametro Tc di riferimento è stato determinato con la formula di Kerby (anziché con la media delle varie formulazioni) in quanto i risultati ottenuti risultano maggiormente coerenti con quanto desumibili da altri studi.

Per quanto riguarda il coefficiente di immagazzinamento R si è fatto riferimento alla formula originale di Clark:

$$R = \frac{0.8 \left(\frac{L}{1.60934} \right)}{(i_B \cdot 100)^{0.5}}$$

I parametri riassuntivi dei parametri idrologici per i vari sottobacini analizzati sono riassunti in Tabella 7.

Tabella 7 Parametri riassuntivi del modello Idrologico

ID	Area	CN (III)	Tc	R
Acquasalsa 1A	1.88	84	1.30	0.97
Acquasalsa 1B	1.63	86	0.95	0.44
Acquasalsa 1C	2.80	86	1.29	0.55
Acquasalsa 2	1.20	89	2.38	1.20
Acquasalsa 3	3.60	84	1.64	1.42
Acquasalsa 4	0.80	85	1.14	0.40
Acquasalsa 5	0.33	80	1.23	0.85
Acquechiare	1.78	97	3.20	3.40
Alessandrini	1.79	91	4.23	5.22
Antifossetto 1	10.46	90	5.63	5.10
Antifossetto 2	1.01	91	2.06	2.00
Antifossetto 3	0.86	90	3.37	5.42
Antifossetto 4	0.32	94	3.45	8.16
Biscottino Est	0.56	87	2.55	3.25
Biscottino Ovest	0.21	94	1.38	1.48
Borra	11.83	85	2.59	2.25
Cateratto	1.84	91	2.14	1.79
Chiaviche	1.00	89	2.72	2.87
Cigna1	0.45	79	0.63	0.31

Cigna2	1.80	86	1.85	1.48
Cigna3	1.29	84	0.84	0.36
Cignolo	3.86	83	1.70	1.11
Collettore est	0.58	87	1.31	0.80
Collettore nord 2	1.37	92	3.34	4.80
Collettore Ovest	0.43	90	1.79	2.07
Collettore Sud 2	0.88	84	1.77	1.16
Collettore nord 1	0.68	93	1.00	0.42
Collettore Sud 1	0.18	80	1.33	0.77
Collettore Sud 3	0.32	90	1.51	1.38
Colmata Orti Stagno	0.15	81	0.82	0.53
Colmata OrtiGuasticce	1.00	90	1.66	0.89
Cunella	11.52	87	3.01	2.09
Ecina	6.19	84	1.58	0.99
Fattoria 1	1.99	88	2.36	2.37
Fattoria 2	1.92	90	2.61	1.84
Fologno_1	0.91	90	1.30	0.53
Fologno 2	0.24	90	1.47	1.48
Fologno 3	0.28	92	0.56	0.13
Fologno 4	0.77	93	1.23	0.65
Fologno 5	0.82	91	1.89	2.00
Fontino	5.84	89	4.02	4.72
Fossa Nuova 2	4.16	88	3.09	1.54
Fossa Nuova 1	10.43	90	9.78	17.97
Fosso Vallelunga	4.26	84	1.95	1.68
Isola 1	13.16	84	4.43	4.18
Lenze A	0.57	88	1.38	1.05
Lenze B	0.54	89	1.81	1.90
Loti-Pietreto	3.66	87	1.12	0.63
Marignano	3.55	88	2.79	2.90
Morra1	8.09	86	1.90	1.50
Morra 2	5.14	87	1.88	0.83
Nugola	5.50	86	1.83	1.38
Puzzolente	6.53	89	2.12	1.74
Rio Vallelunga	2.43	84	1.41	1.11
Solaiola	17.19	91	9.78	9.24
Stigliano	2.07	84	1.16	0.65
Tanna_2_4	0.56	87	1.26	0.77
Tanna_2_6	0.28	91	0.86	0.47
Tanna 1	9.39	86	2.09	1.42
Tanna_2_1	0.57	82	0.77	0.27
Tanna_2_2	0.65	84	1.40	0.83
Tanna_2_3.1	0.93	82	0.68	0.26
Tanna_2_3.2	0.33	84	0.78	0.31
Tanna_2_5	0.38	89	0.84	0.53
Tanna_2_7	0.08	89	0.52	0.23

Tavola	8.29	82	2.71	2.12
Tora 1	32.44	86	4.00	3.92
Tora 2	6.33	87	1.83	0.55
Tora 3	6.47	84	3.65	2.27
Tora 4	0.22	94	1.97	3.22
Tora Vecchio 1	1.80	93	1.56	0.81
Torretta 1	0.46	92	1.85	1.89
Torretta 2	0.58	97	2.42	3.79
Tremoscio	4.25	85	2.31	2.31
Ugione 1	8.89	84	2.19	1.84
Ugione 2	1.43	89	1.49	0.86

In Figura 12 si riporta la schematizzazione dei bacini per l'implementazione del modello idrologico. Il contributo congiunto di più bacini è assegnato a singoli nodi (junction) o ad aste fluviali in cui si innesca il meccanismo della propagazione delle piene (reach). Quest'ultimo è stato schematizzato secondo il metodo di Muskingum-Cunge per alvei assimilabili a trapezoidali.

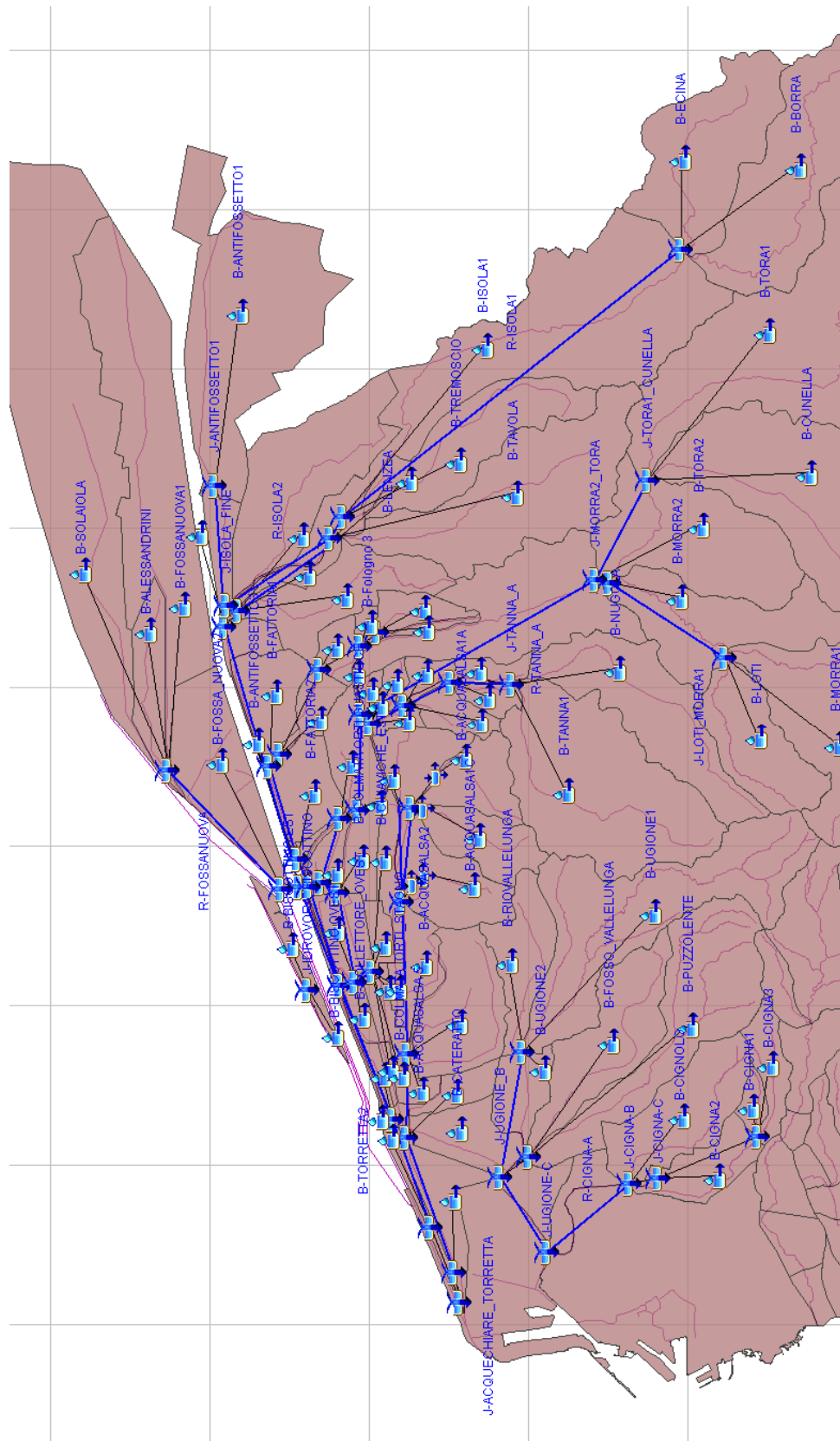


Figura 12. Elementi del modello idrologico

3.6.1 RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IETOGRAMMI AD INTENSITA' COSTANTE

I risultati hanno evidenziato che il massimo delle portate si verifica per quasi la totalità dei bacini in un intervallo compreso tra 2 e 6 h (Tabella 8).

A livello di macrobacini, i picchi si registrano in un arco temporale variabile tra 3 e 6 h (ad eccezione del bacino del Fossa Nuova). Risulta in particolare importante definire i contributi nei vari tratti di interesse per l'analisi delle esondazioni come meglio riportato in Tabella 9.

Tabella 8 Durate critiche dei bacini

BACINO	DURATA CRITICA
TORRENTE ISOLA	4 h
TORRENTE TORA	4 h
TORRENTE MORRA	3 h
TORRENTE TANNA	4 h
FOSSO FOLOGNO	2h
F. ACQUASALSA	5 h
F. TORAVECCHIA	2h
RETE INTERPORTO	2h
F. MARIGNANO	4h
F. FONTINO	5h
T. UGIONE	3h
F. TORRETTA	3h
FOSSA NUOVA	15h
ANTIFOSSETTO	6 h
FATTORIA	3h
IDROVORA BISCOTTINO	3 h
CATERATTO	3 h

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena ottenuti nelle condizioni $Tr=200$ anni e per ietogramma costante.

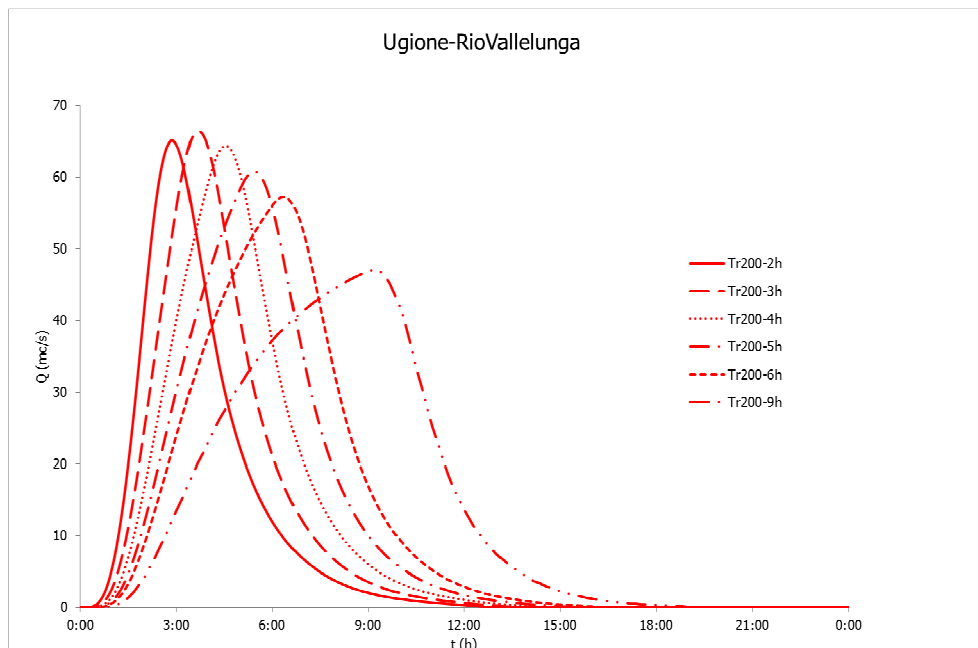


Figura 13 Idrogramma di piena confluente T. Ugione- Rio Vallelunga per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

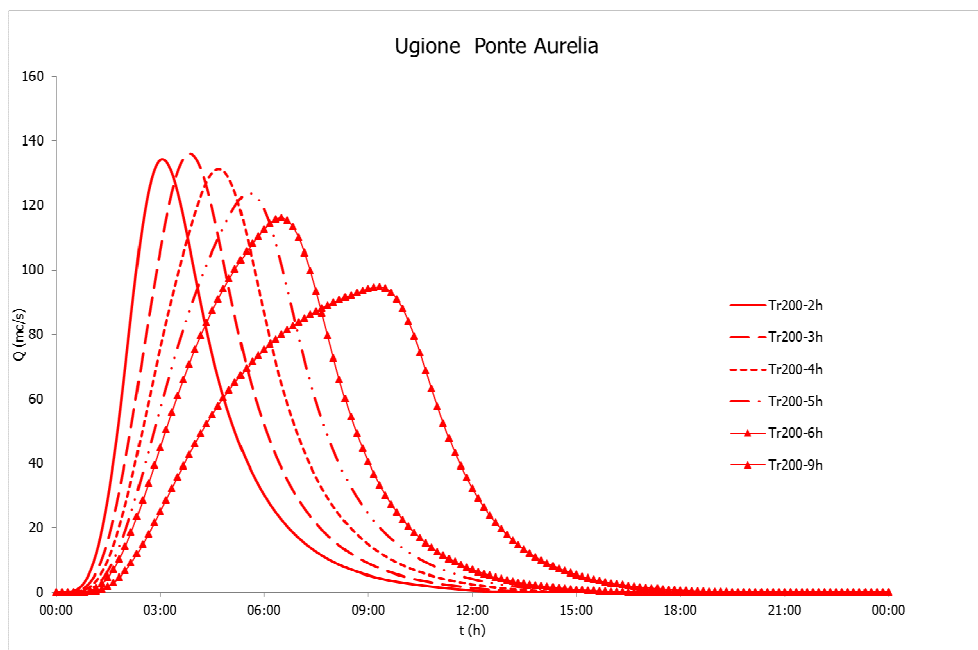


Figura 14 Idrogramma di piena confluenza T. Ugione- al ponte sulla via Aurelia per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

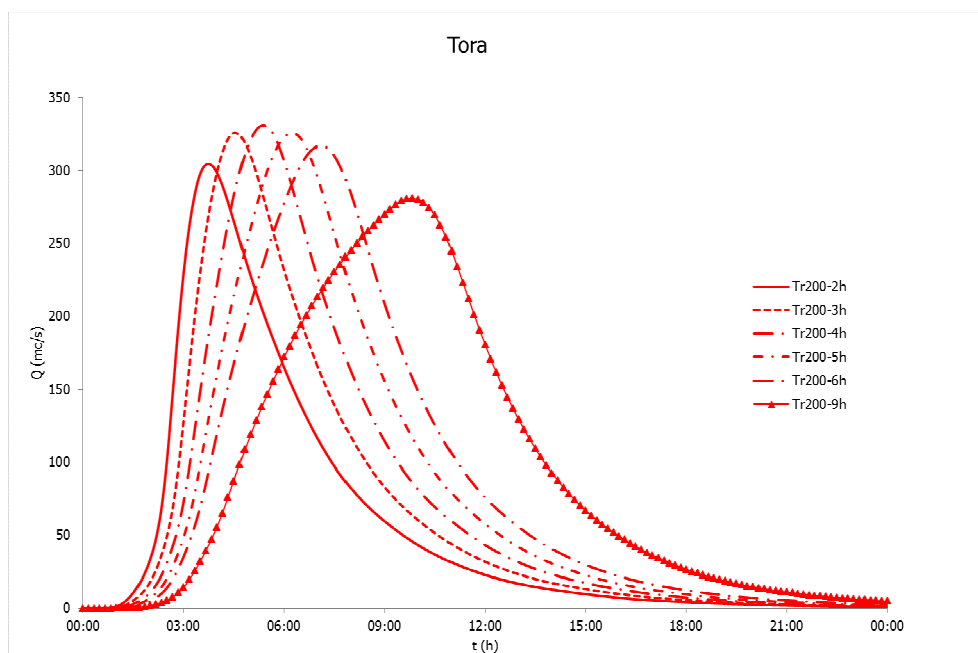


Figura 15 Idrogramma di piena allo sbocco del T. Tora per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

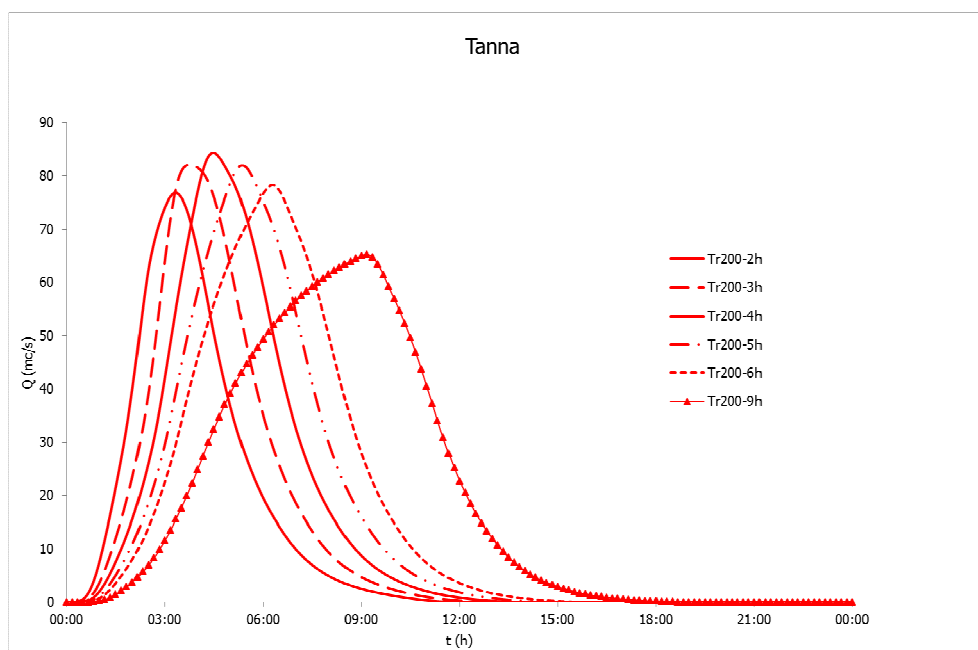


Figura 16 Idrogramma di piena allo sbocco del T. Tanna per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

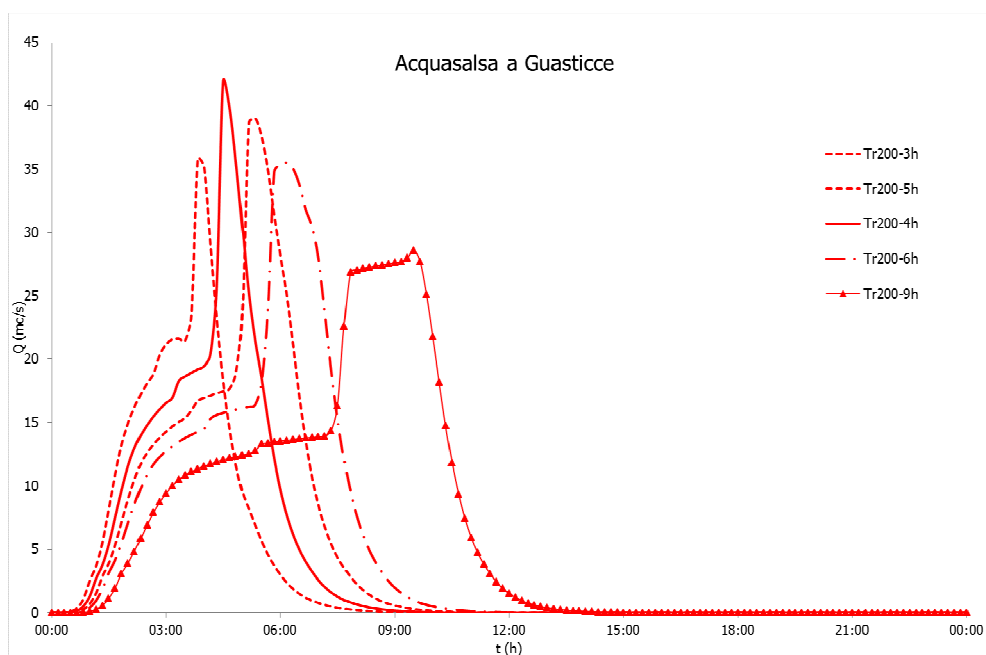


Figura 17 Idrogramma di piena del F. Acquasalsa a Guasticce per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

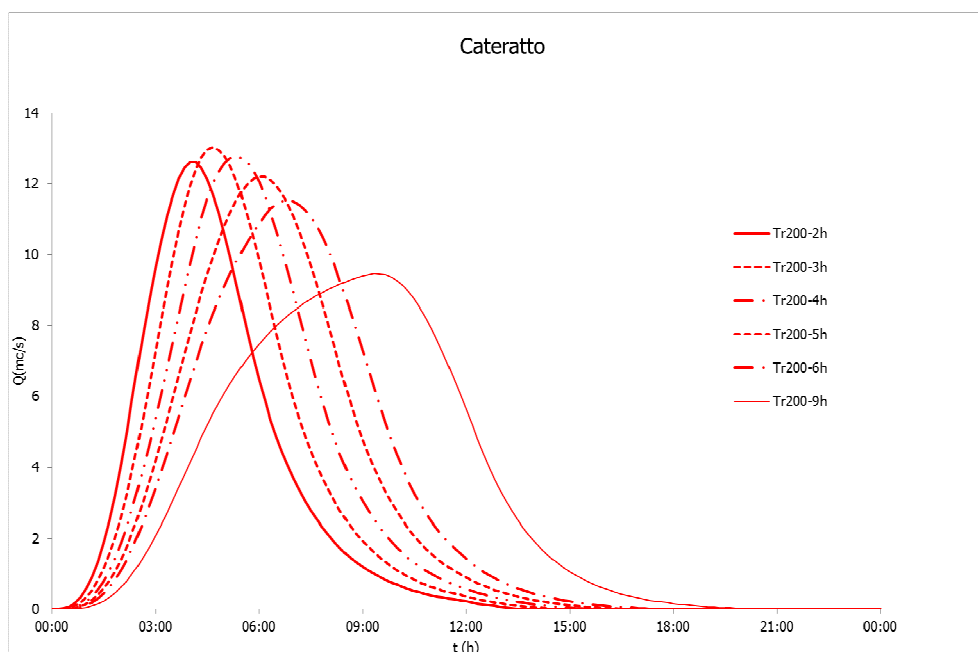


Figura 18 Idrogramma di piena del F. Cateratto per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

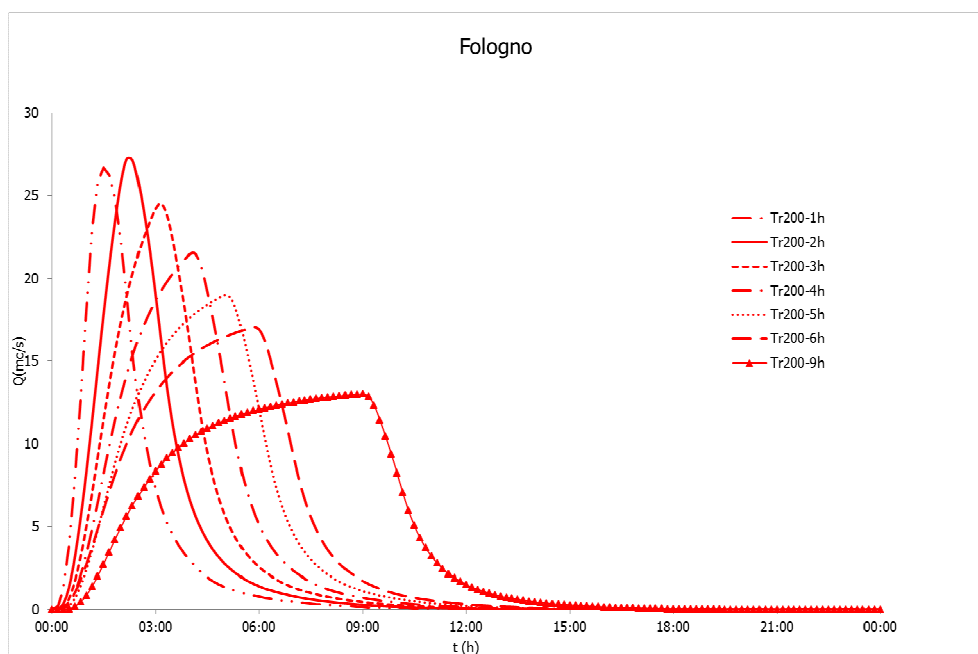


Figura 19 Idrogramma di piena allo sbocco del Fosso Fologno per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

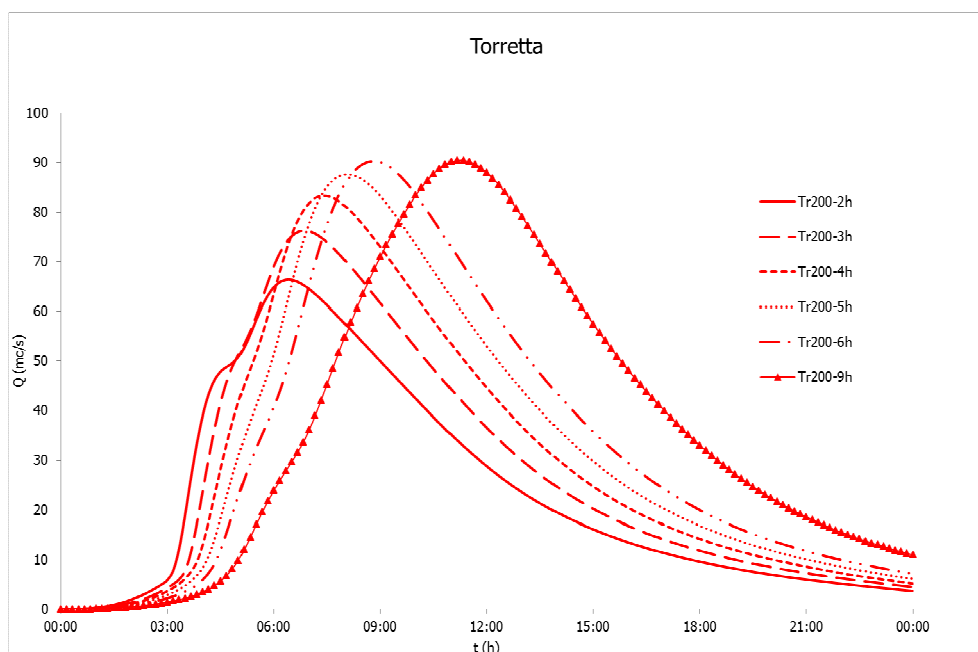


Figura 20 Idrogramma di piena allo sbocco del F. Torretta per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

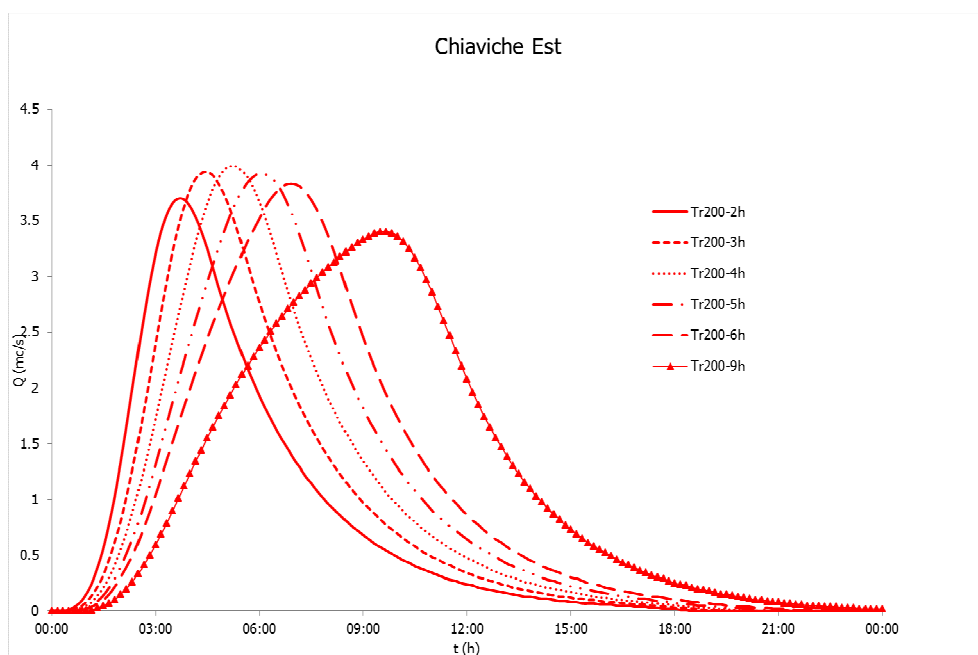


Figura 21 Idrogramma di piena allo sbocco del F. Chiaviche Est per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

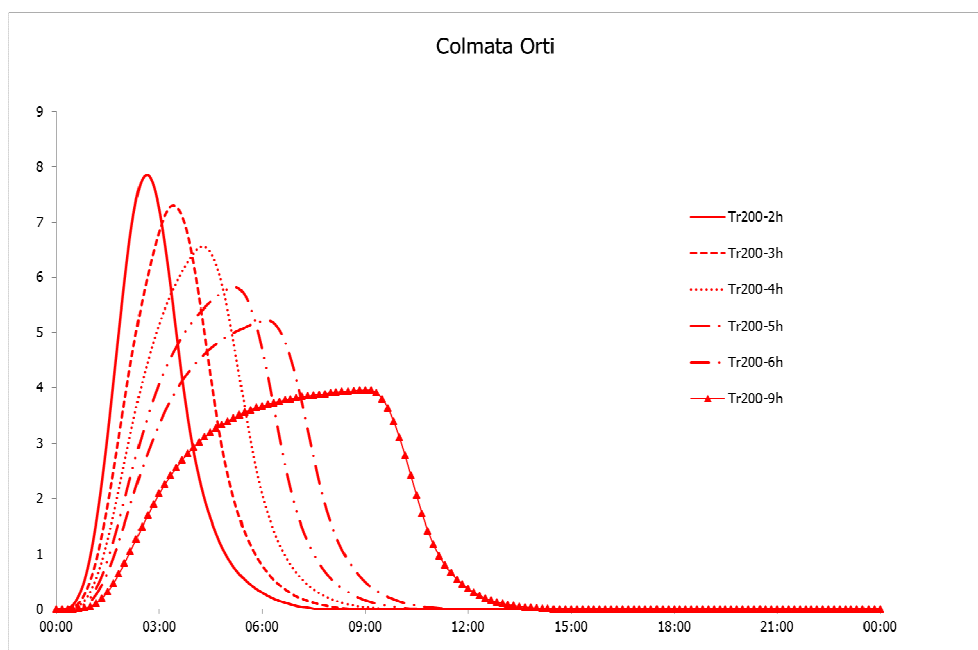


Figura 22 Idrogramma di piena del Colmata degli Orti (Guasticce) per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

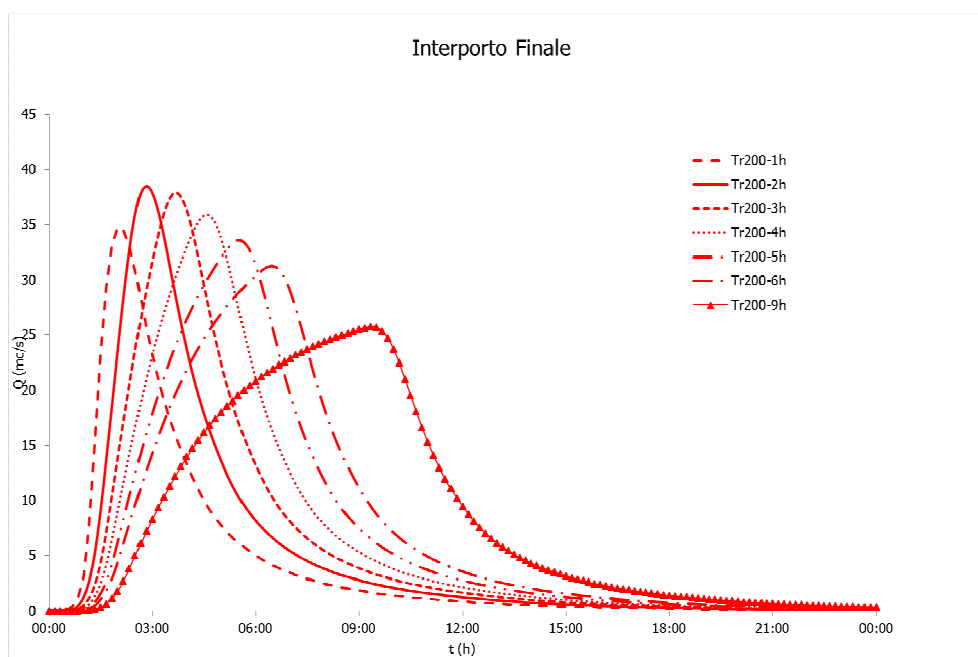


Figura 23 Idrogramma di piena all'idrovora Interporto per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

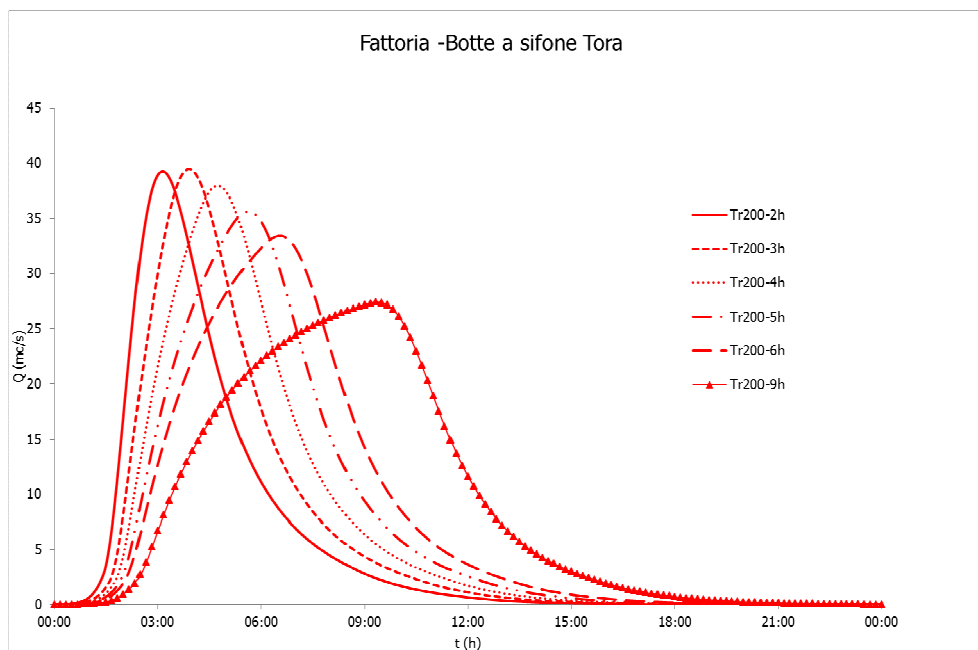


Figura 24 Idrogramma di piena allo sbocco del F. Fattoria alla botte a sifone sotto il Tora per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

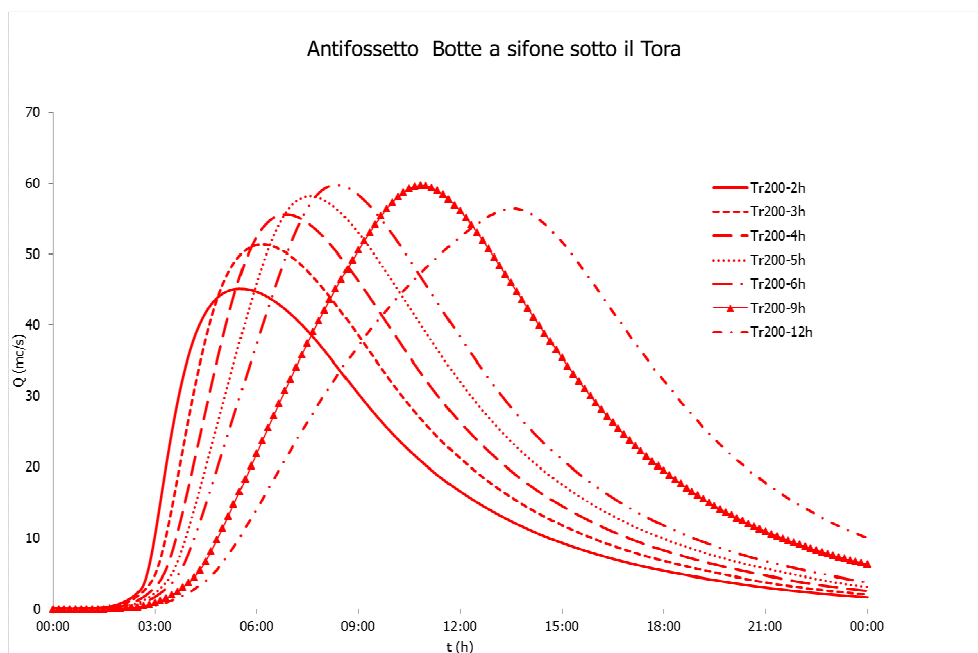


Figura 25 Idrogramma di piena allo sbocco dell'Antifossetto alla botte a sifone sotto il Tora per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

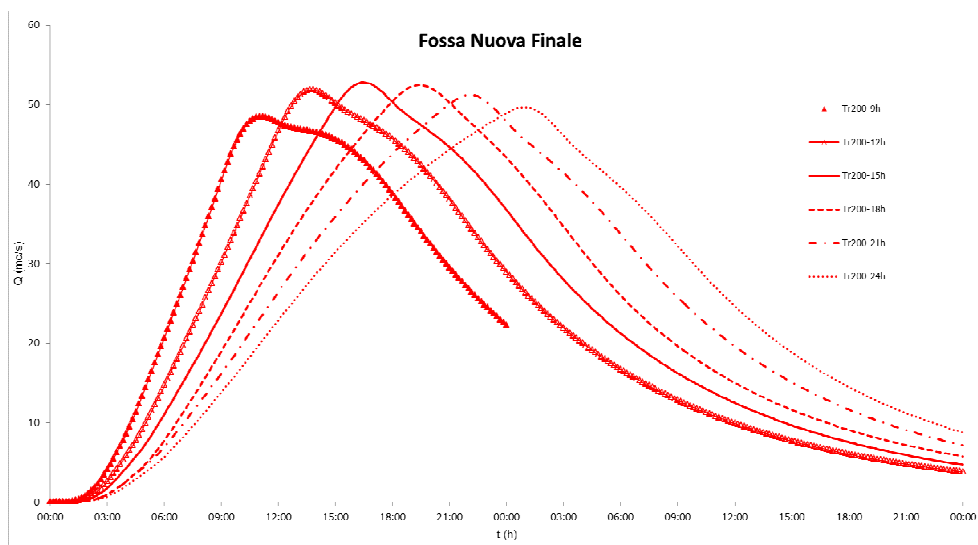


Figura 26 Idrogramma di piena allo sbocco del Fossa Nuova per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

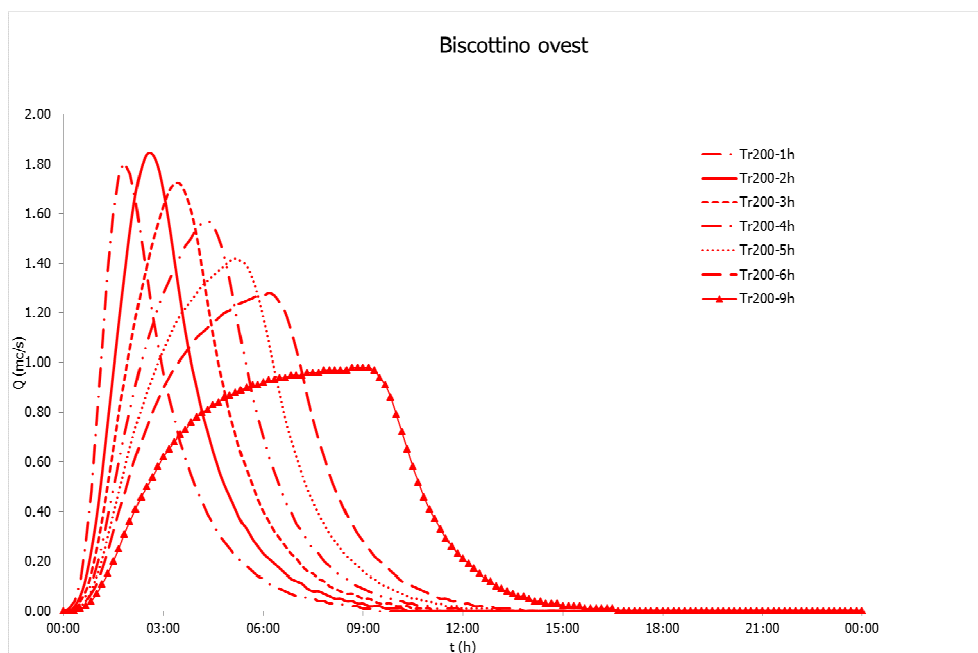


Figura 27 Idrogramma di piena dell'area Ovest di Biscottino per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

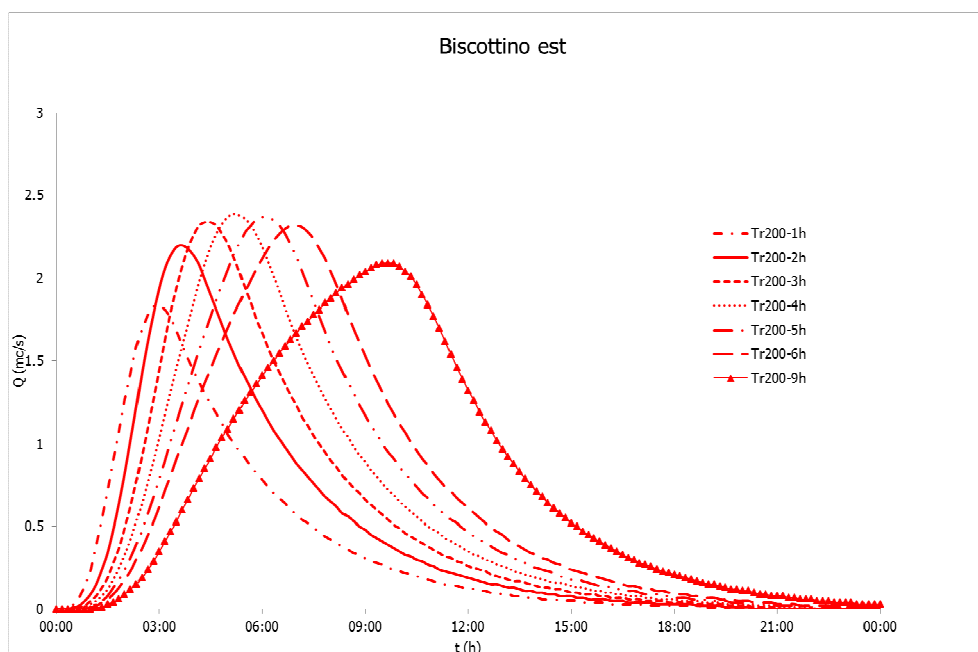


Figura 28 Idrogramma di piena dell'area Ovest di Biscottino per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

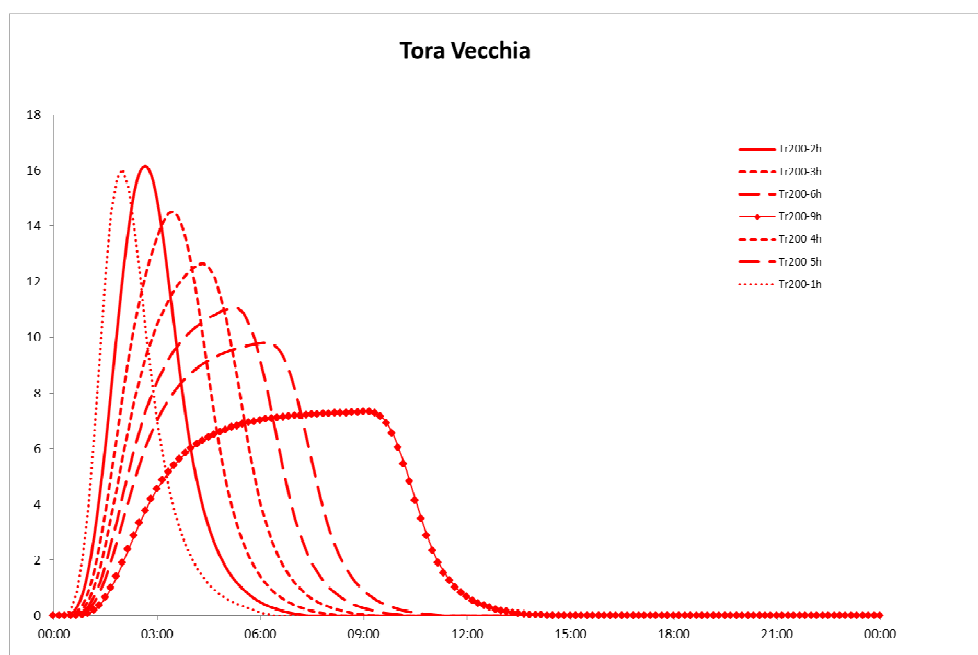


Figura 29 Idrogramma di piena allo sbocco del Tora Vecchio per Tr=200 anni e ietogrammi ad intensità costante

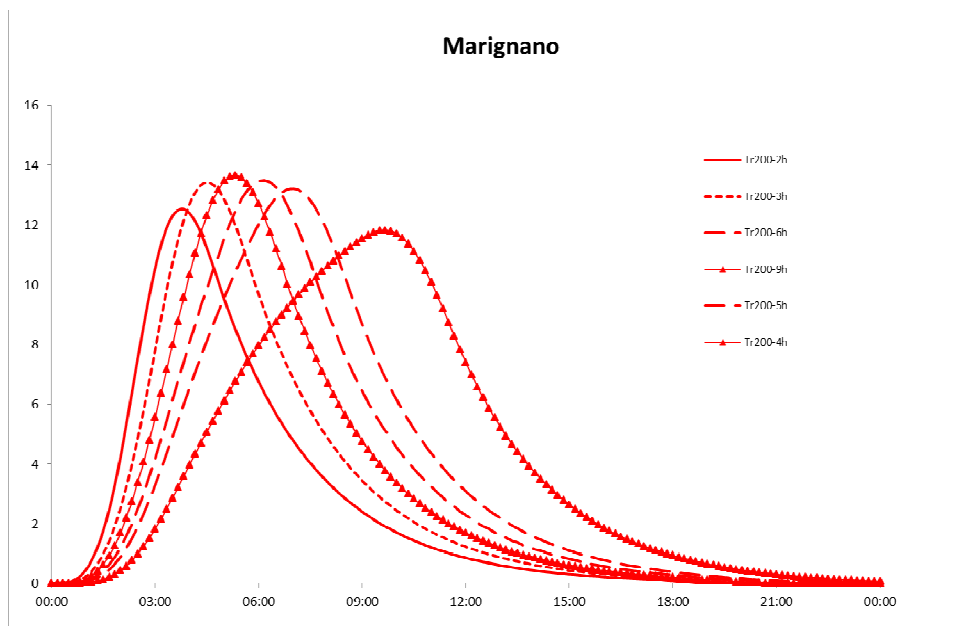


Figura 30 Idrogramma di piena allo sbocco del Fosso di Marignano per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

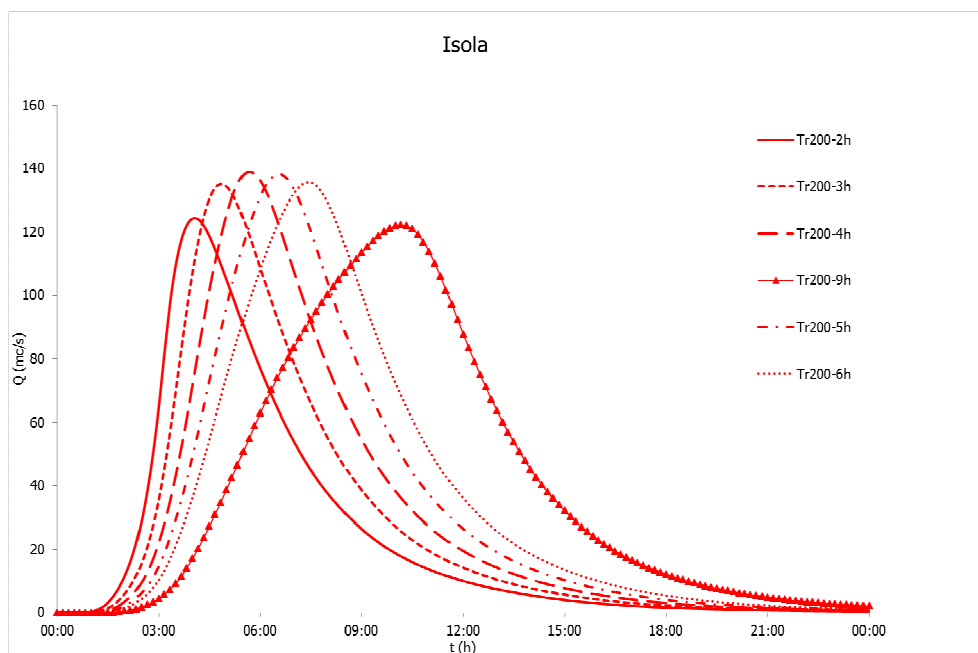


Figura 31 Idrogramma di piena allo sbocco del Fiume Isola per $Tr=200$ anni e ietogrammi ad intensità costante

Tabella 9 Portate per diverse durate e Tr=200 anni nell'ipotesi di ietogramma ad intensità costante

ELEMENTO	Durata	1h	2h	3h	4h	5h	6h	9h	12h	15h	18h	21h	24h	27h
	A (km ²)	Q (m ³ /s)												
B-ACQUASALSA1A	1.88	11.23	12.3	11.76	10.79	9.79	8.92	6.93	5.71	4.88	4.29	3.85	3.49	3.21
B-ACQUASALSA1B	1.63	16.46	15.28	12.8	10.83	9.36	8.3	6.25	5.09	4.34	3.8	3.4	3.08	2.83
B-ACQUASALSA1C	2.8	23.66	23.71	20.95	18.17	15.82	14.1	10.69	8.72	7.43	6.52	5.83	5.29	4.85
B-ACQUASALSA2	1.2	6.54	7.5	7.48	7.08	6.55	6.04	4.75	3.9	3.32	2.91	2.6	2.36	2.16
B-ACQUASALSA3	3.6	16.06	18.78	19.03	18.31	17.21	16.12	13.13	10.95	9.42	8.31	7.45	6.78	6.23
B-ACQUASALSA4	0.8	11.14	9.99	8.25	6.88	5.91	5.2	3.87	3.13	2.65	2.31	2.06	1.86	1.7
B-ACQUASALSA 5	0.33	2.28	2.49	2.36	2.14	1.94	1.76	1.36	1.12	0.96	0.84	0.76	0.69	0.63
B-ACQUECHIARE	1.78	9.59	10.68	10.94	10.8	10.47	10.07	8.71	7.48	6.49	5.71	5.09	4.59	4.19
B-ALESSANDRINI	1.79	4.28	5.16	5.61	5.84	5.96	5.97	5.75	5.36	4.94	4.53	4.17	3.84	3.56
B-ANTIFOSSETTO1	10.46	18.72	22.93	25.27	26.63	27.4	27.7	27.2	25.7	23.89	22.12	20.4	18.88	17.54
B-ANTIFOSSETTO2	1.01	4.64	5.29	5.37	5.21	4.94	4.66	3.83	3.21	2.75	2.41	2.15	1.95	1.79
B-ANTIFOSSETTO3	0.86	1.75	2.12	2.31	2.41	2.46	2.47	2.39	2.24	2.07	1.91	1.76	1.63	1.51
B-ANTIFOSSETTO4	0.32	0.64	0.76	0.82	0.86	0.88	0.89	0.88	0.84	0.8	0.75	0.7	0.66	0.62
B-BISCOTTINO EST	0.56	1.84	2.2	2.34	2.39	2.37	2.32	2.09	1.85	1.64	1.47	1.33	1.21	1.11
B-BISCOTTINO OVEST	0.21	1.81	1.84	1.72	1.57	1.42	1.28	0.98	0.79	0.67	0.58	0.52	0.47	0.43
B-BORRA	11.83	27.27	33.36	35.72	36.35	35.97	35.04	31.04	27.16	23.91	21.31	19.16	17.56	16.07
B-CATERATTO	1.84	10.93	12.61	13.02	12.77	12.19	11.53	9.46	7.84	6.65	5.8	5.15	4.65	4.25
B-CHIAVICHE_EST	1	3.1	3.7	3.94	3.98	3.93	3.83	3.4	2.98	2.62	2.33	2.09	1.9	1.75
B-CIGNA1	0.45	7.75	6.18	4.94	4.08	3.49	3.07	2.28	1.85	1.56	1.36	1.21	1.1	1
B-CIGNA2	1.8	14.03	15.27	14.93	13.99	12.89	11.88	9.34	7.62	6.46	5.64	5.01	4.53	4.14
B-CIGNA3	1.29	23.11	18.91	14.97	12.32	10.49	9.2	6.8	5.48	4.62	4.03	3.58	3.23	2.95
B-CIGNOLO	3.86	32.84	35.33	33.85	31.09	28.19	25.64	19.75	16.07	13.63	11.92	10.6	9.58	8.76
B-COLLETORE_EST	0.58	5.3	5.43	4.92	4.34	3.84	3.42	2.59	2.1	1.79	1.56	1.4	1.27	1.16
B-COLLETORE_NORD2	1.37	3.56	4.27	4.61	4.78	4.85	4.82	4.57	4.21	3.84	3.5	3.2	2.95	2.72
B-COLLETORE_OVEST	0.43	2.33	2.63	2.65	2.56	2.43	2.28	1.87	1.56	1.34	1.17	1.05	0.95	0.87
B-COLLETORE_SUD2	0.88	5.37	6.08	5.98	5.61	5.2	4.76	3.75	3.09	2.64	2.32	2.08	1.89	1.73
B-COLLETORE NORD1	0.68	10.11	8.43	6.67	5.47	4.65	4.07	3.01	2.43	2.06	1.79	1.6	1.45	1.32
B-COLLETORE SUD1	0.18	1.27	1.39	1.31	1.18	1.07	0.96	0.74	0.61	0.52	0.46	0.41	0.38	0.35
B-COLLETORE SUD3	0.32	2.29	2.46	2.36	2.19	2	1.82	1.42	1.16	0.98	0.86	0.77	0.7	0.64
B-COLMATA_ORTI_STAGNO	0.15	1.51	1.45	1.25	1.08	0.94	0.84	0.64	0.52	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29
B-COLMATA ORTI GUASTICCE	1	7.41	7.85	7.29	6.54	5.83	5.23	3.96	3.22	2.74	2.4	2.14	1.94	1.78
B-CUNELLA	11.52	37.56	45.38	48.25	48.45	47.35	45.72	39.47	33.85	29.4	25.97	23.28	21.17	19.44
B-ECINA	6.19	31.21	34.17	32.79	30.25	27.56	25.11	19.47	15.95	13.59	11.91	10.6	9.65	8.8
B-FATTORIA1	1.99	7.08	8.38	8.81	8.79	8.55	8.23	7.09	6.09	5.3	4.68	4.19	3.81	3.5
B-FATTORIA2	1.92	8.75	10.17	10.46	10.21	9.75	9.2	7.6	6.36	5.44	4.77	4.27	3.87	3.55
B-Fologno_1	0.91	9.09	8.73	7.46	6.32	5.46	4.82	3.61	2.93	2.49	2.17	1.94	1.76	1.61
B-Fologno 2	0.24	1.4	1.53	1.49	1.4	1.29	1.18	0.93	0.77	0.65	0.57	0.51	0.46	0.42
B-Fologno 3	0.28	5.16	3.38	2.53	2.06	1.74	1.53	1.13	0.91	0.77	0.68	0.6	0.55	0.5
B-Fologno 4	0.77	12.55	11.33	9.39	7.82	6.65	5.8	4.25	3.4	2.86	2.49	2.2	1.99	1.81

B-FOLOGNO 5	0.82	3.87	4.38	4.42	4.27	4.04	3.8	3.12	2.61	
B-FONTINO	5.84	8.48	10.92	12.35	13.2	13.67	13.97	13.92	13.28	
B-FOSSA_NUOVA2	4.16	20.06	23.89	24.77	24.3	23.27	21.88	17.95	14.94	
B-FOSSANUOVA1	10.43	4.53	5.95	6.9	7.61	8.19	8.63	9.6	10.17	
B-FOSSO_VALLELUNGA	4.26	22.84	26.08	26.41	25.49	24.05	22.57	18.44	15.37	
B-ISOLA1	13.16	21.52	27.3	30.58	32.44	33.4	33.88	33.16	31.16	
B-LENZEA	0.57	3.81	4.05	3.84	3.5	3.15	2.86	2.2	1.8	
B-LENZEB	0.54	2.44	2.8	2.84	2.75	2.61	2.45	2.02	1.69	
B-LOTI	3.66	31.92	31.64	27.82	24.07	20.99	18.67	14.12	11.51	
B-MARIGNANO	3.55	10.39	12.52	13.41	13.64	13.49	13.21	11.82	10.39	
B-MORRA1	8.09	36.66	42.54	43.07	41.49	39.08	36.59	29.74	24.74	
B-MORRA2	5.14	32.42	35.91	34.45	31.42	28.23	25.57	19.62	16.06	
B-NUGOLA	5.5	26.49	30.34	30.54	29.16	27.2	25.35	20.37	16.87	
B-PUZZOLENTE	6.53	38.83	43.48	43.48	41.61	38.98	36.35	29.3	24.2	
B-RIOVALLELUNGA	2.43	13.18	14.75	14.4	13.43	12.3	11.31	8.9	7.35	
B-SOLAIOLA	17.19	19.26	23.67	26.44	28.36	29.82	30.74	32.24	32.39	
B-STIGLIANO	2.07	15.58	16.02	14.47	12.79	11.27	10.09	7.72	6.32	
B-Tanna_2_4	0.56	4.32	4.43	4.04	3.58	3.16	2.83	2.15	1.76	
B-TANNA_2_6	0.28	3.5	2.99	2.42	2.01	1.71	1.51	1.12	0.91	
B-TANNA1	9.39	33.7	41.1	42.95	42.28	40.4	38.35	31.93	26.96	
B-TANNA2_1	0.57	6.11	5.26	4.29	3.61	3.12	2.77	2.1	1.72	
B-TANNA2_2	0.65	4.11	4.45	4.21	3.82	3.44	3.12	2.4	1.98	
B-TANNA2_3.1	0.93	10.43	8.67	7.06	5.92	5.11	4.53	3.43	2.81	
B-Tanna_2_3.2	0.33	3.7	3.17	2.57	2.16	1.86	1.65	1.24	1.01	
B-Tanna_2_5	0.38	4.21	3.77	3.13	2.64	2.27	2	1.5	1.22	
B-Tanna_2_7	0.08	1.26	0.91	0.7	0.57	0.48	0.43	0.32	0.26	
B-TAVOLA	8.29	22.67	28.31	30.67	31.29	30.9	30.14	26.65	23.24	
B-TORA1	32.44	58.65	71.67	78.19	81.54	82.89	82.93	78.73	72.45	
B-TORA2	6.33	46.85	50.28	46.32	40.82	35.9	32.01	24.32	19.85	
B-TORA3	6.47	16.42	20.68	22.72	23.47	23.42	23.06	20.79	18.3	
B-TORA4	0.22	0.89	1.01	1.04	1.03	1	0.96	0.83	0.72	
B-TORAVECCHIA1	1.8	16.14	16.22	14.53	12.68	11.07	9.82	7.34	5.94	
B-TORRETTA1	0.46	2.81	3.12	3.09	2.94	2.76	2.56	2.06	1.7	
B-TORRETTA2	0.58	2.92	3.23	3.3	3.26	3.17	3.05	2.66	2.3	

J-ACQUASALSA1	8.38	23.42	23.82	35.8	41.76	39	35.52	28.58	23.11	
J-ACQUASALSA2	13.51	36.03	42.64	52.58	57.3	54.7	51.59	43.98	37.33	
J-ACQUASALSA-CATERATTO	14.31	33.75	41.44	48.66	51.95	52.02	50.49	43.56	38.26	
J-ACQUECHIARE_ACQUASALSA	16.09	39.17	49.67	56.49	59.6	59.8	58.56	51.41	45.47	
J-ACQUECHIARE_TORRETTA	49.01	78.28	104.47	125.16	138.25	144.74	147.24	141.27	129.3	
J-ANTIFOSSETTO_TORRETTA	32.34	51.41	65.95	75.59	82.09	86.31	88.9	88.9	83.4	
J-ANTIFOSSETTO1	10.46	18.72	22.93	25.27	26.63	27.4	27.7	27.2	25.7	
J-ANTIFOSSETTO2	21.97	34.45	43.74	49.8	53.94	56.67	58.2	58.01	54.64	
J-ANTIFOSSETTO3	22.83	35.61	45.14	51.35	55.52	58.17	59.75	59.68	56.39	
J-CIGNA-A	1.74	30.51	25.09	19.91	16.4	13.97	12.27	9.09	7.32	
J-CIGNA-B	7.4	60.18	67.8	65.43	60.29	54.52	49.44	38.14	31.01	
J-CIGNA-C	3.54	37.8	36.43	33.24	29.64	26.51	23.99	18.41	14.94	
J-COLMATA	1.68	15.78	15.54	13.74	11.92	10.44	9.29	6.98	5.66	
J-ECINA_BORRA	18.02	51.34	61.2	64.08	63.63	61.52	58.88	50.16	43	
J-FATTORIA_FOLOGNO	5.01	30.24	32.5	31.24	29.19	26.9	24.87	20.04	16.69	
J-FATTORIA_TORA_VECCHIA	8.73	41.85	49.59	50.35	48.32	45.3	42.3	34.41	28.74	
J-FATTORIA_TORRETTA	8.73	39.19	47.15	48.7	47.23	44.59	41.79	34.21	28.65	
J-FATTORIA2	6.93	34.29	39.23	39.39	37.85	35.63	33.43	27.38	22.92	
J-FOLOGNO_A	1.15	10.39	10.15	8.89	7.7	6.72	5.99	4.54	3.69	
J-FOLOGNO_B	1.43	12.45	12.92	11.24	9.72	8.46	7.52	5.67	4.61	
J-FOLOGNO_C	2.2	24.3	24.12	20.6	17.53	15.11	13.32	9.92	8.01	
J-FOLOGNO_D	3.02	26.7	27.2	24.5	21.45	18.98	17.04	13.03	10.61	
J-FOSSA_NUOVA_FINALE	33.57	25.49	31.79	35.86	38.84	41.21	42.94	48.47	51.85	
J-FOSSA_NUOVA_SOLAIOLA	29.41	25.51	31.78	35.8	38.66	40.87	42.38	45.12	45.97	
J-IDROVORA_BISCOTTINO	0.77	3.09	3.63	3.79	3.77	3.66	3.52	3.05	2.64	
J-INTERPORTO_FINALE	6.59	34.72	38.49	37.91	35.79	33.56	31.26	25.73	21.81	
J-ISOLA_FINE	43.72	100.99	124.24	135.02	138.68	138.09	135.52	122.26	108.57	
J-ISOLA_TAVOLA	43.72	101.35	124.78	135.34	138.97	138.38	135.69	122.38	108.61	
J-ISOLA_TREMOSCIO	35.43	78.99	97.05	105.41	108.5	108.22	106.48	96.38	85.85	
J-LOTI_MORRA1	11.75	60.14	68.63	68.1	64.3	59.33	54.94	43.75	36.23	
J-MARIGNANO_FONTINO	10.5	21.41	26.61	29.43	30.82	31.24	31.24	29.41	26.9	
J-MORRA_FINALE	16.89	91.9	104.43	102.05	95.22	87.13	80.15	63.23	52.2	
J-MORRA2_TORA	67.18	180.02	214.85	228.58	232.35	229.97	224.2	199.64	175.88	
J-PIUZZOLENTE_VALLI E	10.79	61.51	69.42	69.89	67.09	63.03	58.91	47.74	39.57	

J-UGIONE_B	23.54	117	134.18	136.09	131.17	123.56	116.04	94.74	79.09	
J-UGIONE-C	30.94	165.39	190.29	193.56	186.67	175.48	163.84	132.42	109.87	
R-ACQUASALSA1a	3.95	5.89	11.84	14.78	15.38	14.39	14.88	13.64	11.1	
R-ACQUASALSA 1B	1.63	15.76	14.95	12.62	10.75	9.3	8.25	6.23	5.08	
R-ACQUASALSA1c	8.38	12.81	15.45	25.35	29.85	29.02	27.7	25.14	21.65	
R-ACQUASALSA2	13.51	33.7	41.32	48.56	51.82	51.73	50.24	43.26	37.12	
R-ACQUECHIARE	14.31	31.51	40.51	47.18	50.28	50.64	49.7	43.4	38.11	
R-ANTIFOSSETTO2	10.46	18.56	22.72	25.07	26.45	27.23	27.54	27.1	25.62	
R-ANTIFOSSETTO3	21.97	34.15	43.29	49.24	53.26	55.86	57.37	57.33	54.18	
R-ANTIFOSSETTO4	22.83	34.94	44.28	50.29	54.31	56.93	58.47	58.7	55.71	
R-CIGNA-A	7.4	59.53	67.09	65.17	59.99	54.36	49.38	38.09	30.97	
R-COLLETORE_NORD	1.68	14.56	14.82	13.4	11.74	10.35	9.23	6.96	5.65	
R-COLLETORE_SUD	3.11	16.37	18.67	18.62	17.68	16.57	15.37	12.47	10.44	
R-FATTORIA1	5.01	26.01	29.39	29.17	27.74	25.88	24.22	19.78	16.57	
R-FATTORIA2	6.93	32.37	37.71	38.36	37.17	35.11	33.09	27.25	22.85	
R-FATTORIA3	8.73	39.19	47.15	48.7	47.23	44.59	41.79	34.21	28.65	
R-FOSSANUOVA	29.41	25.13	31.28	35.23	38.07	40.28	41.81	44.63	45.56	
R-ISOLA1	18.02	50.76	60.68	63.54	63.24	61.3	58.59	50.01	42.91	
R-ISOLA2	43.72	100.99	124.24	135.02	138.68	138.09	135.52	122.26	108.57	
R-ISOLAA	35.43	78.93	96.8	105.21	108.3	108.16	106.41	96.37	85.84	
R-LENZE	0.57	3.74	4.01	3.81	3.48	3.14	2.85	2.2	1.79	
R-MORRA	11.75	59.61	68.52	67.93	64.03	59.26	54.78	43.75	36.2	
R-TANNA	17.6	62	75.33	79.11	79.07	76.73	73.23	61.17	51.57	
R-TANNA_A	14.89	58.89	70.41	72.67	70.83	67.25	63.35	52.15	43.74	
R-TANNA_B	16.11	60.73	73.09	76.04	74.62	71.28	67.56	56.06	47.17	
R-TORA_VECCHIA2	1.8	16.04	16.15	14.48	12.66	11.06	9.81	7.33	5.93	
R-TORA2	43.96	90.37	111.06	121.3	125.8	126.75	125.87	116.88	105.67	
R-TORA3	67.18	176.8	212.19	226.42	230.46	228.26	222.99	198.95	175.37	
R-TORA4	92.32	251.24	303.15	324.49	329.12	324.35	315.91	280.1	245.94	
R-TORRETTA1	8.73	36.78	44.68	46.69	45.98	43.76	41.21	34.02	28.56	
R-TORRETTA2	32.34	50.31	64.68	74.37	81.1	85.41	88.06	88.28	83.02	
R-UGIONE2	12.75	55.5	64.76	66.19	64.07	60.59	57.13	47.05	39.55	
R-UGIONE3	23.54	115.79	133.06	135.31	130.58	123.12	115.73	94.57	79.01	

3.6.2 RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IETOGRAMMI DI TIPO CHICAGO

La valutazione della durata critica attraverso gli ietogrammi ad intensità costante consente di definire per i diversi bacini analizzati quale sia la durata che massimizza la portata e di poter effettuare degli approfondimenti sui picchi di piena considerando uno ietogramma di tipo Chicago (applicato alle curve di possibilità climatica e pluviometrica della regione Toscana)

- Ietogramma di durata 2 h:

Tabella 10 Portate massime per i bacini con durata critica 2 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
FOSSO FOLOGNO	2h	19.5	22.0	29.8	34.4	40.7
F. TORAVECCHIA	2h	12.5	14.0	18.7	21.5	25.2
RETE INTERPORTO	2h	25.0	28.4	39.1	45.6	54.4

- Ietogramma di durata 3 h:

Tabella 11 Portate massime per i bacini con durata critica 3 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
TORRENTE UGIONE (Ponte Ugione)	3h	112.7	129.8	184.5	217.6	263.6
TORRENTE UGIONE (Sbocco)	3h	147.4	167.4	231	269.8	323.7
IDROVORA BISCOTTINO	3h	2.4	2.8	3.8	4.4	5.2
CATERATTO	3h	7.8	8.8	12.2	14.2	16.9
FATTORIA (BOTTE SIFONE TORA)	3h	28.7	29.9	44.5	51.7	61.3
MORRA (Crocino)	3h	32.5	37.6	53.4	62.9	76.0

- Ietogramma di durata 4 h:

Tabella 12 Portate massime per i bacini con durata critica 4 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
TORRENTE ISOLA	4h	98.1	101.6	170.4	204.2	250.6
TORRENTE TANNA	4h	62.4	72.9	107.2	127.9	156.0
TORRENTE TORA	4h	240.1	270.7	399.8	473.5	573.9
F. MARIGNANO	4h	10.3	11.8	16.5	19.4	23.2

- Ietogramma di durata 5h:

Tabella 13 Portate massime per i bacini con durata critica 5 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
F. ACQUASALSA -ACQUECHIARE	5 h	38.1	44.5	74.1	92.1	116.2
F. FONTINO	5 h	9.4	11.0	16.3	19.5	23.9

- Ietogramma di durata 6h:

Tabella 14 Portate massime per i bacini con durata critica 6 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
ANTIFOSSETTO (BOTTE SIFONE TORA)	6 h	40.0	46.2	65.3	78.0	94.4

- Ietogramma di durata 15h:

Tabella 15 Portate massime per i bacini con durata critica 15 h

BACINO	DURATA CRITICA	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
FOSSA NUOVA	15 h	35.9	41.2	58.0	68.3	82.0

3.6.3 CONFRONTO CON STUDI ESISTENTI

Al fine di verificare la validità dello schema idrologico adottato si effettua un confronto con i risultati di studi esistenti.

Tabella 16 Portate massime per i bacini con durata critica 6 h

BACINO	Q (m3/s)						FONTE
	PRESENTE STUDIO			ALTRI STUDI			
	Tr 200	Tr 30	Tr 20	Tr 200	Tr 30	Tr 20	
ACQUASALSA1	47.02	21.83	20.38	45	-	13.6	CONSORZIO BONIFICA
ACQUALSA-FINALE	79.3	44.5	38.1	46.0	31		PROVINCIA PISA
CATERATTO	14.33	9.52	8.70	7.53			CONSORZIO BONIFICA
COLMATA ORTI	8.99	6.07	5.56	7	-	-	ING. PAGLIARA
FOSSA NUOVA 1	11.15	7.84	7.25	6.78	-	1.4	ING. LODA' E SACCONI
INTERPORTO FINALE	41.52	27.29	24.87	16.1	12	11	ING. PAGLIARA
ANTIFOSSO FATTORIA (BOTTE SIFONE TORA)	44.61	30.40	27.89			16.3	TESI LAUREA
FOSSO FOLOGNO	31.95	21.50	19.68			8.2	
ISOLA FINALE	147.61	93.66	84.44	158.33	-	99.28	ALTO
TANNA	98.11	62.36	56.37	128.02	-	78.34	ALTO
TORA FINALE	365.04	237.70	215.70	330.33	-	193.59	ALTO
TORRETTA (FINALE)	92.85	61.81	56.41	96	55	50	ING. PAGLIARA
UGIONE PONTE AURELIA	229.47	144.64	130.31	233.36			ING. PAGLIARA
				228.2	-	-	CONSORZIO BONIFICA
UGIONE-RIO_VALLELUNGA (PONTE VIA AIACCIA)	124.28	77.75	69.85	117.3	60	53.8	BACINO TOSCANA COSTA
				97.64		54.32	ALTO
				187.06			CONSORZIO BONIFICA
UGIONE SBOCCO	280.55	183.89	167.53	271.11			ING. PAGLIARA
				265.69		148.85	ALTO
MORRA	111.46	95.54	72.52	135.11		82.97	ALTO

3.6.4 CATERATTO

Il bacino del Fosso del Cateratto è stato oggetto di un approfondimento specifico derivante dall'indicazione fornita dal Consorzio di Bonifica Ufficio Fiumi e Fossi sull'assetto delle fognature esistente e delle altre immissioni.

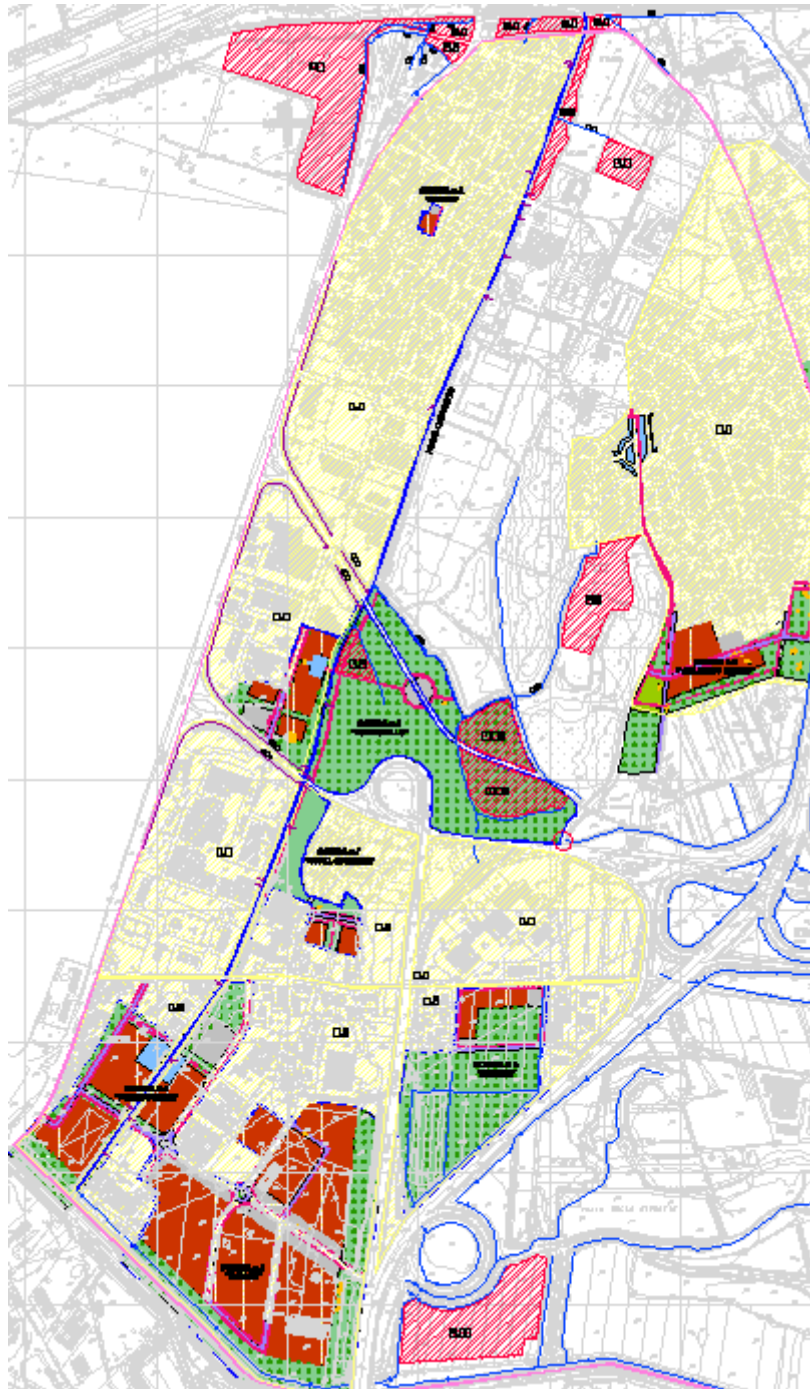


Figura 32 Dettagli della rete di drenaggio nell'area di Stagno

L'intera area è stata suddivisa in 7 sottobacini le cui caratteristiche sono indicate in Figura 33

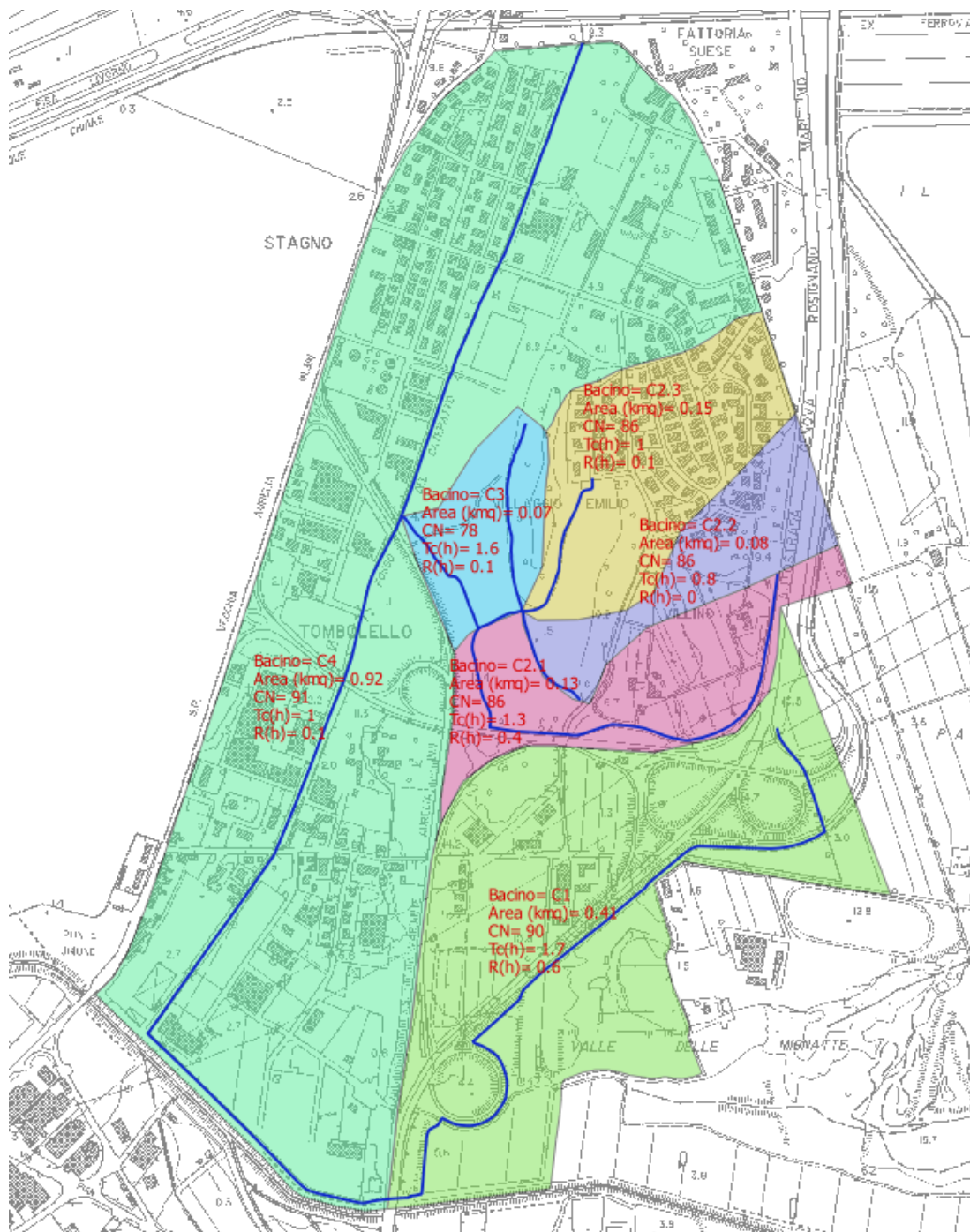


Figura 33 Suddivisione in sottobacini dell'area afferente al Fosso Cateratto.

Le modellazioni idrologiche sono state eseguite per durata $t=1.5h$, che con questa schematizzazione è risultata quella critica. Il sottobacino C4 presenta numerosi punti di immissione relativi alle condotte delle fognature dell'area urbana. Questi sono stati sintetizzati in 13 scarichi in ognuno delle quali è stato inserito 1/13 dell'intera portata afferente dal sottobacino C4.

Lo schema del modello idrologico complessivo è indicato in Figura 34.

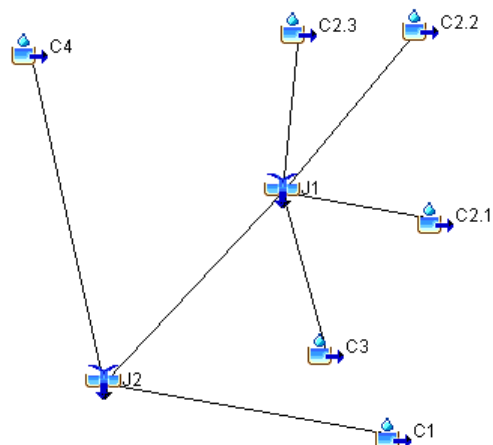


Figura 34 Schema del modello idrologico

Di seguito gli idrogrammi di piena nei punti principali del modello.

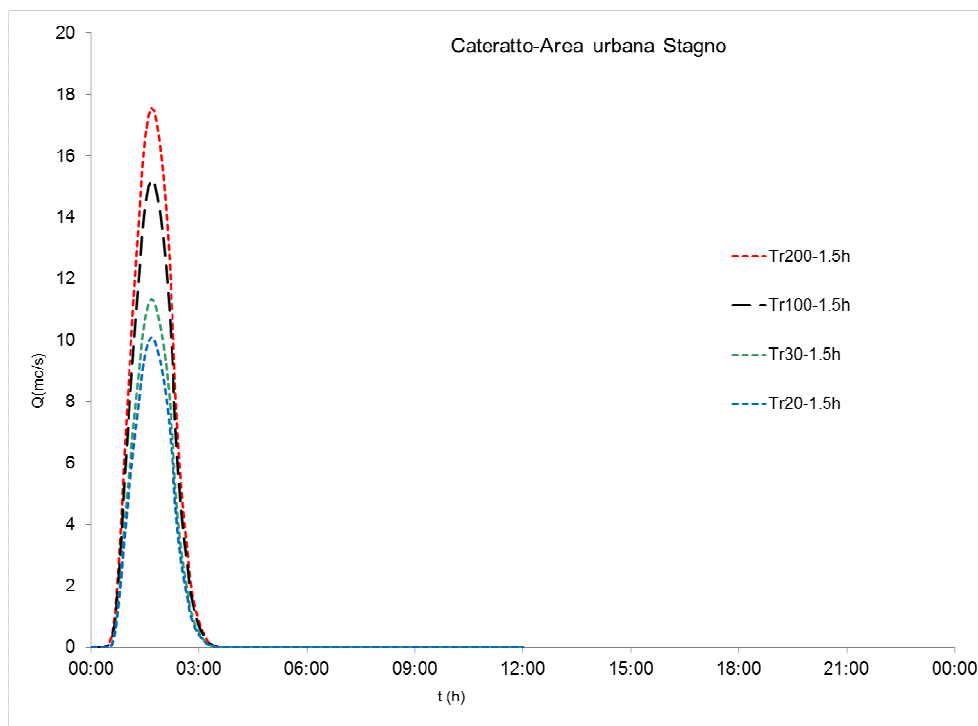


Figura 35 Idrogramma di piena area di Stagno

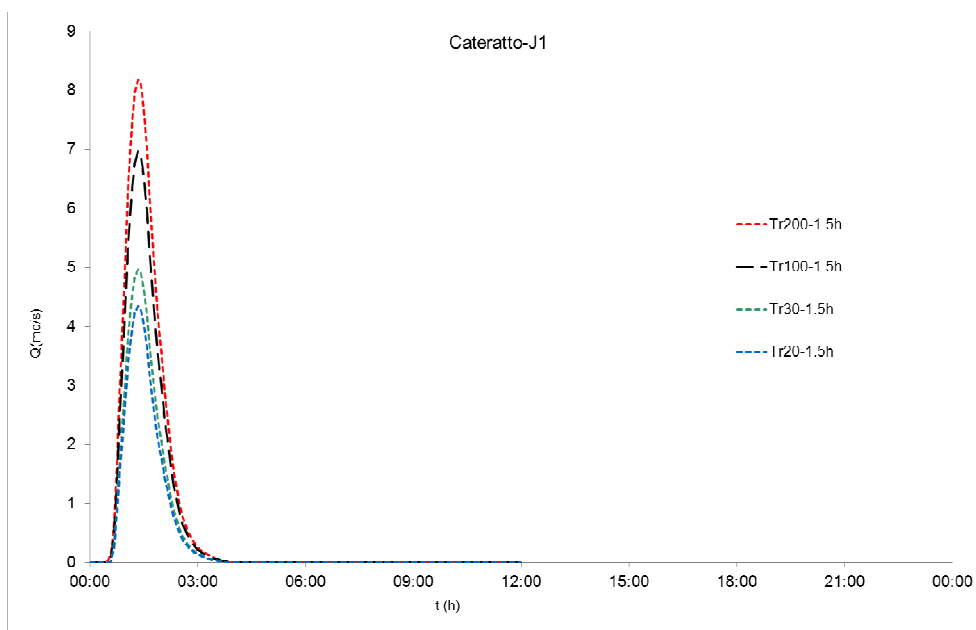


Figura 36 Idrogramma di piena alla confluenza J1

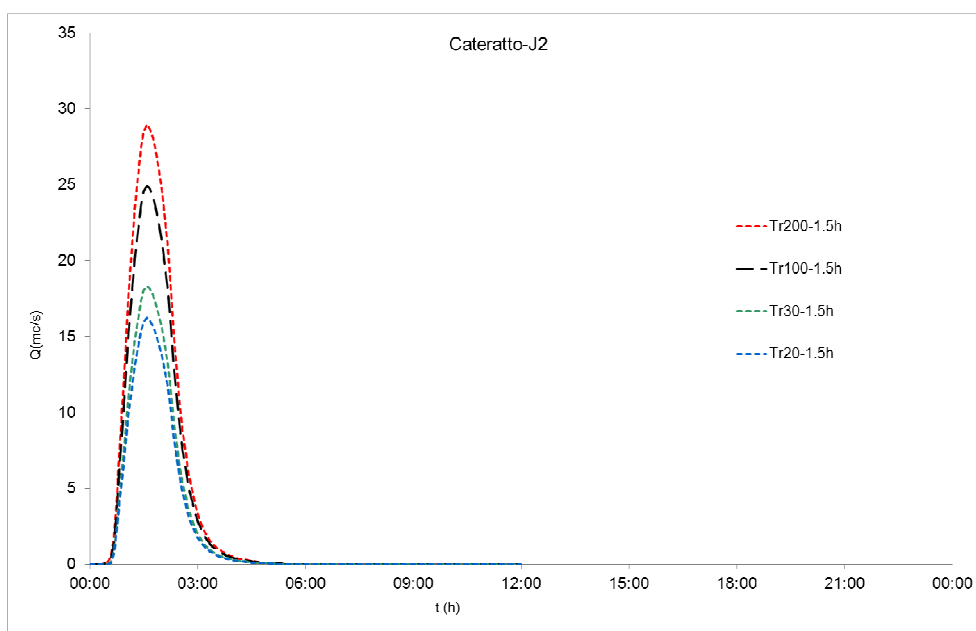


Figura 37 Idrogramma di piena alla confluenza J2-intero bacino

3.7 ALTRI CORSI D'ACQUA

Parte del territorio è attraversato da corsi d'acqua che indirettamente possono influenzare l'andamento delle esondazioni. Si tratta dell'Emissario del Bientina, del Fossa Chiara e del Canale Scolmatore dell'Arno. Di seguito si forniscono alcune indicazioni sulle caratteristiche idrologiche ed idrauliche

3.7.1 EMISSARIO BIENTINA

Nello "Studio Idrologico Idraulico di supporto al Regolamento Urbanistico del comune di Bientina" è condotta un'analisi conoscitiva dell'intero bacino del Canale Emissario Bientina, fino alla sezione de "la Botte", in corrispondenza della quale il corso d'acqua si interra e sottopassa il fiume Arno. Il bacino, complessivamente, ha una superficie di circa 320 kmq. Il Canale Emissario Bientina nasce dalla confluenza tra il Canale Rogio e il Rio Navareccia sul territorio di Bientina, quasi all'estremità Nord. Il bacino di monte, in corrispondenza di suddetta confluenza, presenta una superficie di circa 173 kmq. Da quando il Canale Emissario Bientina diventa asta principale, riceve le acque, sia in destra che in sinistra idraulica, di numerosi affluenti, di cui alcuni assai rilevanti. Complessivamente possono essere individuati 31 diversi sottobacini che vanno a costituire l'intero bacino del Canale Emissario fino a "la Botte".

Le modellazioni idrologiche condotte nello "Studio Idrologico Idraulico di supporto al Regolamento Urbanistico del comune di Bientina" hanno portato alla definizione dei seguenti idrogrammi di piena, per tempi di ritorno pari a 20, 30, 100, 200 e 500 anni e una durata di pioggia pari a quella risultata essere critica per il bacino in esame (4 ore).

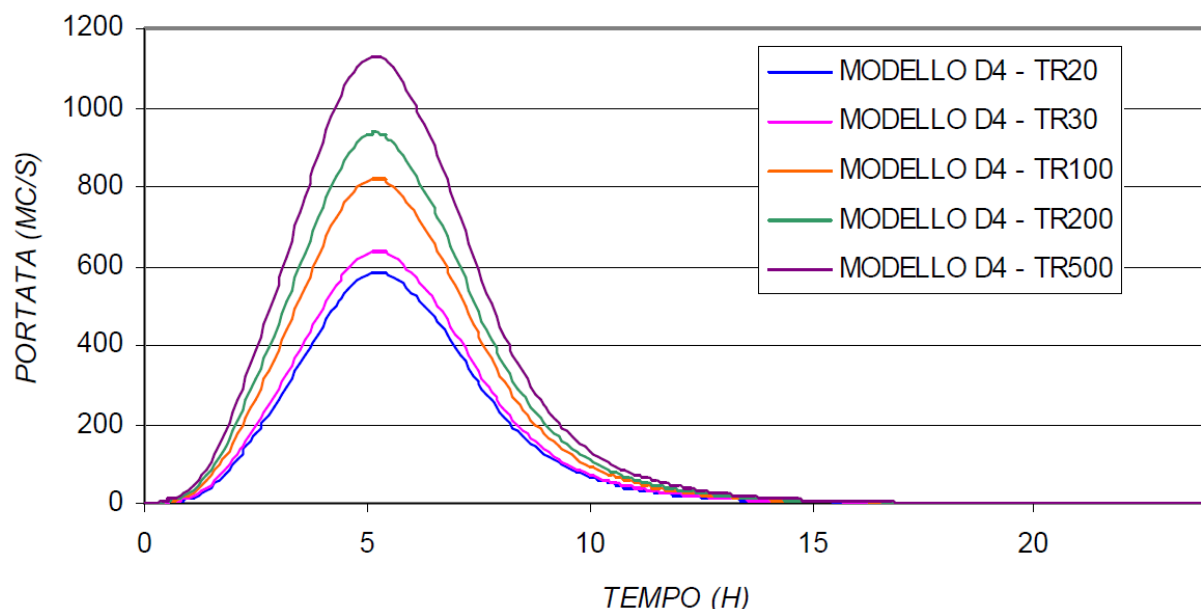


Figura 38. Idrogrammi di piena per tempi di ritorno 20, 30, 100, 200 e 500 anni per il Canale Emissario Bientina a monte della sezione de "la Botte".

I picchi di portata risultano essere:

Tabella 17. Picchi di portata del Canale Emissario Bientina

BACINO	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
EMISSARIO BIENTINA	584.73	638.45	821.55	934.65	1130.32

I dati di portata riportati qui sopra non tengono conto delle esondazioni che si verificano a monte; a tal fine nello studio sopra citato è stato adottato un sistema semplificato per "simulare" la laminazione nel bacino di monte dovuta all'esondazione dei vari affluenti. La figura e la tabella seguente riportano i risultati della laminazione.

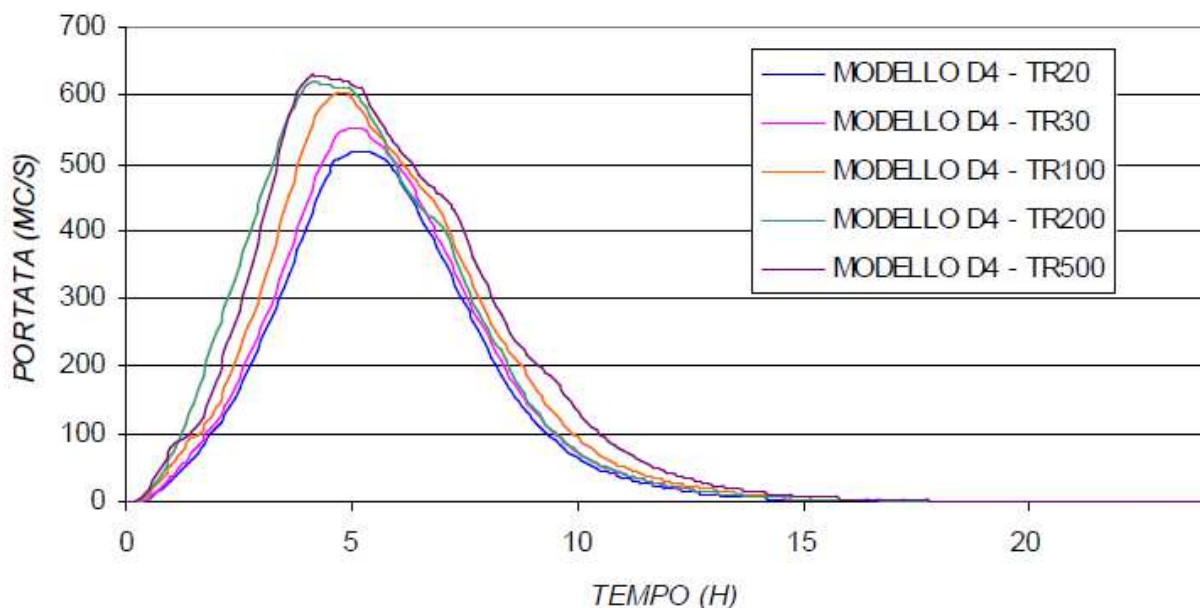


Figura 39. Idrogrammi di piena laminati per tempi di ritorno 20, 30, 100, 200 e 500 anni per il Canale Emissario Bientina a monte della sezione de "la Botte".

Tabella 18: Picchi di portata del modello idrologico laminato

BACINO	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
EMISSARIO BIENTINA	517.52	552.96	605.64	618.96	629.81

La sezione di chiusura del bacino, in corrispondenza de "la Botte", impone il passaggio di una portata di circa 85 mc/s. Questo valore, riportato nel prima citato "Studio Idrologico Idraulico di supporto al Regolamento Urbanistico del comune di Bientina", è stato prelevato dalla documentazione messa a disposizione dalla Provincia di Pisa relativa a "la Botte" e al progetto di raddoppio della stessa (anni '70).

Il valore di portata fissato dalle botti a sifone sull'Arno si mantiene all'incirca costante fino allo sbocco del canale, data la modesta estensione del bacino tributario a valle (780 ha circa); ne segue che per il tratto di canale di interesse per l'area oggetto di studio il picco di portata in arrivo è sempre pari a 85 mc/s, per qualsiasi tempo di ritorno.

In Figura 40 si riporta l'idrogramma di piena a valle della botte per un evento ventennale, così come fornito dallo studio idraulico citato.

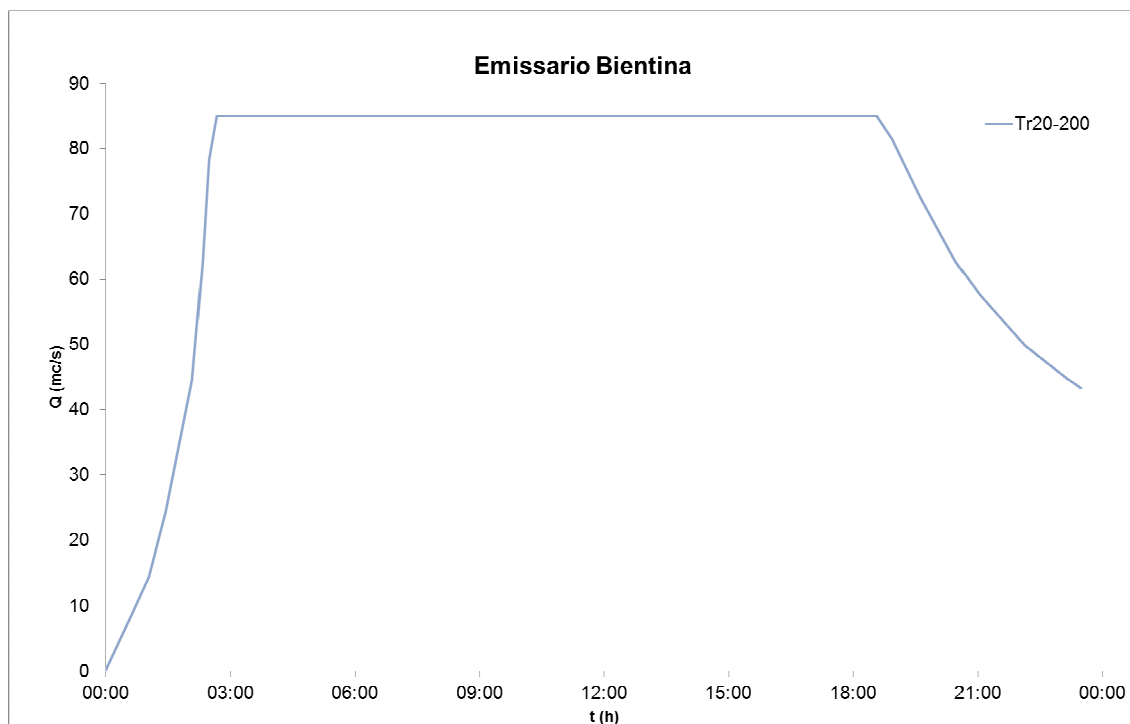


Figura 40. Idrogramma di piena a valle de "la Botte" per l'emissario del Bientina

Analogo andamento dell'idrogramma può essere considerato per tutti gli altri tempi di ritorno.

3.7.2 FOSSA CHIARA

Il Fossa Chiara è un canale di bonifica nel quale scaricano sia collettori di bonifica di acque basse, attraverso gli impianti idrovori della Padulella (0,5 mc/s) e dell'Arnaccio (6,5mc/s), sia canali di acque alte. Ha una lunghezza di circa 7986 m dall'origine, situata nel Comune di Calcinai, allo sbocco nel canale dei Navicelli poche centinaia di metri prima della confluenza nello Scolmatore. Il suo bacino è esteso circa 6564 ha (di cui 2373 ha a scolo meccanico e 4191 ha a scolo naturale) e include sia aree a destinazione agricola sia vaste aree industriali attualmente in forte crescita, in particolare nei Comuni di Pisa e Cascina. Il canale Fossa Chiara costituisce anche il recapito finale di diversi canali di drenaggio urbano nei quali scolano i centri abitati di Riglione e Fornacette compresi a cavallo della dorsale Tosco Romagnola.

Negli allegati al Progetto Preliminare e definitivo di Adeguamento Idraulico e Navigabilità del Canale Scolmatore dell'Arno si riporta un valore di portata, relativa ad una durata dell'evento di pioggia di 24 ore e un tempo di ritorno di 50 anni, di 15 mc/s, di cui 7 mc/s relativi agli impianti idrovori.

Secondo il citato studio il bacino del Fossa Chiara (parte a deflusso naturale) presenta una pendenza media di bacino dello 0.22%, dell'asta fluviale dello 0.1% ed un tempo di corrvazione di circa 25.92 h. La costante di invaso per il metodo di Clark risulta pari a $R=26h$. Considerando che il bacino è prevalentemente interessato da terreni agricoli (codice Land Corine 212 e categoria del suolo B) cui è attribuibile un valore $CN(II)=72$ corrispondente a $CN(III)=86$ la portata massima stimata con la metodologia del presente studio (ietogramma Chicago e condizioni $AMC=III$) assume valori variabili tra 26.24mc/s per $Tr=20$ anni e $Q=50.59$ mc/s per $Tr=500$ anni. A tutti gli idrogrammi deve essere aggiunto il contributo delle idrovore

che può essere stimato costante e pari a circa 7 mc/s ottenendo i valori della seguente tabella

Tabella 19: Portate di picco per il Fossa Chiara per diversi tempi di ritorno

BACINO	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
FOSSA CHIARA	33.24	35.61	43.73	49.26	57.59

3.7.3 SCOLMATORE DELL'ARNO

Il canale Scolmatore presenta una lunghezza complessiva di 28,3 km e, si sviluppa in sinistra idrografica dell'Arno; dalla presa, costituita da una soglia sfiorante posta subito a valle della confluenza dell'Era con l'Arno, segue la direzione Sud-Ovest, fino a sfociare in mare circa 1 km a Nord del porto di Livorno.

Al momento della realizzazione dello Scolmatore d'Arno era stata ipotizzata una portata di progetto complessiva pari a 1.400 mc/sec, di cui 500 mc/sec provenienti dai comprensori di Fucecchio e Bientina e 900 mc/sec derivabili dal Fiume Arno. Gli affluenti principali sono: il Canale di Usciana, il Fosso Zannone, I torrenti Rotina, Rio Pozzino e Riopozzale, il T. Orcina, il T. Crespina, Il Fossa Nuova Meridionale, Il Canale dei Navicelli e gran parte dei corsi d'acqua oggetto del presente studio. T. Tora, F. Isola, F. Acquasalsa-Acquechiare, F. Torretta-Antifossetto, Fossa Chiara, Emissario Bientina, Fossa Nuova.

Come indicato nel progetto di adeguamento dello Scolmatore della Provincia di Pisa, la capacità di deflusso dello Scolmatore risultata variabile lungo l'asta; nel tratto di monte e fino alla confluenza del Fosso Zannone-Crespina è stimata in 1.400 mc/s che coincide con il valore di progetto originario; a valle di tale confluenza e fino all'immissione del Tora la capacità di deflusso diminuisce fino ad un minimo di 900 mc/s per poi aumentare dalla confluenza della Fossa Nuova fino all'immissione in mare dove può essere stimata in 1.000 mc/s. Il suddetto studio ha analizzato i seguenti casi

- piene nel solo bacino del Canale Scolmatore. Le portate massime calcolate nei vari tratti di interesse del presente studio sono indicati nelle tabelle che seguono. Anche in questo caso il contributo si massimizza per durate di pioggia di 24 h, comunque inferiori al tempo di corrivazione dei singoli bacini esaminati che hanno durate critiche inferiori a 6h

Tabella 20: Portate nello Scolmatore dell'Arno senza il contributo delle portate derivate dall'Arno per Tr=30 anni

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	257	411	620	508	413
TRA ISOLA E TORA	268	427	686	540	437
TRA TORA E FOSSA NUOVA	350	529	855	644	552
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	363	547	855	672	551
TRA EMISSARIO E FOCE	552	754	1134	907	786

Tabella 21: Portate nello Scolmatore dell'Arno senza il contributo delle portate derivate dall'Arno per Tr=100 anni

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	354	551	655	589	547
TRA ISOLA E TORA	363	577	748	636	582
TRA TORA E FOSSA NUOVA	453	709	983	773	690
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	469	723	1024	813	727
TRA EMISSARIO E FOCE	668	957	1331	1093	987

Tabella 22: Portate nello Scolmatore dell'Arno senza il contributo delle portate derivate dall'Arno per Tr=200 anni

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	429	600	678	602	579
TRA ISOLA E TORA	463	656	788	658	621
TRA TORA E FOSSA NUOVA	643	832	1059	817	744
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	781	860	1106	863	787
TRA EMISSARIO E FOCE	1150	1103	1444	1165	1067

- piene combinate tra bacini propri dello Scolmatore e portate derivate dall'Arno. nel solo bacino del Canale Scolmate. Le portate massime calcolate nei vari tratti di interesse del presente studio sono indicati nelle tabelle che seguono.

Tabella 23: Portate nello Scolmatore dell'Arno con il contributo delle portate derivate dall'Arno per Tr=30 anni

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	534	802	1146	1221	1192
TRA ISOLA E TORA	534	802	1148	1223	1197
TRA TORA E FOSSA NUOVA	551	821	1178	1271	1256
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	560	833	1199	1294	1279
TRA EMISSARIO E FOCE	721	1002	1393	1498	1486

Tabella 24: Portate nello Scolmatore dell'Arno con il contributo delle portate derivate dall'Arno per Tr=100 anni

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	848	1104	1485	1558	1585
TRA ISOLA E TORA	849	1104	1486	1569	1615
TRA TORA E FOSSA NUOVA	867	1123	1509	1653	1718
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	878	1137	1533	1685	1751
TRA EMISSARIO E FOCE	1045	1312	1731	1925	1994

Tabella 25: Portate nello Scolmatore dell'Arno con il contributo delle portate derivate dall'Arno per Tr=200 anni

TRATTO	Tp=3h	Tp=6h	Tp=12h	Tp=24h	Tp=36h
TRA ORCINA ED ISOLA	1051	1278	1542	1626	1672
TRA ISOLA E TORA	1051	1278	1543	1672	1710
TRA TORA E FOSSA NUOVA	1068	1302	1566	1814	1828
TRA FOSSA NUOVA ED EMISSARIO	1145	1320	1595	1854	1867
TRA EMISSARIO E FOCE	1412	1510	1807	2122	2131

Ai fini delle analisi di pericolosità della rete minore la condizione di riferimento è basata sul caso di contributo del solo Scolmatore, in riferimento a durate di 6h e le cui portate sono riassunte in Tabella 26.

Tabella 26: Portate di nello Scolmatore per durate di 6 h

TRATTO	SEZIONE	Q (mc/s) TR30 (6H)	Q (mc/s) TR200 (6H)
Scolmatore monte Isola	93	411.00	600.00
Tra Isola e Tora	72.1	427.00	556.00

Tra Tora e Fossa Nuova	48.1	529.00	832.00
Tra Fossa Nuova ed Emissario	10	547.00	860.00
Tra Emissario e Foce	8	754.00	1103.00

4. STUDIO IDRAULICO

Lo studio idraulico è condotto sia con modello monodimensionale in moto permanente sia con analisi bidimensionale TuFlow® in condizioni di moto vario. La base topografica è risultata quella Lidar fornita dall'Amministrazione Comunale e dalla Autorità di Bacino dell'Arno.

4.1 CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni al contorno adottate per lo studio sono le seguenti:

- corsi d'acqua con sbocco diretto a mare: 0.7 m per tenere conto dell'effetto delle mareggiate e delle condizioni barometriche sfavorevoli;
- tratti di corsi d'acqua isolati: scala di deflusso a condizioni di moto uniforme determinata con l'equazione di Manning;
- condizioni di livello liquido nello Scolmatore del F. Arno al massimo della capacità corrispondente alla portata di circa 900 mc/s
- condizioni di completa uscita dai bordi della griglia (comunque esterna ai confini comunali)

Lo studio è stato condotto in una prima fase per i seguenti corsi d'acqua nel territorio vallivo dei corsi d'acqua:

- Torrente Isola compreso T. Tavola
- Torrente Tora e Torrente Tanna e Nugola
- Fosso Acquasalsa-Acquechiare
- Fosso Torretta comprensivo di Antifossetto di Fattoria, Antifossetto, Fosso Fologno, Fosso Fontino, Fosso Lenze, Fosso Tora Vecchia e Fosso di Magrinagno
- Torrente Ugione
- Fosso Cateratto
- Colatori rete Inteparto compreso Fosso Chiaviche Est
- Emissario Bientina
- Fosso Acque Chiare
- Rete area Biscottino
- Fossa Nuova
- Emissario Bientina
- Fossa Chiara
- Scolmatore dell'Arno (solo analisi moto permanente)

4.2 ANALISI IN MOTO PERMANENTE

L'analisi è stata eseguita utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS che è in grado di fornire i profili liquidi dei corsi d'acqua, oggetto della simulazione, basandosi su di un'analisi a moto permanente ed a moto vario monodimensionale. La procedura di calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione dell'energia con le perdite di carico valutate mediante l'equazione

di Manning (assunto per lo studio in esame pari a $n=0.03$, corrispondente a canali in terra in non buone condizioni di manutenzione).

L'analisi idraulica è stata condotta considerando, l'interazione tra i vari corsi d'acqua che presentano confluenze ed in particolare l'influenza, in termini di rigurgito, del Canale Scolmatore su alcuni di essi (Isola, Tora, Torretta e AcqueChiare-Acquasalsa).

A tale proposito sono stati analizzati gli studi effettuati dalla Provincia di Pisa per la sistemazione della foce e per la navigabilità dello Scolmatore fino alla Località il Faldo, che mettono in evidenza una limitata capacità di deflusso. Portate di circa di circa 800-900 mc/s danno luogo a limitate esondazioni. Nello scenario che mette in crisi il sistema di acque basse (durate critiche inferiori a 6h ad eccezione del Fossa Nuova che comunque nel tratto analizzato non risente di rigurgiti dello Scolmatore) è stata comunque considerata l'iterazione tra Scolmatore e gli altri corsi d'acqua oggetto dello studio imponendo comunque che le quote liquide non eccedessero le quote arginali dello Scolmatore stesso. Sono state pertanto determinate per gli immissari principali (T. Tora, T. Isola,) scale di deflusso derivate dall'avere considerato un valore di portata comunque compreso tra quello corrispondente a $Tr=30$ anni e 6h e quello corrispondente a $Tr=200$ anni e stessa durata. Il caso corrispondente al T. Tora è per esempio indicato in Figura 41.

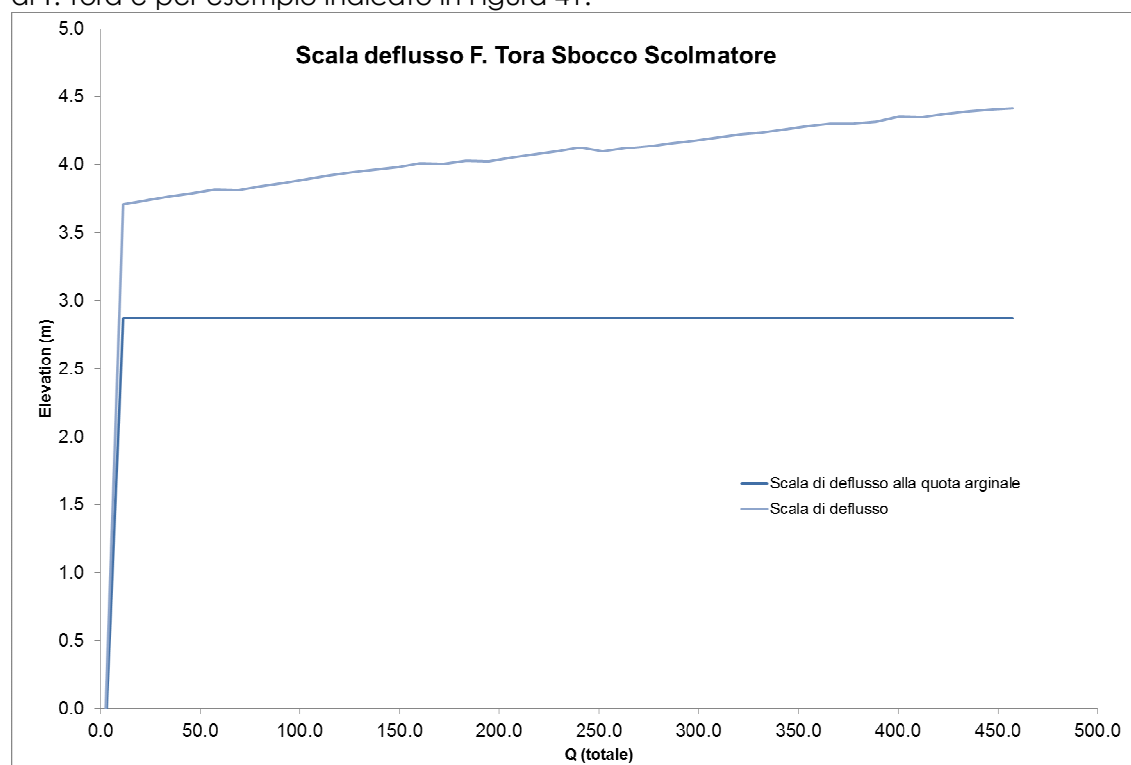


Figura 41 Scala deflusso alla sezione terminale del T. Tora

Si fa presente comunque che l'effetto di rigurgito indotto dallo Scolmatore ha effetto per tratti limitati (circa 500 m) a monte delle confluenze. Nei paragrafi successivi si riportano i risultati ottenuti al termine della simulazione, realizzata considerando le aste fluviali di maggior interesse idraulico.

Per i corsi d'acqua regolati da pompe di sollevamento si è fatto riferimento ad una condizione al contorno di moto uniforme con pendenza di fondo pari a 0.005.

4.2.1 RISULTATI RELATIVI AI CORSI D'ACQUA DEL BACINO

La simulazione idraulica è stata effettuata per tempi di ritorno pari a 20, 30, 100, 200 e 500 (Figura 42).



53/92

	River	Reach	RS	Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
1	A.Salsa	A.Salsa	365	10.26	11.90	17.08	20.19	24.46
2	A.Salsa	A.Salsa	342	6.69	10.83	22.64	33.14	48.93
3	A.Salsa	A.Salsa	309	21.20	28.46	46.08	60.48	81.88
4	A.Salsa	A.Salsa	233	35.96	41.23	63.12	93.13	122.90
5	A.Salsa	A.Salsa	115	35.96	41.23	71.53	93.13	122.90
6	A.Salsa	A.Salsa	104	35.25	40.56	70.99	91.57	119.21
7	A.Salsa	A.Salsa	14.7	38.10	44.48	74.05	92.14	116.20
8	Antifossetto	Grecciano	76	19.03	21.73	29.24	35.80	43.07
9	Antifossetto	Grecciano	66	23.68	26.99	36.41	44.10	52.89
10	Antifossetto	Antifossetto	58	38.71	44.71	63.22	25.72	91.58
11	Antifossetto	Antifossetto2	12	59.80	69.17	98.65	117.07	141.30
12	Cateratto	Cateratto	113	7.78	8.83	12.19	14.19	16.92
13	Chiaviche Est	Chiaviche Est	133	2.59	2.96	4.10	4.79	5.73
14	Chiaviche Est	Chiaviche Est	7	6.13	7.02	9.77	11.39	13.69
15	E. Bientina	E. Bientina	40	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
16	F. Chiara	F. Chiara	32	33.83	37.93	50.76	72.00	68.50
17	F.Fattoria	F.Fattoria Monte	1027	6.45	7.39	10.34	12.10	14.51
18	F.Fattoria	F.FattoriaMonte2	109	28.69	32.54	44.52	51.73	61.31
19	F.Fattoria	F.FattoriaV1	24	42.10	47.57	64.56	74.72	88.33
20	Fontino	Fontino	16	9.37	11.01	16.29	19.50	23.88
21	Fosso Fologno	Fosso Fologno	42	7.33	8.31	11.35	13.20	15.67
22	Fosso Fologno	Fosso Fologno	36	8.67	9.76	13.17	15.30	18.11
23	Fosso Fologno	Fosso Fologno	32.1	9.39	10.66	14.60	17.02	20.17
24	Fosso Fologno	Fosso Fologno	24	17.51	19.72	26.57	30.72	36.31
25	Fosso Fologno	Fosso Fologno	14	19.53	22.00	29.77	34.46	40.73
26	Interporto	Colatore_Nord	68	6.03	6.85	9.38	10.90	12.96
27	Interporto	Colatore_Nord	63	13.83	15.58	20.94	24.10	28.44
28	Interporto	Colatore-Nord2	75	7.80	8.73	11.56	13.20	15.48
29	Interporto	Colatore Nord1	59	16.42	18.52	24.96	28.76	33.97
30	Interporto	Colatore Sud	32	0.88	1.04	1.53	1.83	2.26
31	Interporto	Colatore Sud	22	1.65	1.95	2.88	3.46	4.27
32	Interporto	Colatore Sud	16	5.20	6.06	8.78	10.45	12.75
33	Interporto	Colatore Sud	15	6.82	7.90	11.29	13.36	16.20
34	Interporto	Colatore Ovest	51	1.65	1.87	2.55	2.96	3.51
35	Isola	Isola	39	64.75	64.62	112.34	134.69	165.17
36	Isola	Isola2	30	81.23	84.16	141.09	169.12	207.46
37	Lenze	Lenze	18	3.55	4.05	5.62	6.55	7.82
38	Lenze	Lenze	12	5.91	6.74	9.34	10.89	12.99
39	Magrignano	Magrignano1	23	2.52	2.90	4.08	4.78	5.75

40	Magrignano	Magrignano_Monte	30	8.07	9.31	13.24	15.60	18.83
41	Magrignano	MagrignanoValle	17	12.89	14.85	21.04	24.74	29.82
42	Magrignano	MagrignanoValle	11	16.07	18.52	26.25	30.87	37.22
43	Magrignano	Magrignano2	5	16.17	18.51	25.87	30.26	36.22
44	Magrignano	Magrignano3	1.9	25.54	29.52	42.16	49.76	60.10
45	Puzzolente	Puzzolente	7	53.00	60.80	85.50	100.40	121.00
46	Scolmatore	Scolmatore	93	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
47	Scolmatore	Scolmatore2	72.1	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
48	Scolmatore	Scolmatore3	48.1	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
49	Scolmatore	Scolmatore4	10	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
50	Scolmatore	Scolmatore5	8	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
51	Scolmatore	Scolmatore5.1	7	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
52	Scolmatore	Scolmatore6	6	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
53	Tanna	Nugola	5	23.35	26.95	38.29	45.09	54.38
54	Tanna	Tanna1	31	29.21	34.40	51.15	61.38	75.45
55	Tanna	Tanna2	22	52.55	61.35	89.44	106.47	129.83
56	Tanna	Tanna2	12	60.06	70.13	102.24	121.71	148.43
57	Tanna	Tanna2	6	71.52	83.51	121.70	144.84	176.63
58	Tanna	Tanna2	3	96.09	82.57	139.01	164.94	200.53
59	Tavola	Tavola	5	20.82	24.44	36.11	43.21	52.97
60	Tora	Tora	44	133.87	149.19	220.85	260.80	315.28
61	Tora	Tora	42	149.88	167.84	247.95	294.11	354.47
62	Tora	Tora_2	23	191.57	216.52	319.06	377.59	457.70
63	Tora Vecchia	Tora Vecchia 1	24	13.41	15.03	20.04	22.99	27.02
64	ugione	medio	69	60.20	69.50	99.40	117.60	142.90
65	ugione	valle	30	113.20	130.30	184.90	218.00	263.90
66	ugione	valle	2.4	147.40	167.40	231.00	269.80	323.70

4.2.1.1 FIUME ISOLA

Il Fiume Isola presenta insufficienze diffuse in gran parte del tratto analizzato, anche per portate con tempi di ritorno ridotti. Il corso d'acqua non risente del rigurgito dello Scolmatore dell'Arno (il cui fondo è circa 3 m più basso), da cui è idraulicamente sconnesso dalla presenza di una bocca tarata con soglia sfiorante (Figura 43). Tale opera risulta inadeguata per la portata duecentennale e produce, comunque, un innalzamento del profilo liquido anche per le portate inferiori. Il profilo liquido (Figura 44) si mantiene per quasi tutto il tratto in esame superiore alla quota arginale specialmente a partire dalle sezioni 8- (Figura 45) e procedendo verso monte. Altra insufficienza significativa si registra all'altezza dei ponti che sono ubicati in corrispondenza della confluenza con il torrente Tavola (Figura 46).

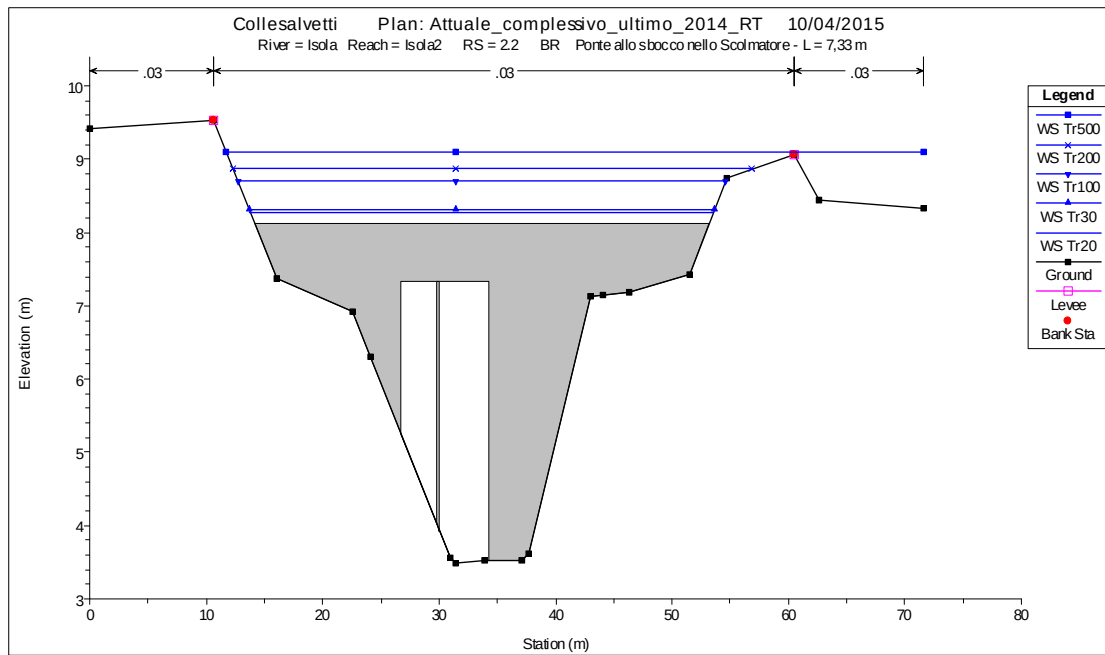


Figura 43 Fiume Isola Bocca tarata alla confluenza con lo Scolmatore

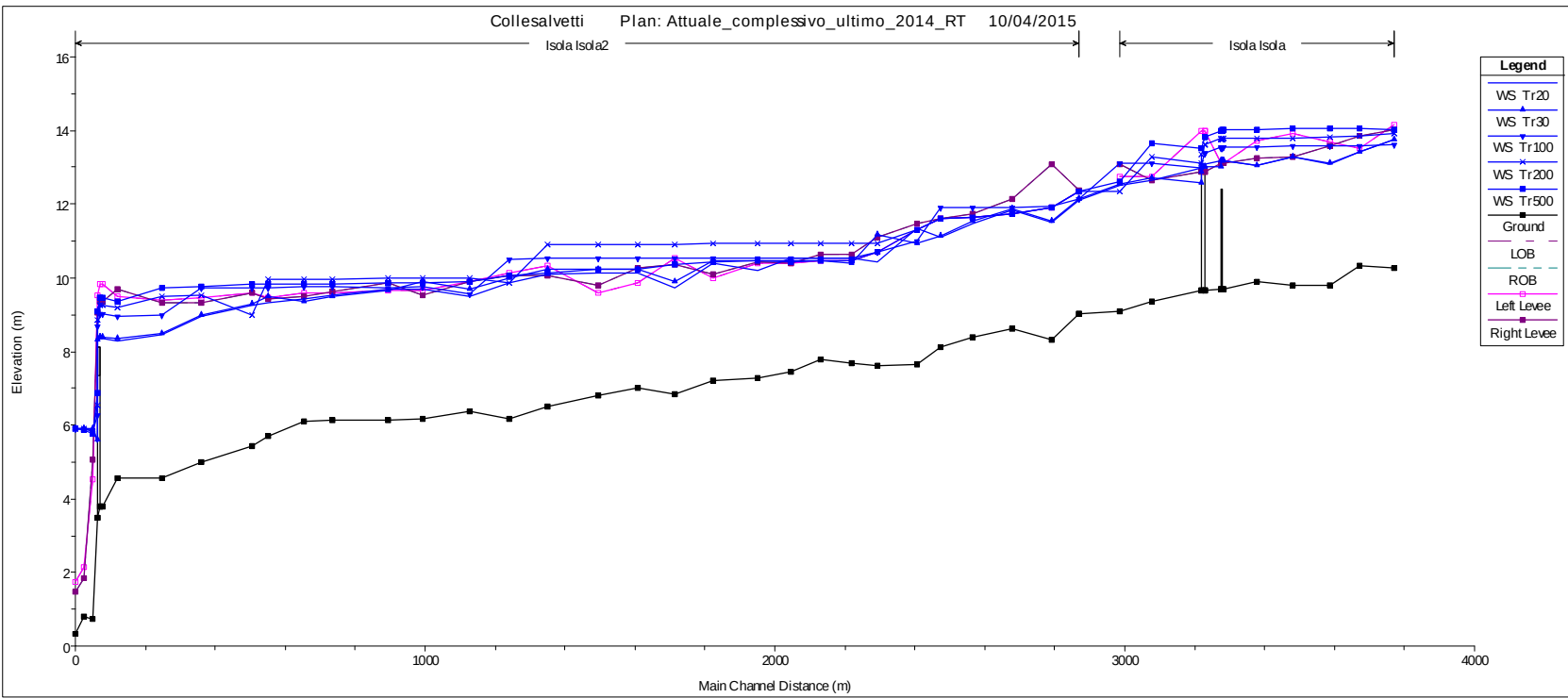


Figura 44 Profilo liquido del Torrente Isola

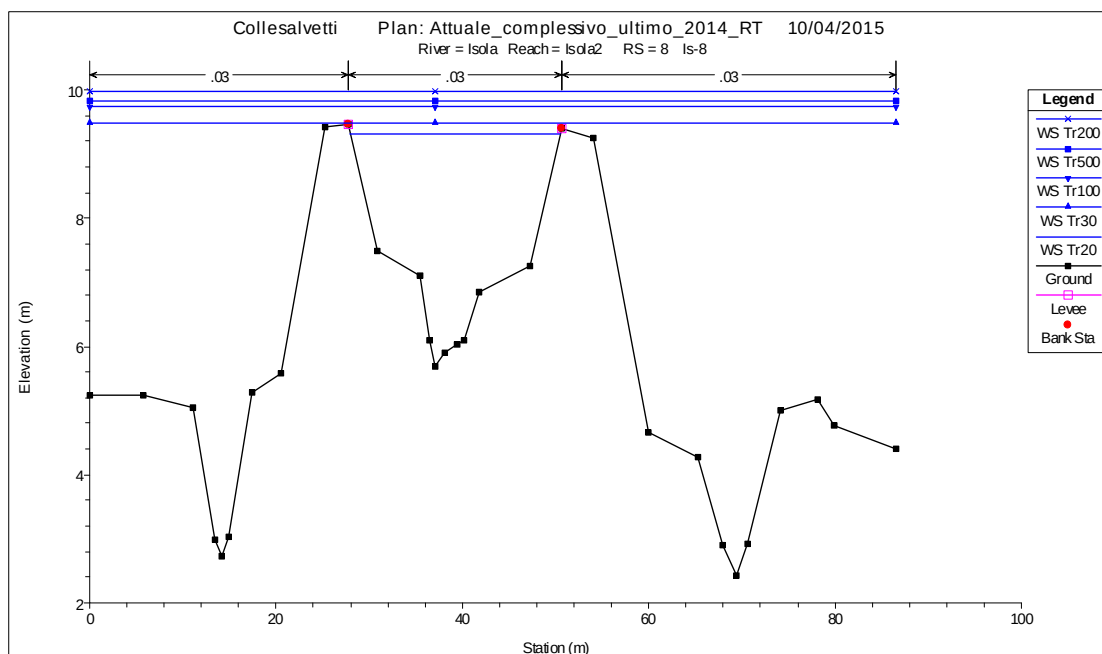


Figura 45 Sezione IS-8- insufficienza per le portate investigate

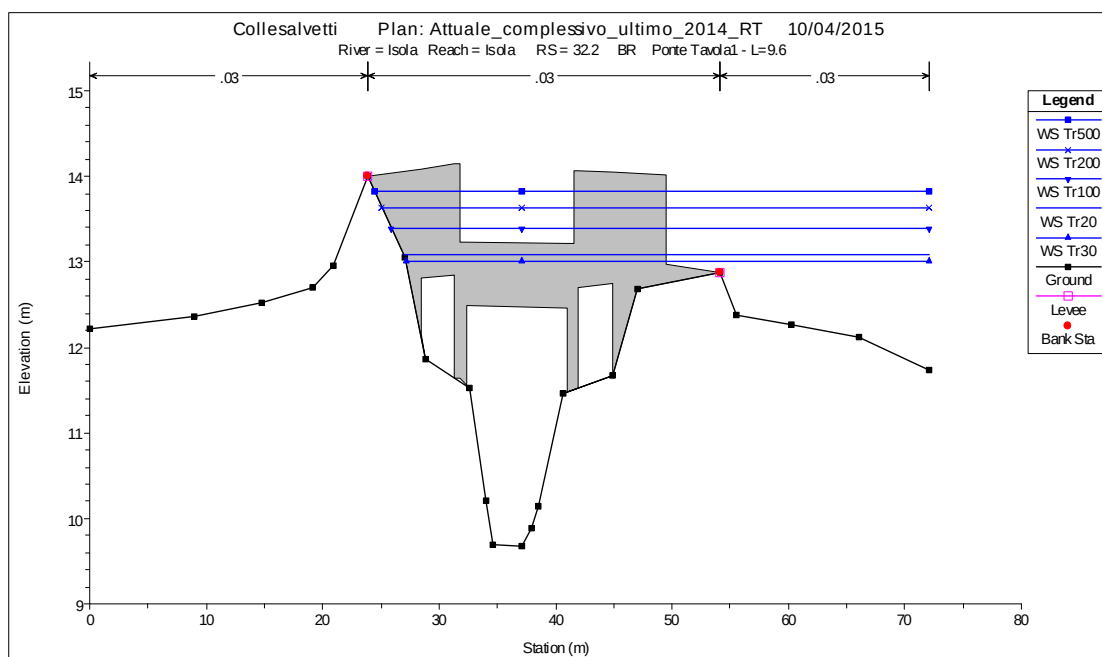


Figura 46 Fiume Isola- Ponte Tavola

4.2.1.2 Fosso Fologno

Il Fosso Fologno presenta sezioni generalmente insufficienti sia per il deflusso della portata duecentennale che per il deflusso di portate con Tr=30 anni e Tr=20 anni (Figura 47).

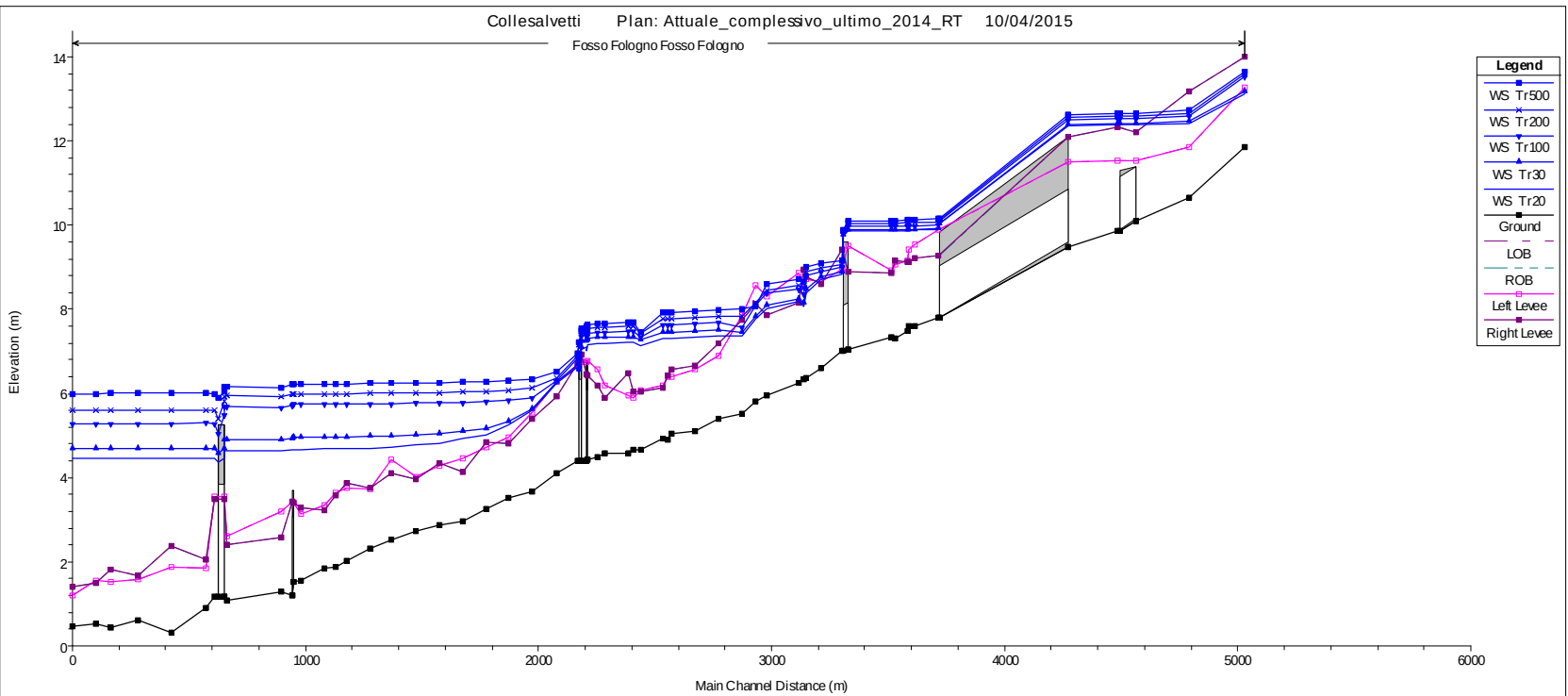


Figura 47 Profilo idraulico del Fosso Fologno

Altre criticità sono presenti in prossimità dell'abitato di Vicarello e nella parte terminale in corrispondenza dell'immissione sul fosso Fattoria.



Quasi parallelamente allo Scolmatore dell'Arno scorre l'Antifossetto, un corso d'acqua lungo circa 13 Km lungo il quale le portate duecentennali vengono smaltite in sicurezza solo nel tratto iniziale (Figura 49).

Da notare l'interrimento del tratto terminale (di competenza del F. Torretta) dovuto sia al rallentamento della corrente nel tratto vallivo sia alla scarsa capacità di ricezione dello Scolmatore dell'Arno.

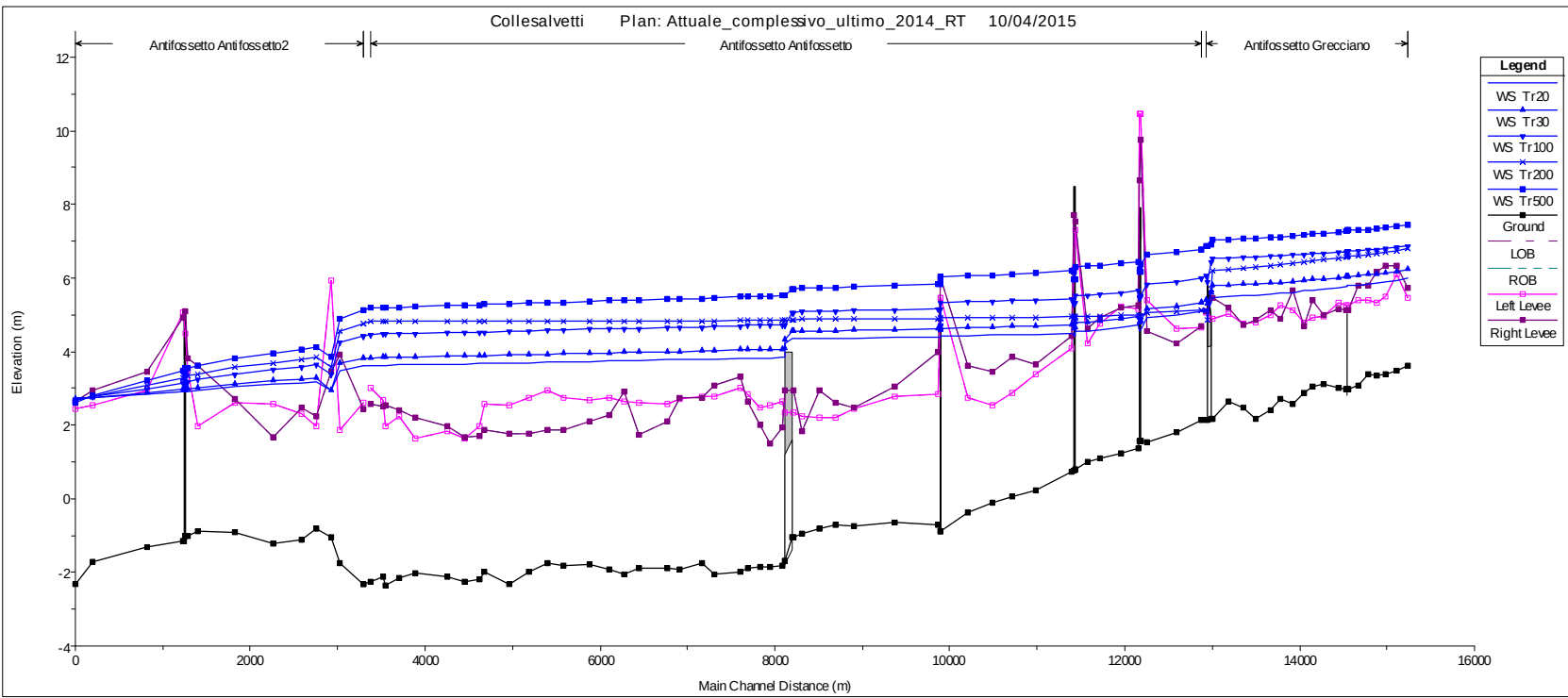


Figura 49 Profilo idraulico dell'Antifossetto-Torretta

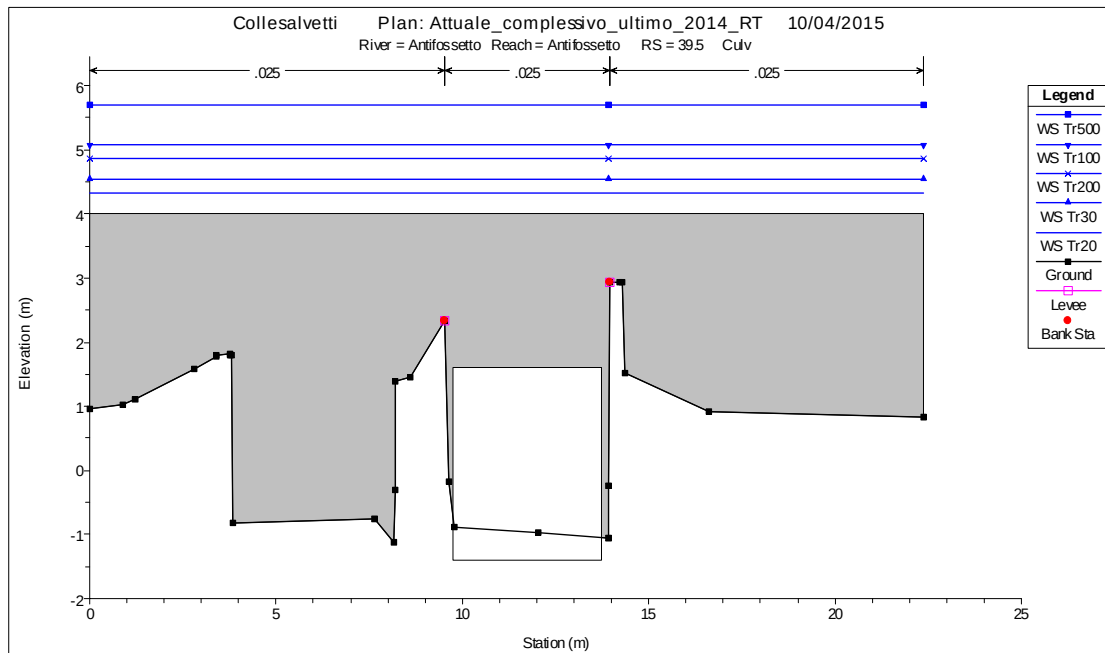


Figura 50 Antifossetto –botte a sifone-

Il tratto a valle risente del rigurgito dello Scolmatore e delle insufficienze diffuse che si verificano dopo l'abitato di Stagno. La vicinanza degli argini del F. di Fattoria, che scorre in adiacenza all'Antifossetto, contribuisce comunque a limitare l'espansione laterale della vena fluida nell'area dell'Interporto attenuando così i pericoli di esondazione (Figura 51).

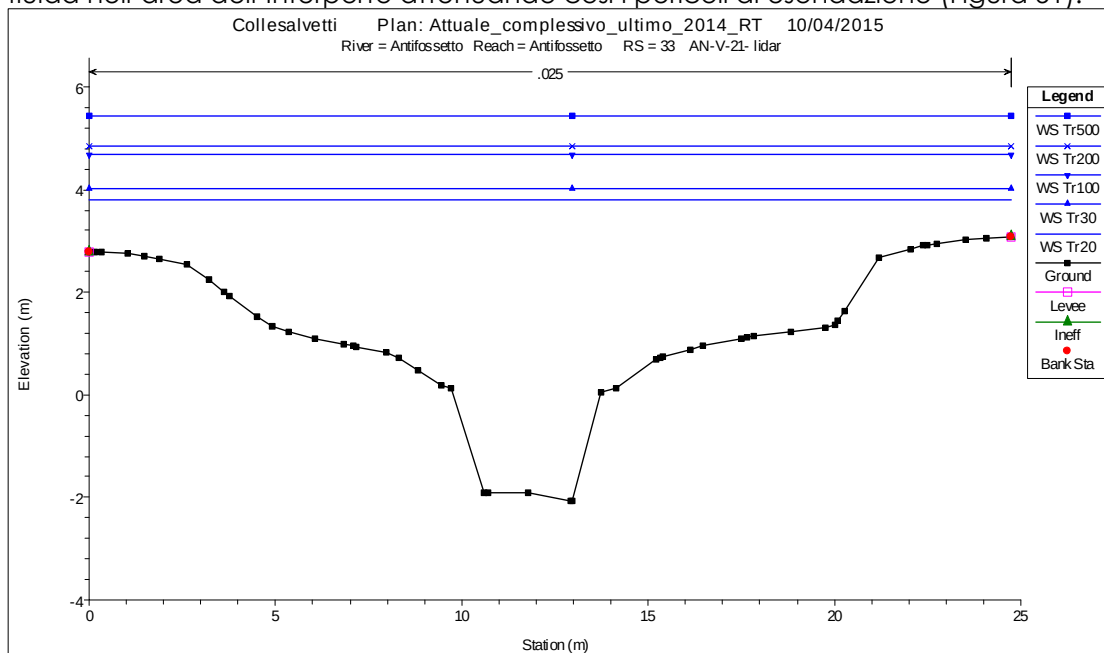


Figura 51 Antifossetto in corrispondenza dell'interporto

4.2.1.4 Fosso di Magrignano, Fontino e Fosso delle Lenze

Si tratta di corsi d'acqua di drenaggio della piana ad est dell'abitato di Vicarello e si immettono nell'Antifossetto. Tutti i fossi presentano insufficienze anche per bassi tempi di ritorno. La causa della bassa capacità di deflusso sono dovuti sia alla presenza di

attraversamenti sia alla riduzione di sezione dovuta all'interrimento. Da non trascurare inoltre gli effetti di rigurgito dell'Antifossetto.

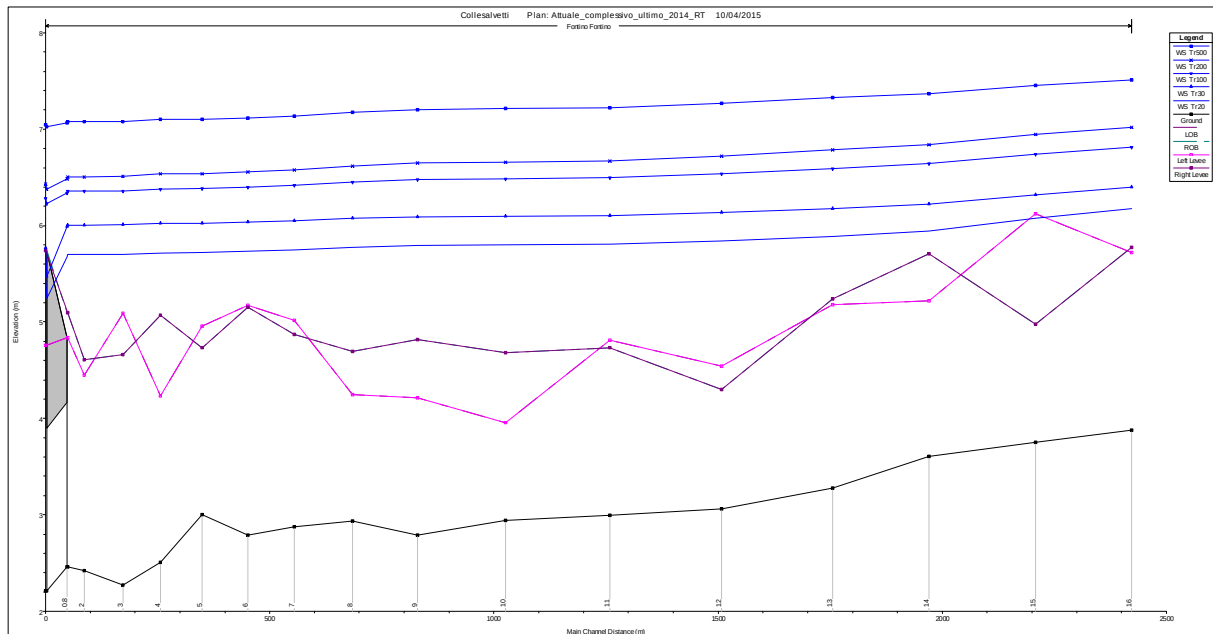


Figura 52 Fosso Fontino

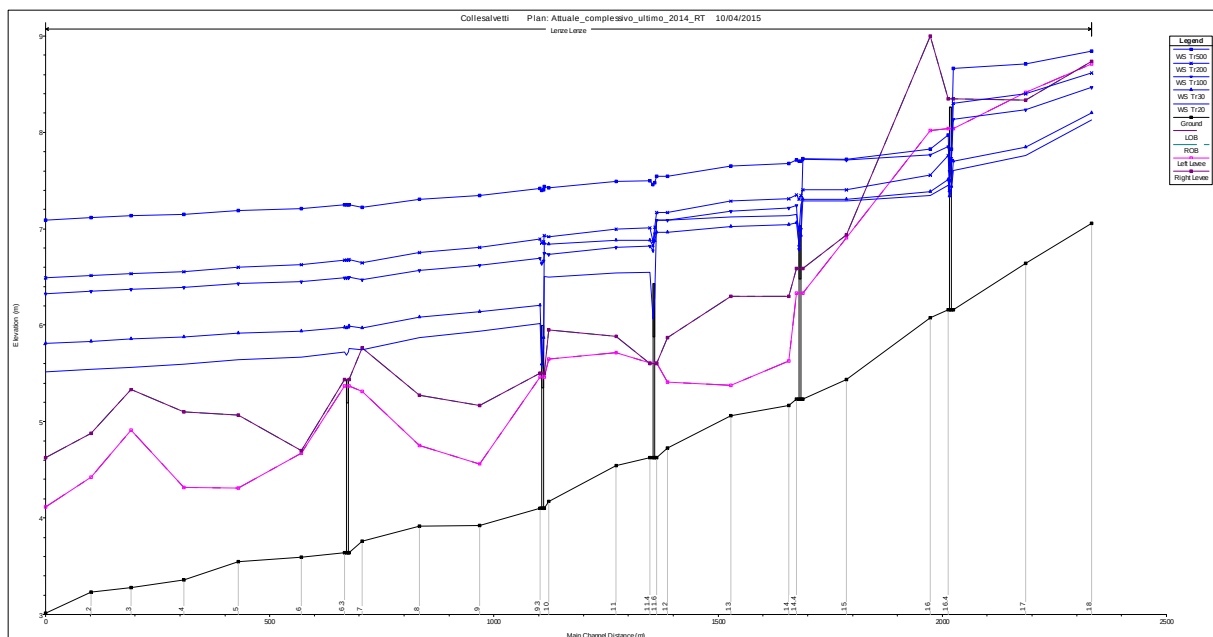


Figura 53 Fosso Lenze

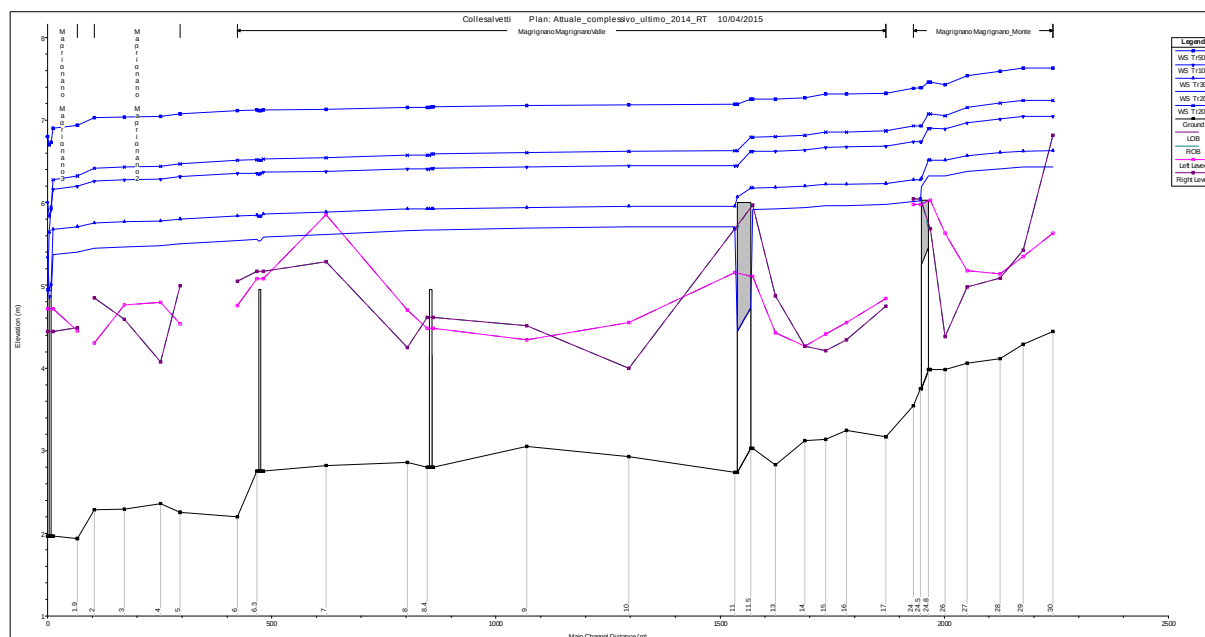
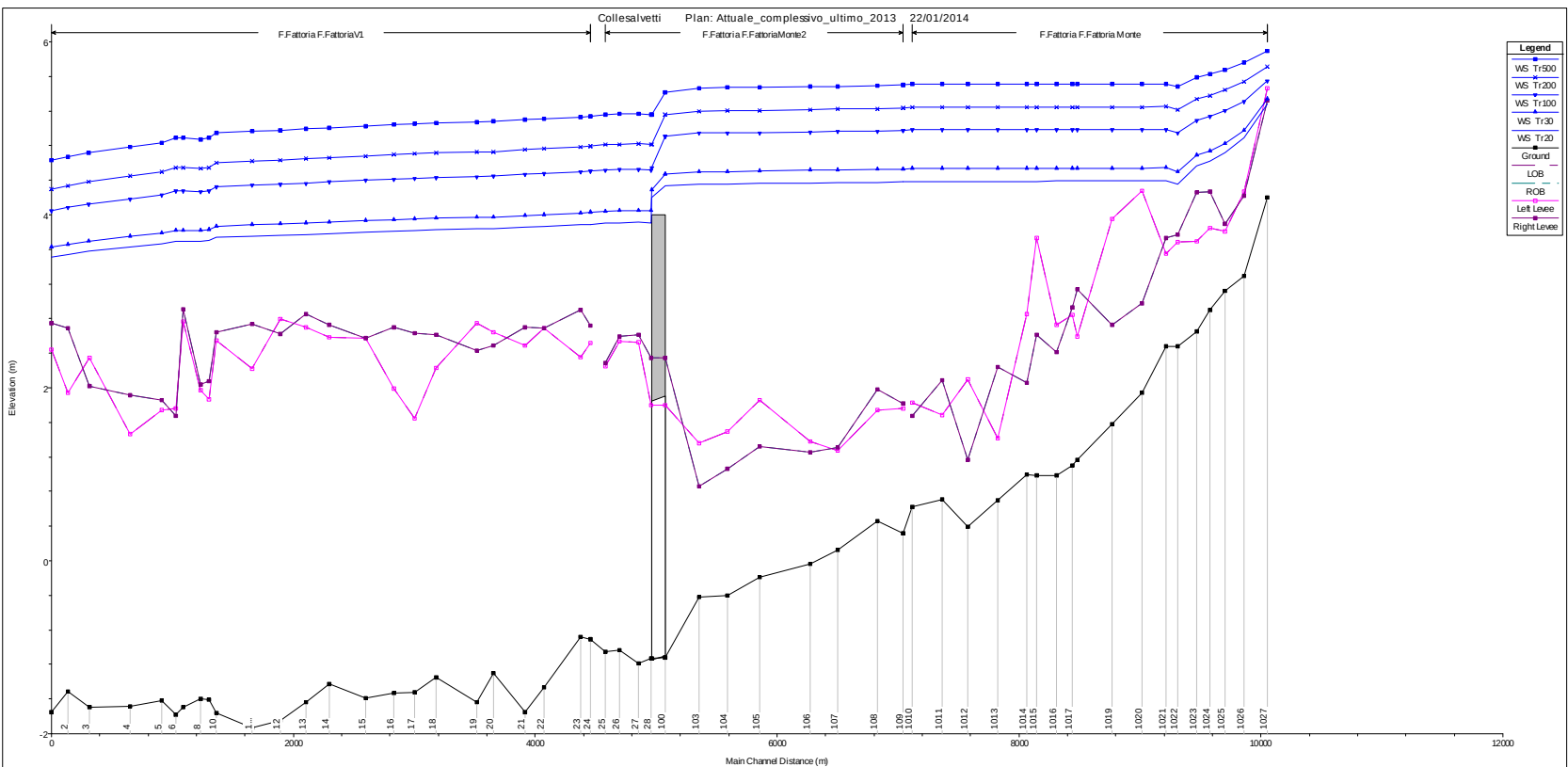


Figura 54 Fosso Magrignano

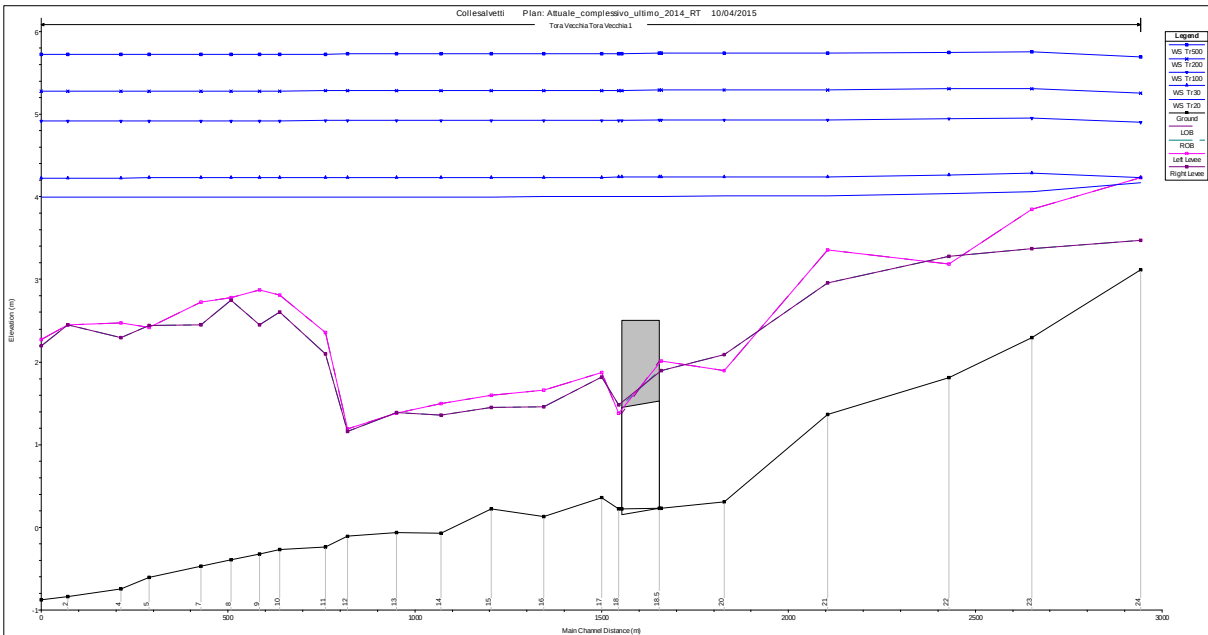
4.2.1.5 Antifosso di Fattoria

Per l'Antifosso di Fattoria valgono considerazioni analoghe a quelle dell'Antifossetto. Le problematiche si registrano in particolare in tutto il tratto iniziale fino alla botte a sifone sotto il T. Tora, con una formazione di un importante rigurgito che si riflette anche nel principale affluente (F. Fologno). A valle della botte a sifone continuano a verificarsi insufficienze diffuse dovute essenzialmente alle elevate portate teoriche che vi affluiscono. Problemi si registrano anche nel tratto iniziale (indicato come Fosso Perino).



4.2.1.6 F. Toravecchia

I principali problemi del F. di Toravecchia sono riferibili da una parte dalle insufficienze del sifone sotto il T. Tora e dall'altro dal rigurgito dovuto alla confluenza con il F. Fattoria. Da notare che l'ultimo tratto di corso d'acqua (circa 800m) è stato oggetto di un adeguamento arginale con innalzamento delle sponde rispetto ai tratti a monte.



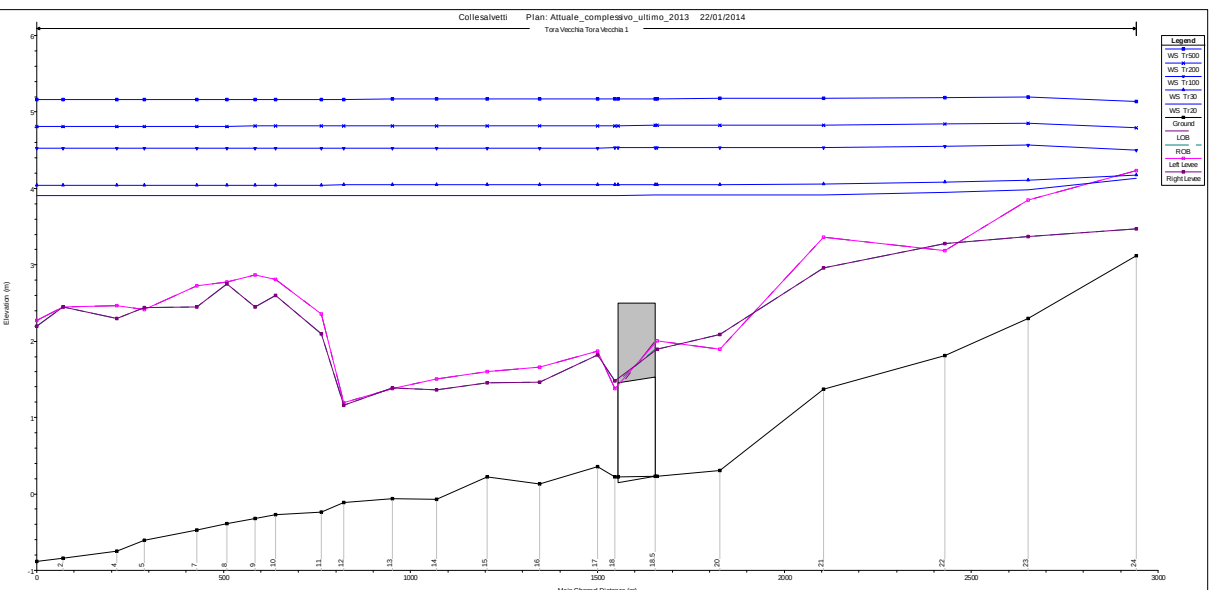


Figura 56 Profilo del Fosso Tora Vecchia

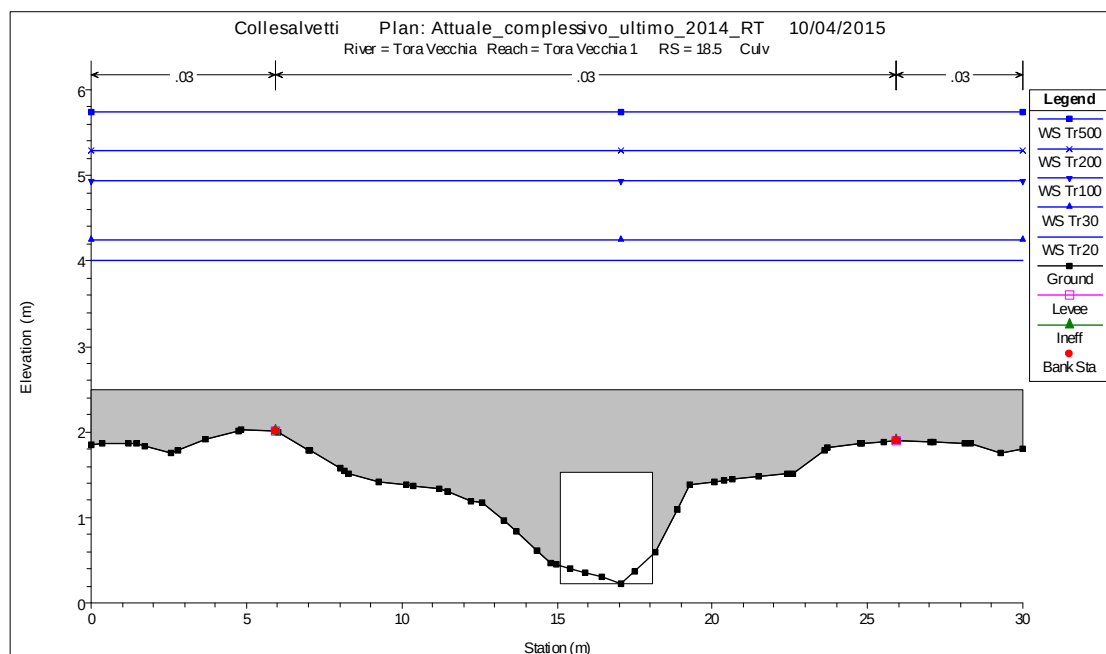


Figura 57 Sezione del sifone del Tora Vecchia sotto il T. Tora.

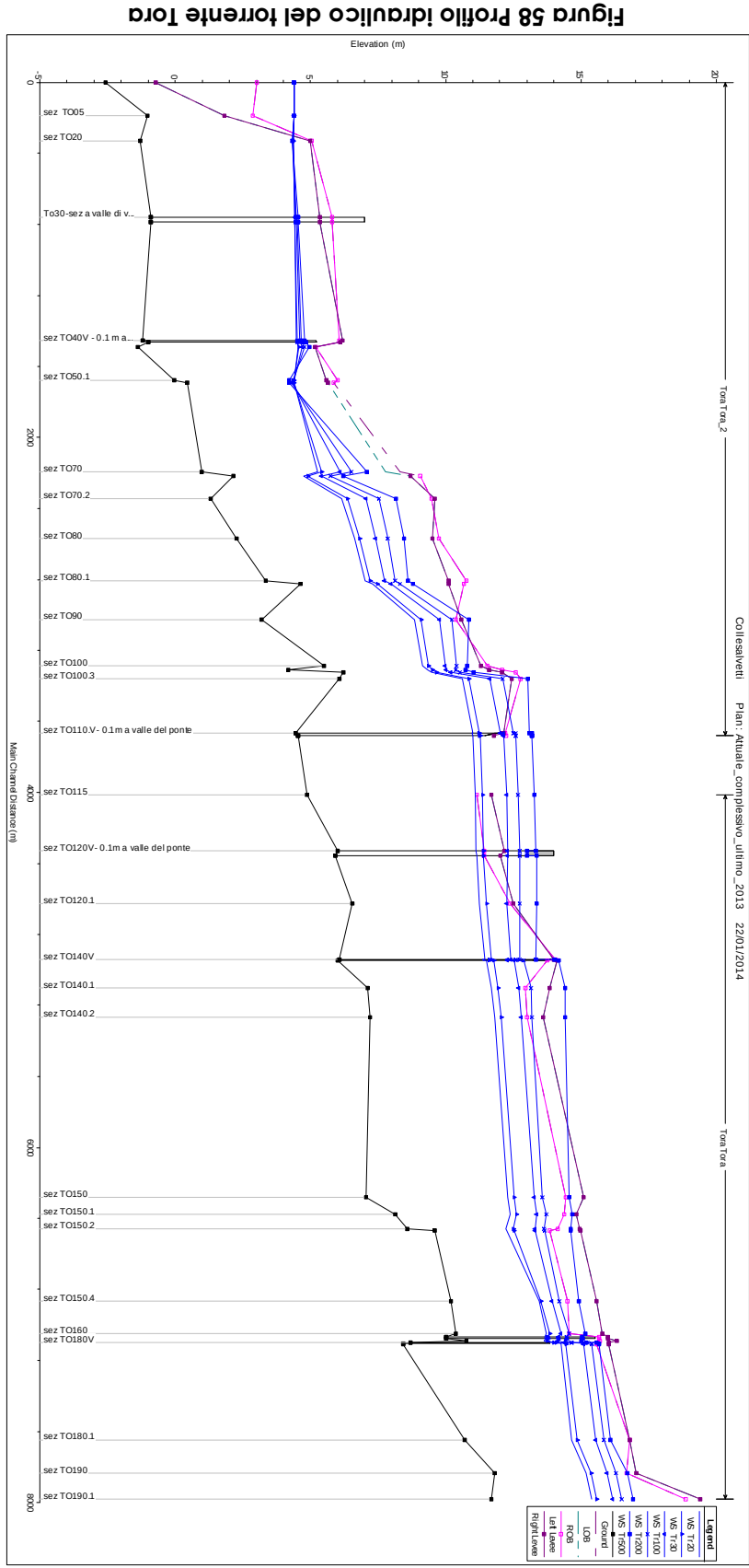
4.2.1.7 *Torrente Tora*

Il T. Tora è uno dei maggiori affluenti del Canale Scolmatore. Il tratto investigato che va dall'abitato di Collesalveti fino confluenza con lo Scolmatore si presenta regolare con una pendenza di circa lo 0.15. L'analisi del corso d'acqua ha evidenziato alcune criticità soprattutto a valle della confluenza con il fiume Tanna, dove la presenza di alcuni restringimenti artificiali determina l'innalzamento del profilo liquido ed il sormonto delle quote arginali della sponda in sinistra.

In generale, le sezioni idrauliche del Tora risultano adeguate a contenere piene con tempi di ritorno pari fino alla trentennale mentre risulta inadeguata per la portata duecentennale (Figura 58).

Più precisamente si verificano sormonti nel tratto compreso fra la sezione TO-100 e la sezione TO 140, relativa al ponte in località Le Murelle (Figura 60).

Si fa presente che il tratto terminale (dalla sezione TO-40 verso valle per una lunghezza di circa 1500 m) risente del rigurgito dello Scolmatore. Pertanto con condizioni al contorno diverse da quelle assunte nel presente modello si possono verificare aumenti delle quote liquidi con possibili sormonti delle quote arginali.



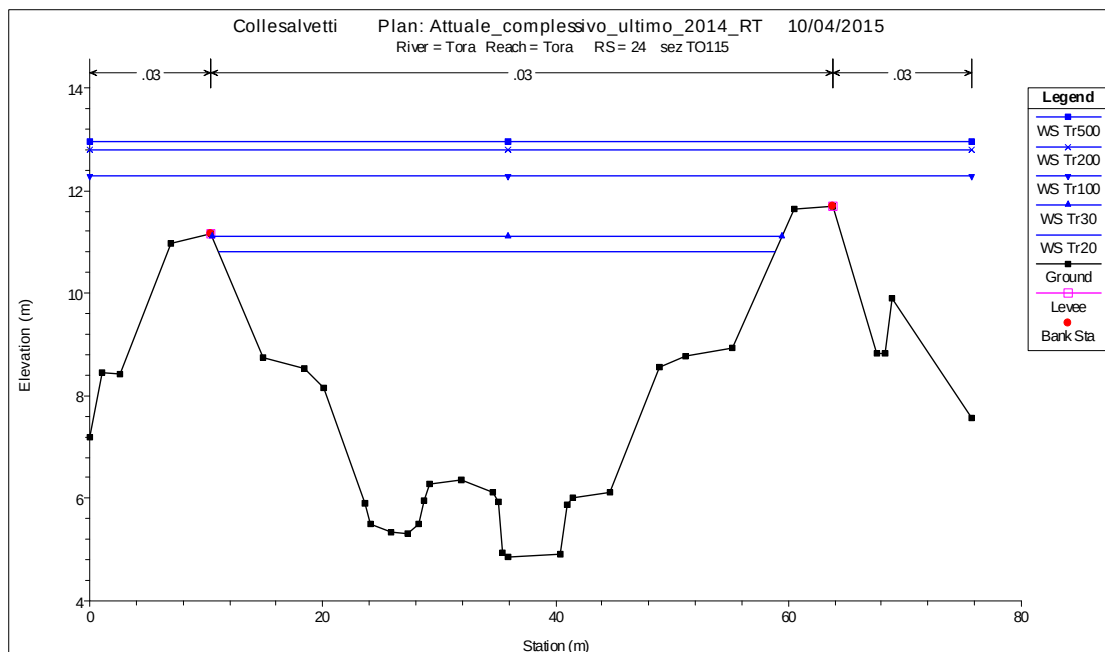


Figura 59 Sez. TO-115 -stato attuale-

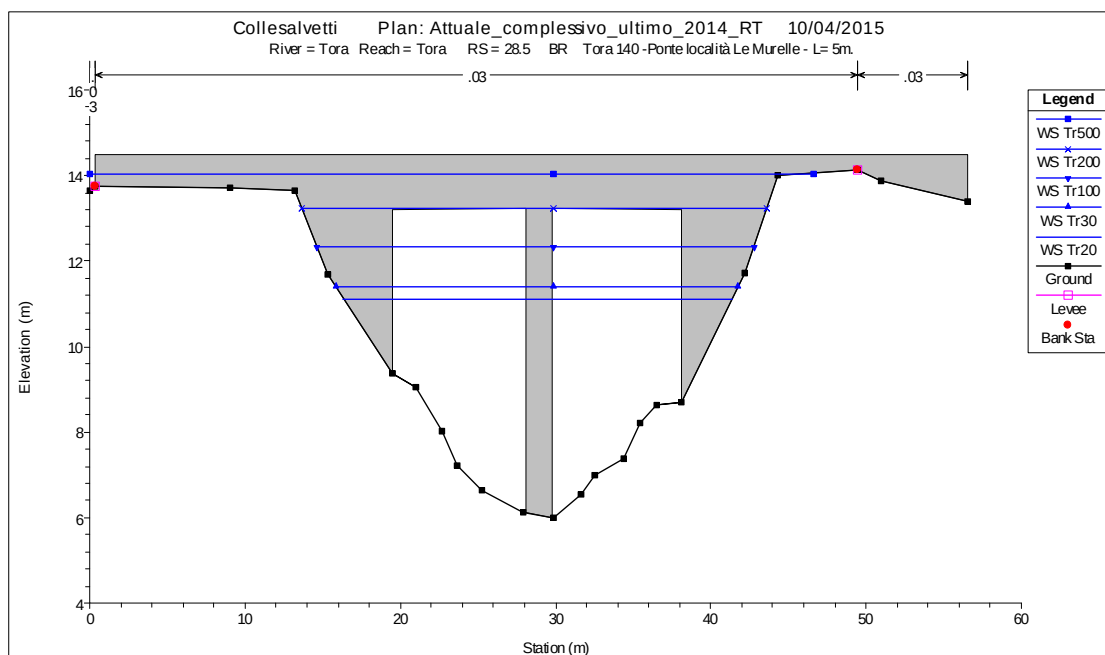


Figura 60 Sez. TO-140 ponte in località Le Morelle -stato attuale-

4.2.1.8 T. Tanna e Nugola

Il torrente Tanna è il principale affluente del T. Tora e risente in particolare degli effetti di rigurgito alla confluenza in particolare per la presenza del ponte sulla ex SS555. Si evidenzia inoltre l'insufficienza dei principali attraversamenti sulla SP4 "delle Sorgenti" in particolare per gli eventi con $Tr > 30$ anni.

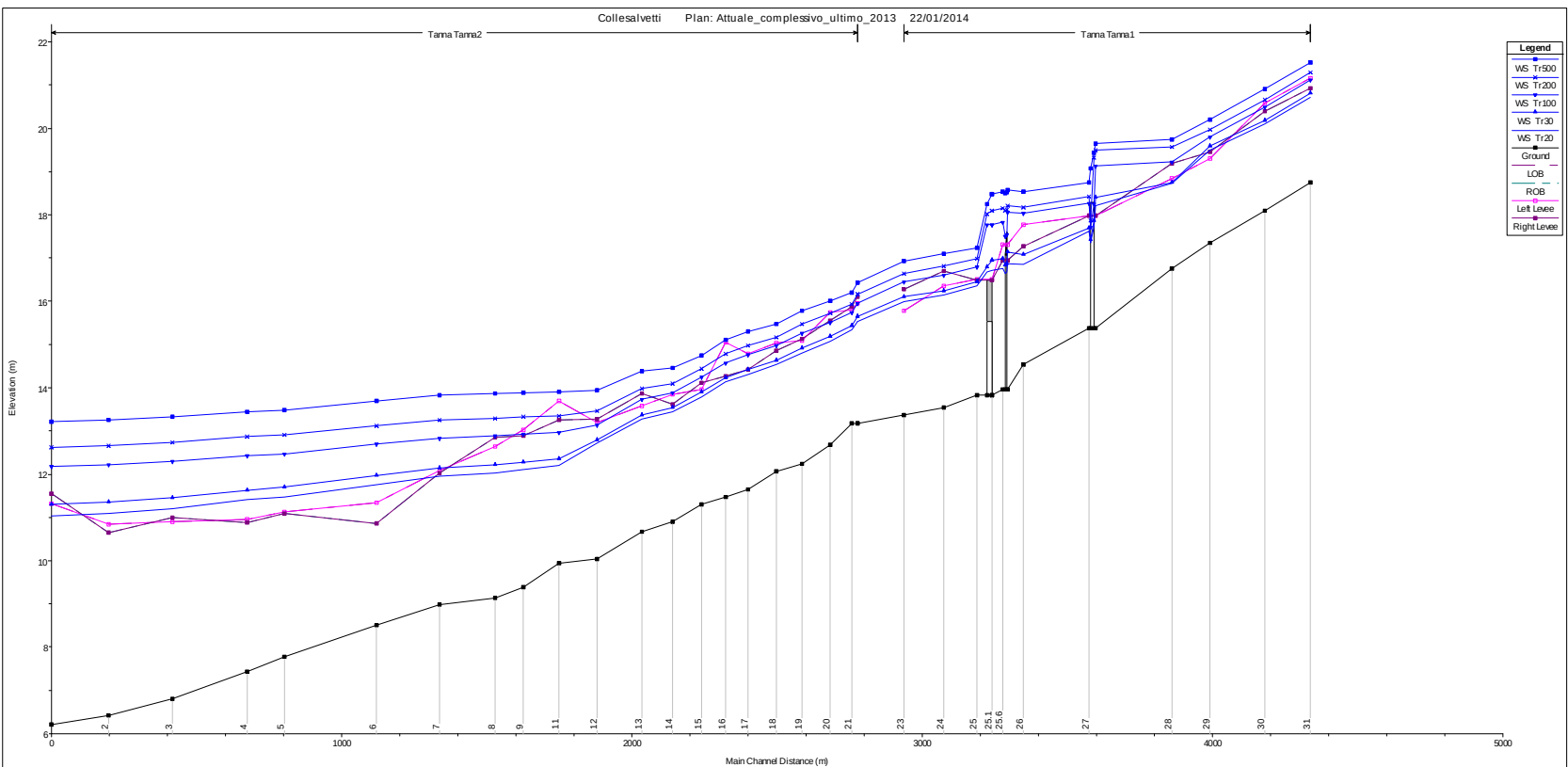


Figura 61 Profilo T. Tanna -stato attuale-

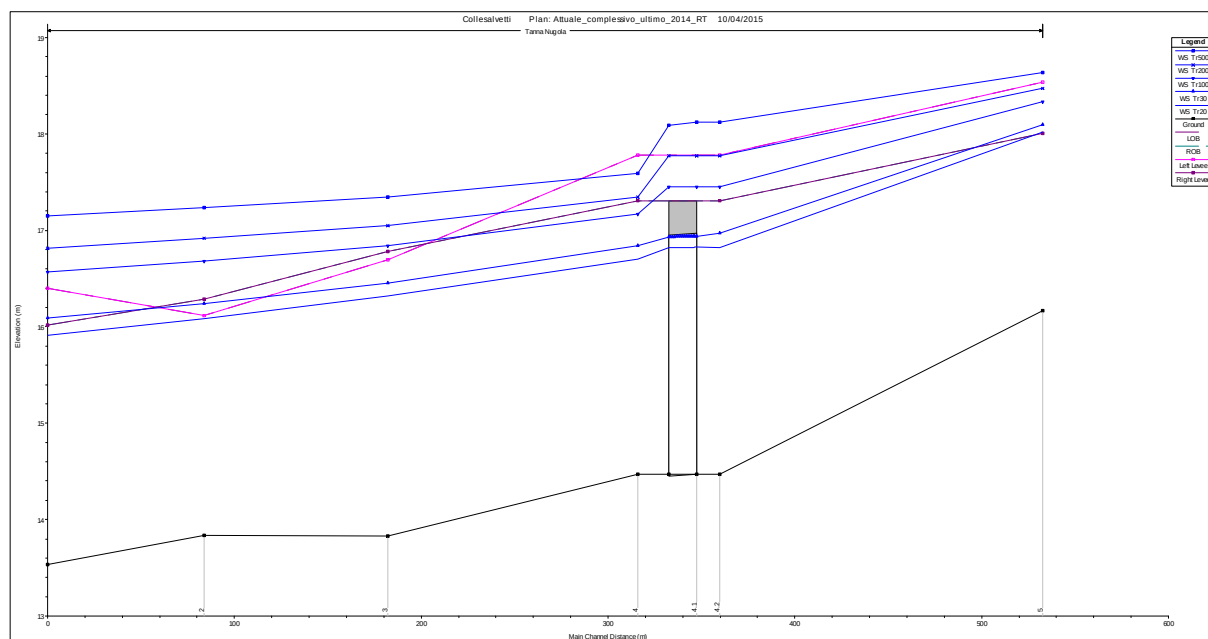
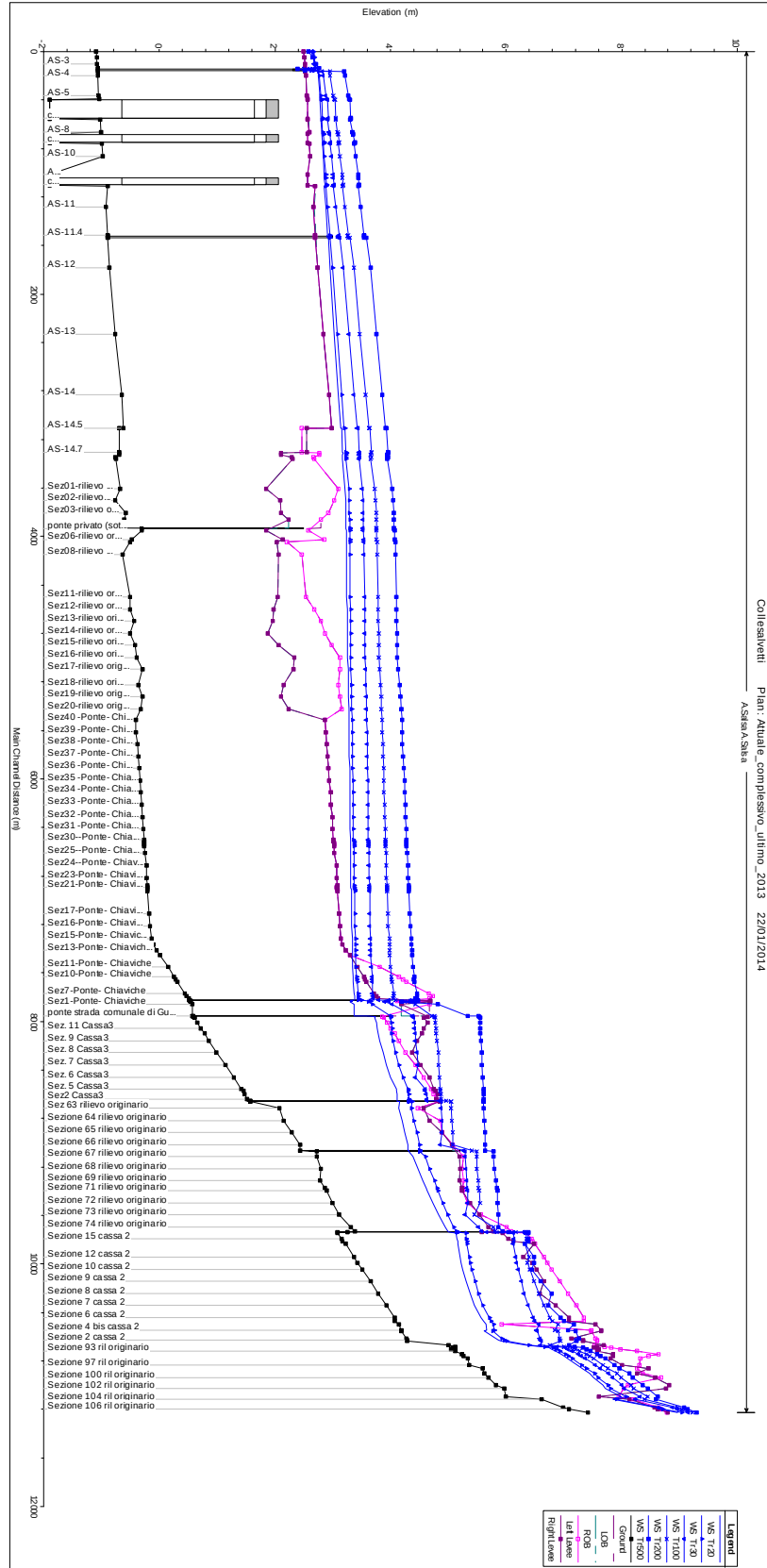


Figura 62 Profilo T. Nugola -stato attuale-

4.2.1.9 Fosso Acquasalsa

L'analisi dei profili evidenzia diffuse criticità specialmente a valle dei tratti recentemente oggetto di sistemazione da parte del Consorzio di Bonifica Fiumi e Fossi (sez. 202 di Figura 63).

Figura 63 Profilo idraulico del torrente Acquasalsa



I risultati ottenuti implementando il modello idraulico hanno permesso di osservare una diffusa inadeguatezza delle sezioni del corso d'acqua nei confronti di portate duecentennali e l'esistenza, lungo alcuni tratti, del rischio idraulico nei riguardi di eventi di piena con Tr pari a 20 e 30 anni.

In particolare, risulta insufficiente allo smaltimento di portate ventennali e trentennali il tratto terminale dell'Acquasalsa, compreso tra la sez. 202 e la 101 (Figura 64), ed il tratto iniziale compreso tra la sezione 17 e la sezione 14.5 dove si risente sia della limitata capacità di deflusso di alcuni attraversamenti sia del rigurgito dello Scolmatore (Figura 65).

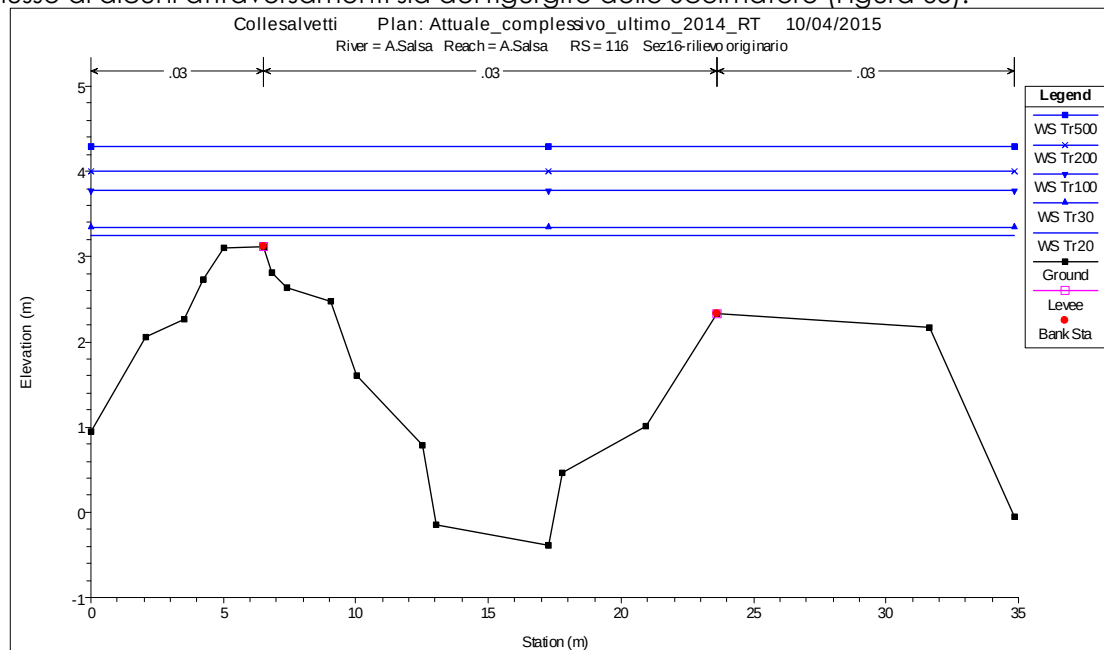


Figura 64 Acquasalsa sez. 116 –stato attuale-

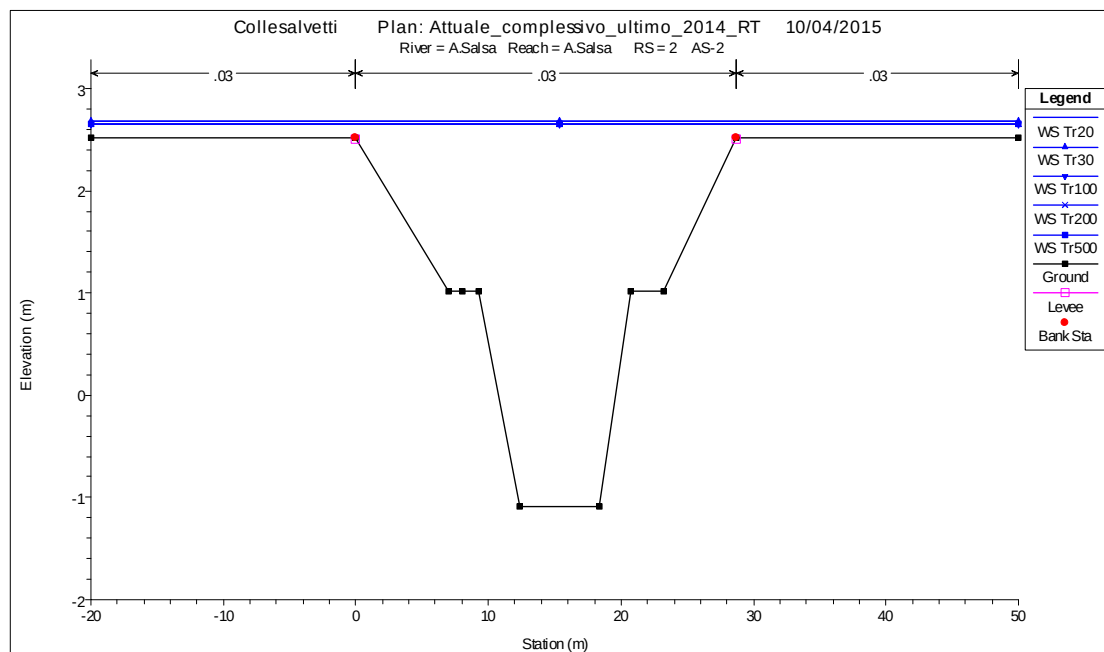


Figura 65 Acquasalsa 2 Sez. 16 –stato attuale-

4.2.1.10 Fosso Cateratto

Il Fosso del Cateratto defluisce nel F. dell'Acquasalsa a nord dell'abitato di Stagno in modo regolato da una paratoia a controllo manuale. Un impianto idrovoro della capacità di 1,2 m³/sec posto all'estremità meridionale del fosso consente di aumentarne la capacità di smaltimento specialmente in corrispondenza di eventi che richiedono di effettuare una disconnessione idraulica con il fosso dell'Acquasalsa. L'idrovoro scarica direttamente nel T. Ugione che non ne risulta praticamente influenzato sia per i diversi tempi di corrivazione sia per il fatto che vi defluiscono portate decisamente superiori. E' in fase di ultimazione un ulteriore impianto idrovoro da circa 0.7 m³/s da ubicare allo sbocco sull'Acqua Salsa. Nel presente studio si è fatta l'ipotesi semplificata che il corso d'acqua sia esclusivamente controllato con i sollevamenti meccanici.

L'analisi dei profili liquidi, anche per portate con tempi di ritorno ridotti, mostra insufficienze diffuse lungo l'intero corso d'acqua. Il livello liquido del corso d'acqua (Figura 66) si mantiene, per quasi tutto il tratto in esame, superiore alla quota arginale specialmente a partire dalle sezioni 20-21 (Figura 67) di valle. In ogni caso considerando uno sbocco libero non rigurgitato (con pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza di fondo) si evidenziano una serie di criticità ad entrambe le estremità specialmente con tempi di ritorno duecentennali.

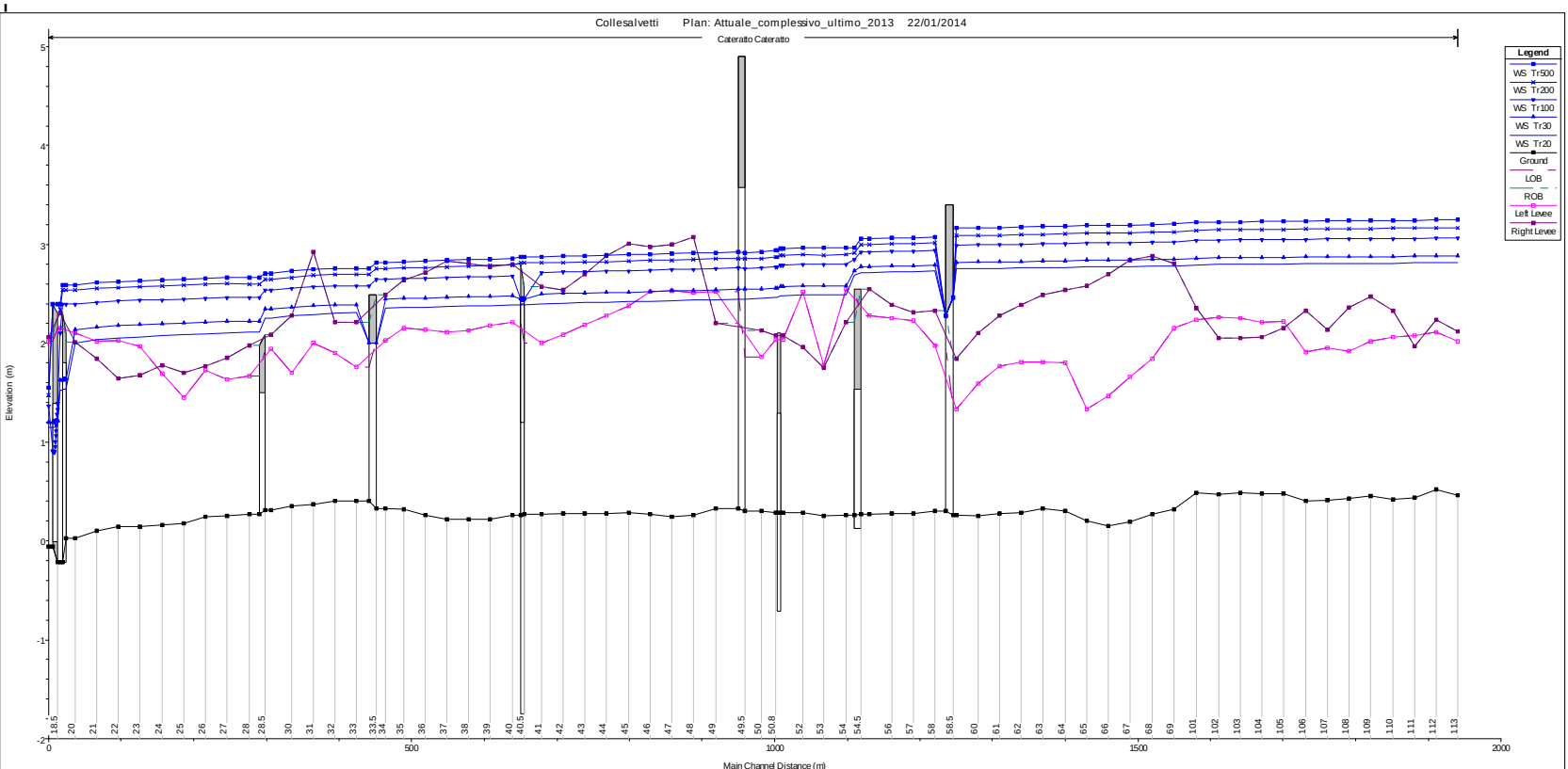


Figura 66 Profilo liquido del fosso Cateratto

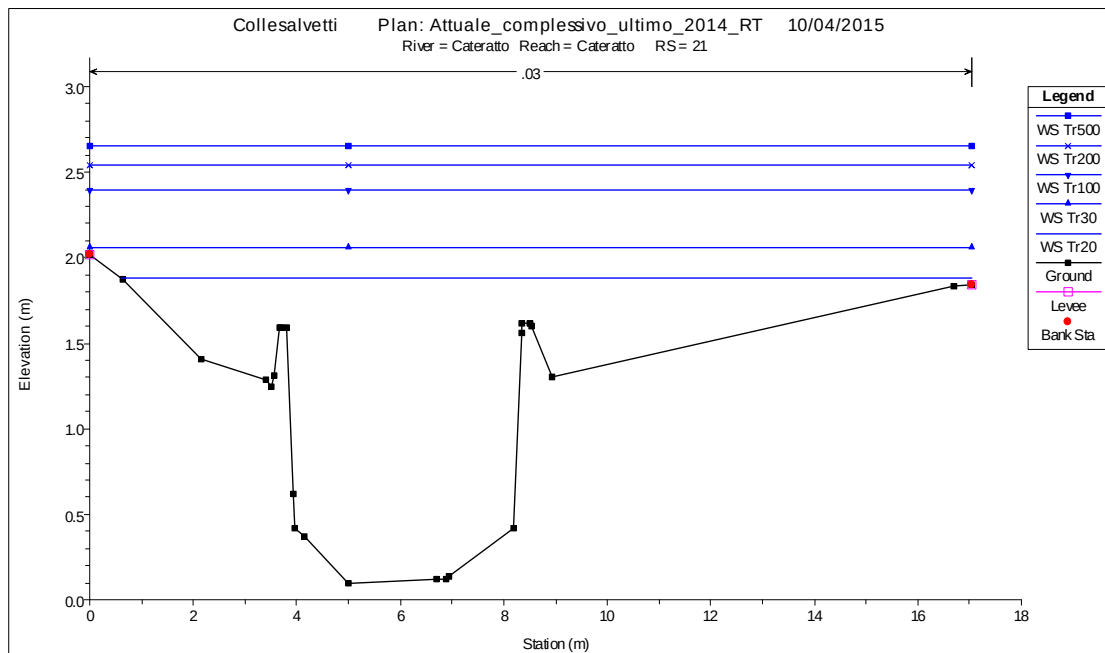
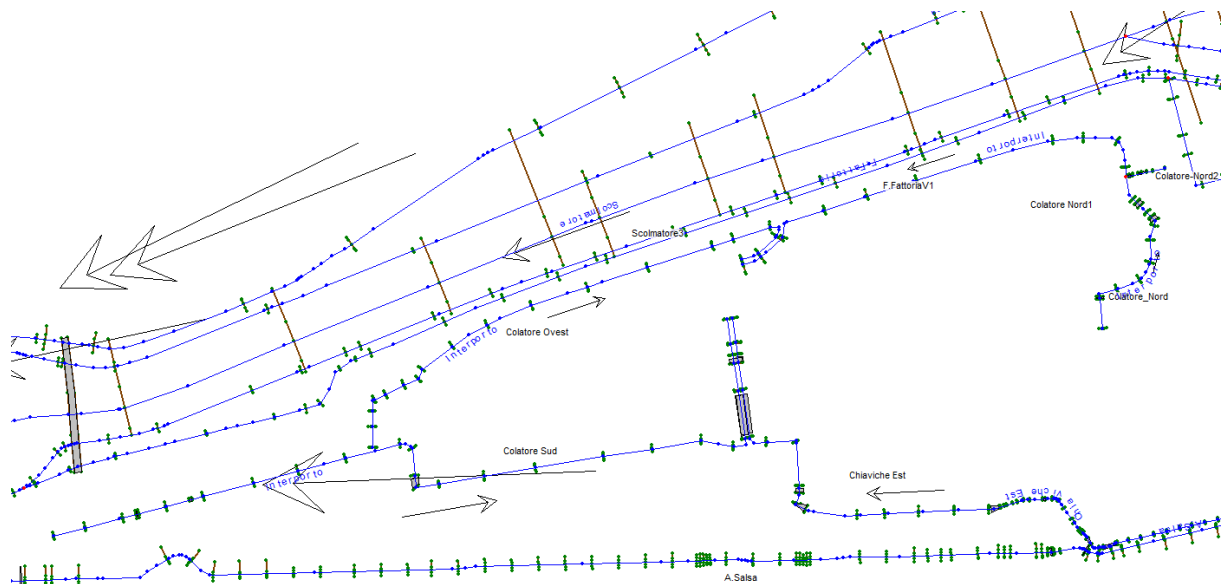


Figura 67 Cateratto Sez. 21 –stato attuale-

4.2.1.11 Rete interporto

La rete dell'Interporto è a sollevamento meccanico con un impianto idrovoro avente una capacità complessiva di circa 20 mc/s.



Assumendo condizioni al contorno di moto uniforme, si evidenzia complessivamente una insufficienza dei collettori a nord mentre il resto della rete presenta problemi connessi agli eventi più estremi ($Tr > 100$ anni). I recenti interventi presso il fosso delle Chiaviche hanno consentito di eliminare i problemi presso l'abitato di Guasticce mentre sussistono ancora problemi nel tratto in adiacenza alla ex SS555. Il colatore Ovest risulta in sicurezza per le

portate proprie del bacino, sebbene sia capace di ricevere anche le acque provenienti dal colatore sud, che presenta in corrispondenza dell'inizio del colatore ovest una sezione arginale ribassata.

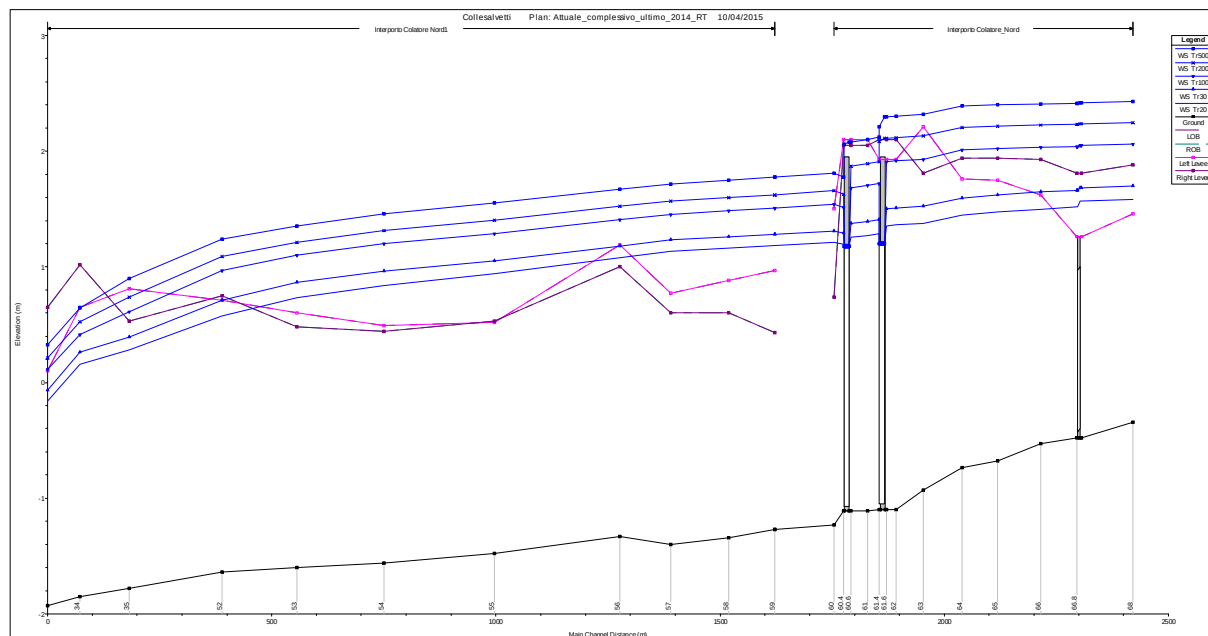


Figura 68 Colatore Nord

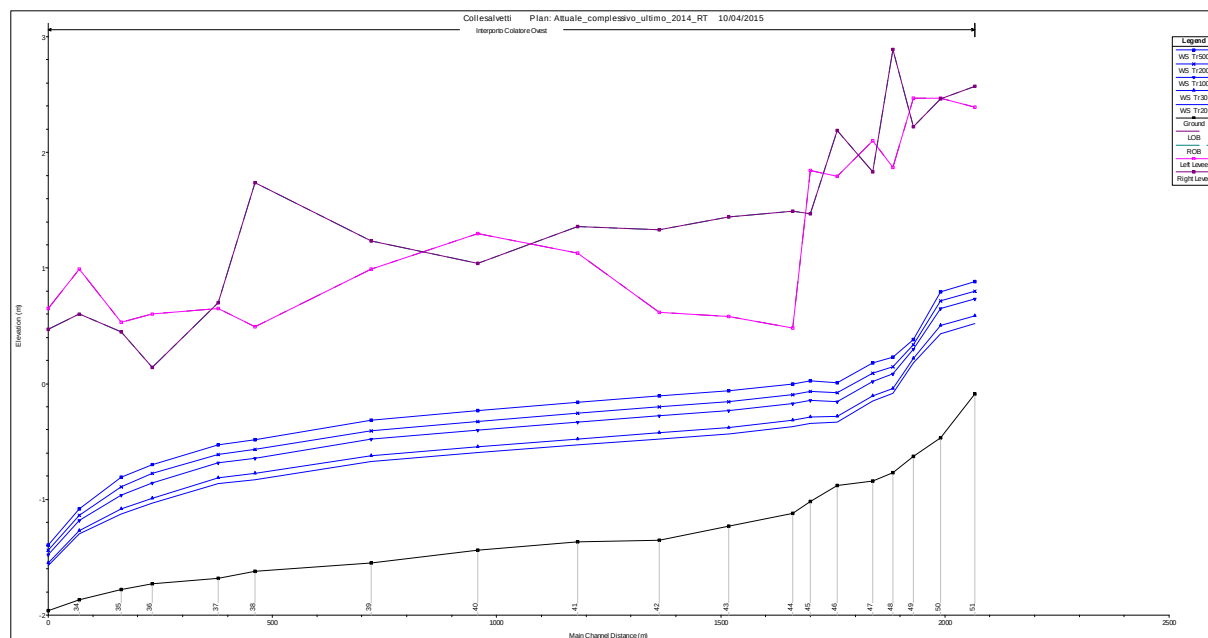


Figura 69 Colatore ovest

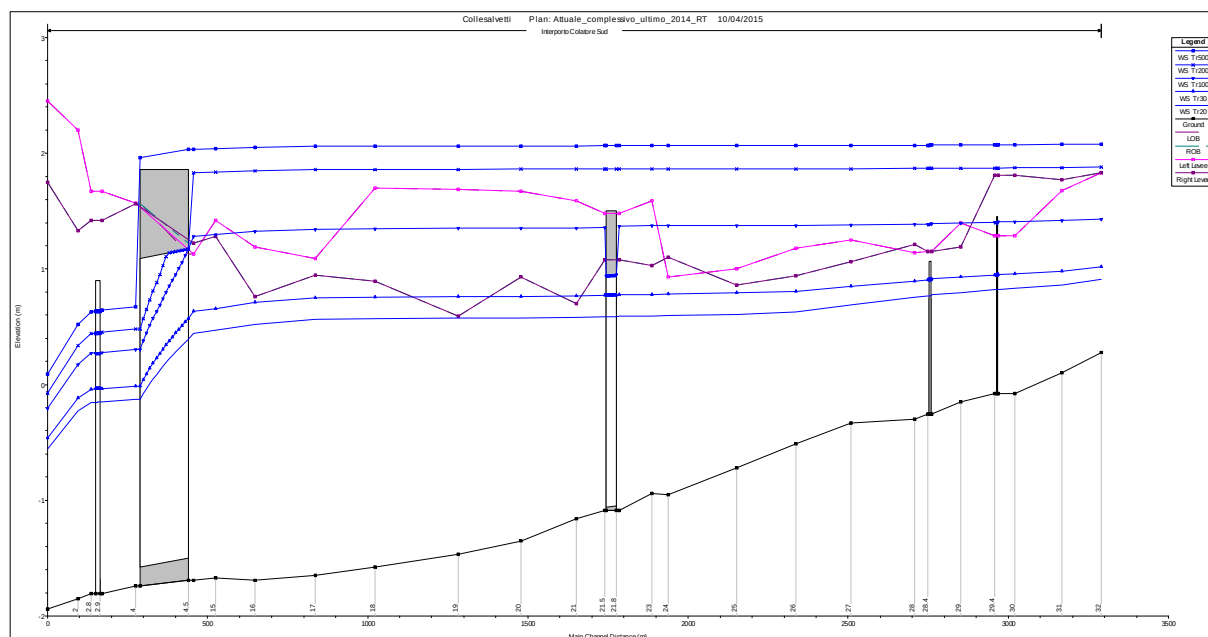


Figura 70 Colatore sud

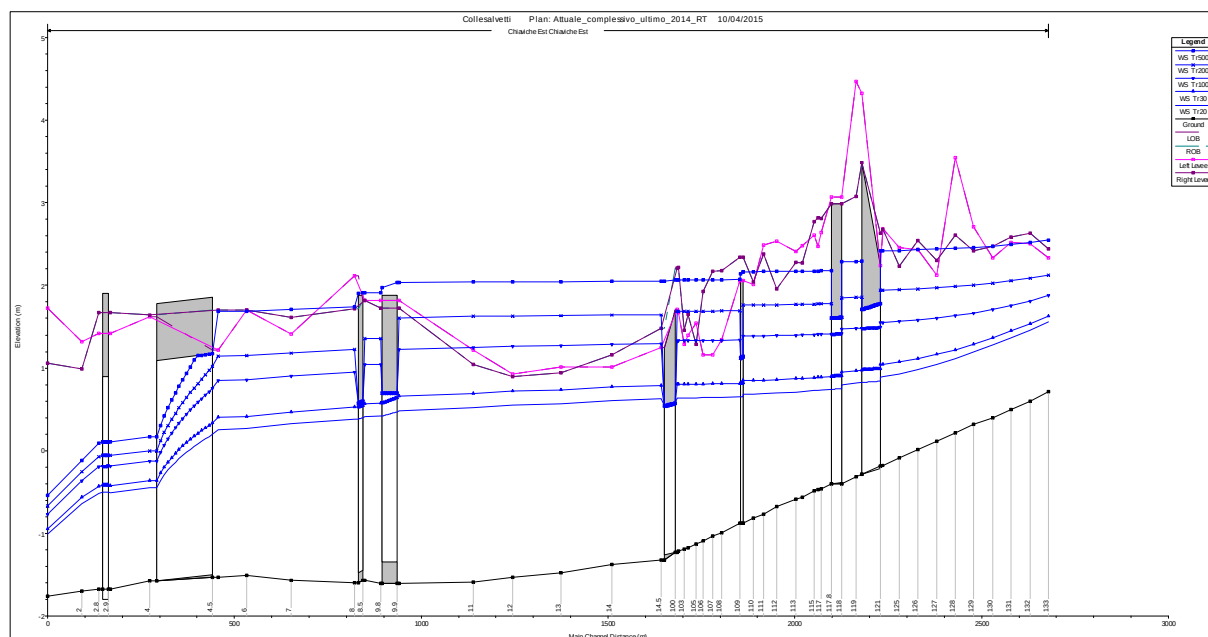


Figura 71 Colatore est (Chiaviche Est)

4.2.1.12 Torrente Ugione

Le verifiche idrauliche (Figura 72) effettuate lungo il corso d'acqua mostrano che gli argini del torrente sono in grado di contenere, seppure con franchi limitati, portate con tempi di ritorno di 20-30 anni fino all'inizio dell'abitato di Stagno, mentre immediatamente a valle della confluenza con il Fosso della Puzzolente si verificano insufficienze diffuse per tutte le

portate investigate. La situazione diventa critica essenzialmente per rigurgito indotto da una successione di attraversamenti di sezione inadeguata che comporta innalzamenti del profilo liquido ben oltre le sommità arginali (per esempio attraversamento lungo la via Aurelia - Figura 73).

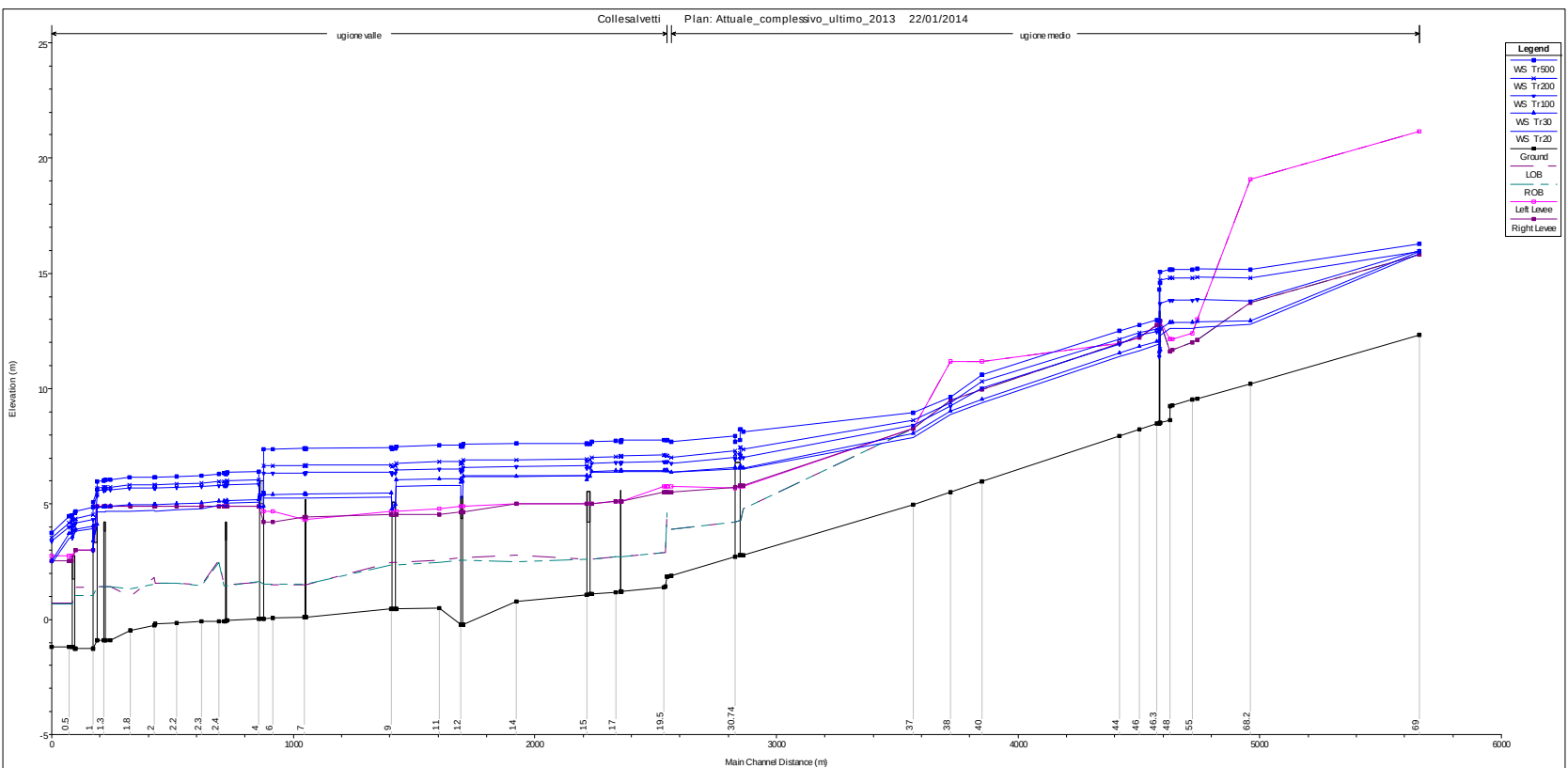


Figura 72 Profilo liquido del torrente Ugione

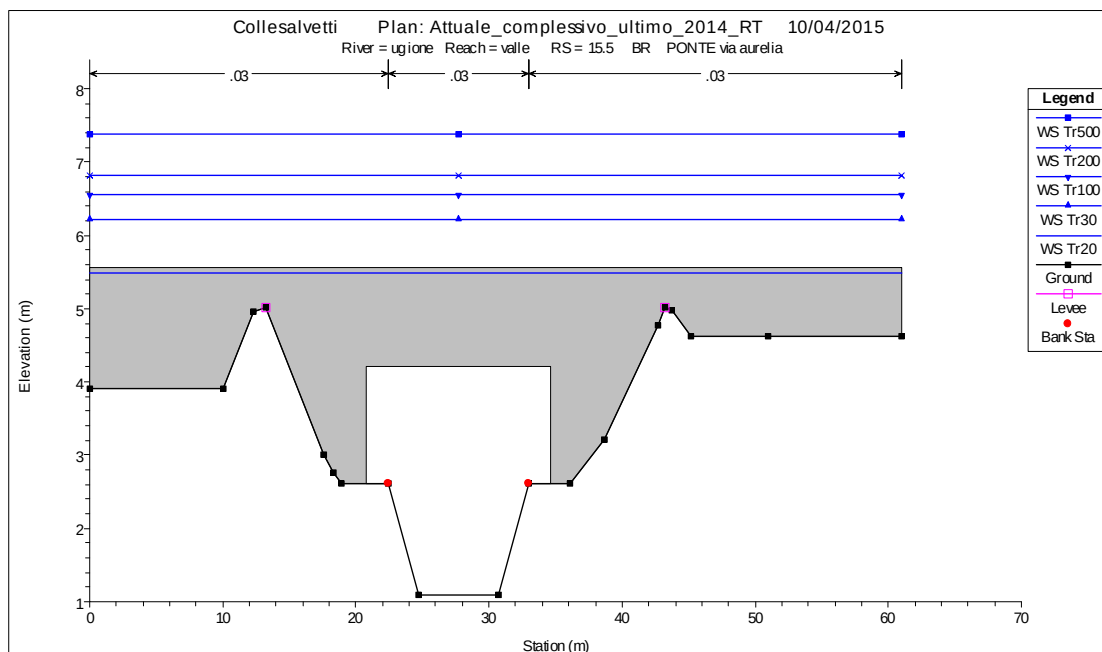


Figura 73 Ugione

Da notare che nella parte iniziale del tratto investigato si verifica la tendenza, specialmente per le portate più elevate, al sormonto arginale sia in destra che in sinistra idraulica. Analoga condizione si verifica lungo il Fosso della Puzzolente prima dell'immissione nel T. Ugione. Recenti studi mirati alla sistemazione idraulica del T. Ugione e del Fosso delle Puzzolente (Provincia di Livorno, 2005) hanno evidenziato che la presenza di numerosi attraversamenti nel tratto terminale del Fosso della Puzzolente determina una laminazione delle portate con allagamenti diffusi sul territorio circostante, riducendo il valore della portata al colmo ad una massimo di 30 mc/s. Entrambi i fattori pertanto conducono ad un beneficio sulle capacità di deflusso dei tratti a valle e possono essere considerati per analizzare lo stato attuale relativamente a tempi di ritorno non elevati.

4.2.1.13 Emissario Bientina

La portata dell'emissario del Bientina si può considerare pressoché costante in quanto limitata dalla botte a sifone presso Bientina. Il corso d'acqua si presenta con fondo ed arginature irregolari. Pur ritenendo opportuno effettuare una campagna di rilievi specifica si evidenzia l'importante effetto di rigurgito dello Scolmatore dell'Arno e l'inadeguatezza i gran parte delle sezioni in particolare in destra idraulica.



Figura 74 Profilo idraulico Emissario Bientina

4.2.1.14 Fossa Chiara

Il F. Chiara presenta problematiche dovute in particolare al rigurgito dello Scolmatore che influenza i profili idraulici per circa 3km a monte. Anche in questo caso come per l'Emissario Bientina si evidenzia una profonda irregolarità di fondo e degli argini con diffusi tratti di insufficienza per quasi tutti i tempi di ritorno investigati



Figura 75 Profilo idraulico Fossa Chiara

4.3 ANALISI IN MOTO VARIO

La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z frutto dell'acquisizione Lidar. Nel modello sono inseriti gli edifici e la rete delle infrastrutture (strade e ferrovia). La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta distinguendo il moto nei canali e quello nella piana alluvionale. Nel

primo caso si è assunto un valore $n=0.03$, mentre nel secondo si è fatto riferimenti a valori di letteratura associati ai codici di uso del suolo del Land Corine Cover (vedere C.J. van Der Sande et al, A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment", International Journal of applied earth observation and geoinformation, 2003, Lopes et al Flooding assessment under sea level rise scenarios: Ria de Aveiro case, Journal of coastal research, 2013), riassunti in Tabella 27.

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Tessuto Urbano continuo	111	0.14
Tessuto Urbano discontinuo	112	0.09
Aree industriali o commerciali	121	0.14
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122	0.07
Aree portuali	123	0.07
Aeroporti	124	0.06
Aree estrattive	131	0.12
Discariche	132	0.04
Cantieri	133	0.06
Aree verdi urbane	141	0.02
Aree ricreative e sportive	142	0.04
Seminativi in aree non irrigue	211	0.08
Seminativi in aree irrigue	212	0.08
Risaie	213	0.04
Vigneti	221	0.12
Frutteti e frutti minori	222	0.12
Oliveti	223	0.12
Prati Stabili	231	0.1
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	0.08
Sistemi colturali e particellari complessi	242	0.10
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	243	0.09
Boschi di latifoglie	311	0.1
Boschi di conifere	312	0.1
Boschi misti	313	0.13
Aree a pascolo naturale e praterie	321	0.11
Brughiere e cespuglieti	322	0.06
Aree a vegetazione sclerofilla	323	0.1
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	324	0.1
Spiagge, dune e sabbie	331	0.07
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	332	0.07
Aree con vegetazione rada	333	0.09
Aree percorse da incendi	334	0.07

Paludi interne	411	0.10
Saline	422	0.04
Corsi d'acqua, canali e idrovie	511	0.03
Bacini d'acqua	521	0.03

Tabella 27 Coefficienti di scabrezza impiegati nel modello bidimensionale

Le modellazioni sono state eseguite:

- sull'intero territorio vallivo su un'area complessiva di 17.5x10 km e con celle di 10x10m;
- sul Fossa Nuova su un'area di 10x3 km e celle 10x10m
- sul Fossa Chiara ed Emissario Bientina di su un'area 12.4x2.8 km e celle 10x10m
- nel tratto del torrente Ugione le cui esondazioni possono interessare il comune di Collesalveti su una griglia di estensione 5.5x3.5 km con celle di dimensione 5x5m;
- in corrispondenza dell'abitato del Crocino (Fosso della Morra) per un'area di 1.77x1.11km con celle di dimensione 2x2m

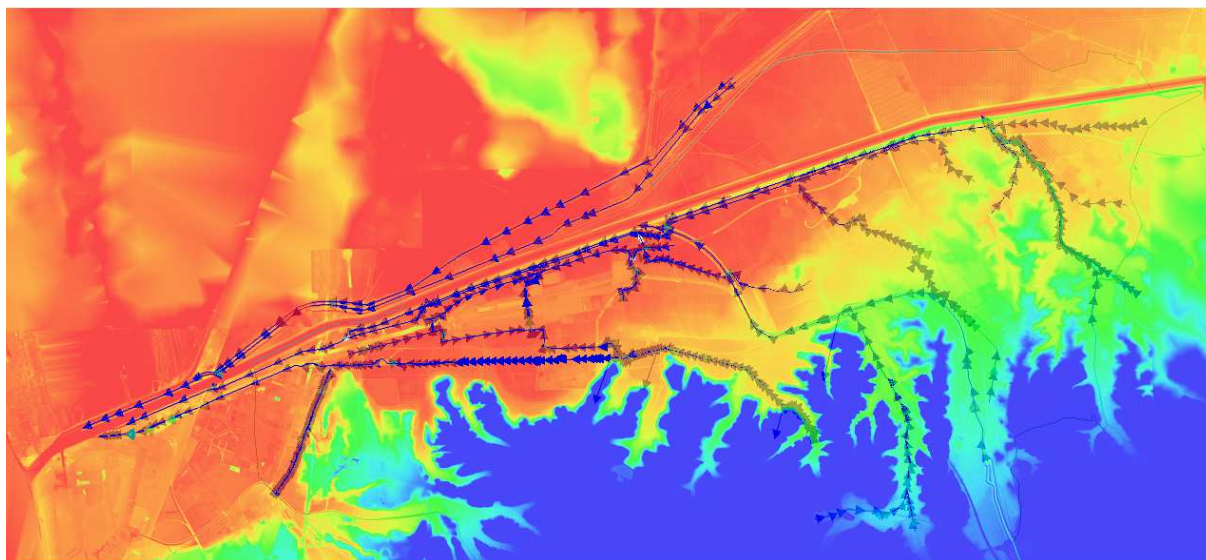


Figura 76 Griglia di calcolo per il territorio vallivo

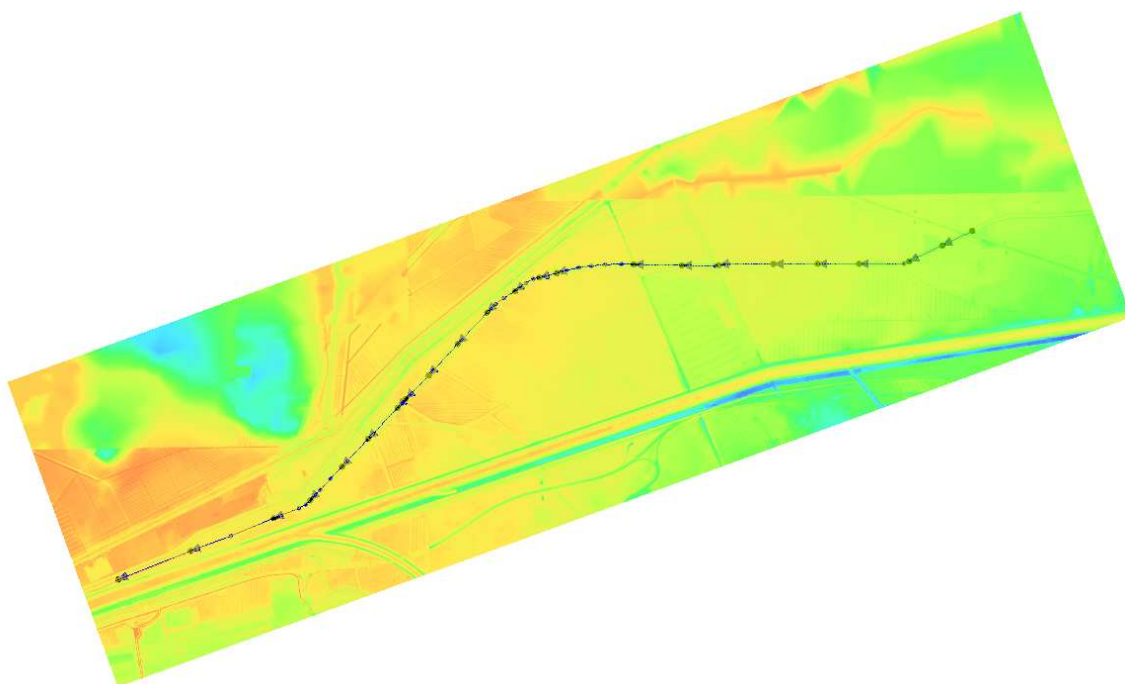


Figura 77 Griglia di calcolo riferita al Fossa Nuova

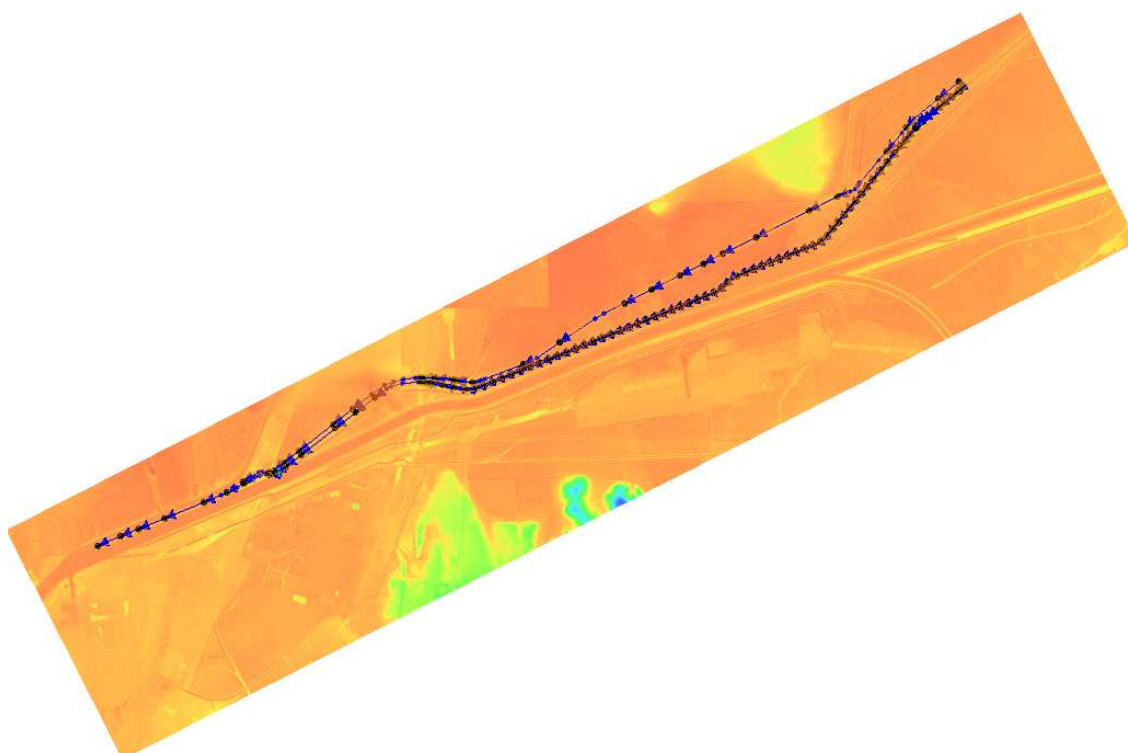


Figura 78 Griglia di calcolo riferita a Fossa Chiara ed Emissario Bientina

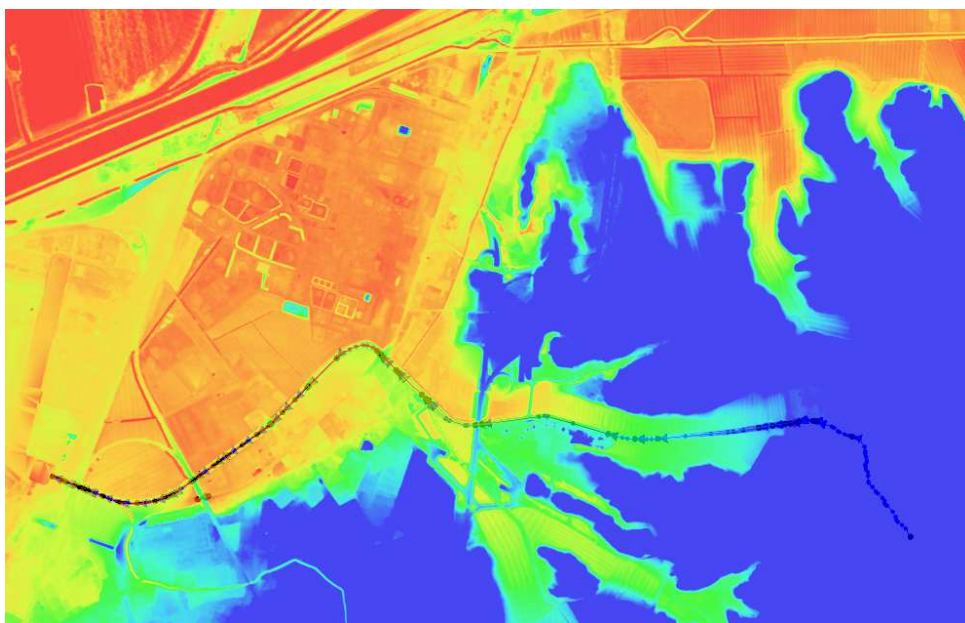


Figura 79 Griglia di calcolo per il T. Ugione

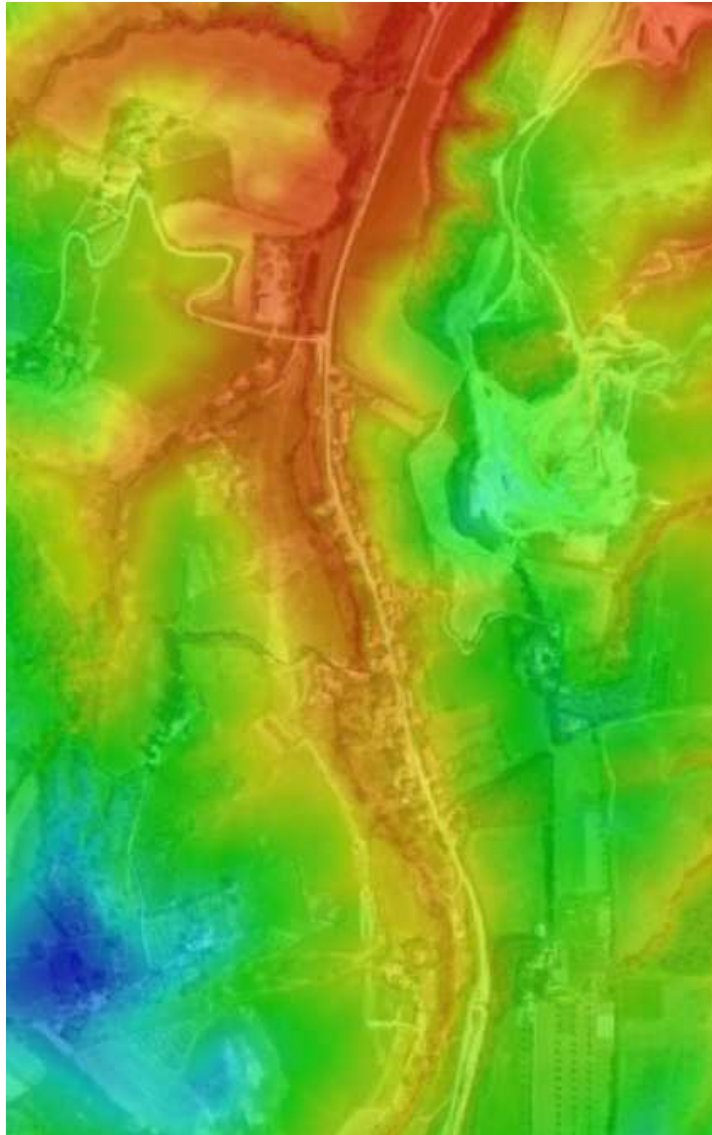


Figura 80 Griglia di calcolo per il Fosso della Morra al Crocino

La suddivisione è scaturita per una migliore rappresentazione delle aree allagate e per meglio individuare le criticità dei singoli corsi d'acqua. In riferimento al T. Ugione una motivazione aggiuntiva è derivata dalla diversa autorità idraulica competente per territorio (Genio Civile per il T.Ugione ed Autorità di Bacino dell'Arno per il restante territorio e lo Scolmatore).

Come indicato nell'elaborato QC-5 le analisi sono state condotte considerando i contributi dei corsi d'acqua e dei bacini al loro valore idrologico. Il modello impiegato è del tipo 1D/2D, in cui i canali sono analizzati nel dominio 1D e nell'evenienza in cui il livello liquido raggiunga la sommità si innesca la propagazione bidimensionale sul territorio circostante. L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, cioè consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche. La scelta di procedere con il modello misto 1D/2D anziché con quello puramente bidimensionale è derivato da due fattori;

- le dimensioni delle celle di calcolo adottate non avrebbero consentito nella maggior parte del territorio di ben rappresentare i corsi d'acqua;
- il dato lidar non consentono di definire la topografia dei corsi d'acqua con fondali posti sotto il l.m.m (che nel caso in esame corrispondono ai corsi d'acqua con dimensioni tali da poter essere investigati in campo 2D) e quindi non era disponibile un dettaglio morfologico idoneo ad una modellazione puramente bidimensionale.

Esclusivamente per l'analisi del Fosso della Morra al Crocino si è eseguita un'analisi puramente bidimensionale. Questo per le dimensioni ridotte dell'area investigata e per la dimensione delle celle.

Le sezioni analizzate sono state prese dagli studi esistenti dove disponibili. Negli altri casi si è fatto riferimento alle sezioni ricavate dai dati Lidar, integrati con misure specifiche per manufatti e singolarità.

5. CARTE DI PERICOLOSITA'

I risultati delle esondazioni sono stati impiegati per definire le carte di pericolosità, sulla base di due diverse classificazioni dipendenti dalle norme di Piano di Assetto Idrologico (PAI) delle Autorità di bacino competenti per territorio e dalla applicazione del DPGR 53R/2011.

Sebbene in fase di superamento si è comunque ritenuto opportuno fornire il quadro delle pericolosità considerando le indicazioni del PAI dell'Autorità di Bacino dell'Arno:

- P.I. 4: Pericolosità idraulica molto elevata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni e con battente $h \geq 30$ cm;
- P.I. 3: Pericolosità idraulica elevata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni con battente $h < 30$ cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno $30 < Tr \leq 100$ anni e con battente $h \geq 30$ cm;
- P.I. 2: Pericolosità idraulica media comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $30 < Tr \leq 100$ anni e con battente $h < 30$ cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $100 < Tr \leq 200$ anni;
- P.I. 1: Pericolosità idraulica moderata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $200 < Tr \leq 500$ anni.

Per quanto riguarda invece la carta di pericolosità secondo le indicazioni del DPGR 53/R, del PAI del Bacino Toscana Costa, e della nuova direttiva alluvioni si sono considerate:

- P.I.4- P.I.M.E: Pericolosità idraulica molto elevata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni;
- P.I.3- P.I.E.: Pericolosità idraulica elevata comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 200$ anni

Per la classificazione in funzione del piano di gestione del rischio alluvioni si è fatto riferimento a quanto previsto nel documento "Modalità per la presentazione delle osservazioni al progetto di PGRA per il bacino del fiume Arno"

- PI3.: a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni;
- PI2: a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 200$ anni;
- PI1: a eventi con tempo di ritorno $Tr \leq 500$ anni;

Le mappe ai fini del PRGA sono ottenute come sintesi delle pericolosità dei vari casi analizzati andando a considerare il valore più elevato.

Le carte di pericolosità derivate dalla modellazione idraulica sono state sottoposte ad un attento controllo teso a semplificare l'andamento in base alla morfologia del terreno correggendo quelle situazioni "locali" di piccola estensione.

Non sono state considerate le problematiche legate al drenaggio delle singole zone di territorio.

6. CONCLUSIONI

Basandosi su dati topografici esistenti e su misure speditive eseguite in sito, è stata condotta un'analisi idrologica-idraulica estesa a gran parte del territorio di Collesalveti (è esclusa solo la parte collinare) al fine di individuare le aree inondabili, le classi di pericolosità e gli interventi per l'attenuazione del rischio idraulico.

Gran parte dei corsi d'acqua risultano insufficienti per il deflusso della portata duecentennale, ed in alcuni casi di quella trentennale, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti e dove si risente di fenomeni di rigurgito alle confluenze.

Livorno, luglio 2015

Il tecnico
Ing. Pietro Chiavaccini