



MINISTERO DELLE
INFRASTRUTTURE E DELLA
MOBILITÀ SOSTENIBILI



E.N.A.C.
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE - "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

MASTERPLAN AEROPORTUALE 2035

Titolo Documento Completo

Opere idrauliche esterne al sedime
Documentazione Generale - Relazione Idrologica e determinazione delle portate
- Parte A - Reticolo Acque Alte

Livello di Progetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO
PFTE	00	Settembre 2022	-	FLR-MPL-PFTE-OIE1-005-IL-RT_Rel Idrol Acque Alte
				TITOLO RIDOTTO
				Rel Idrol Acque Alte

00	09/2022	Prima Emissione	TAE+HYDEA	C. NALDI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE	PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti	 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631	PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n°7122
POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM Dott. Vittorio Fanti	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze n°7122	SUPPORTO SPECIALISTICO HYDEA S.p.A. Via del Rosso Fiorentino, 2g 50142 Firenze Italia
POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'Ippolito		PROGETTISTA SPECIALISTICO Dott. Ing. Stefano Monni
POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini		

INDICE

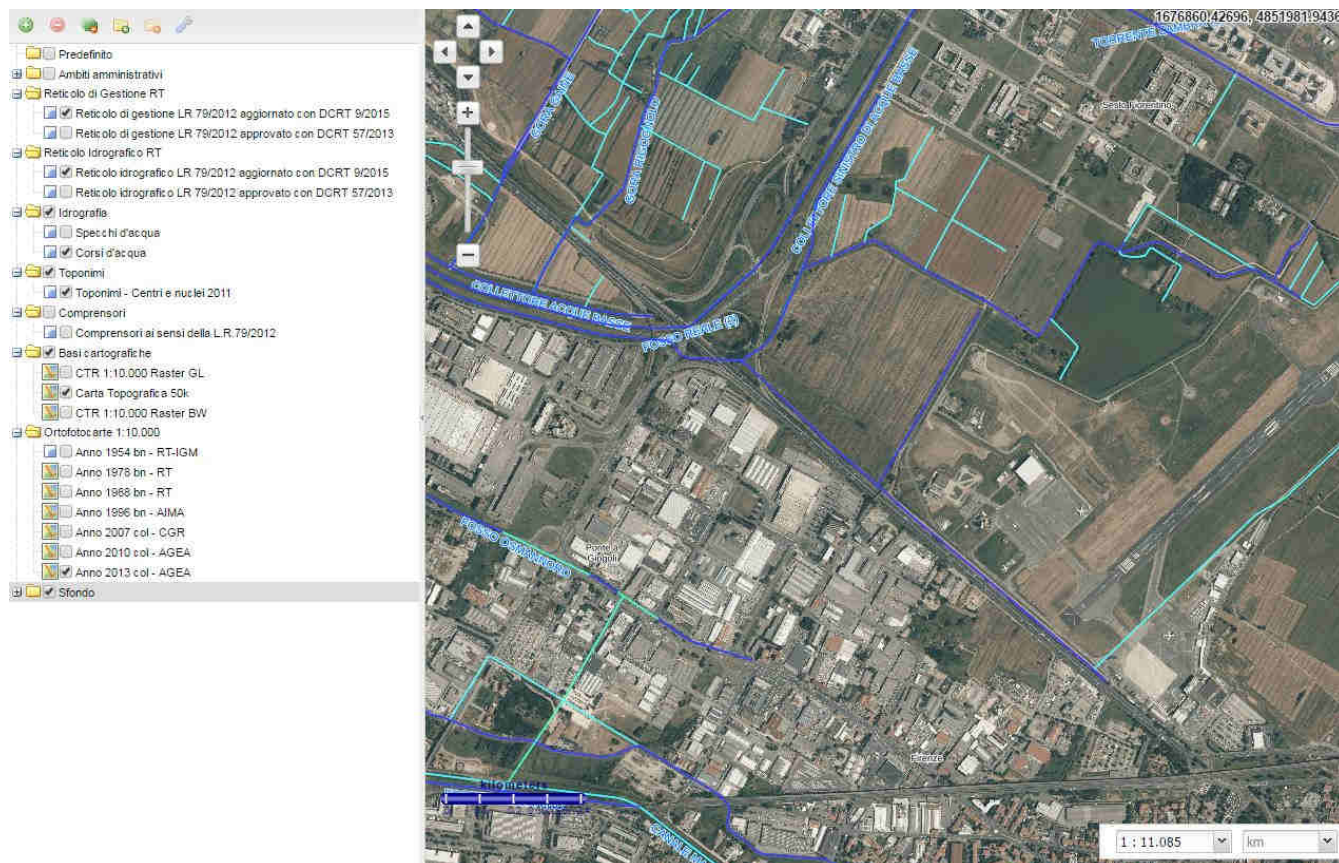
RELAZIONE IDROLOGICA E DETERMINAZIONE DELLE PORTATE - PARTE A – RETICOLO ACQUE ALTE

INTRODUZIONE.....	1
1. DESCRIZIONE GENERALE DEL RETICOLO IDRAULICO	3
1.1 ACQUE ALTE AFFERENTI AL FOSSO REALE	4
2. ANALISI IDROLOGICA	6
2.1 STUDI IDROLOGICI DI RIFERIMENTO PER IL FOSSO REALE	6
2.2 STUDIO DI AREA VASTA DEL BACINO DEL FOSSO REALE (C.ZIO BONIFICA N.3 MEDIO VALDARNO -2008)7	
2.3 STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO A SUPPORTO DEL SECONDO REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI SESTO FIORENTINO	9
2.4 SCENARIO IDROLOGICO DI SIMULAZIONE ASSUNTO NELLE VERIFICHE DI PROGETTO	10
2.4.1 <i>Richiami dello Studio di Area Vasta del bacino del Fosso Reale.....</i>	<i>11</i>
3. AGGIORNAMENTO DELLE LINEE SEGNALETICHE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	12
3.1 LSPP DI PROGETTO.....	12
3.2 IDROGRAMMI DI AFFLUSSO ALLA SEZIONE INIZIALE DEL FOSSO REALE	16
3.2.1 <i>Adeguamento alle LSPP 2012.....</i>	<i>16</i>

ALLEGATI

STUDIO DI AREA VASTA DEL BACINO DEL FOSSO REALE - RELAZIONE TECNICA(2008)

Il reticolo dell'area rappresentato nell'immagine sottostante tratta dal portale Lamma ¹ è quello definito ai sensi L.R.T. 79/2012, art.22 "*lettera e*", più in dettaglio, *reticolo idrografico* e di *gestione*, approvato dal Consiglio regionale il 10.02.2015 con DCRT n.9 ed aggiornato con delibera di Consiglio 81/2021.



Le modifiche alla rappresentazione del sistema e alla definizione delle competenze di gestione approvate nel 2015 hanno portato ad un quadro conoscitivo più dettagliato e geograficamente rispondente allo stato attuale dell'area.

Il reticolo alla scala di restituzione originale 1:10.000 è rappresentato sulla base delle ortofotocarte del 2013. Nella rappresentazione, viene indicato:

- **in blu** il reticolo affidato in gestione alla Regione e quindi, a seguito del riassetto con accorpamento degli enti territoriali di bonifica recentemente attuato dalla Regione Toscana, al Consorzio di *Bonifica 3 Medio Valdarno* (nella porzione consortile già ricompresa nell'*Area Fiorentina*, il cui Consorzio, a sua volta, aveva inglobato il preesistente *Speciale della Piana di Sesto Fiorentino e dei territori adiacenti*);

¹ http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/index.html

- **in celeste** il reticolo idrografico, tutelato ma non affidato alla gestione regionale (gestione dei frontisti, se non di altri);
- **in verde chiaro** i tratti tombati dei reticoli, quindi in gestione all'Ente o Soggetto che ne ha promosso e richiesto il tombamento come specificato nel disciplinare di omologazione della specifica opera di tombamento.

1. DESCRIZIONE GENERALE DEL RETICOLO IDRAULICO

Il nuovo sistema aeroportuale si inserisce a nord-ovest di Firenze, nella piana di Sesto Fiorentino, che si estende fra il torrente Terzolle (ad est), il fiume Arno (a sud), il fiume Bisenzio (a ovest) e le aree pedecollinari (a nord).

Tale area rientra nel comprensorio del Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno (di seguito denominato anche Consorzio), che attraverso una rete di canali e collettori regola l'assetto idraulico della zona.

Fino ai primi decenni del secolo scorso quest'area, pianeggiante e leggermente depressa, presentava ampie aree di ristagno stagionale delle acque. Nel primo dopoguerra è iniziata una trasformazione profonda a seguito di un'opera di bonifica, il cui "Progetto generale di massima" è stato elaborato nel 1929 dal prof. ing. Manfredi De Horatiis e costituisce lo strumento in base al quale è stata realizzata la quasi totalità della rete idraulica di bonifica oggi esistente.

I principi di base del progetto furono la stabilizzazione della parte montana e pedecollinare mediante rimboschimenti e la realizzazione di numerose briglie sulle aste torrentizie che, intercettate allo sbocco nella pianura alluvionale da due *Canali di Cinta* disposti in direzione est-ovest - *Orientale* e *Occidentale* - vengono convogliate nel fiume Bisenzio mediante un unico collettore pensile e arginato (*Collettore Acque Alte* o *Fosso Reale*). In questo modo è stata realizzata la separazione tra le acque "alte", di origine esterna alla pianura, e quelle "basse", interne ad essa.

Le *acque basse*, private degli apporti esterni, sono state poi riorganizzate e portate a confluire, mediante un unico Collettore Principale, nel Fiume Bisenzio all'altezza di Viaccia (Comune di Signa), con il risultato di un sostanziale prosciugamento dell'area.

Nonostante la bonifica, il territorio era ancora soggetto ad estesi allagamenti stagionali, che almeno temporaneamente mantenevano le caratteristiche tipiche dell'ambiente umido originario. Pratiche di gestione agricola non intensive e solo in parte meccanizzate, unitamente allo scarso inquinamento delle acque, permettevano peraltro il mantenimento di una buona biodiversità tanto che da quanto risulta dalla tradizione orale anche la fauna ittica, che per la sua natura non può prescindere da qualità e quantità della risorsa idrica, riusciva in qualche modo a superare, nei fossi di scolo dei campi, i mesi di maggiore siccità.

Successivamente, a partire dagli anni '60, si è realizzata una progressiva ed estesa urbanizzazione ed un abbandono dell'attività agricola nella *Piana*, che hanno comportato la necessità di un costante riadeguamento della rete di bonifica come elemento riduzione del rischio idraulico per i territori edificati.

Quanto descritto spiega la necessità di porre la massima attenzione per ogni intervento nell'area che possa ulteriormente modificarne l'assetto idraulico.

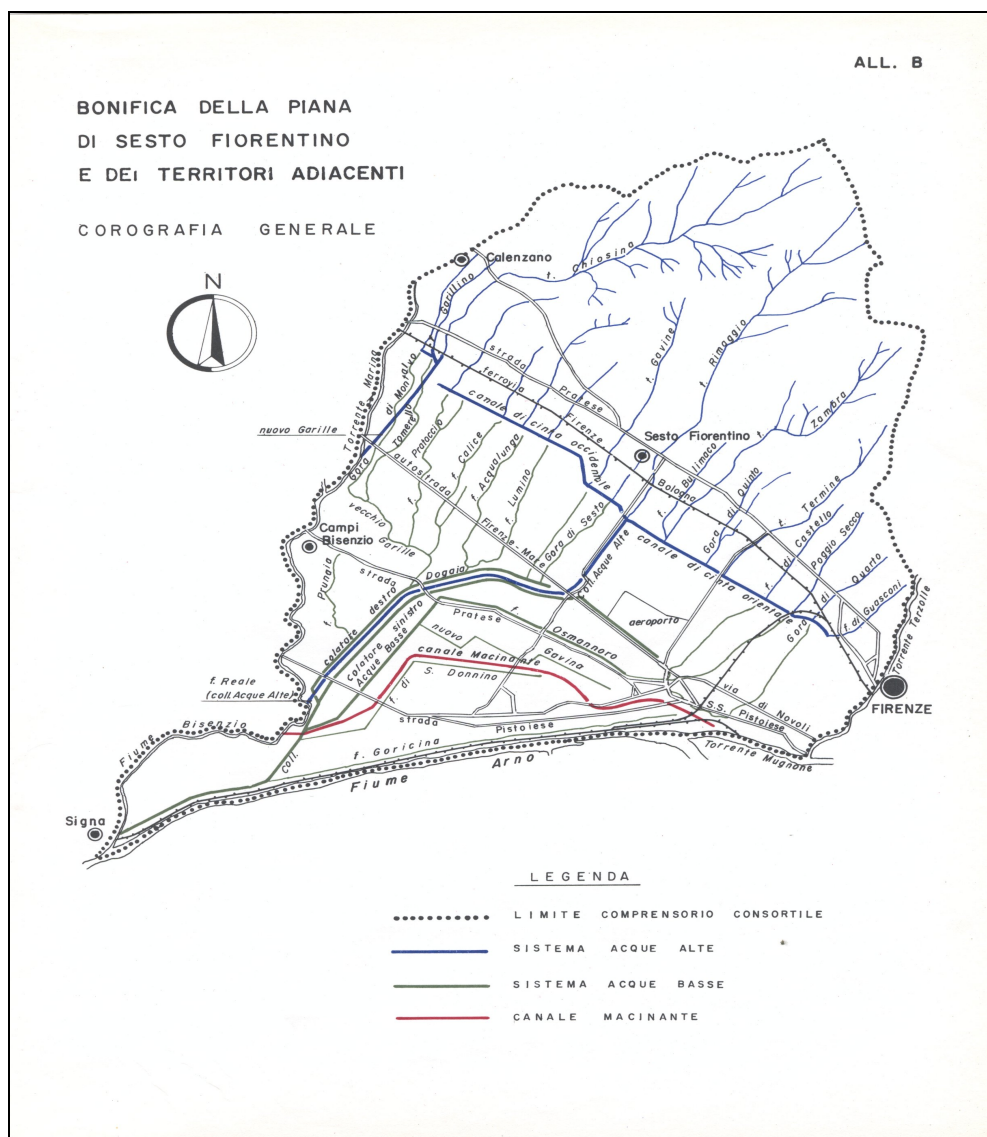


Fig. 1.A: Corografia del Compensorio nella configurazione susseguente all'attuazione delle opere di bonifica per la separazione tra i sistemi di acque alte e di acque basse (Fonte: Consorzio)

1.1 ACQUE ALTE AFFERENTI AL FOSSO REALE

Il bacino idrografico sotteso dal Fosso Reale è di 2.744,90 ha con quote di bacino variabili fra 400 m s.l.m. e 50 m s.l.m.

Corsi d'acqua principali che affluiscono al *Fosso Reale* tramite i *Canali di Cinta, Occidentale e Orientale*:

- il Fosso Prataccio
- il Fosso Calice
- il Fosso Acqualunga di Settimello
- il Torrente Gavine
- il Torrente Rimaggio
- il Torrente Zambra

- il Torrente Alberaccio del Termine
- il Fosso di Quinto
- Il Fosso di Poggio Secco.

Pressoché tutti questi corsi d'acqua attraversano ampie zone urbanizzate prima della loro immissione finale nei due canali di gronda: Canale di Cinta Orientale e Canale di Cinta Occidentale

Nella seguente tabella sono riportati i principali parametri caratteristici del bacino idrografico sotteso dal Fosso Reale.

	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza media
Fosso Reale	2.744,90 ha	6,2 km	0,0007 m/m

2. ANALISI IDROLOGICA

2.1 STUDI IDROLOGICI DI RIFERIMENTO PER IL FOSSO REALE

Di seguito si riporta schema di sintesi di riepilogo delle portate idrologiche calcolate per il Bacino del Fosso Reale.

Sintesi dei riferimenti e risultati degli studi idrologici sul Bacino del Fosso Reale					
Caratteristiche di riferimento assunte negli studi	Studio Ifagraria per l'aggiornamento del Piano Generale di Bacino - PGB - 1979	Studio di Aggiornamento del PGB - COINCO 3 - 1988	Studio di Aggiornamento del PGB - COINCO 3 - 1988	Studio di Area Vasta del Bacino del Fosso Reale - Physis Ingegneria 2008 (Condizione esaminata: C - cfr. 2.2)	Valori al Colmo degli idrogrammi forniti dall'Autorità di bacino del Fiume Arno (06/08/2015)- Studio Idrologico e Idraulico a supporto del RUC del Comune di Sesto Fiorentino - Physis Ingegneria - 2013
Qmax Tr = 30 anni (m ³ /s)	---	---	---	166,25	81,78
Qmax Tr = 100 anni (m ³ /s)	352	239	209	222,27	
Qmax Tr = 200 anni (m ³ /s)	----	---	---	261,39	117,69
S bacino (km ²)	27,47	27,91	27,91	27,449	27,424
Metodo di generazione degli idrogrammi Idrologici	Isocorrive	Isocorrive	Isocorrive	Metodo SCS Modello a parametri distribuiti	Metodo SCS Modello a parametri distribuiti - Taratura CN su misure idrometriche
Ragguaglio all'area delle piogge	N0	N0	SI	SI	SI

Gli studi del 1979 e del 1988 che forniscono elevati picchi di portata per la ricorrenza statistica esaminata (tempo di ritorno 100 anni) erano stati approntati nel contesto del Piano Generale di

Bonifica (PGB) del Consorzio Speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino e dei Territori Adiacenti, ora ricompreso nel Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno.

Per le banche dati utilizzate a supporto degli studi, la modalità di implementazioni delle elaborazioni idrologiche e la configurazione di riferimento del territorio e della rete idraulica, i risultati ai quali questi studi erano pervenuti sono da considerare non raffrontabili a quelli degli studi successivi.

2.2 STUDIO DI AREA VASTA DEL BACINO DEL FOSSO REALE (C.ZIO BONIFICA N.3 MEDIO VALDARNO -2008)

Il reale aggiornamento si è avuto con lo *Studio di Area Vasta del Bacino del Fosso Reale* (settembre 2008), a firma dall'ing. David Settesoldi - Phisys Ingegneria. Si veda la **Relazione Tecnica** posta in **allegato** alla presente.

Per le finalità con conseguenti scenari di progetto per i quali lo studio è stato commissionato e acquisito dagli Enti territorialmente competenti, per le modalità tecniche con le quali è stato svolto, questo documento viene assunto a base degli scenari di progetto per il nuovo assetto del Fosso Reale armonizzato con la nuova pista di progetto dell'Aeroporto di Firenze.

Gli elementi che di seguito sono racchiusi dalle annotazioni <<>> sono ripresi e qui riprodotti da tale Studio, fornito dal Committente *Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno*.

In particolare, si deduce dalla Relazione Tecnica:

<< Lo studio di area vasta del bacino del fosso Reale trae spunto dalla verifica degli interventi di messa in sicurezza previsti dal Piano di Bacino del fiume Arno, con il fine di implementare un modello idrologico-idraulico completo utile a valutare le strategie di intervento per la messa in sicurezza.

Come richiesto dalla provincia di Firenze la modellistica numerica per le valutazioni idrologiche è stata condotta utilizzando il software HEC-HMS 3.1.0 (Hydrologic Modeling System sviluppato da Hydrologic Engineering Center), mentre la modellistica utilizzata per le verifiche idrauliche è stata condotta utilizzando il software HEC-RAS 3.1.3 (River Analysis System anch'esso sviluppato da Hydrologic Engineering Center).

Il presente studio ha preso in considerazione più scenari, sia in riferimento alle possibili configurazioni di progetto che il sistema idraulico può assumere, sia in relazione alle varie sollecitazioni idrologiche

Il modello idrologico è stato implementato nel bacino costituito dalla parte montana e dal centro urbano fino ai canali di Cinta Occidentale ed Orientale.

Il modello idraulico è stato implementato sui corsi d'acqua interni al centro abitato, sui due canali di Cinta e sul fosso Reale.

Nella parte urbana sono state eseguite verifiche in moto permanente atte a definire le capacità di smaltimento e a individuare gli interventi di adeguamento finalizzati sia ad aumentare le portate smaltibili che a laminare le portate.

Nella parte di valle è stato utilizzato un modello di moto vario per la valutazione degli eventuali volumi esondati.

Gli scenari di verifica sono stati così definiti in funzione delle condizioni del sistema costituito dai canali di Cinta Occidentale ed Orientale e dal fosso Reale, nonché dalle condizioni del bacino a monte costituito dalla parte urbana e montana.

In particolare per quanto riguarda il sistema costituito dai canali di Cinta Occidentale ed Orientale e dal fosso Reale si riconoscono le seguenti condizioni:

stato attuale del sistema senza nessun intervento di adeguamento degli attraversamenti o delle sezioni e in assenza della realizzazione delle casse di espansione sui canali di Cinta;

stato a medio termine ove sono realizzati gli adeguamenti di alcuni attraversamenti su canali di Cinta Occidentale (ad es. Via Risorgimento) e Orientale e le casse di espansione previste dal comune di Sesto e dall'Università degli Studi di Firenze;

stato di progetto finale dove, ai precedenti interventi, se ne aggiungono altri finalizzati alla messa in sicurezza dell'intero sistema.

Per quanto riguarda il sistema a monte si riconoscono le seguenti condizioni:

stato attuale senza nessun intervento di adeguamento della rete (i contributi idrologici sono attenuati per avere una portata in arrivo al sistema di valle compatibile con la capacità di smaltimento dei canali nel tratto urbano);

stato di progetto con interventi di adeguamento finalizzati sia ad aumentare la capacità di smaltimento dei canali che a laminare le portate. Mediante il modello idrologico vengono simulate le opere di laminazione previste a monte del centro abitato (ad es. le casse di laminazione previste dalla Autorità di Bacino) verificando che i contributi a valle di tali opere siano compatibili con la capacità di smaltimento dei canali nel centro urbano eventualmente adeguati;

stato di progetto senza opere di laminazione e con il completo adeguamento della capacità di smaltimento della rete scolante. Si procede alla definizione dell'adeguamento dei canali nel centro urbano in modo da renderli idonei a trasferire le portate di piena derivanti dall'analisi idrologica senza alcuna opera di laminazione.>>.

Per le finalità presenti, che vuole prescindere da ogni tempistica di esecuzione delle opere di mitigazione del rischio che verranno o meno attuate dai vari enti territorialmente competenti, sono stati assunti i risultati ottenuti con lo scenario di **Condizione C** che, come visto, non prevede l'implementazione delle opere atte a laminare i contributi in arrivo a fronte degli adeguamenti del sistema idraulico atti a trasferire le piene a valle, con il risultato di assumere lo scenario che massimizza la sollecitazione idrologico-idraulica del Fosso Reale.

2.3 STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO A SUPPORTO DEL SECONDO REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI SESTO FIORENTINO

Gli studi idraulici di supporto al RUC del Comune di Sesto Fiorentino (2013) sono basati su un modello idrologico idraulico pressoché analogo a quello di *Area Vasta* (2008) nello stato attuale ma con il CN (Curve Number) proprio del metodo SCS ricalcolato sulla base di una taratura del modello effettuata sui dati di livello rilevati all'idrometro posto sul Fosso Reale in corrispondenza del ponte di accesso al Polo Scientifico Universitario, strumento che pertanto sottende l'intero bacino del Fosso Reale.

Il secondo Regolamento Urbanistico Comunale, adottato con *Deliberazione Consiliare n. 35 del 18/04/2013*, e approvato con *Deliberazione Consiliare n. 6 del 28/10/2014*, in cui lo studio idraulico si integra, è divenuto efficace in data 26 marzo 2014 con la pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana del relativo avviso. Successivamente, con *Deliberazione Consiliare n. 41 del 29/04/2014* e con *Deliberazione del Commissario Straordinario n. 8 del 24/09/2015* si è provveduto alla rettifica di alcuni refusi ed errori materiali contenuti nel RUC.

Questi studi sono stati pertanto assunti a livello di pianificazione urbanistica e acquisiti a tal fine dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Di conseguenza l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha fornito gli idrogrammi nel Fosso reale associati ai tempi di ritorno (TR) di 30 e 200 anni. (vedi figura 2.3.A e 2.3.B rispettivamente) e durate 3-6-12-18-24-36 ore (documenti trasmessi dall'Autorità di Bacino a mezzo lettera del 6/08/2015 prot. N° 2951).

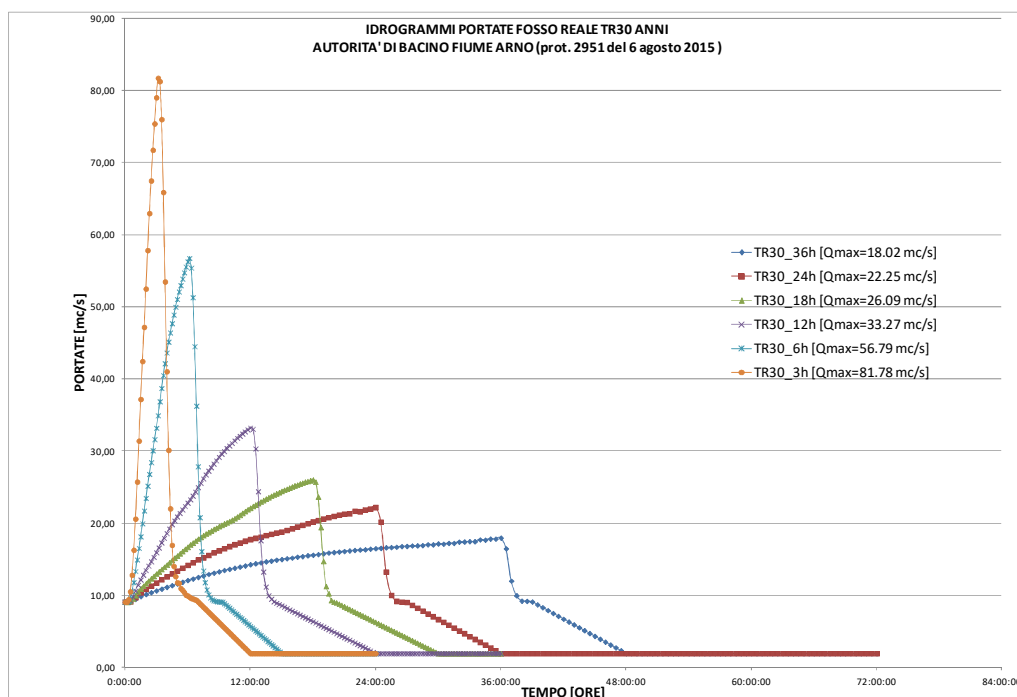


Fig. 2.3.A – RUC 2013 - Idrogrammi per portate TR30 anni e durate di 3-6-12-18-24-36

ore

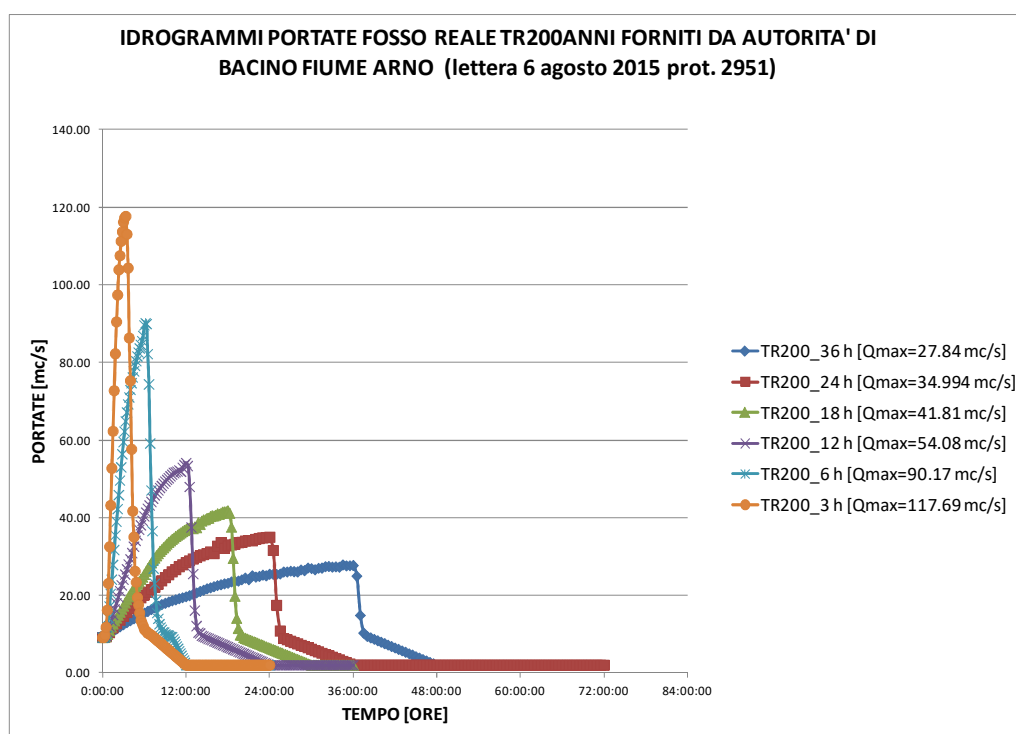


Fig. 2.3.B – RUC 2013 - Idrogrammi per portate TR200 anni e durate 3-6-12-18-24-36 ore

2.4 SCENARIO IDROLOGICO DI SIMULAZIONE ASSUNTO NELLE VERIFICHE DI PROGETTO

La taratura sulle misure idrometriche su cui si basa l'attività di supporto al RUC di Sesto Fiorentino e che hanno comportato una significativa riduzione dei picchi di piena a parità di durata di pioggia e di tempo di ritorno dell'evento, è stata fatta su un periodo di osservazione già discreto, piene significative misurate dal 1996 al 2013.

La riduzione dei valori della piena al colmo è ragguardevole, come riscontrabile dalla tabella di raffronto precedentemente riportata (cfr 2.1), a parità di tempi di ritorno

Tuttavia con principio di precauzione, a livello di progettazione delle opere idrauliche del Nuovo Fosso Reale è stato deciso di mantenere lo scenario idrologico proprio dello **Studio di Area Vasta nella configurazione C** (cfr. 2.2), lo scenario più cautelativo in quanto caratterizzato dalla minore capacità del sistema idrografico di operare laminazione delle portate idrologiche per la sua aumentata efficienza nel trasferire le portate a valle. L'aggiornamento dello Studio in questa sede è limitato all'utilizzo dei dati statistici delle piogge ufficializzati dalla Regione Toscana nel 2014, successivamente all'elaborazione dello studio stesso.

In conclusione, il modello utilizzato è stato nella sua sostanziale integrità quello dello studio Idrologico e Idraulico del 2008, fornito in formato eseguibile dal Consorzio di Bonifica 3 medio

Valdarno, con il solo aggiornamento dei dati pluviometrici regionali all'anno 2012 (cfr. 3.1), in forma di LSPP riferite alla localizzazione nel territorio.

2.4.1 Richiami dello Studio di Area Vasta del bacino del Fosso Reale

La *Relazione Tecnica* (Idrologica e Idraulica) dello studio di *Area Vasta del Bacino del Fosso Reale*² è posta in **allegato**

e da questa si desume come:

per le linee segnalatrici di possibilità pluviometriche sia stato fatto riferimento agli studi condotti dalla Regione Toscana di “*Regionalizzazione delle portate di Piena*” utilizzando una distribuzione di probabilità del tipo TCEV (*TwoComponents Extreme Value*). Sono state analizzate le serie relative alla stazioni pluviografiche di Fiesole, Calenzano, Firenze Oss. Ximeniano e Firenze Reparto Idrografico aggiornate all'ottobre 1998 e al 2002. E' stata utilizzata la sola stazione di Firenze Oss. Ximeniano <<perché presenta un numero elevato di registrazioni che garantiscono una stima affidabile dei valori estremi.>>;

viene introdotto <<un coefficiente di ragguaglio all'area per tener conto della variabilità spaziale dell'evento meteorico, introducendo il fattore di riduzione K_r >>, sulla base di quanto desumibile dallo studio AITo della Regione;

gli ietogrammi per le varie durate analizzate, inferiori all'ora e fino a 36 ore, sono stati assunti costanti per tutta la durata;

la trasformazione afflussi-deflussi è stata operata utilizzando in HEC-HMS il metodo dell'idrogramma unitario di Clark (*Clark Unit Hydrograph*), che comporta la definizione di due parametri (Time Concentration: t_c Clark e Storage Coefficient: K Clark), a loro volta riferiti al tempo di corrivazione t_c dei singoli bacini, inizialmente calcolati;

il valore t_c Clark assunto è stato pari a $0.45 t_c$, il valore K Clark è stato assunto paria $0.6(1-0.45)t_c$; la propagazione dei deflussi nei vari tronchi del reticolo idrografico è stata simulata mediante il *Lag Model*, con il quale l'idrogramma nella sezione di valle viene ottenuto semplicemente traslando quello di monte di un certo tempo non tenendo in conto alcun fenomeno di laminazione;

quanto al *sistema a monte*, è stato fatto riferimento alle condizioni A, B e C, corrispondente a differenti stati di adeguamento dei corpi idrici alle portate che idrologicamente li possono interessare (vedi quanto già riportato nella presente relazione, cfr. 2.2) e conseguente capacità di ritenzione e laminazione della rete di monte progressivamente decrescente, per sviluppare in parallelo per le tre condizioni le analisi riferite ai Tempi di ritorno di 30 - 100 - 200 e 500 anni. Le portate sono massimizzate nella *configurazione C*.

² PHYSIS -Firenze 2008 - Dr. Ing. David Settesoldi per Consorzio di Bonifica Area Fiorentina.

3. AGGIORNAMENTO DELLE LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Per l'aggiornamento delle Linee Segnaletrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP 2012) sono stati presi a riferimento i dati dello studio: "*Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme – LSPP*" pubblicati nell'anno 2014 –www.sir.toscana.it - sviluppati dall'Università di Firenze nell'ambito dell'accordo 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. In relazione all'accordo è stato provveduto ad effettuare l'aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica Caporali Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale UNI FI).

Lo studio consente di definire le altezze di pioggia per un assegnato tempo di ritorno e durata di pioggia (se superiore a 30') in un ogni punto del territorio regionale.

3.1 LSPP DI PROGETTO

Lo Studio di Area vasta aveva a riferimento la sola stazione pluviometrica di Firenze Osservatorio Ximeniano con la relativa Linea Segnaletrice di Possibilità Pluviometrica (LSPP). La serie di dati delle osservazione utilizzata è aggiornata all'Ottobre 1998.

Lo studio a livello regionale di aggiornamento delle LSPP all'anno 2012 è stato utilizzato per il calcolo delle portate di progetto sia alla sezione di ingresso del Fosso Reale che per l'analisi idrologica idraulica delle Acque Basse.

L'altezza di pioggia (per durate di pioggia t comunque superiori a 30 minuti) per il relativo tempo di ritorno dipende dai valori dei parametri caratteristici a ed n della LSPP.

Fissato il tempo t di durata dell'evento piovoso, l'altezza di pioggia si ricava tramite la relazione:

$$\blacksquare \quad h(t) = a t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia [mm], t = durata [ore], a ed n parametri di cui sopra.

Per la Regione Toscana i parametri a ed n per i tempi di ritorno elaborati sono reperibili nella rete all'indirizzo <http://www.sir.toscana.it/index.php?IDS=4&IDSS=19>.

La definizione spaziale del bacino idrografico permette di acquisire direttamente il valore territorialmente distribuito dell'altezza di pioggia a partire dalle stazioni pluviometriche (il sistema di riferimento è una griglia di 1x1, km x km).

Di seguito si riportano gli ietogrammi ottenuti per i vari tempi di Ritorno (30 - 200 - 500 anni e le durate di pioggia considerate per il Fosso Reale (1-2-3-6-12-18-24 -36 ore).

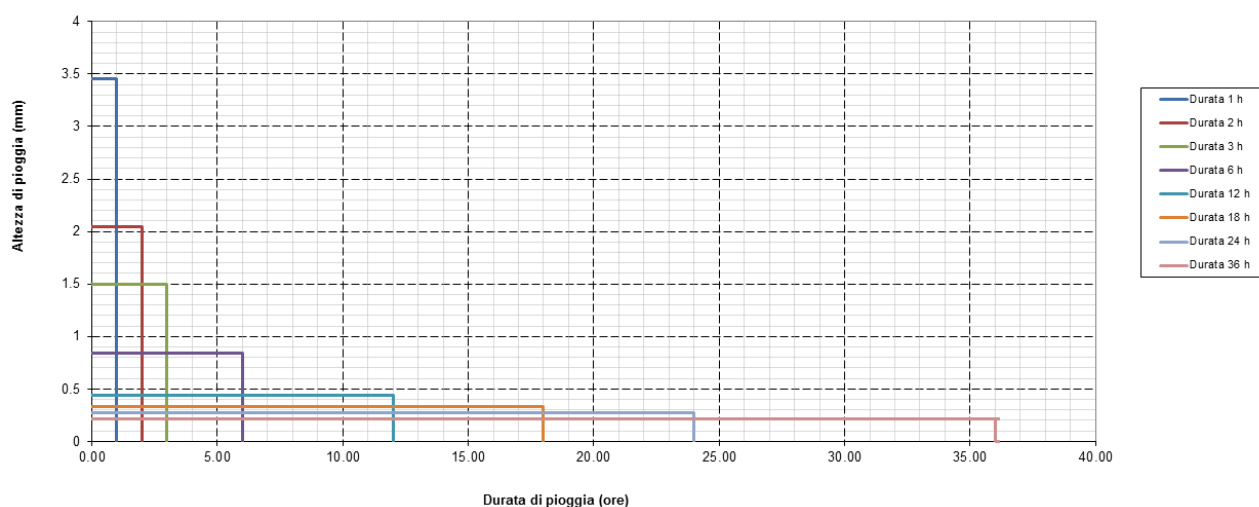
Così come impostato per lo studio di Area Vasta 2008, sono stati mantenuti ietogrammi di intensità costante per tutta la durata dell'evento considerato.

Nello studio 2008 erano stati considerati eventi delle durate suddette oltre che di 20 a 40 min (per ogni tempo di ritorno, curva segnalatrice con doppia definizione dei parametri a ed n per eventi di durata inferiore o superiori all'ora).

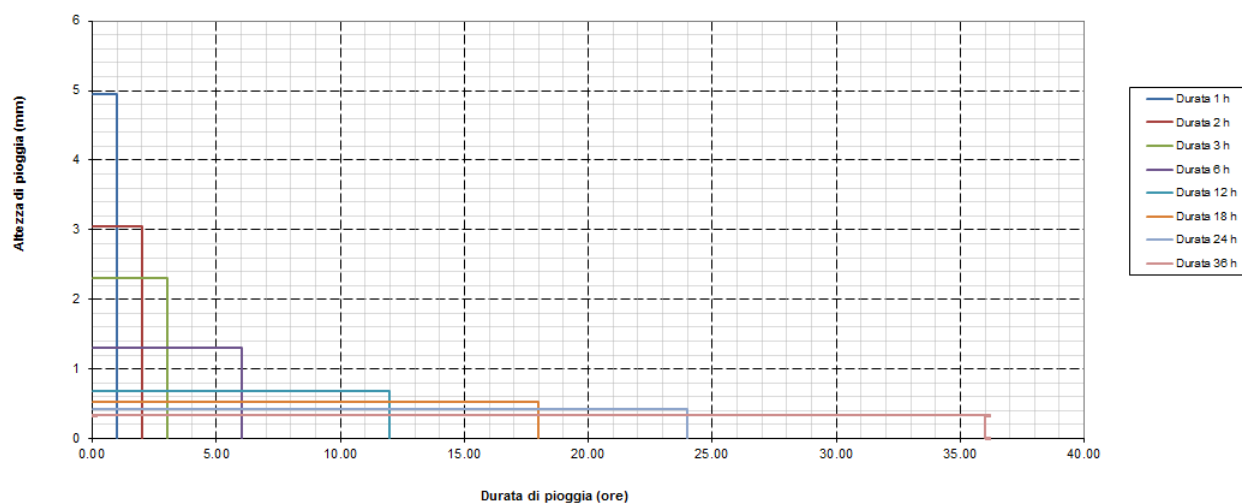
Nell'aggiornamento attuale, con la limitazione in 30 minuti della durata più breve da assumere con il metodo di regionalizzazione delle piogge, gli ietogrammi di durata inferiore all'ora sono stati omessi.

Dato il tempo di risposta caratteristico del Fosso Reale stimato in 1-2 ore, per il presente scopo, l'assunzione di non scendere con le elaborazioni sotto l'ora non riveste alcuna importanza.

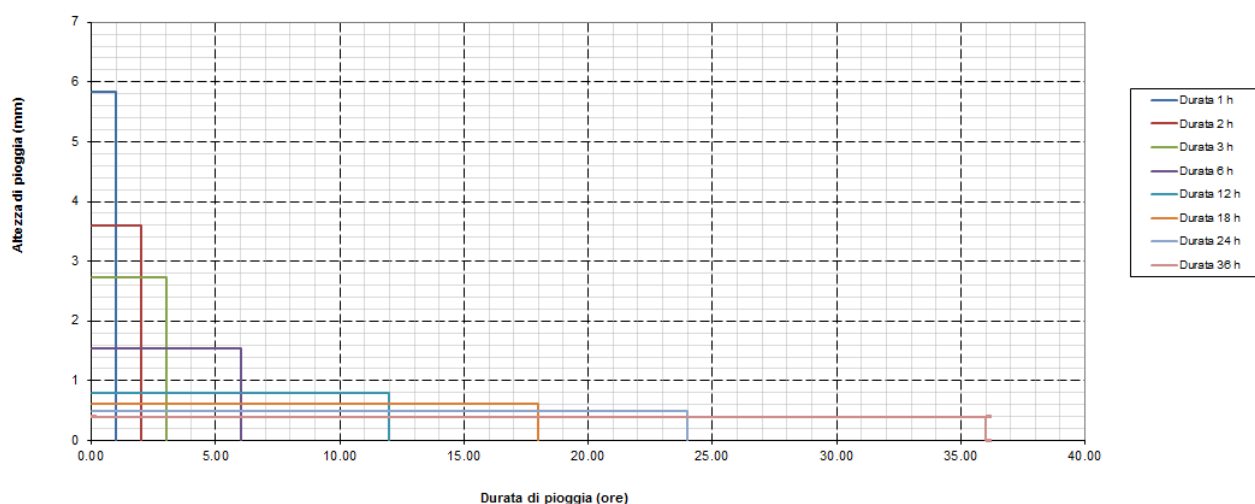
Ietogrammi di durata fissata con intensità costante a Tr 30 anni (LSP 2012)



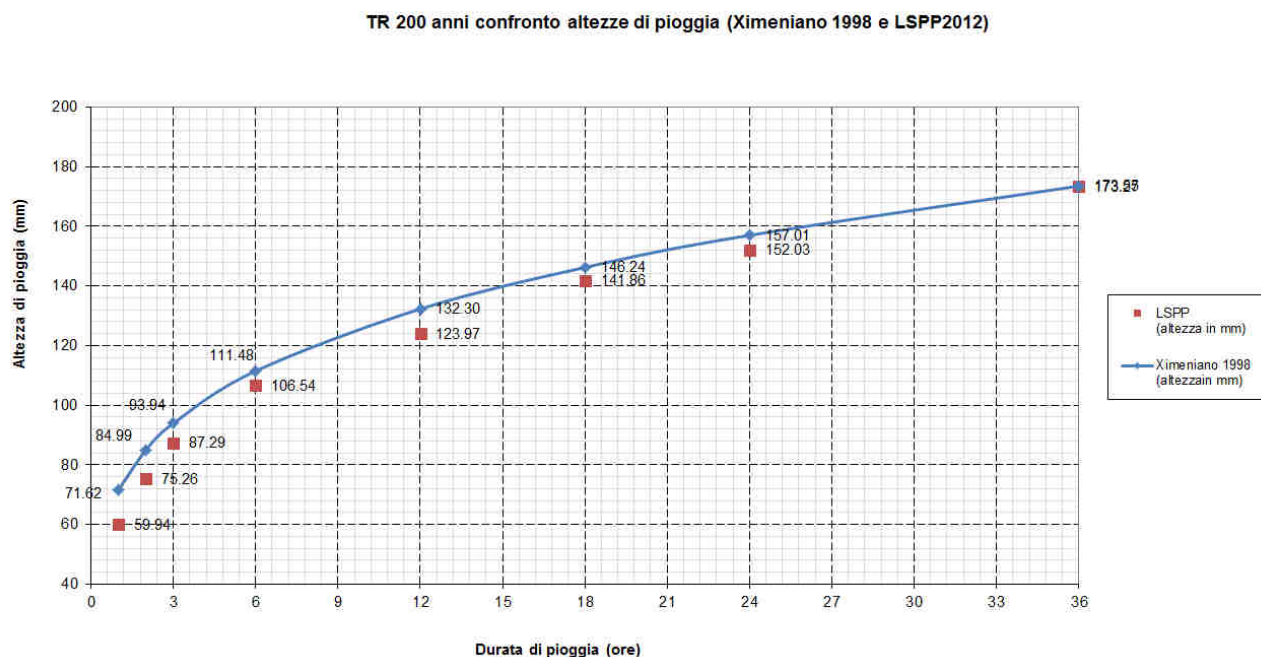
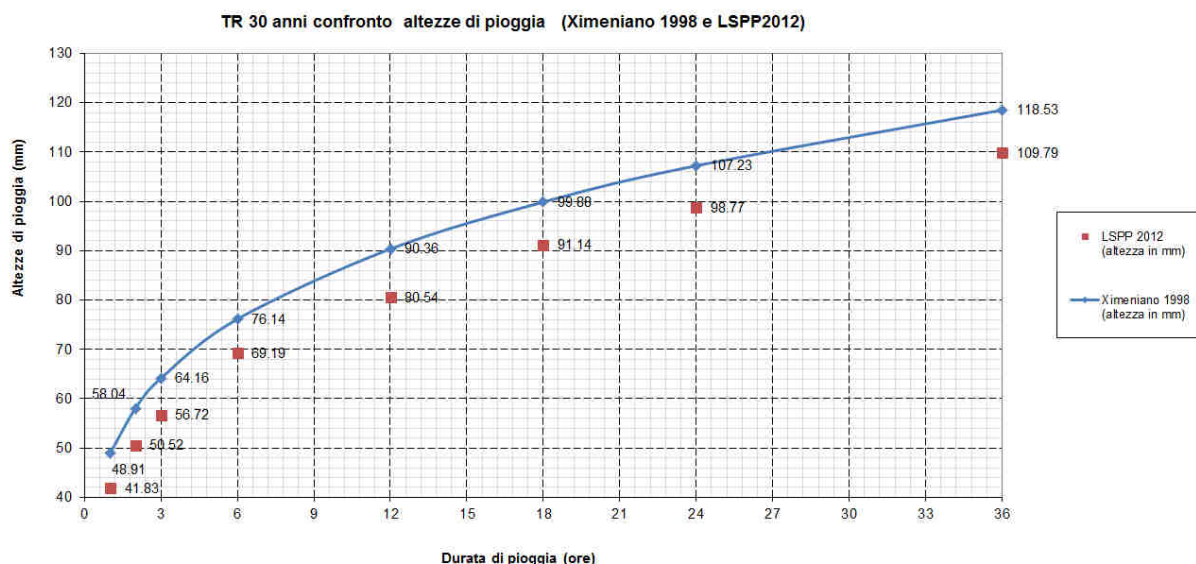
Ietogramma di durata fissata con intensità costante a Tr 200 anni (LSPP 2012)



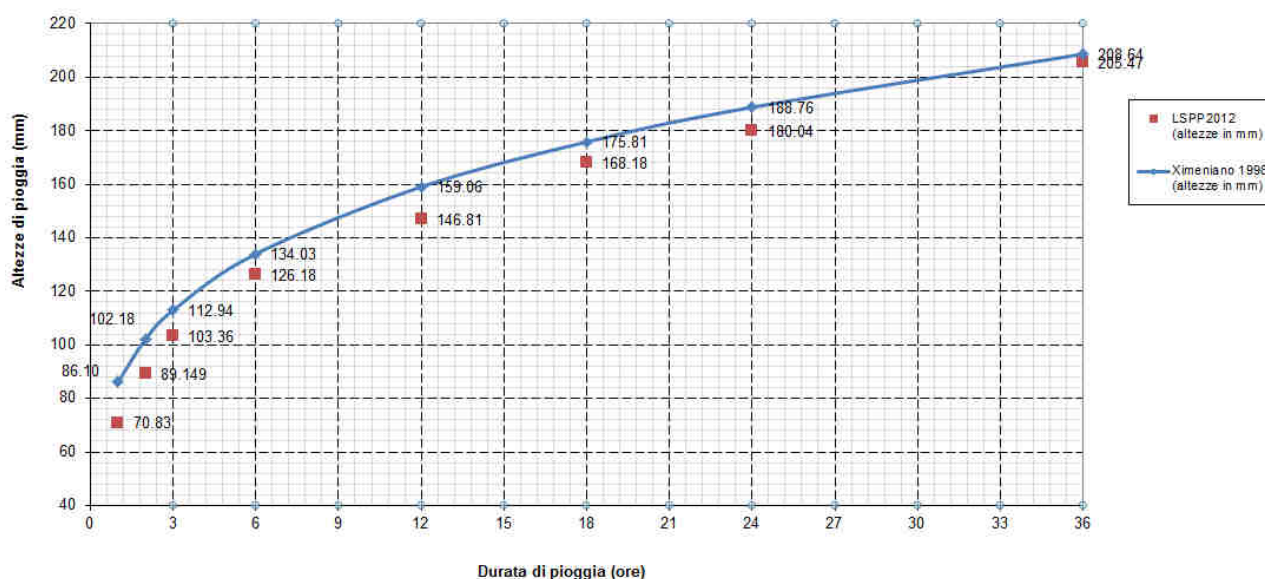
Ietogramma di durata fissata con intensità costante a Tr 500 anni (LSPP 2012)



Si riportano i grafici di confronto, per le varie durate, fra curva segnalatrice ottenuta dalle misure dello Oss. Ximeniano 1998 e le altezze di pioggia puntualmente individuate per le varie durate e rispettivamente per $Tr = 30 - 200 - 500$ anni.



TR 500 confronto altezze di pioggia (Ximeniano 1998 e LSPP2012)



3.2 IDROGRAMMI DI AFFLUSSO ALLA SEZIONE INIZIALE DEL FOSSO REALE

Come illustrato, la procedura di generazione degli idrogrammi di piena incidenti alla sezione iniziale del Fosso Reale, alla confluenza dei due Canali di Cinta orientale e occidentale, è stata operata a partire dagli ietogrammi di Area Vasta aggiornati con le LSPP 2012 (cfr. 2.2 - 3.1), con adeguamento in questa sede operato alle LSPP 2012, che costituisce pertanto l'unica variante introdotta nella procedura di simulazione idrologica in ingresso al Fosso Reale rispetto allo studio del 2008.

3.2.1 Adeguamento alle LSPP 2012

Con questo aggiornamento, si sono ottenuti i valori di picco delle portate illustrati nelle seguenti immagini, a partire dagli ietogrammi di altezza uniforme e durate di pioggia di 1,2,3,6,12,18,24 e 36 ore.

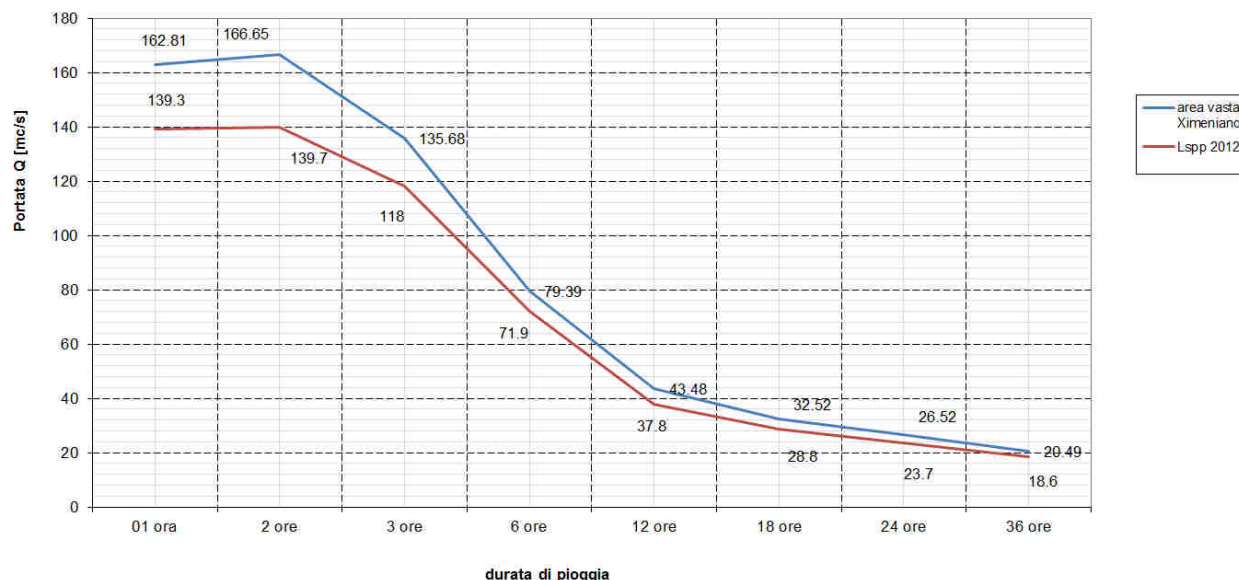
Si rimanda agli allegati di output delle simulazioni per il dettaglio tabellare completo degli idrogrammi generati.

Di seguito si riporta il confronto dei valori delle portate di picco a fronte dei corrispondenti ottenuti nello Studio di area Vasta del 2008, che faceva riferimento al solo pluviometro dell'Osservatorio Ximeniano con dati al 1998.

Si vede che i valori di picco calcolati con riferimento alle Linee Segnalatrici della Possibilità Pluviometrica aggiornate alle registrazioni pluviometriche del 2012 dal SIR Regione Toscana sono

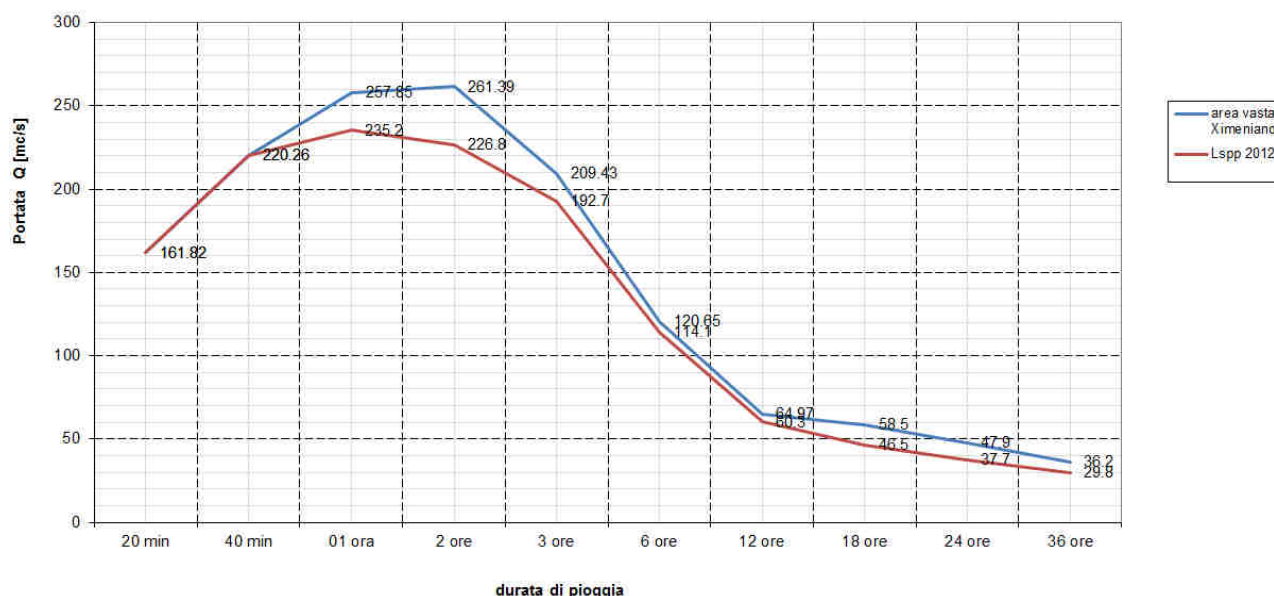
costantemente inferiori a quelle ottenute nello Studio di Area Vasta, con differenza dei valori di picco che in termini assoluti si riduce all'aumentare della durata di pioggia considerate, ma che

Andamento dei valori al colmo della portata in ingresso al f. Reale a TR 30 anni (Condizione C)

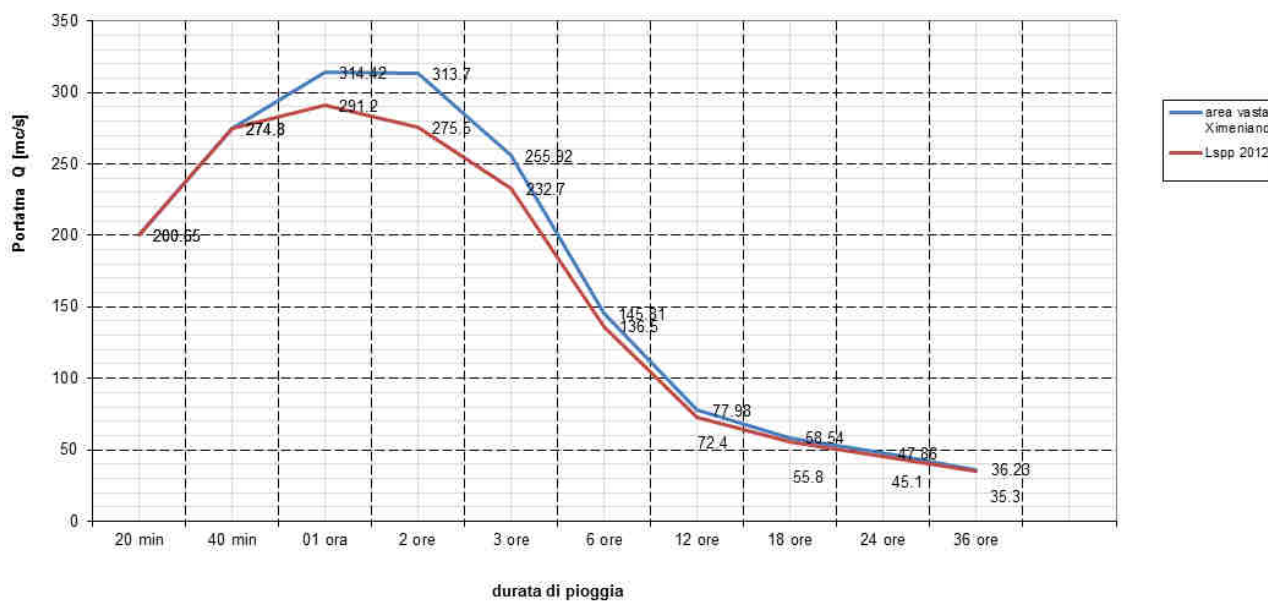


tende a stabilizzarsi in termini relativi a parità di tempo di ritorno e a diminuire, sempre in termini relativi, all'aumentare dei tempi di ritorno.

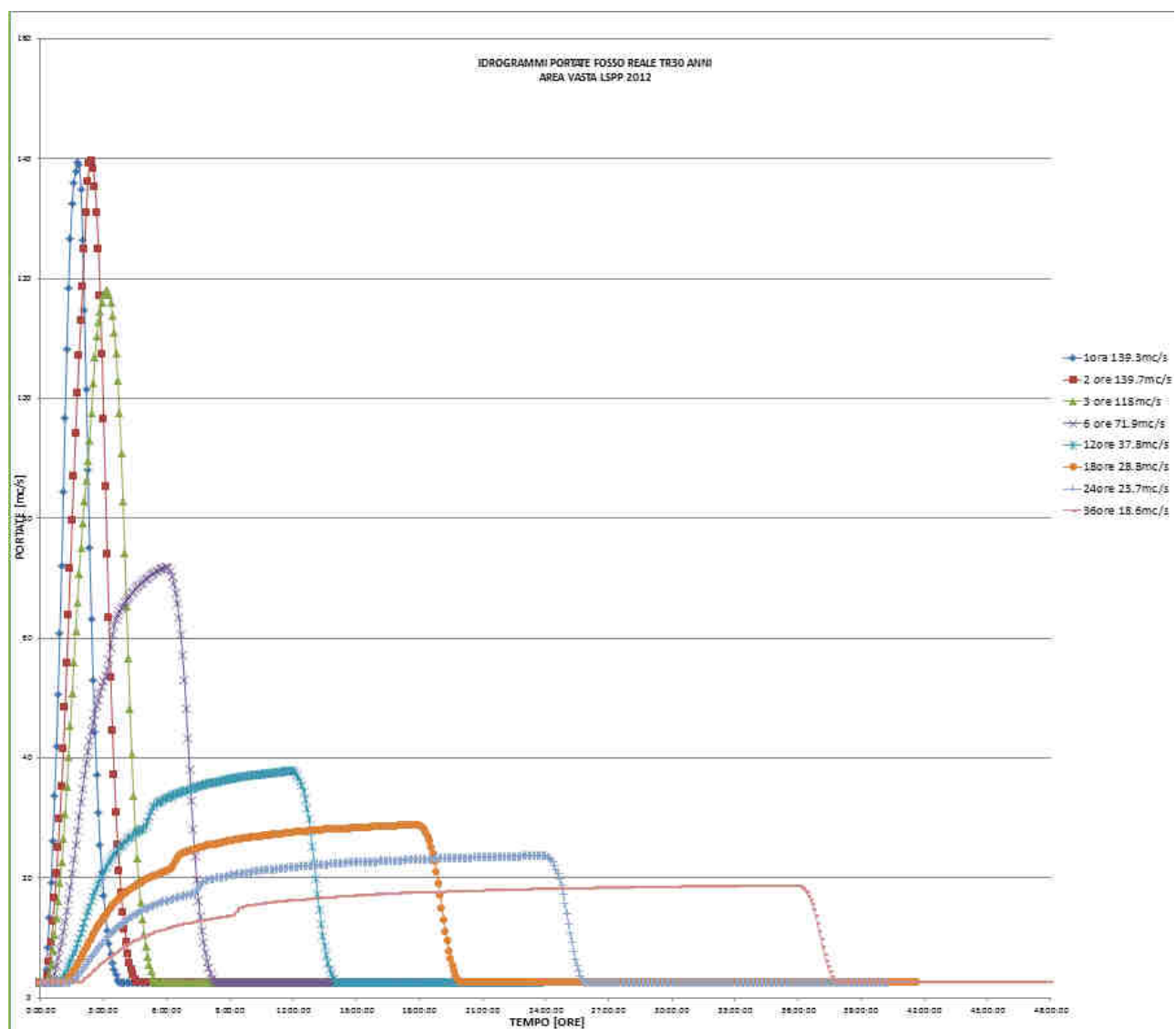
Andamento dei valori al colmo della portata in ingresso al f. Reale a TR 200 anni (Condizione C)

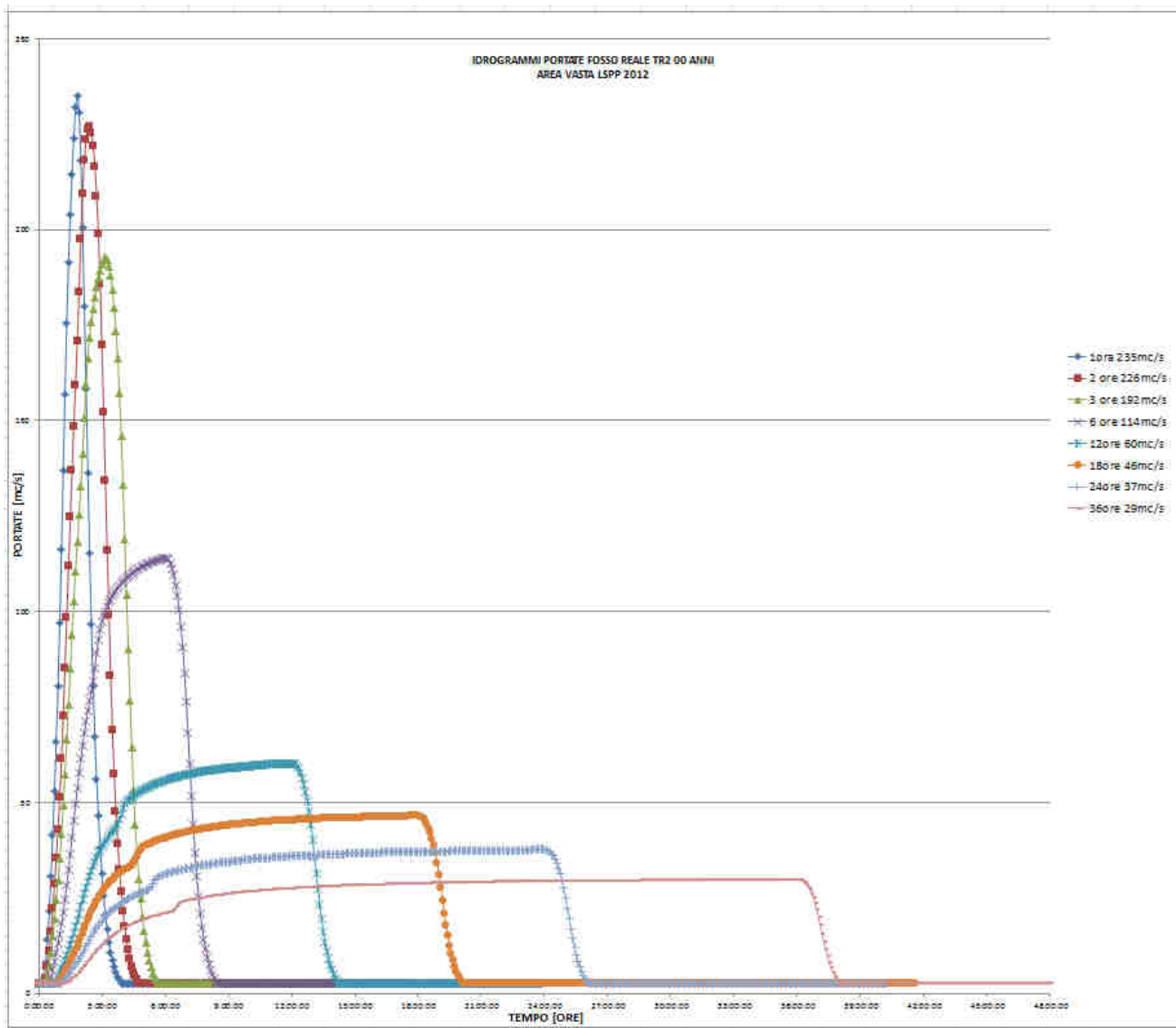


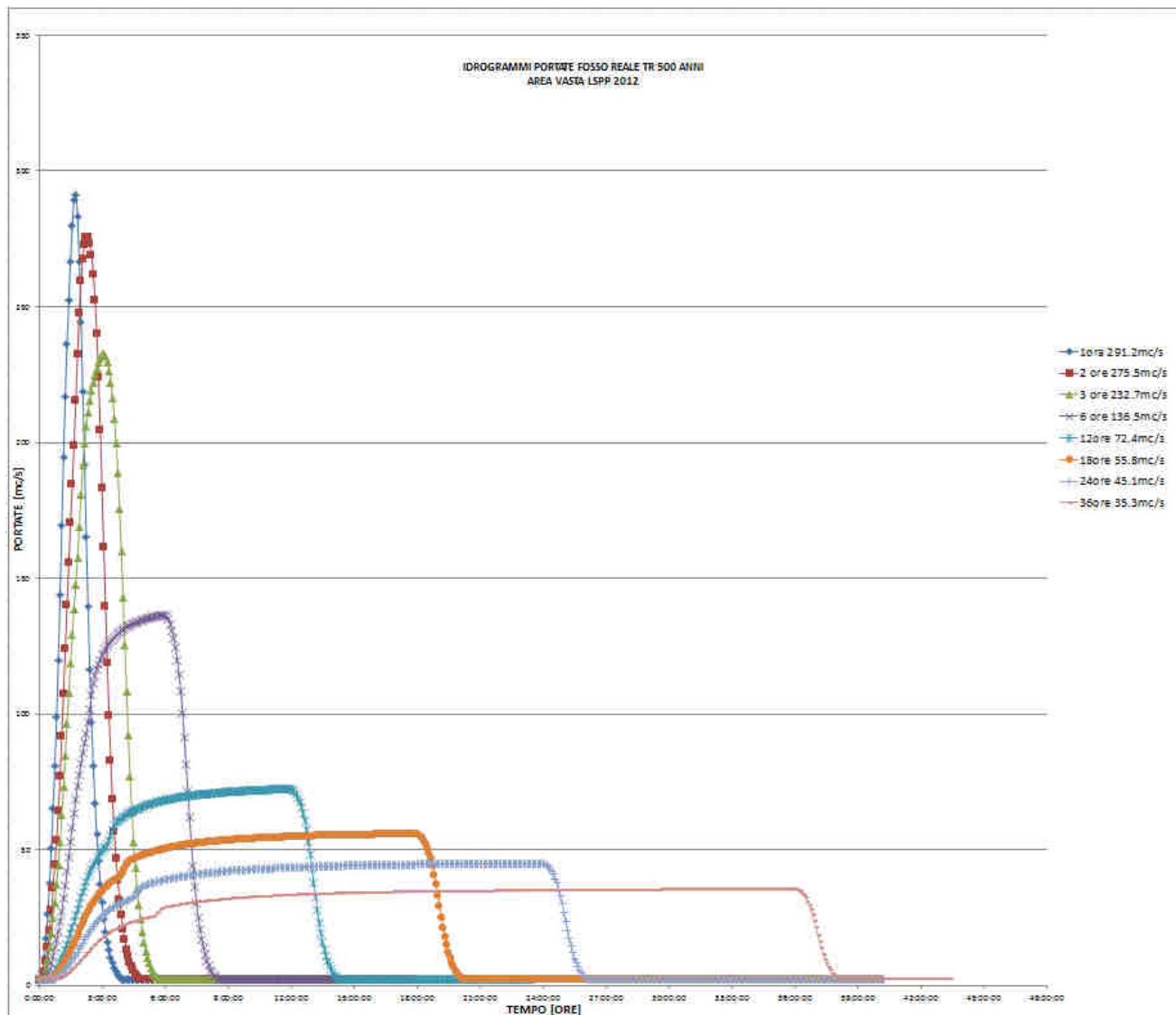
Andamento dei valori al colmo della portata in ingresso al f. Reale a TR 500 anni (Condizione C)



Seguono per i suddetti tempi di ritorno gli idrogrammi calcolati con le varie durate a partire dagli ietogrammi ottenuti con riferimento alle LSPP 2012.







ALLEGATO

STUDIO DI AREA VASTA DEL BACINO DEL FOSSO REALE - RELAZIONE TECNICA(2008)

CONSORZIO DI BONIFICA AREA FIORENTINA



PROGETTO:

STUDIO DI AREA VASTA DEL BACINO DEL FOSSO REALE

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA

TAVOLA:

-

REV:

01

DATA:

Settembre 2008

SCALA:

-

NUMERO COMMESSA:

L463

NOME FILE:

RELAZIONE.pdf



Via Bonifacio Lupi, 1
50129 - FIRENZE

PROGETTISTA:

Dott. Ing. David Settesoldi

COLLABORATORE:

Dott. Ing. Michele Catella

COMMITTENTE:

CONSORZIO DI BONIFICA AREA FIORENTINA

02			
01	23/09/08	SECONDA EMISSIONE	
00	20/12/07	PRIMA EMISSIONE	
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICHE	

CONSORZIO DI BONIFICA
AREA FIORENTINA

**STUDIO DI AREA VASTA
DEL BACINO DEL FOSSO REALE**

RELAZIONE TECNICA

Ing. David Settesoldi

Firenze, Settembre 2008

INDICE

1. PREMESSA.....	6
1.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	6
1.2 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO.....	8
2. IL QUADRO CONOSCITIVO.....	11
3. ANALISI IDROLOGICA	13
3.1 STRUTTURA DEL MODELLO IDROLOGICO.....	13
3.2 DATI IDROLOGICI TERRITORIALI	19
3.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDROLOGICA: CONDIZIONE A	34
3.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDROLOGICA: CONDIZIONE B	40
3.5 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDROLOGICA: CONDIZIONE C	49
3.6 CONFRONTO DEI VALORI DI PORTATA CON ALTRI STUDI	54
4. ANALISI IDRAULICA.....	56
4.1 IL MODELLO DI MOTO VARIO.....	56
4.2 IL MODELLO DI INONDAZIONE QUASI-BIDIMENSIONALE	58
4.3 STRUTTURA DEL MODELLO IDRAULICO.....	59
4.4 L'OPERA DI SBocco NEL FIUME BISENZIO	62
4.5 LA CONDIZIONE AL CONTORNO DI VALLE.....	63
4.6 STATO ATTUALE: CONDIZIONE 1	66
4.7 STATO INTERMEDIO: CONDIZIONE 2	66
4.8 STATO DI PROGETTO FINALE: CONDIZIONE 3	69
5. RISULTATI ANALISI IDRAULICA SISTEMA DI VALLE	74
5.1 RISULTATI SCENARIO A – 1.....	75
5.2 RISULTATI SCENARIO A – 2.....	77
5.3 RISULTATI SCENARIO A – 3.....	80
5.4 RISULTATI SCENARIO B – 2	81
5.5 RISULTATI SCENARIO B – 3	83
5.6 RISULTATI SCENARIO C – 3	83
6. RISULTATI ANALISI IDRAULICA SISTEMA DI VALLE – FOSSO REALE.....	86
6.1 RISULTATI SCENARIO A – 1.....	89
6.2 RISULTATI SCENARIO A – 2.....	89
6.3 RISULTATI SCENARIO B – 2	90
6.4 RISULTATI SCENARIO B – 3	90
7. RISULTATI ANALISI IDRAULICA SISTEMA DI MONTE.....	91
7.1 RISULTATI SCENARIO A – 1 – C	92
7.2 RISULTATI SCENARIO B – 2 – B.....	94
7.3 RISULTATI SCENARIO A – 2 – C	96
8. CONCLUSIONI.....	98
9. BIBLIOGRAFIA.....	100
APPENDICE A CODIFICA SEZIONI FLUVIALI	102

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 3.1 – SCHEMA DELLE IMMISSIONI INDIVIDUATE TRAMITE IL MODELLO IDROLOGICO.....	14
FIGURA 3.2 – SCHEMA DI HEC-HMS DEL SISTEMA IDROLOGICO: CONDIZIONE C.....	16
FIGURA 3.3 – SCHEMA DI HEC-HMS DEL SISTEMA IDROLOGICO: CONDIZIONE B.....	17
FIGURA 3.4 – SCHEMA DI HEC-HMS DEL SISTEMA IDROLOGICO: CONDIZIONE A.	18
FIGURA 3.5 – CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (DATI PLUVIOMETRICI AGGIORNATI AD OTTOBRE 1998).....	21
FIGURA 3.6 – CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (DATI PLUVIOMETRICI AGGIORNATI AL 2002).....	22
FIGURA 3.7 – FATTORE DI RIDUZIONE K_R	23
FIGURA 3.8 – IETOGRAMMI DI DURATA FISSATA ED INTENSITÀ COSTANTE CALCOLATI PER TR = 30 ANNI.....	24
FIGURA 3.9 – IETOGRAMMI DI DURATA FISSATA ED INTENSITÀ COSTANTE CALCOLATI PER TR = 100 ANNI.....	24
FIGURA 3.10 – IETOGRAMMI DI DURATA FISSATA ED INTENSITÀ COSTANTE CALCOLATI PER TR = 200 ANNI.....	25
FIGURA 3.11 – IETOGRAMMI DI DURATA FISSATA ED INTENSITÀ COSTANTE CALCOLATI PER TR = 500 ANNI.....	25
FIGURA 3.12 – FORMAZIONI GEOLOGICHE PRESENTI NEL BACINO DEL FOSSO REALE.....	27
FIGURA 3.13 – MAPPA DELL'USO DEL SUOLO DEL BACINO DEL FOSSO REALE (BASE DATI CORINE LAND COVER).....	28
FIGURA 3.14 – MAPPA DELLA CAPACITÀ DI MASSIMA RITENZIONE DEL SUOLO CN_{II} PER IL BACINO DEL FOSSO REALE.....	30
FIGURA 3.15 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO AL F. REALE.....	36
FIGURA 3.16 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL C. DI CINTA OCCIDENTALE.....	36
FIGURA 3.17 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL C. DI CINTA OCCIDENTALE.....	37
FIGURA 3.18 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. AQUALONGA DI SETTIMELLO.....	37
FIGURA 3.19 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. GAVINE.....	38
FIGURA 3.20 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. RIMAGGIO.....	38
FIGURA 3.21 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. ZAMBRA.....	39
FIGURA 3.22 – CONDIZIONE A: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. ALBERACCIO DI TERMINE.....	39
FIGURA 3.23 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO AL F. REALE.....	42
FIGURA 3.24 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL C. DI CINTA OCCIDENTALE.....	42
FIGURA 3.25 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL . DI CINTA OCCIDENTALE.....	43
FIGURA 3.26 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. AQUALONGA DI SETTIMELLO.....	43
FIGURA 3.27 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. GAVINE.....	44
FIGURA 3.28 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. RIMAGGIO.....	44
FIGURA 3.29 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. ZAMBRA.....	45
FIGURA 3.30 – CONDIZIONE B: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. ALBERACCIO DI TERMINE.....	45
FIGURA 3.31 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO E USCITA DALL'INVASO RSRV_01 (T. RIMAGGIO).....	46

FIGURA 3.32 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO E USCITA DALL’INVASO RSRV_02 (T. SETTIMELLO).....	46
FIGURA 3.33 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO E USCITA DALL’INVASO RSRV_03 (T. GAVINE).....	47
FIGURA 3.34 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO E USCITA DALL’INVASO RSRV_04 (T. GAVINE).....	47
FIGURA 3.35 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO E USCITA DALL’INVASO RSRV_05 (LAGHETTO PUBLIACQUA MODIFICATO).....	48
FIGURA 3.36 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO E USCITA DALL’INVASO RSRV_06 (LAGHETTO PUBLIACQUA MODIFICATO).....	48
FIGURA 3.37 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN INGRESSO AL F. REALE.....	50
FIGURA 3.38 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL C. DI CINTA OCCIDENTALE.....	51
FIGURA 3.39 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL C. DI CINTA OCCIDENTALE.....	51
FIGURA 3.40 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. AQUALONGA DI SETTIMELLO.....	52
FIGURA 3.41 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. GAVINE.....	52
FIGURA 3.42 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. RIMAGGIO.....	53
FIGURA 3.43 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. ZAMBRA.....	53
FIGURA 3.44 – CONDIZIONE C: ANDAMENTO DEI VALORI AL COLMO DELLA PORTATA IN USCITA DAL T. ALBERACCIO DI TERMINE.....	54
FIGURA 4.1 – OPERA DI SBOCCO DEL FOSSO REALE NEL FIUME BISENZIO.....	63
FIGURA 4.2 – CONDIZIONE AL CONTORNO PER IL TEMPO DI RITORNO DI 30 ANNI: IDROGRAMMA DEI LIVELLI IMPOSTO ALLA SEZIONE FR4011__ DEL F. REALE PER LE VARIE DURATE.	64
FIGURA 4.3 – CONDIZIONE AL CONTORNO PER IL TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI: IDROGRAMMA DEI LIVELLI IMPOSTO ALLA SEZIONE FR4011__ DEL F. REALE PER LE VARIE DURATE.	64
FIGURA 4.4 – CONDIZIONE AL CONTORNO PER IL TEMPO DI RITORNO DI 200 ANNI: IDROGRAMMA DEI LIVELLI IMPOSTO ALLA SEZIONE FR4011__ DEL F. REALE PER LE VARIE DURATE.	65
FIGURA 4.5 – CONDIZIONE AL CONTORNO PER IL TEMPO DI RITORNO DI 500 ANNI: IDROGRAMMA DEI LIVELLI IMPOSTO ALLA SEZIONE FR4011__ DEL F. REALE PER LE VARIE DURATE.	65

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 3.1 – PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI: NOME BACINO IDROGRAFICO AFFERENTE, AREA SOTTOBACINO E RELATIVAMENTE AL BACINO SOTTESO I VALORI DI AREA, QUOTA E PENDENZA MEDIA, E LUNGHEZZA DELL’ASTA PRINCIPALE.	15
TABELLA 3.2 – PARAMETRI DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (DATI PLUVIOMETRICI AGGIORNATI AD OTTOBRE 1998).	21
TABELLA 3.3 – PARAMETRI DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (DATI PLUVIOMETRICI AGGIORNATI ALL’ANNO 2002).	22
TABELLA 3.4 – VALORI DEL FATTORE DI RIDUZIONE K_R PER LE DIVERSE DURATE.	23
TABELLA 3.5 – DESCRIZIONE ATTRIBUTI DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE PRESENTI NEL BACINO DEL FOSSO REALE.	27
TABELLA 3.6 – DESCRIZIONE SINTETICA DELLA COPERTURA DEL SUOLO PRESENTE NEL BACINO DEL FOSSO REALE.	28
TABELLA 3.7 – PARAMETRI PER LA STIMA DELLE PERDITE E DEL DEFLUSSO SUPERFICIALE: CAPACITÀ DI MASSIMA RITENZIONE DEL SUOLO CN_{II} E CN_{III} , RITENZIONE POTENZIALE S , E PERDITA INIZIALE I_A	29
TABELLA 3.8 – CONFRONTO TRA I TEMPI DI CORRIVAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DEL MODELLO IDROLOGICO VALUTATI UTILIZZANDO QUATTRO DIFFERENTI METODOLOGIE.	31
TABELLA 3.9 – PARAMETRI PER LA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI: TEMPO DI RITARDO E DI CORRIVAZIONE, <i>TIME CONCENTRATION</i> E <i>STORAGE COEFFICIENT</i>	32
TABELLA 3.10 – PARAMETRI PER LA PROPAGAZIONE DEI DEFLUSSI: <i>LAG TIME</i>	33
TABELLA 3.11 – CONDIZIONE A: VALORI MASSIMI (INVILUPPI) DI PORTATA LIQUIDA VALUTATI PER I TEMPI DI RITORNO DI 30, 100, 200 E 500 ANNI.	35
TABELLA 3.12 – CONDIZIONE B: VALORI MASSIMI (INVILUPPI) DI PORTATA LIQUIDA VALUTATI PER I TEMPI DI RITORNO DI 30, 100, 200 E 500 ANNI.	41
TABELLA 3.13 – CONDIZIONE B: CONFRONTO TRA I VALORI MASSIMI DI PORTATA LIQUIDA IN INGRESSO ED IN USCITA DAGLI INVASI DI PROGETTO VALUTATI PER IL TEMPO DI RITORNO DI 200 E PER LE DURATE DI 20 E 40 MINUTI E 1 E 2 ORE.	41
TABELLA 3.14 – CONDIZIONE C: VALORI MASSIMI (INVILUPPI) DI PORTATA LIQUIDA VALUTATI PER I TEMPI DI RITORNO DI 30, 100, 200 E 500 ANNI.	50
TABELLA 3.15 – PORTATE AL COLMO CALCOLATE NEL PRESENTE STUDIO PER IL TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI.	54
TABELLA 3.16 – PORTATE AL COLMO VALUTATE NELLO STUDIO [2] PER IL TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI.	55
TABELLA 3.17 – PORTATE AL COLMO VALUTATE NELLO STUDIO [17] PER IL TEMPO DI RITORNO DI 100 ANNI.	55
TABELLA 4.1 – CONDIZIONE 3: QUOTE ARGINALI E RIALZI DA REALIZZARE NELLO STATO DI PROGETTO FINALE DEL F. REALE.	72
TABELLA 6.1 – CONFRONTO PER GLI SCENARI A-1, A-2, E B-2 TRA I VOLUMI ACCUMULATI NELLE AREE DI ESPANSIONE IN SPONDA DESTRA E SINISTRA DEL F. REALE OTTENUTI NELLE VERIFICHE SENZA E CON LA SIMULAZIONE DELLE PORTE VINCIANE.	88
TABELLA A.1 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL F. REALE CONDIZIONE 1.	103
TABELLA A.2 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL CANALE DI CINTA OCCIDENTALE CONDIZIONE 1.	104
TABELLA A.3 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL C. DI CINTA OCCIDENTALE CONDIZIONI 2 E 3.	105
TABELLA A.4 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL C. DI CINTA ORIENTALE CONDIZIONE 1.	106
TABELLA A.5 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL T. RIMAGGIO CONDIZIONE A.	107
TABELLA A.6 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL T. GAVINE CONDIZIONE A.	108
TABELLA A.7 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL F. SETTIMELLO CONDIZIONE A.	109
TABELLA A.8 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL T. ZAMBRA CONDIZIONE A.	110
TABELLA A.9 – CODIFICA DELLE SEZIONI DEL F. DEL TERMINE CONDIZIONE A.	111

1. PREMESSA

Lo studio di area vasta del bacino del fosso Reale trae spunto dalla verifica degli interventi di messa in sicurezza previsti dal Piano di Bacino del fiume Arno, con il fine di implementare un modello idrologico-idraulico completo utile a valutare le strategie di intervento per la messa in sicurezza.

Come richiesto dalla provincia di Firenze la modellistica numerica per le valutazioni idrologiche è stata condotta utilizzando il *software* HEC-HMS 3.1.0 (*Hydrologic Modeling System* sviluppato da *Hydrologic Engineering Center*), mentre la modellistica utilizzata per le verifiche idrauliche è stata condotta utilizzando il *software* HEC-RAS 3.1.3 (*River Analysis System* anch'esso sviluppato da *Hydrologic Engineering Center*).

Il presente studio ha preso in considerazione più scenari, sia in riferimento alle possibili configurazioni di progetto che il sistema idraulico può assumere, sia in relazione alle varie sollecitazioni idrologiche.

1.1 Descrizione delle attività

Le attività condotte nel presente studio hanno riguardato la messa a punto di un modello idrologico, per la valutazione degli apporti liquidi al sistema idraulico, e l'implementazione di un modello idraulico, per la valutazione dei livelli idrometrici e dei volumi esondati.

Il modello idrologico è stato implementato nel bacino costituito dalla parte montana e dal centro urbano fino ai canali di Cinta Occidentale ed Orientale.

Il modello idraulico è stato implementato sui corsi d'acqua interni al centro abitato, sui due canali di Cinta e sul fosso Reale.

Nella parte urbana sono state eseguite verifiche in moto permanente atte a definire le capacità di smaltimento e a individuare gli interventi di adeguamento finalizzati sia ad aumentare le portate smaltibili che a laminare le portate.

Nella parte di valle è stato utilizzato un modello di moto vario per la valutazione degli eventuali volumi esondati.

Gli scenari di verifica sono stati così definiti in funzione delle condizioni del sistema costituito dai canali di Cinta Occidentale ed Orientale e dal fosso Reale, nonché dalle condizioni del bacino a monte costituito dalla parte urbana e montana.

In particolare per quanto riguarda il sistema costituito dai canali di Cinta Occidentale ed Orientale e dal fosso Reale si riconoscono le seguenti condizioni:

1. **stato attuale** del sistema senza nessun intervento di adeguamento degli attraversamenti o delle sezioni e in assenza della realizzazione delle casse di espansione sui canali di Cinta;
2. **stato a medio** termine ove sono realizzati gli adeguamenti di alcuni attraversamenti su canali di Cinta Occidentale (ad es. Via Risorgimento) e Orientale e le casse di espansione previste dal comune di Sesto e dall'Università degli Studi di Firenze;
3. **stato di progetto finale** dove, ai precedenti interventi, se ne aggiungono altri finalizzati alla messa in sicurezza dell'intero sistema.

Per quanto riguarda il sistema a monte si riconoscono le seguenti condizioni:

- A. **stato attuale** senza nessun intervento di adeguamento della rete (i contributi idrologici sono attenuati per avere una portata in arrivo al sistema di valle compatibile con la capacità di smaltimento dei canali nel tratto urbano);
- B. **stato di progetto con interventi di adeguamento finalizzati sia ad aumentare la capacità di smaltimento dei canali che a laminare le portate.** Mediante il modello idrologico vengono simulate le opere di laminazione previste a monte del centro abitato (ad es. le casse di laminazione previste dalla Autorità di Bacino) verificando che i contributi a valle di tali opere siano compatibili con la capacità di smaltimento dei canali nel centro urbano eventualmente adeguati;
- C. **stato di progetto senza opere di laminazione e con il completo adeguamento della capacità di smaltimento della rete scolante.** Si procede alla definizione dell'adeguamento dei canali nel centro urbano in modo da renderli idonei a trasferire le portate di piena derivanti dall'analisi idrologica senza alcuna opera di laminazione.

Sono state quindi individuate le seguenti possibili combinazioni tra le condizioni della parte di valle e quelle di monte:

- A-1** verifica dello stato attuale ove i contributi di monte sono attenuati in funzione della capacità di smaltimento attuale dei canali e non vi sono interventi sui canali di cinta e sul Fosso Reale;
- A-2** verifica con alcuni degli interventi di medio termine su canale di cinta e Fosso Reale e nessun intervento nella parte urbana e montana;
- A-3** verifica con il sistema di valle completamente adeguato e il sistema di monte privo di interventi;
- B-2** verifica con gli interventi di medio termine realizzati a valle e, a monte, con gli interventi realizzati di tipo attivo e di tipo passivo atti a garantire la messa in sicurezza del tratto urbano;
- B-3** verifica con il sistema di valle completamente adeguato e, a monte, con la realizzazione degli interventi di tipo attivo e di tipo passivo atti a garantire la messa in sicurezza del tratto urbano (su questo scenario saranno definiti gli interventi del progetto finale da realizzarsi sui canali di cinta e sul fosso Reale);
- C-3** verifica con il sistema di valle completamente adeguato e a monte con la realizzazione di tutti gli interventi atti a garantire il trasferimento della portata idrologica.

1.2 Articolazione dello studio

Nella presente relazione tecnica si riportano la metodologia ed i risultati ottenuti, secondo la seguente articolazione:

- 1) quadro conoscitivo:** raccolta, archiviazione ed analisi degli studi e della documentazione utile alla definizione dello stato attuale e degli interventi previsti;
- 2) analisi idrologica:** condotta utilizzando il *software* HEC-HMS 3.1.0 per la determinazione dei contributi di piena per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, e per le durate di 20 e 40 minuti nonché 1, 2, 3, 6, 12, 18, 24, e 36 ore;
- 3) analisi idraulica:** implementazione di un modello idraulico di moto permanente e vario rispettivamente per i sistemi di monte e di valle precedentemente definiti per la valutazione dei battenti idrici massimi in alveo per i vari scenari individuati utilizzando *software* HEC-RAS 3.1.3.

Per ciascun scenario sono stati utilizzati eventi idrologici atti a riprodurre le condizioni di deflusso che risultano significative sia per il solo bacino del fosso Reale, sia per l'intero sistema fiume Bisenzio – fosso Reale, tenendo conto della gestione dell'opera di sbocco;

- 4) **analisi dei risultati e indicazioni per eventuali ulteriori interventi di laminazione:** sulla base dei risultati ottenuti nelle fasi precedenti vengono fornite le valutazioni sulle condizioni di contenimento idraulico del sistema nelle varie configurazioni analizzate.

Gli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio sono i seguenti:

- RELAZIONE TECNICA
- ALLEGATO 1: Tabulati verifiche idrauliche sistema di valle
- ALLEGATO 2.1: Sezioni fluviali e livelli idrici per $Tr = 200$ anni scenario A-1 sistema di valle
- ALLEGATO 2.2: Sezioni fluviali e livelli idrici per $Tr = 200$ anni scenario B-2 sistema di valle
- ALLEGATO 2.3: Sezioni fluviali e livelli idrici per $Tr = 200$ anni scenario C-3 sistema di valle
- ALLEGATO 3: Profili longitudinali e livelli idrici sistema di valle
- ALLEGATO 4: Tabulati verifiche idrauliche sistema di valle - fosso Reale
- ALLEGATO 5: Profili longitudinali e livelli idrici sistema di valle - fosso Reale
- ALLEGATO 6: Tabulati verifiche idrauliche scenari A-1-C, B-2-B, e A-2-C sistema di monte
- ALLEGATO 7.1: Sezioni fluviali e livelli idrici per $Tr = 100$ anni scenario A-1-C sistema di monte
- ALLEGATO 7.2: Sezioni fluviali e livelli idrici per $Tr = 100$ anni scenario B-2-B sistema di monte
- ALLEGATO 8: Profili longitudinali e livelli idrici scenari A-1-C, B-2-B, e A-2-C sistema di monte
- TAVOLA 1: Bacini idrografici, reticolo idrografico, e immissioni idrologiche
- TAVOLA 2: Ubicazione planimetrica delle sezioni e delle aree di potenziale esondazione
- TAVOLA 3: Carta degli interventi stato a medio termine (condizione 2) per il sistema costituito dai canali di Cinta e dal fosso Reale

- TAVOLA 4: Carta delle criticità del sistema di monte stato attuale (contributi idrologici scenario C)

Di seguito si farà riferimento alla suddetta documentazione.

Saranno inoltre fornite le basi dati dei modelli HEC-HMS e HEC-RAS.

2. IL QUADRO CONOSCITIVO

Il quadro conoscitivo è costituito in modo particolare dai seguenti studi:

- [1] *Progetto generale di massima degli interventi per la sistemazione idraulica e la difesa del suolo del comprensorio consorziale* – Consorzio Speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino e dei Territori Adiacenti, 1979;
- [2] *Aggiornamento del Piano generale di Bonifica* – COINCO Consorzio Speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino e dei Territori Adiacenti, 1988;
- [3] *Modello idraulico dell'opera di scarico del Collettore Reale in Bisenzio* – DISTART Università di Bologna, 1997;
- [4] *Studio idrologico e progetto preliminare per il tombamento di porzione del Rio Acqualonga di Settimello a monte del Canale di Cinta Occidentale* – Comune di Sesto Fiorentino, 1997;
- [5] *Studio idrologico e progetto preliminare per il tombamento di porzione del Rio Acqualonga di Settimello a monte del Canale di Cinta Occidentale* – Comune di Sesto Fiorentino, 1997;
- [6] *Studio idrologico-idraulico degli ambiti soggetti ad inondazione* – Comune di Sesto Fiorentino, 1997;
- [7] *Studio di fattibilità di una cassa di espansione per la laminazione delle piene nel Canale di Cinta Occidentale* – Comune di Sesto Fiorentino, 1998;
- [8] *Aggiornamento dello studio di fattibilità di una cassa di espansione per la laminazione delle piene nel Canale di Cinta Occidentale* – Comune di Sesto Fiorentino, 1999;
- [9] *Perimetrazione delle aree a rischio sull'asta principale del Fiume Arno e sugli affluenti nel tratto di rigurgito* – Autorità di Bacino del Fiume Arno, 1999;
- [10] *Ampliamento alla Terza Corsia Barberino di Mugello – Incisa Valdarno, Tratto Firenze Nord-Firenze Sud*, Progetto Esecutivo, Idrologia e Idraulica, Fosso Reale, Verifica Idraulica, Relazione Tecnica - Autostrade - Concessioni e Costruzioni Autostrade S.p.A., Roma, Autostrada A1 Milano – Napoli, 2000;
- [11] *Valutazione della pericolosità idraulica del territorio di Sesto Fiorentino ai fini della redazione del piano strutturale* – Comune di Sesto Fiorentino, 2002;
- [12] *Interventi di riduzione del rischio idraulico nel bacino del Fiume Arno – Cassa di espansione Renai – 1 Lotto* – Progetto Definitivo – Comune di Signa, Provincia di Firenze,

2004;

- [13] *Studio per la messa in sicurezza idraulica degli ambiti del Canale di Cinta Orientale relativi al Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino*, P.L.1 F.31, P.L.13 F.25- Via Pasolini, P.L.1 F.32 – Via dei Frilli, Relazione Tecnica - Università degli Studi di Firenze, Ufficio Programmazione e Pianificazione Edilizia, 2004;
- [14] *Studio idrologico ed idraulico del fosso Reale* – Comune di Sesto Fiorentino, 2005;
- [15] *Rilievo topografico del Fiume Reale*, nel tratto compreso tra l'immissione nel F. Bisenzio ed il Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino e del T. Chiosina, nel tratto compreso tra l'attraversamento ferroviario FI-BO e l'attraversamento di Via Giusti, nei Comuni di Signa, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino e Calenzano – Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina, 2006;
- [16] *Verifiche idrauliche di approfondimento sul canale di Cinta Occidentale nel Comune di Sesto Fiorentino* – Consorzio di Bonifica Area Fiorentina, 2006;
- [17] *Studio di aggiornamento idraulico del fosso Reale* – Comune di Sesto Fiorentino, 2007;
- [18] *Studio di fattibilità – Interventi di riqualificazione ambientale e messa in sicurezza idraulica del tratto urbano del torrente Rimaggio da via I Settembre al ponte ferroviario* – Consorzio di Bonifica Area Fiorentina, 2007.

Agli studi precedenti si aggiungono:

- uno studio condotto dal Consorzio di Bonifica per la verifica delle opere di laminazione sul fosso Reale previste nel Piano di Bacino stralcio Rischio Idraulico;
- i rilievi recenti del fosso Reale disponibili presso il Consorzio di Bonifica;
- il rilievo degli scarichi fognari presenti lungo i canali.

3. ANALISI IDROLOGICA

Le condizioni di portata imposte al bacino sotteso dal fosso Reale alla sezione dell'opera di sbocco nel f. Bisenzio sono state determinate con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni. Gli idrogrammi di portata corrispondenti sono stati determinati per durate pari a 20 e 40 minuti e 1, 2, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore.

Gli input di portata così determinati sono stati applicati al reticolo idrografico costituito dai seguenti corsi d'acqua:

- fosso Acqualonga di Settimello;
- torrente Gavine;
- torrente Rimaggio;
- torrente Zambra;
- torrente Alberaccio del Termine;
- canale di Cinta Occidentale;
- canale di Cinta Orientale;
- fosso Reale.

L'analisi idrologica è stata condotta con lo scopo di stimare gli idrogrammi di piena in ingresso al reticolo idrografico del bacino del fosso Reale, associati a tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, basandosi sull'analisi dei dati pluviometrici e sull'impiego del *software* HEC-HMS 3.1.0.

3.1 Struttura del modello idrologico

L'area oggetto di studio comprende i bacini idrografici afferenti al fosso Reale e ricadenti tutti nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Area Fiorentina.

Il reticolo idrografico complessivo, insieme all'ubicazione delle sezioni fluviali e alle immissioni considerate, è riportato nella Tavola 2.

Il bacino sotteso dal fosso Reale è stato schematizzato, con il *software* HEC-HMS, mediante l'individuazione di un insieme di sottobacini ed interbacini (*subbasin*), che confluiscono a dei nodi (*juntion*), che sono collegati tra loro tramite tratti di corso d'acqua (*reach*).

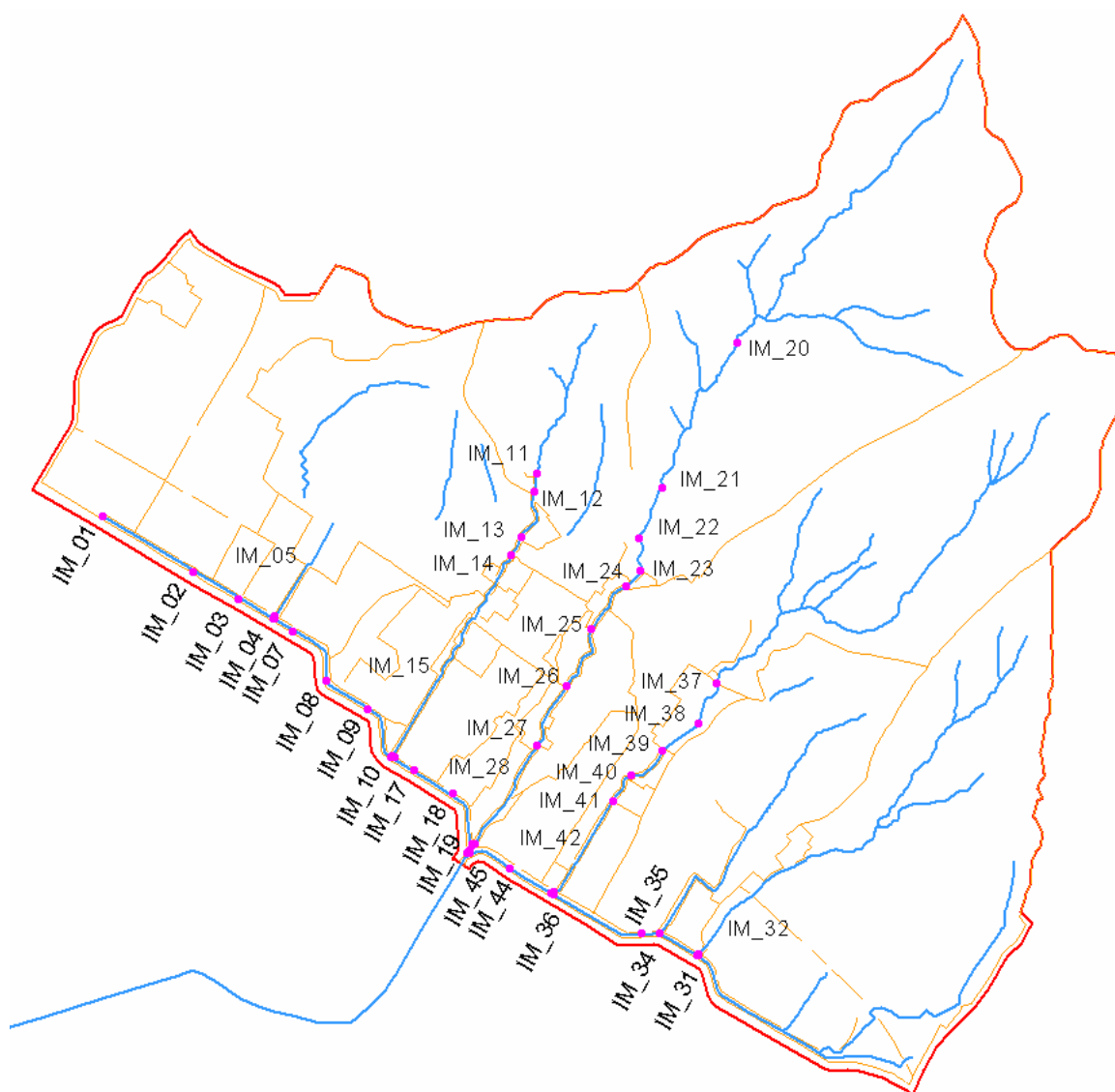


Figura 3.1 – Schema delle immissioni individuate tramite il modello idrologico.

Il sistema idrologico considerato è stato schematizzato nel modo seguente:

- **39 bacini** relativi alle 7 aste principali dei corsi d'acqua afferenti all'area di studio e corrispondenti alle 39 immissioni evidenziate in Figura 3.1. Nella Tabella 3.1 si riportano le principali caratteristiche delle suddette immissioni (nome bacino idrografico afferente, area interbacino bacino e, relativamente al bacino sotteso dall'immissione, i valori di area, quota e pendenza media, nonché la lunghezza dell'asta principale);
- **37 nodi**;
- **33 tratti** rappresentativi delle aste dei corsi d'acqua che collegano gli interbacini;
- **1 invaso** corrispondente al laghetto gestito da Publiacqua sul t. Rimaggio;
- **1 uscita** dal sistema idrologico corrispondente al fosso Reale nel tratto posto a valle della confluenza con il c. di Cinta Orientale.

Codice immissione	Nome bacino afferente	Area interbacino [km²]	Area totale sottesa [km²]	Quota media [m s.l.m.m.]	Pendenza media [m/m]	Lunghezza asta [km]
IM_01	canale Cinta Occidentale	1.392	1.392	57.7	0.020	2.95
IM_02	canale Cinta Occidentale	1.252	2.644	66.1	0.039	3.71
IM_03	canale Cinta Occidentale	0.123	2.767	65.2	0.038	4.08
IM_04	canale Cinta Occidentale	0.205	2.972	64.1	0.037	4.36
IM_07	canale Cinta Occidentale	0.339	5.677	77.7	0.082	4.52
IM_08	canale Cinta Occidentale	0.028	5.705	77.6	0.081	5.03
IM_09	canale Cinta Occidentale	0.549	6.254	75.1	0.076	5.39
IM_10	canale Cinta Occidentale	0.035	6.289	74.9	0.075	5.81
IM_17	canale Cinta Occidentale	0.417	8.983	93.3	0.091	6.01
IM_18	canale Cinta Occidentale	0.214	9.197	92.3	0.090	6.32
IM_19	canale Cinta Occidentale	0.119	9.315	91.8	0.089	6.76
IM_05	torrente Settimello	2.366	2.366	100.5	0.153	3.32
IM_11	torrente Gavine	0.528	0.528	225.4	0.244	1.74
IM_12	torrente Gavine	0.358	0.886	216.0	0.254	1.90
IM_13	torrente Gavine	0.060	0.945	206.9	0.240	2.27
IM_14	torrente Gavine	0.853	1.798	176.4	0.184	2.70
IM_15	torrente Gavine	0.478	2.276	152.7	0.150	4.43
IM_20	torrente Rimaggio	1.341	1.341	464.6	0.388	3.11
IM_21	torrente Rimaggio	3.451	4.792	402.5	0.364	4.39
IM_22	torrente Rimaggio	0.163	4.955	393.2	0.356	4.81
IM_23	torrente Rimaggio	0.611	5.565	379.1	0.346	5.08
IM_24	torrente Rimaggio	0.038	5.604	377.2	0.344	5.22
IM_25	torrente Rimaggio	0.051	5.654	374.6	0.341	5.62
IM_26	torrente Rimaggio	0.083	5.737	370.2	0.336	6.12
IM_27	torrente Rimaggio	0.079	5.816	365.9	0.331	6.61
IM_28	torrente Rimaggio	0.410	6.227	363.5	0.329	7.44
IM_31	canale Cinta Orientale	2.474	2.474	81.5	0.072	4.26
IM_34	canale Cinta Orientale	1.407	5.957	131.2	0.119	4.58
IM_35	canale Cinta Orientale	0.692	6.649	121.8	0.111	4.73
IM_36	canale Cinta Orientale	0.033	6.682	121.4	0.111	5.46
IM_44	canale Cinta Orientale	0.478	11.887	189.1	0.157	6.56
IM_45	canale Cinta Orientale	0.017	11.903	188.9	0.157	6.90
IM_32	torrente Alberaccio	2.076	2.076	193.9	0.172	4.22
IM_37	torrente Zambra	3.355	3.355	396.3	0.325	4.26
IM_38	torrente Zambra	0.042	3.397	392.4	0.322	4.62
IM_39	torrente Zambra	0.126	3.522	381.0	0.311	4.92
IM_40	torrente Zambra	0.036	3.558	377.8	0.307	5.21
IM_41	torrente Zambra	0.048	3.606	373.5	0.303	5.44
IM_42	torrente Zambra	1.120	4.726	306.7	0.249	6.20
–	fosso Reale	–	27.449	192.9	0.166	7.51

Tabella 3.1 – Principali caratteristiche dei bacini idrografici: nome bacino idrografico afferente, area sottobacino e relativamente al bacino sotteso i valori di area, quota e pendenza media, e lunghezza dell'asta principale.

Nella Figura 3.2 si riporta lo schema relativo alla condizione C, stato di progetto senza opere di laminazione e con il completo adeguamento della rete scolante di monte, che corrisponde esattamente al sistema precedentemente descritto.

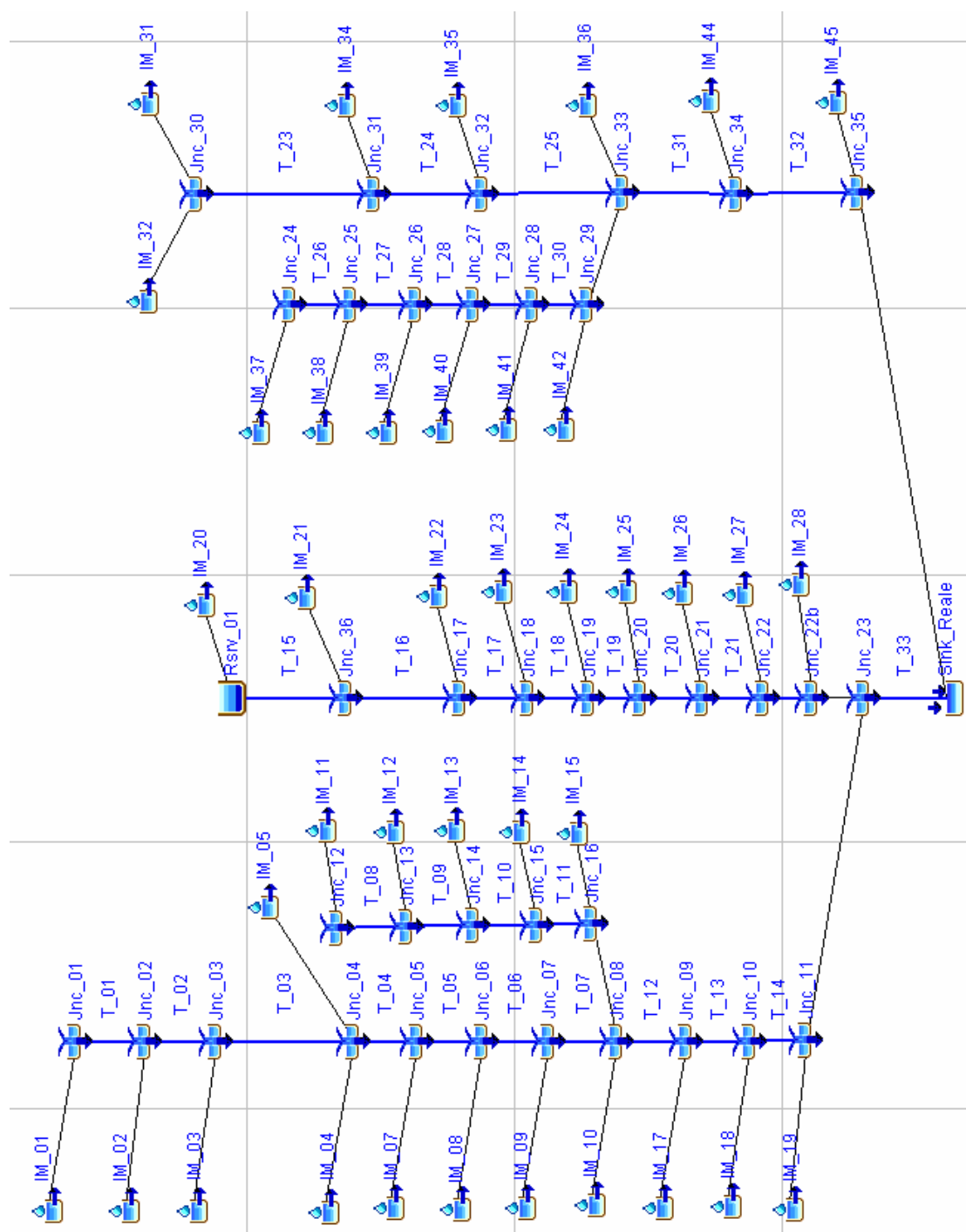


Figura 3.2 – Schema di HEC-HMS del sistema idrologico: condizione C.

Nella Figura 3.3 si riporta lo schema relativo alla condizione B, stato di progetto con opere di laminazione e l'adeguamento della rete scolante di monte. In tale configurazione sono stati inseriti, rispetto alla precedente configurazione, altri cinque serbatoi oltre a quello già presente opportunamente modificato.

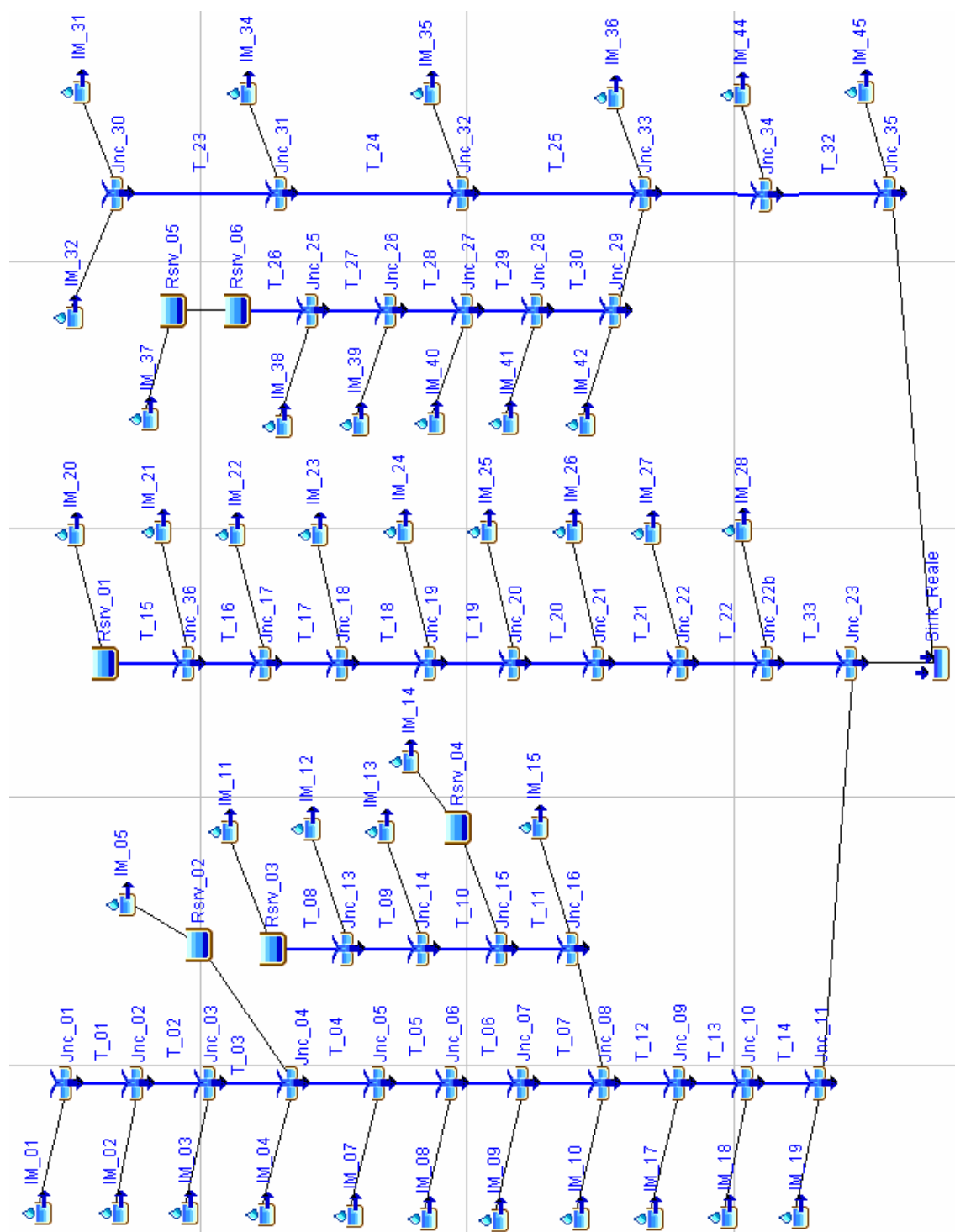


Figura 3.3 – Schema di HEC-HMS del sistema idrologico: condizione B.

Nella Figura 3.4 si riporta lo schema relativo alla condizione A, corrispondente allo stato attuale senza alcun intervento della rete.

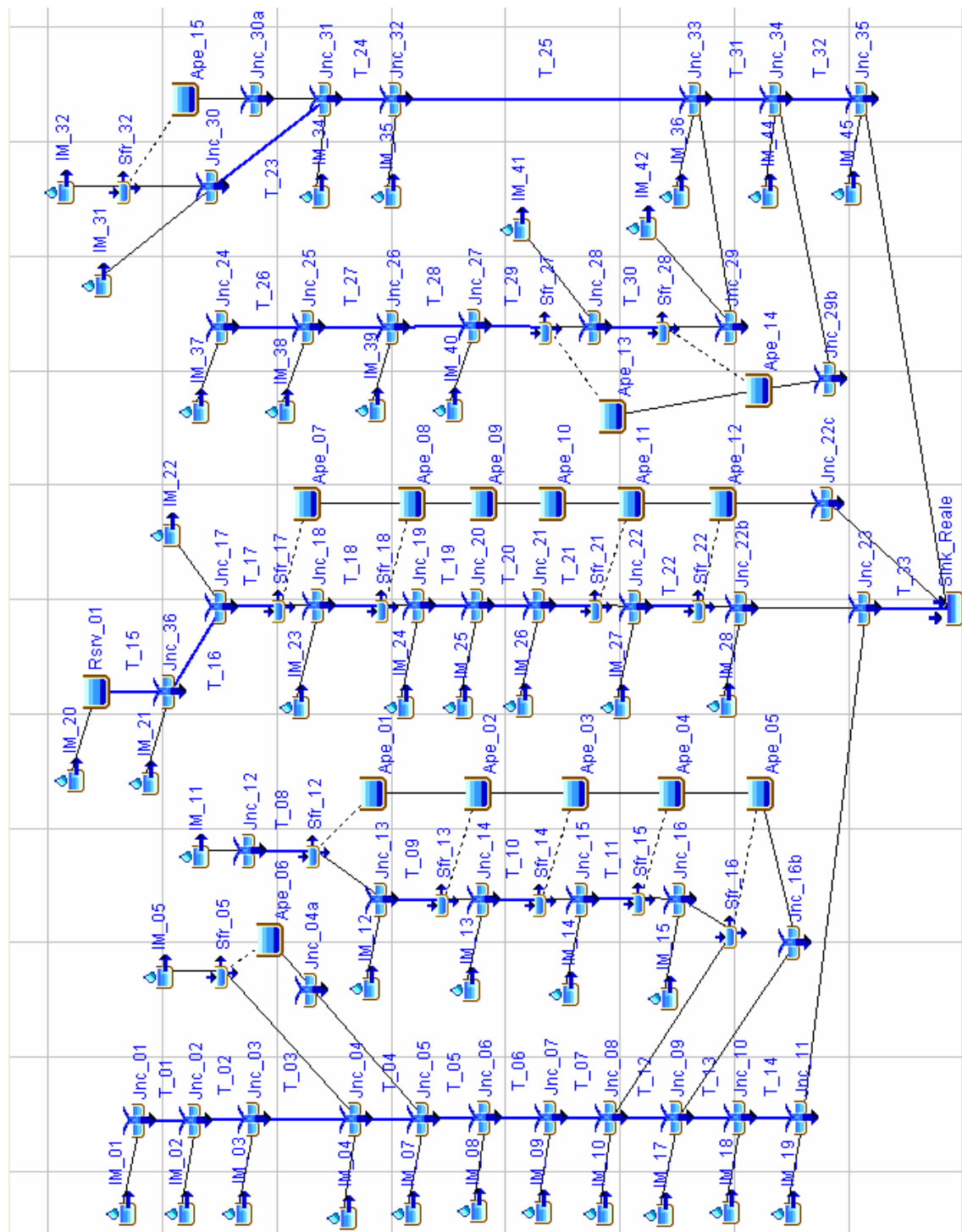


Figura 3.4 – Schema di HEC-HMS del sistema idrologico: condizione A.

Nella condizione A, rispetto alla configurazione C, sono stati inseriti i seguenti elementi:

- **13 diversivi** rappresentativi dell'insufficienza di contenimento dell'attuale rete scolante. Questi elementi sono stati inseriti a valle di ciascun tratto insufficiente e definiscono la reale capacità di smaltimento del tratto verso il nodo di valle. Per ciascun diversivo, le dimensioni (lunghezza e quota) dell'opera di sfioro sono state tarate per mezzo di confronti tra i risultati delle verifiche idrauliche condotte in moto permanente con il *software* HEC-RAS dell'intero sistema nelle due differenti combinazioni: geometria stato attuale monte e valle (A-1) con sfiori + idrologia condizione C e geometria stato attuale monte e valle (A-1) senza sfiori + idrologia condizione A;
- **5 nodi**: i cinque nodi aggiunti in tale condizione, corrispondono all'immissione nel reticolo principale del sistema di valle (canali di Cinta Occidentale ed Orientale) dei volumi d'acqua esondati dai tratti insufficienti del sistema di monte;
- **15 invasi**: oltre al laghetto gestito da Publiacqua sul t. Rimaggio, sono stati aggiunti 15 invasi rappresentativi delle aree di espansione. Tali aree sono differenti rispetto a quelle definite per il sistema idraulico, e corrispondono geometricamente ai bacini idrografici.

3.2 Dati idrologici territoriali

Nel seguito si richiamano sinteticamente gli elementi caratteristici della modellazione idrologica.

Il modello idrologico che è stato utilizzato prevede per un dato tempo di ritorno uno ietogramma di durata fissata ed intensità costante.

L'intensità dello ietogramma è stata calcolata noti i parametri della curva di possibilità pluviometrica media del bacino, ovvero, delle relazioni tra altezza di pioggia h e durata t della stessa per vari livelli di probabilità, e quindi del tempo di ritorno T_P .

Per una data stazione di misura è possibile determinare una relazione del tipo:

$$h = f(t, T_P). \quad (3.1)$$

Per il calcolo della suddetta relazione si è fatto riferimento agli studi condotti dalla Regione Toscana per la “*Regionalizzazione delle portate di Piena*”.

La stima delle curve di possibilità climatica è stata condotta a partire dall'analisi dei dati pluviometrici.

Utilizzando tali dati sono state tarate le distribuzioni di probabilità tali da fornire, assegnata la probabilità (ovvero il tempo di ritorno), la corrispondente altezza di pioggia. Sono state così

ottenute delle distribuzioni di probabilità riferite a determinati intervalli di tempo (l'intervallo di tempo su cui è fornito il massimo valore): 20 e 40 minuti, e 1, 2, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore.

Da tali valori si sono poi ricostruite due curve interpolanti, ovvero due curve di possibilità pluviometrica, una relativa ai valori di durata inferiori all'ora, ed una relativa a quelli superiori all'ora. La forma classica di tali curve è una esponenziale del tipo:

$$h = a T_r^m t^n \quad (3.2)$$

dove T_r è tempo di ritorno espresso in anni, t la durata in ore, e h l'altezza di precipitazione in mm.

L'analisi è stata condotta utilizzando una distribuzione di probabilità del tipo TCEV (*Two Components Extreme Value*).

L'adozione di tale distribuzione di valori estremi permette di condurre un'analisi di tipo regionale, ovvero di effettuare una stima della distribuzione di probabilità non più basata sulla singola stazione ma su tutte le serie di dati disponibili.

Nella Tabella 3.2 e nella Tabella 3.3 si riportano i valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica stimati con la distribuzione di probabilità adottata sia per le durate inferiori a un'ora che per durate superiori.

In particolare, i valori riportati nella Tabella 3.2 sono stati valutati considerando la serie di dati pluviometrici aggiornata al mese di ottobre 1998, mentre quelli riportati nella Tabella 3.3 la serie storica aggiornata all'anno 2002.

Nel presente lavoro sono state adottate le curve di possibilità pluviometrica relative al 1998 (Tabella 3.2), perché forniscono altezze di pioggia maggiori a parità di stazione pluviometrica, come si evince dal confronto tra la Figura 3.5 e la Figura 3.6. Occorre evidenziare che, rispetto a quanto precedentemente affermato, la curva di possibilità pluviometrica relativa al 2002 della stazione di Calenzano rappresenta un'eccezione, ma non è stata presa in considerazione essendo il suo andamento decisamente anomalo rispetto ai risultati ottenuti per le altre stazioni.

Dal carattere "puntuale" delle relazioni prima determinate che, come precedentemente affermato, si riferiscono alle singole stazioni pluviometriche, generalmente si passa alla scala di bacino

utilizzando un metodo per la distribuzione spaziale dei dati puntuali (metodo dei topoi, inverso della distanza, Kriging, etc.).

Nel presente lavoro è stata adottata la curva di possibilità pluviometrica relativa all'osservatorio Ximeniano di Firenze (evidenziata nella Tabella 3.2), perché presenta un numero elevato di registrazioni che garantiscono una stima affidabile dei valori estremi.

Pertanto all'interno del *software* HEC-HMS è stata introdotta una sola *Precipitation Gage*, il cui ietogramma è stato associato, per ciascuna combinazione di tempo di ritorno e durata, a tutti i bacini idrografici schematizzati nel modello idrologico (vedi Tabella 3.1 e Figura 3.1).

Aggiornamento: Ottobre 1998	t > 1 ora			t < 1 ora		
Stazione	a	n	m	a	n	m
FIESOLE	22.537	0.281	0.198	22.851	0.313	0.175
FIRENZE (reparto idrografico)	20.100	0.306	0.198	19.999	0.250	0.185
FIRENZE (oss. Ximeniano)	24.689	0.247	0.202	25.978	0.409	0.172
CALENZANO	19.994	0.332	0.187	19.852	0.335	0.157

Tabella 3.2 – Parametri delle Curve di Possibilità Pluviometrica
(dati pluviometrici aggiornati ad Ottobre 1998).

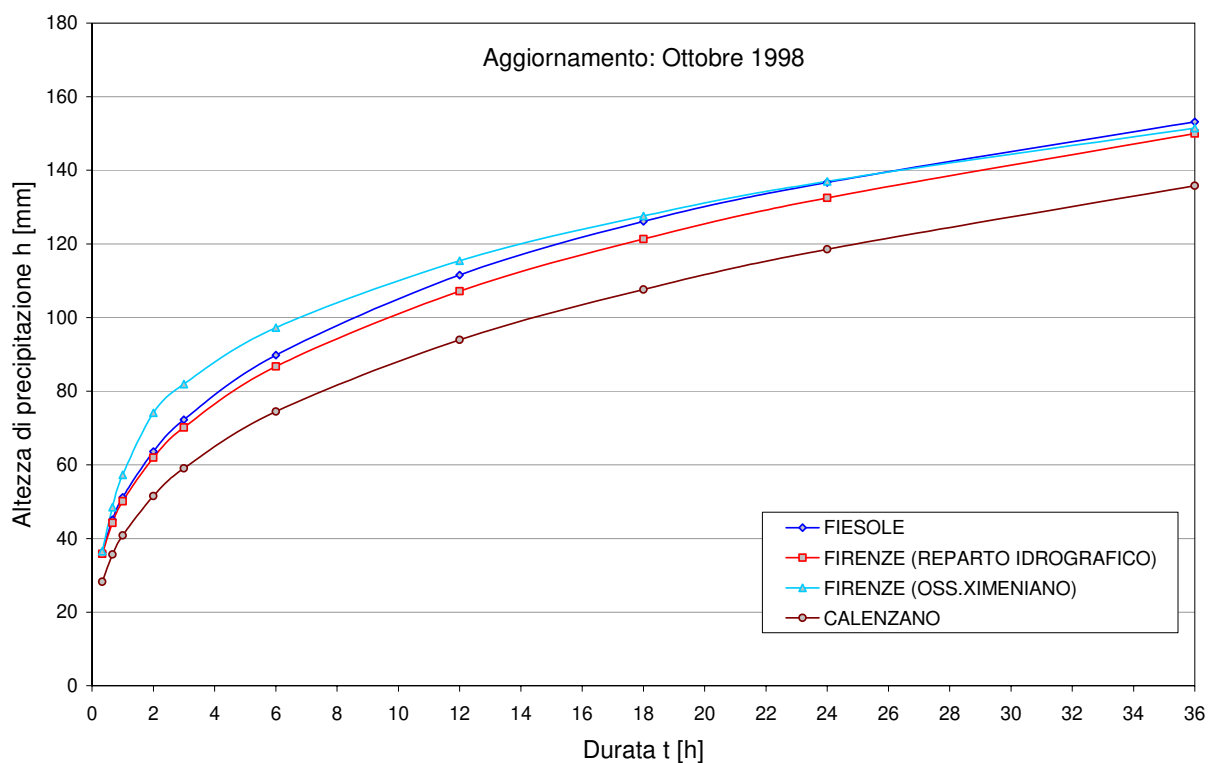


Figura 3.5 – Curve di Possibilità Pluviometrica (dati pluviometrici aggiornati ad Ottobre 1998).

Aggiornamento: 2002	t > 1 ora			t < 1 ora		
Stazione	a	n	m	a	n	m
FIESOLE	23.093	0.260	0.194	22.818	0.307	0.173
FIRENZE (reparto idrografico)	20.385	0.290	0.194	21.744	0.266	0.162
FIRENZE (oss.Ximeniano)	24.826	0.226	0.195	24.705	0.370	0.168
CALENZANO	19.618	0.327	0.205	19.992	0.303	0.166

Tabella 3.3 – Parametri delle Curve di Possibilità Pluviometrica
(dati pluviometrici aggiornati all'anno 2002).

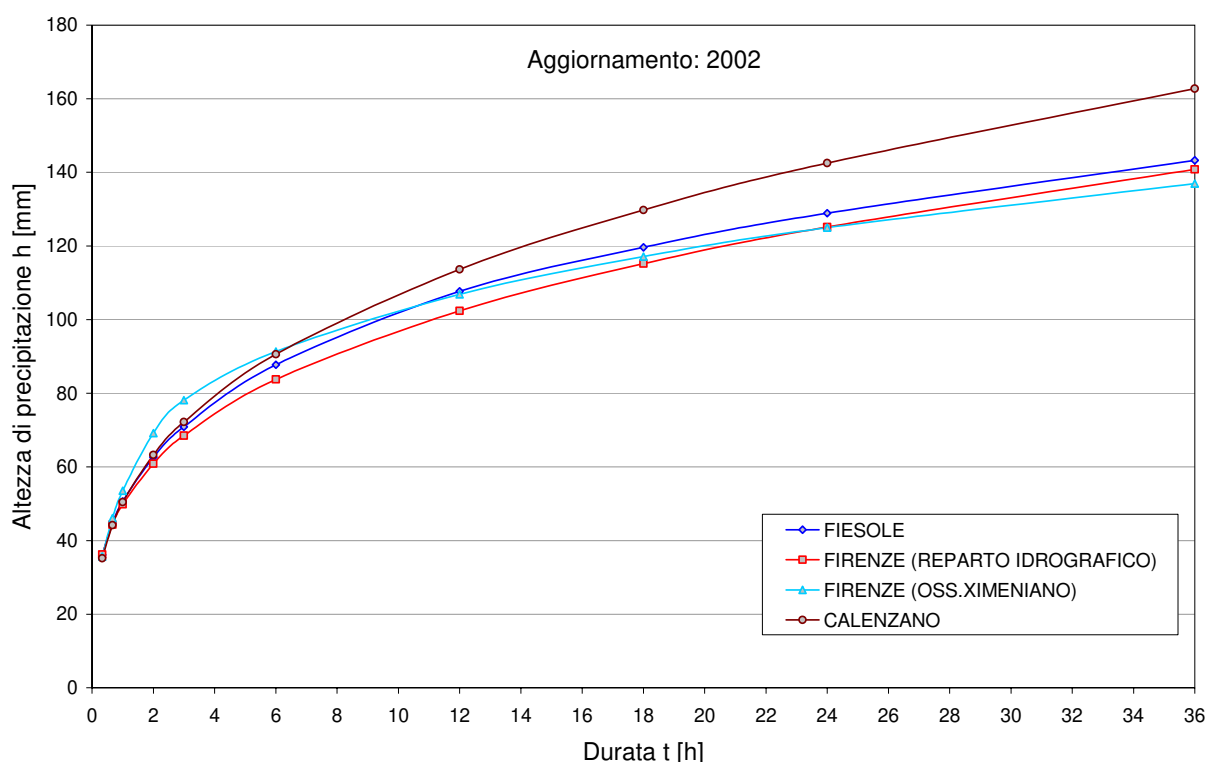


Figura 3.6 – Curve di Possibilità Pluviometrica (dati pluviometrici aggiornati al 2002).

Il calcolo della precipitazione relativa al bacino in esame viene completato con l'applicazione di un coefficiente di ragguaglio all'area per tener conto della variabilità spaziale dell'evento meteorico, introducendo il *fattore di riduzione* K_r .

Il valore di K_r dipende in generale da estensione, superficie e forma dell'area investita dalla precipitazione, da altezza e durata di pioggia, nonché dal tempo di ritorno considerato.

Per la quantificazione di K_r si è fatto riferimento alla formula dell'USWB opportunamente modificata per tenere in conto delle caratteristiche peculiari della Regione Toscana:

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A) \quad (3.3)$$

dove α , β e γ sono i parametri della formula, t [h] la durata della precipitazione e A [km²] l'area del bacino.

Nel presente caso i parametri della formula adottata sono i seguenti: $\alpha = 0.036 \times a'$, dove a' è il parametro della curva di possibilità; $\beta = 0.25$; $\gamma = 0.01$.

Le verifiche sono state condotte per eventi di diversa durata variabili da 20 minuti a 36 ore. Per ciascuna delle durate è stato assunto un coefficiente di ragguaglio della precipitazione K_r calcolato in funzione dei dati ricavabili dal modello ALTO su una serie di sezioni ricadenti nell'area di studio. In Figura 3.7 si riporta l'andamento del K_r con la durata per le sezioni prescelte.

I valori del K_r adottati per le diverse durate sono pertanto riportati nella Tabella 3.4.

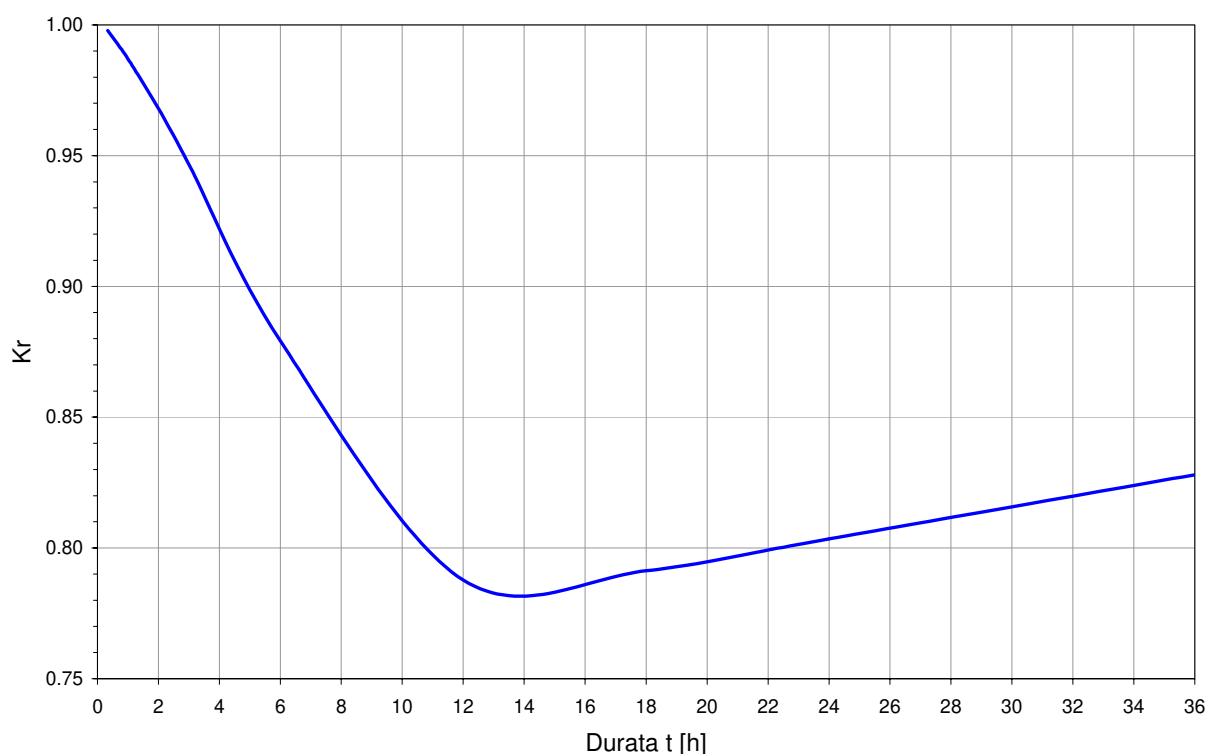
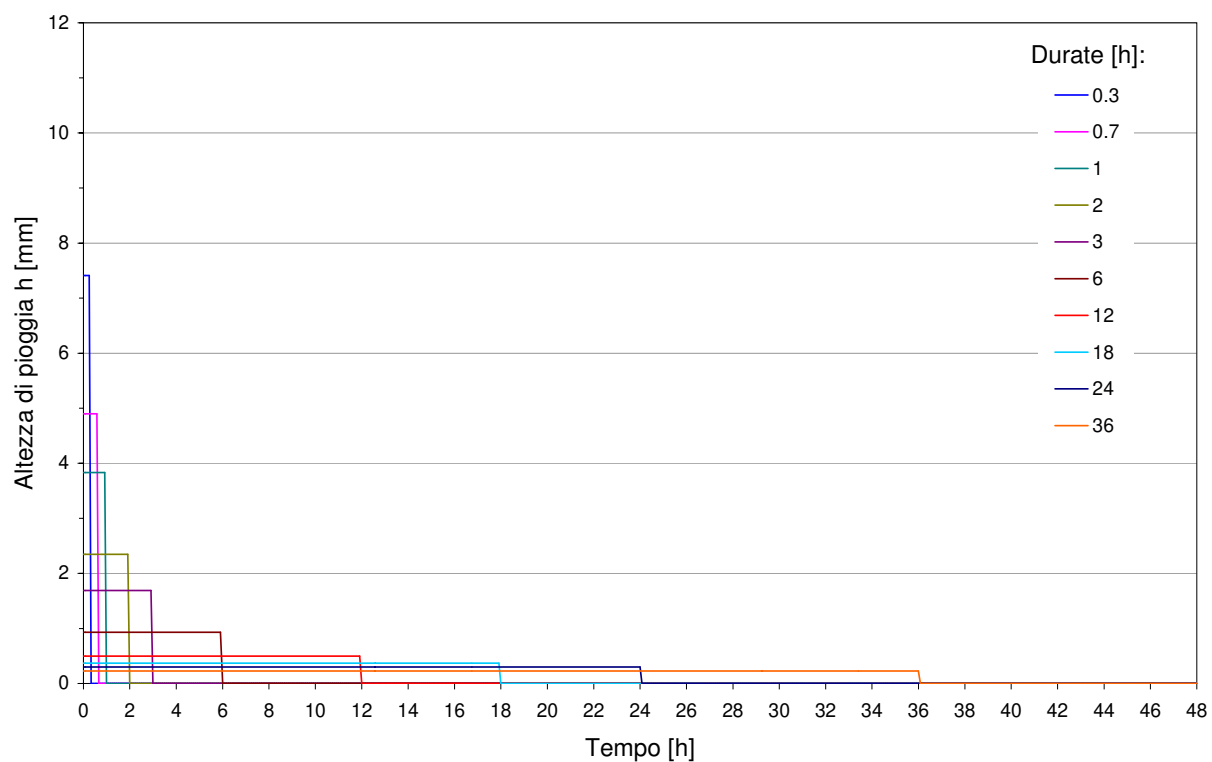
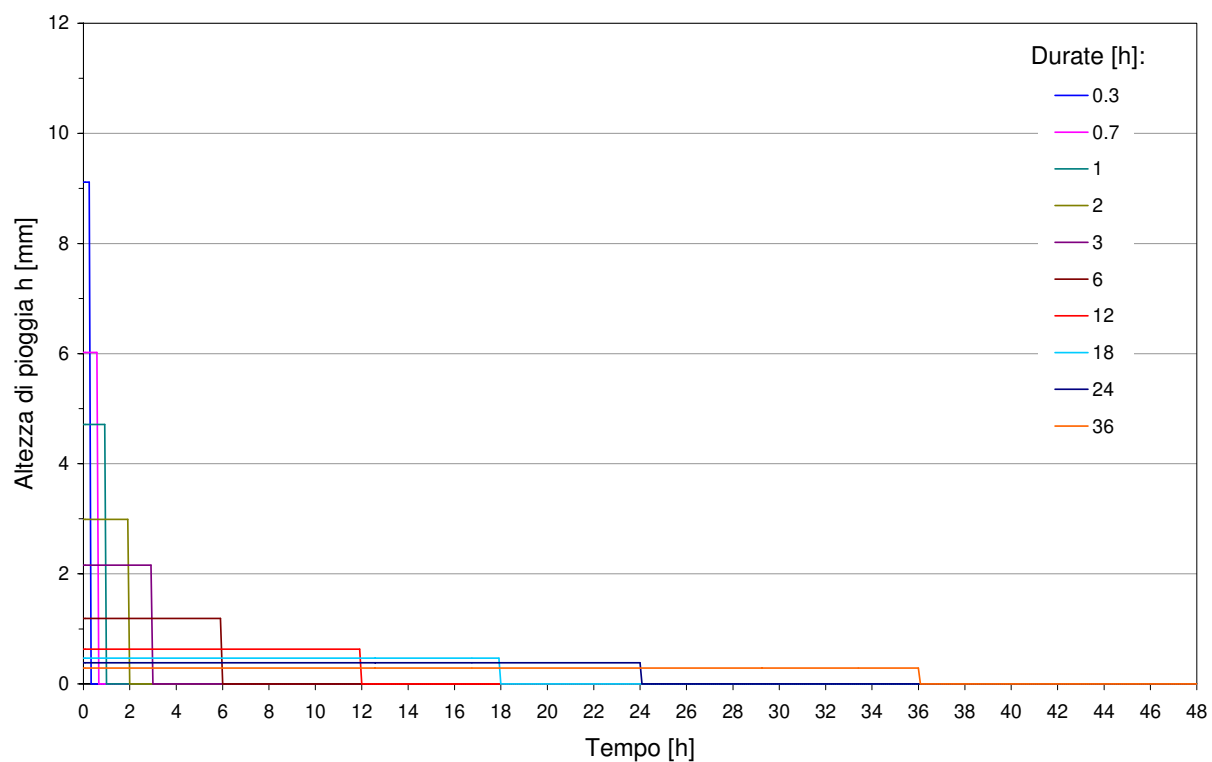
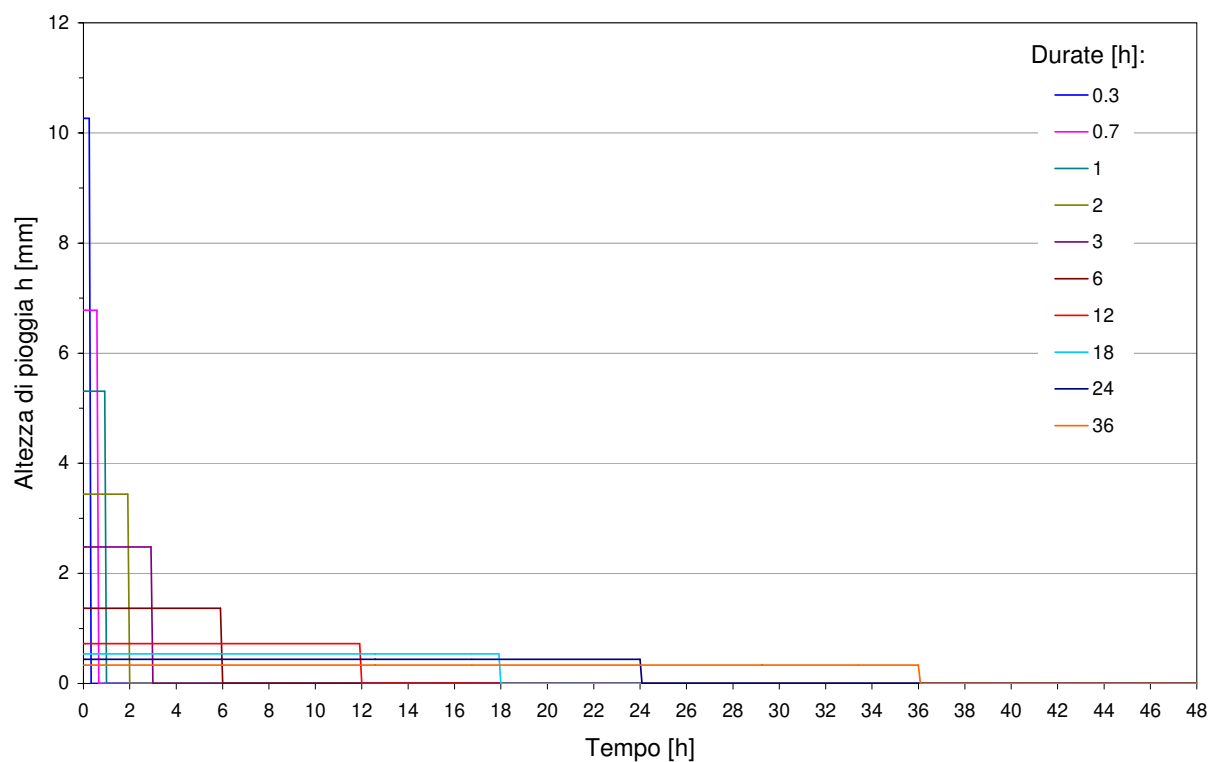
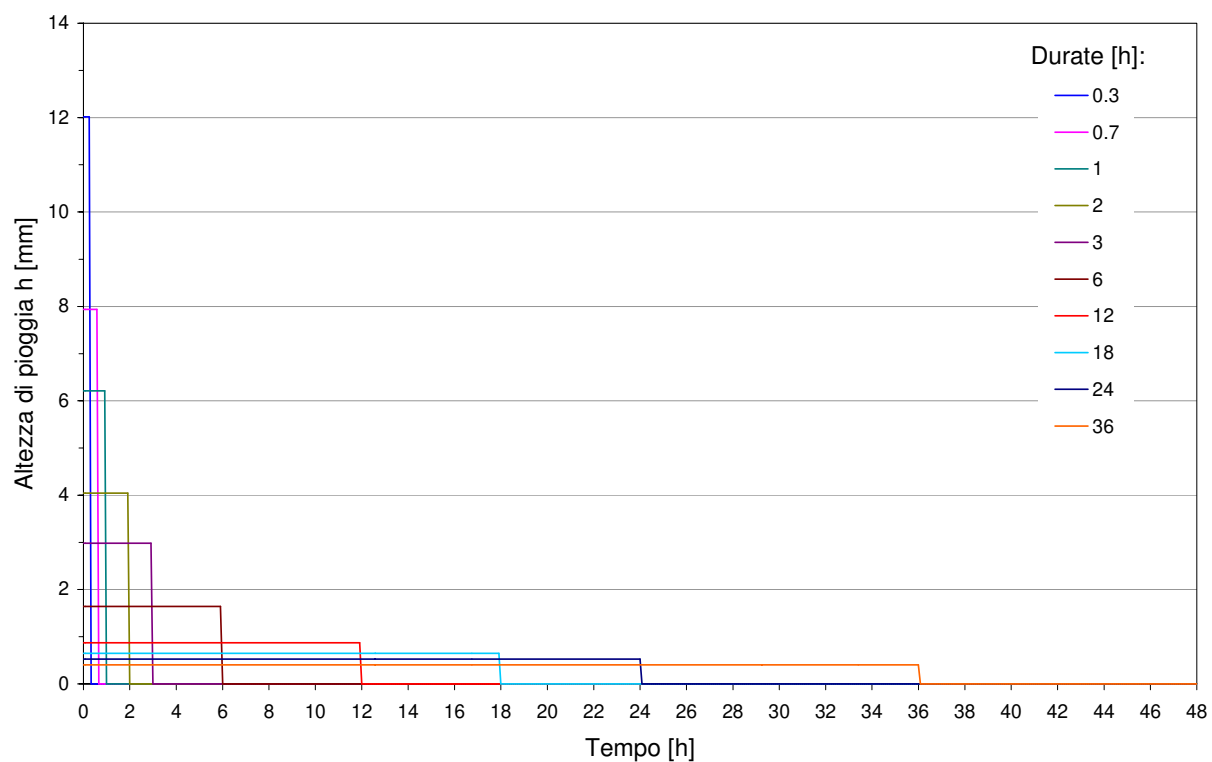


Figura 3.7 – Fattore di riduzione K_r .

Durata [h]	0.33	0.67	1	2	3	6	12	18	24	36
K_r	1.00	0.99	0.99	0.97	0.95	0.88	0.79	0.79	0.80	0.83

Tabella 3.4 – Valori del fattore di riduzione K_r per le diverse durate.

Figura 3.8 – Ietogrammi di durata fissata ed intensità costante calcolati per $Tr = 30$ anni.Figura 3.9 – Ietogrammi di durata fissata ed intensità costante calcolati per $Tr = 100$ anni.

Figura 3.10 – Ietogrammi di durata fissata ed intensità costante calcolati per $Tr = 200$ anni.Figura 3.11 – Ietogrammi di durata fissata ed intensità costante calcolati per $Tr = 500$ anni.

L'andamento nel tempo dell'intensità di pioggia calcolata per i vari tempi di ritorno analizzati è riportata nella Figura 3.8, Figura 3.9, Figura 3.10, e Figura 3.11.

Il fenomeno dell'intercettazione è stato simulato in HEC-HMS con il metodo *SCS Curve Number*, che utilizza una semplice equazione di bilancio tra la pioggia, il deflusso superficiale e le perdite per infiltrazione. La stima delle perdite avviene mediante la definizione del *Curve Number* CN e della *perdita iniziale* I_a , dove:

$$I_a = 0.2 \cdot S \quad (3.4)$$

$$S = 25.4 \left[\frac{1000}{CN} - 10 \right] \quad (3.5)$$

Tali grandezze sono state ricavate per ciascun bacino dalle mappe della litologia e dell'uso del suolo, riportate rispettivamente nella Figura 3.12 e nella Figura 3.13, attraverso la stima dei parametri idrogeologici delle diverse formazioni corrette in base alle diverse coperture.

In tal modo è stato ricavato il valore del *Curve Number* CN nelle condizioni di media saturazione (CN_{II}), riportato in Figura 3.14. Il calcolo delle portate è stato, invece, condotto con valori del *Curve Number* CN nelle condizioni di elevata saturazione iniziale (CN_{III}).

Nella Tabella 3.7 si riportano i valori della capacità di massima ritenzione del suolo CN_{II} e CN_{III} , della ritenzione potenziale S, e della perdita iniziale I_a .

Questo procedimento, seppur basato su tabelle riportate in letteratura, costituisce una semplificazione del processo di infiltrazione, dato che le caratteristiche idrauliche del suolo dipendono da un'ampia gamma di fattori, e presentano una propria variabilità spaziale.

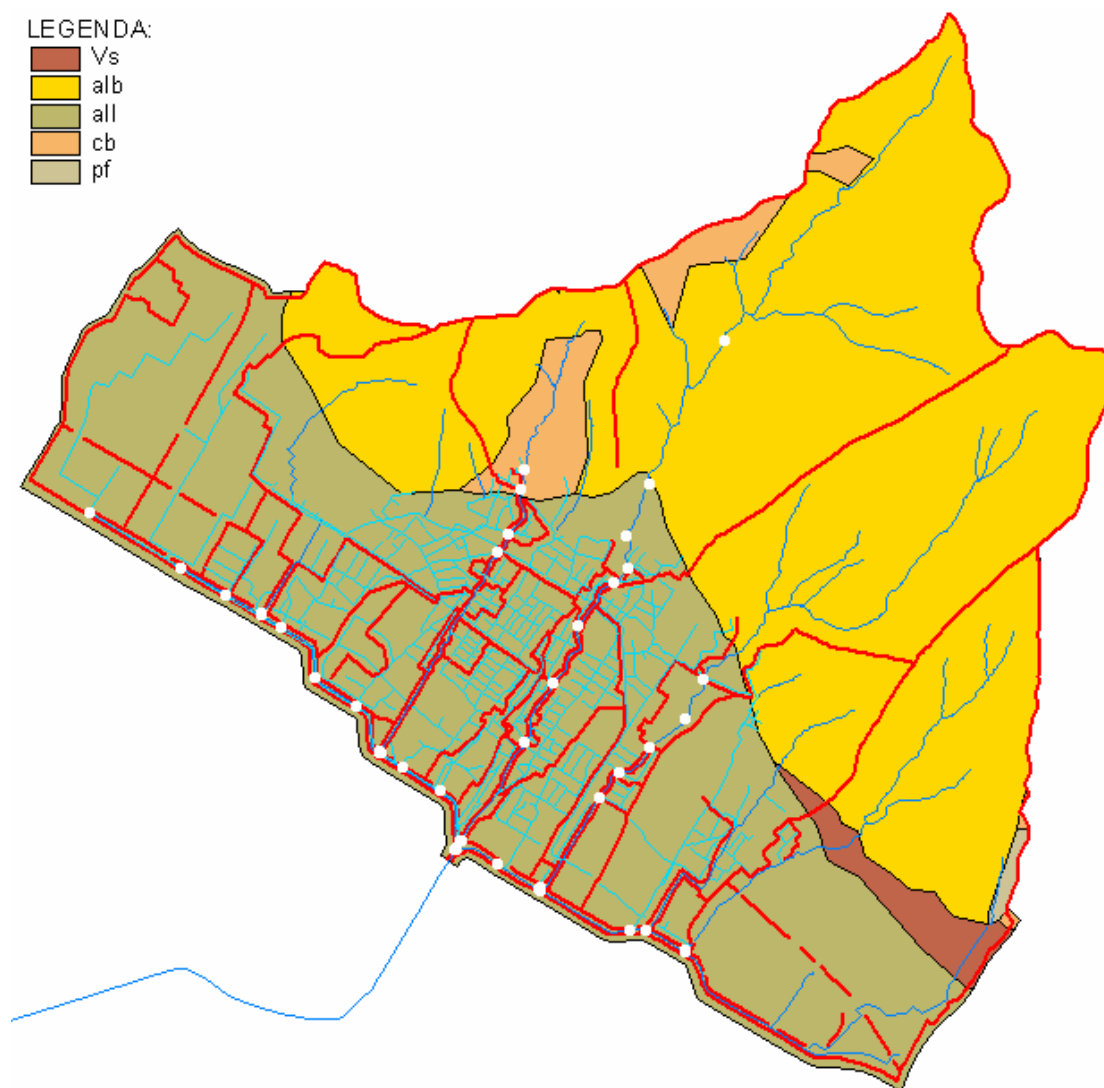


Figura 3.12 – Formazioni geologiche presenti nel bacino del fosso Reale.

Codice	Descrizione
Vs	("sabbie del Tasso") sabbie con lenti di ciottoli e sabbie argillose Pleist. inf.
alb	"alberese" e "formazione di Lanciaia") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio
all	alluvioni recenti e attuali Olocene
cb	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora breccie sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici
pf	("pietraforte") arenarie calcaree alternate ad argilliti subordinatamente livelli di marne varietà ofiolitifera Cretaceo superiore

Tabella 3.5 – Descrizione attributi delle formazioni geologiche presenti nel bacino del fosso Reale.

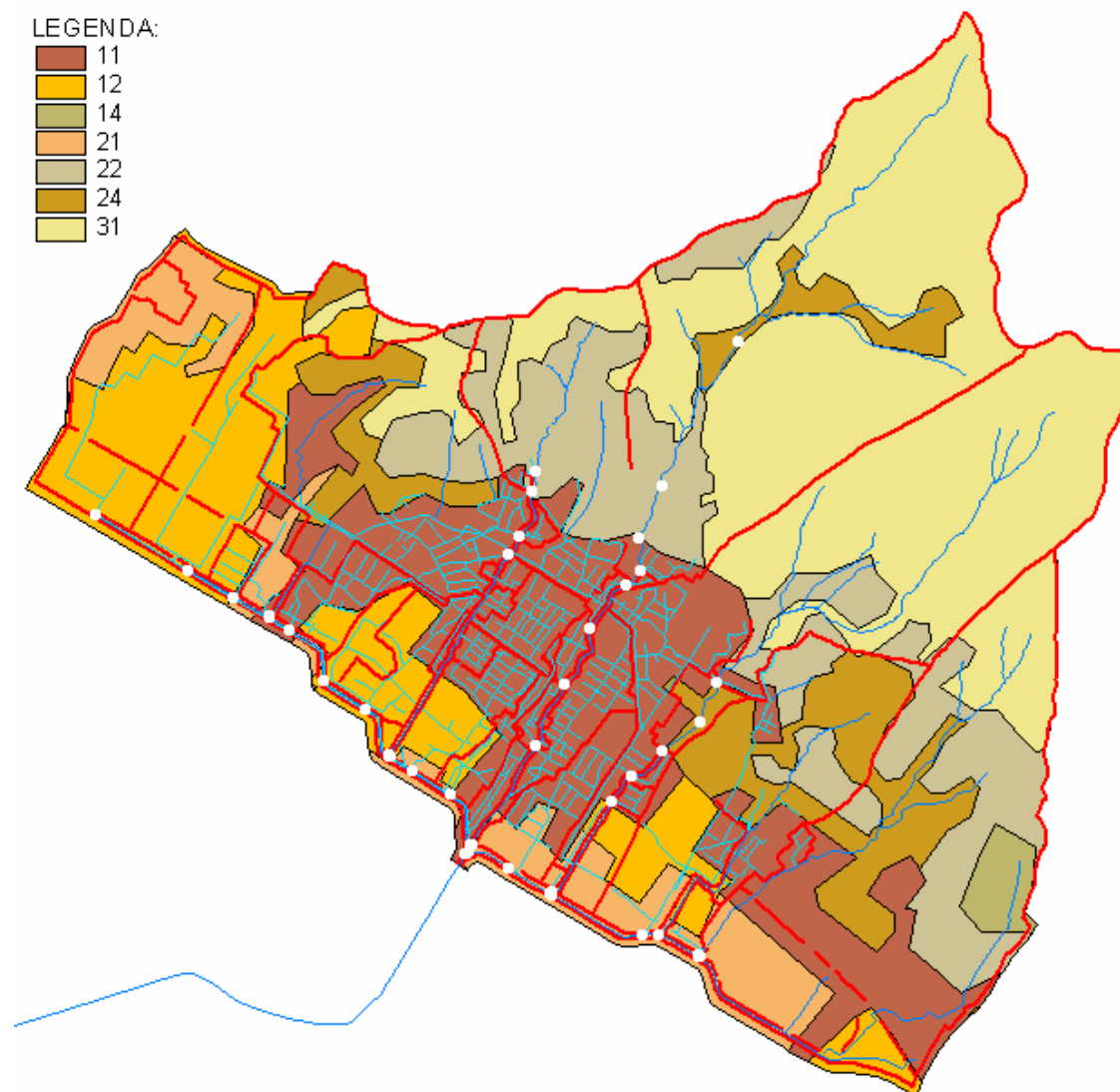


Figura 3.13 – Mappa dell'uso del suolo del bacino del fosso Reale (base dati CORINE Land Cover).

Codice	Descrizione
11	Zone urbanizzate
12	Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione
14	Zone verdi artificiali non agricole
21	Seminativi
22	Colture permanenti
24	Zone agricole eterogenee
31	Zone boscate

Tabella 3.6 – Descrizione sintetica della copertura del suolo presente nel bacino del fosso Reale.

Codice immissione	Nome bacino afferente	CN _{II} [h]	CN _{III} [h]	S [mm]	I _a [mm]
IM_01	canale Cinta Occidentale	91	98	4.47	0.895
IM_02	canale Cinta Occidentale	91	98	4.62	0.925
IM_03	canale Cinta Occidentale	93	99	3.74	0.747
IM_04	canale Cinta Occidentale	87	97	6.86	1.372
IM_07	canale Cinta Occidentale	92	99	3.78	0.756
IM_08	canale Cinta Occidentale	89	98	5.67	1.134
IM_09	canale Cinta Occidentale	94	99	3.16	0.631
IM_10	canale Cinta Occidentale	94	99	2.98	0.596
IM_17	canale Cinta Occidentale	93	99	3.70	0.739
IM_18	canale Cinta Occidentale	91	98	4.30	0.861
IM_19	canale Cinta Occidentale	92	98	4.09	0.818
IM_05	torrente Settimello	85	97	7.63	1.525
IM_11	torrente Gavine	78	92	21.74	4.349
IM_12	torrente Gavine	76	90	27.17	5.433
IM_13	torrente Gavine	90	98	5.25	1.050
IM_14	torrente Gavine	82	95	13.42	2.683
IM_15	torrente Gavine	92	98	3.96	0.792
IM_20	torrente Rimaggio	75	90	28.12	5.623
IM_21	torrente Rimaggio	75	90	28.98	5.797
IM_22	torrente Rimaggio	78	92	22.03	4.406
IM_23	torrente Rimaggio	77	91	24.64	4.927
IM_24	torrente Rimaggio	92	98	4.10	0.820
IM_25	torrente Rimaggio	92	98	4.02	0.804
IM_26	torrente Rimaggio	92	98	4.02	0.804
IM_27	torrente Rimaggio	92	98	4.02	0.804
IM_28	torrente Rimaggio	92	98	4.10	0.820
IM_31	canale Cinta Orientale	85	97	8.20	1.641
IM_34	canale Cinta Orientale	83	96	11.51	2.302
IM_35	canale Cinta Orientale	91	98	4.55	0.910
IM_36	canale Cinta Orientale	85	97	7.87	1.575
IM_44	canale Cinta Orientale	89	98	5.50	1.099
IM_45	canale Cinta Orientale	85	97	7.87	1.575
IM_32	torrente Alberaccio	79	93	19.11	3.822
IM_37	torrente Zambra	74	89	30.42	6.084
IM_38	torrente Zambra	90	98	4.86	0.972
IM_39	torrente Zambra	91	98	4.56	0.912
IM_40	torrente Zambra	92	98	4.02	0.804
IM_41	torrente Zambra	92	98	4.02	0.804
IM_42	torrente Zambra	88	98	6.20	1.240
–	fosso Reale	83	95	12.06	2.412

Tabella 3.7 – Parametri per la stima delle perdite e del deflusso superficiale: capacità di massima ritenzione del suolo CN_{II} e CN_{III}, ritenzione potenziale S, e perdita iniziale I_a.

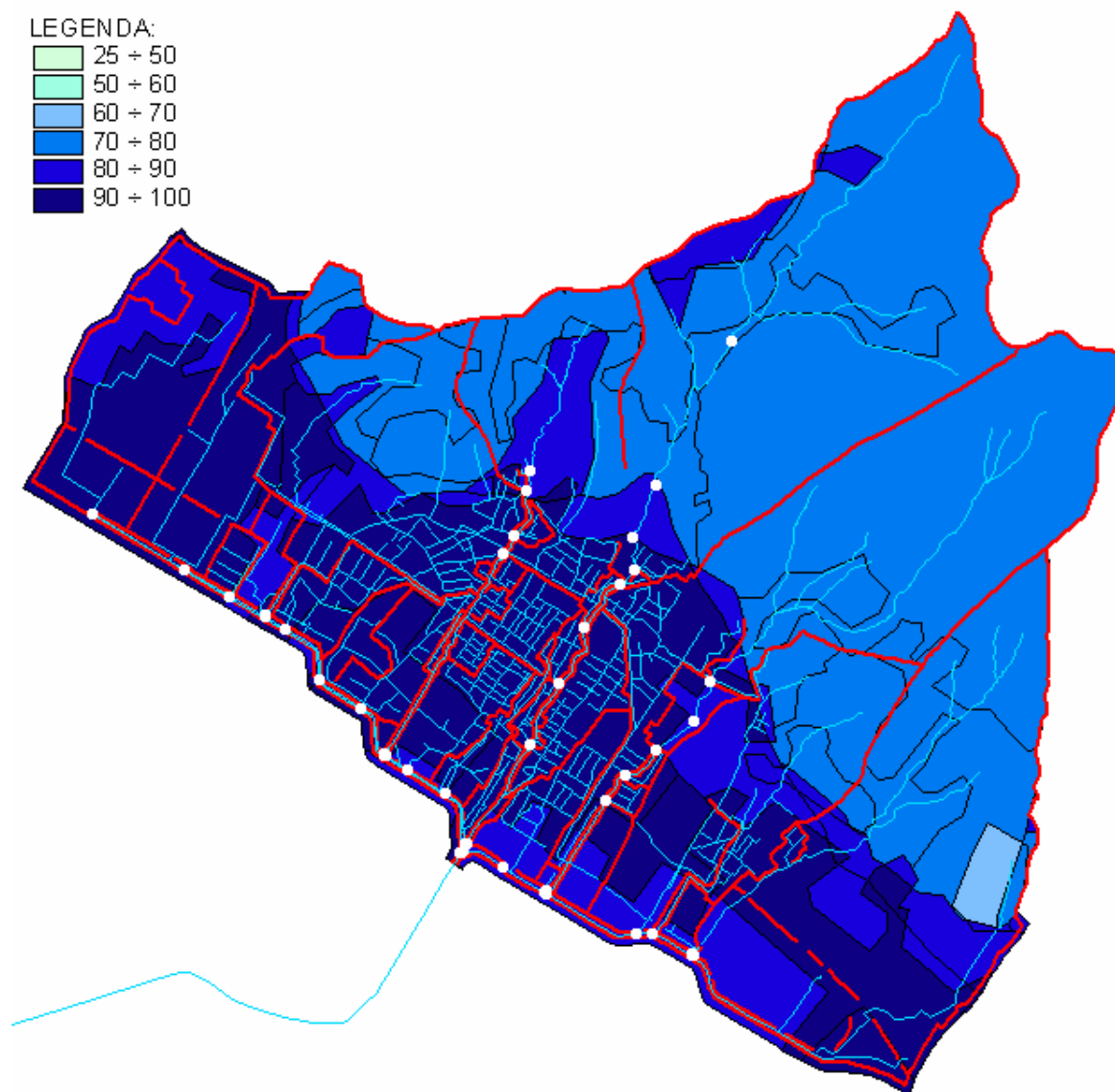


Figura 3.14 – Mappa della capacità di massima ritenzione del suolo CN_{II} per il bacino del fosso Reale

Per ciascun bacino è stato inoltre calcolato il *tempo di corrivazione* t_c , la cui conoscenza si è resa necessaria per definire i parametri richiesti nei calcoli della trasformazione afflussi-deflussi.

Per il calcolo di t_c sono stati confrontati quattro differenti approcci:

- la formula di Giandotti;
- la formula di Ogrosky-Mockus (Kirpich modificata);
- la formula di elaborata da US *Soil Conservation Service*;
- un modello a parametri distribuiti ($v = 1.62 A^{0.15} S^{0.2}$).

I risultati ottenuti sono riportati, per ciascun bacino considerato, nella Tabella 3.8.

Codice immissione	Nome bacino afferente	Giandotti [h]	Ogrosky-Mockus [h]	USSCS [h]	Mod. par. distr. [h]
IM_01	canale Cinta Occidentale	3.34	0.87	1.20	1.32
IM_02	canale Cinta Occidentale	3.29	0.53	1.04	1.27
IM_03	canale Cinta Occidentale	3.45	0.59	1.13	0.45
IM_04	canale Cinta Occidentale	3.66	0.64	1.23	0.64
IM_07	canale Cinta Occidentale	3.45	0.63	0.97	0.67
IM_08	canale Cinta Occidentale	3.62	0.71	1.06	0.25
IM_09	canale Cinta Occidentale	3.96	0.76	1.13	0.74
IM_10	canale Cinta Occidentale	4.01	0.83	1.20	0.25
IM_17	canale Cinta Occidentale	3.57	0.82	1.21	0.77
IM_18	canale Cinta Occidentale	3.72	0.86	1.26	0.56
IM_19	canale Cinta Occidentale	3.82	0.93	1.33	0.49
IM_05	torrente Settimello	1.82	0.44	0.67	1.28
IM_11	torrente Gavine	0.60	0.21	0.45	0.52
IM_12	torrente Gavine	0.72	0.23	0.48	0.50
IM_13	torrente Gavine	0.78	0.28	0.55	0.24
IM_14	torrente Gavine	1.14	0.34	0.63	0.79
IM_15	torrente Gavine	1.50	0.58	0.93	1.10
IM_20	torrente Rimaggio	0.88	0.27	1.12	0.75
IM_21	torrente Rimaggio	1.11	0.39	1.46	0.53
IM_22	torrente Rimaggio	1.16	0.43	1.54	0.28
IM_23	torrente Rimaggio	1.25	0.46	1.62	0.59
IM_24	torrente Rimaggio	1.26	0.47	1.65	0.19
IM_25	torrente Rimaggio	1.29	0.51	1.73	0.30
IM_26	torrente Rimaggio	1.33	0.56	1.84	0.33
IM_27	torrente Rimaggio	1.38	0.61	1.93	0.29
IM_28	torrente Rimaggio	1.44	0.70	2.11	1.04
IM_31	canale Cinta Orientale	2.54	0.67	1.09	1.55
IM_34	canale Cinta Orientale	2.10	0.51	1.09	1.39
IM_35	canale Cinta Orientale	2.41	0.53	1.09	0.82
IM_36	canale Cinta Orientale	2.54	0.62	1.23	0.22
IM_44	canale Cinta Orientale	2.43	0.66	1.54	0.81
IM_45	canale Cinta Orientale	2.47	0.70	1.61	0.13
IM_32	torrente Alberaccio	1.24	0.46	1.08	1.27
IM_37	torrente Zambra	0.96	0.41	1.71	1.11
IM_38	torrente Zambra	1.00	0.45	1.80	0.18
IM_39	torrente Zambra	1.05	0.48	1.82	0.43
IM_40	torrente Zambra	1.07	0.51	1.89	0.23
IM_41	torrente Zambra	1.10	0.53	1.93	0.30
IM_42	torrente Zambra	1.38	0.62	1.83	1.38
–	fosso Reale	3.22	0.71	1.62	2.36

Tabella 3.8 – Confronto tra i tempi di corrivazione dei bacini idrografici del modello idrologico valutati utilizzando quattro differenti metodologie.

Codice immissione	Nome bacino afferente	t_l [h]	t_c [h]	t_c Clark [h]	K Clark [h]
IM_01	canale Cinta Occidentale	0.79	1.32	0.6	0.4
IM_02	canale Cinta Occidentale	0.76	1.27	0.6	0.4
IM_03	canale Cinta Occidentale	0.27	0.45	0.2	0.1
IM_04	canale Cinta Occidentale	0.38	0.64	0.3	0.2
IM_07	canale Cinta Occidentale	0.40	0.67	0.3	0.2
IM_08	canale Cinta Occidentale	0.15	0.25	0.1	0.1
IM_09	canale Cinta Occidentale	0.45	0.74	0.3	0.2
IM_10	canale Cinta Occidentale	0.15	0.25	0.1	0.1
IM_17	canale Cinta Occidentale	0.46	0.77	0.3	0.3
IM_18	canale Cinta Occidentale	0.34	0.56	0.3	0.2
IM_19	canale Cinta Occidentale	0.29	0.49	0.2	0.2
IM_05	torrente Settimello	0.77	1.28	0.6	0.4
IM_11	torrente Gavine	0.31	0.52	0.2	0.2
IM_12	torrente Gavine	0.30	0.50	0.2	0.2
IM_13	torrente Gavine	0.15	0.24	0.1	0.1
IM_14	torrente Gavine	0.48	0.79	0.4	0.3
IM_15	torrente Gavine	0.66	1.10	0.5	0.4
IM_20	torrente Rimaggio	0.45	0.75	0.3	0.2
IM_21	torrente Rimaggio	0.32	0.53	0.2	0.2
IM_22	torrente Rimaggio	0.17	0.28	0.1	0.1
IM_23	torrente Rimaggio	0.35	0.59	0.3	0.2
IM_24	torrente Rimaggio	0.11	0.19	0.1	0.1
IM_25	torrente Rimaggio	0.18	0.30	0.1	0.1
IM_26	torrente Rimaggio	0.20	0.33	0.1	0.1
IM_27	torrente Rimaggio	0.17	0.29	0.1	0.1
IM_28	torrente Rimaggio	0.63	1.04	0.5	0.3
IM_31	canale Cinta Orientale	0.93	1.55	0.7	0.5
IM_34	canale Cinta Orientale	0.83	1.39	0.6	0.5
IM_35	canale Cinta Orientale	0.49	0.82	0.4	0.3
IM_36	canale Cinta Orientale	0.13	0.22	0.1	0.1
IM_44	canale Cinta Orientale	0.49	0.81	0.4	0.3
IM_45	canale Cinta Orientale	0.08	0.13	0.1	0.0
IM_32	torrente Alberaccio	0.76	1.27	0.6	0.4
IM_37	torrente Zambra	0.66	1.11	0.5	0.4
IM_38	torrente Zambra	0.11	0.18	0.1	0.1
IM_39	torrente Zambra	0.26	0.43	0.2	0.1
IM_40	torrente Zambra	0.14	0.23	0.1	0.1
IM_41	torrente Zambra	0.18	0.30	0.1	0.1
IM_42	torrente Zambra	0.83	1.38	0.6	0.5
–	fosso Reale	1.42	2.36	1.1	0.8

Tabella 3.9 – Parametri per la trasformazione afflussi-deflussi: tempo di ritardo e di corrivazione, *time concentration* e *storage coefficient*.

Per la trasformazione afflussi-deflussi è stato utilizzato in HEC-HMS il metodo dell'idrogramma unitario di Clark (*Clark Unit Hydrograph*), che attraverso la definizione di due parametri (*Time Concentration* t_c Clark e *Storage Coefficient* K Clark) simula il trasferimento nel reticolo idrografico verso la sezione di chiusura, tenendo conto dell'effetto di propagazione e di laminazione a cui è sottoposto il deflusso superficiale.

Il valore del t_c utilizzato per il calcolo dei parametri dell'idrogramma unitario di Clark è quello ricavato dal modello a parametri distribuiti, che fornisce valori medi rispetto agli altri approcci utilizzati.

Il valore del *Time Concentration* t_c Clark è stato assunto pari a $0.45 t_c$, il valore del *Storage Coefficient* K Clark è stato assunto pari a $0.6(1-0.45)t_c$ (Tabella 3.9).

La propagazione dei deflussi nei vari tratti, che schematizzano il reticolo idrografico, è stata simulata mediante il *Lag Model*, con il quale l'idrogramma nella sezione di valle viene ottenuto semplicemente traslando quello di monte di un certo tempo non tenendo in conto alcun fenomeno di laminazione.

I valori sono riportati nella Tabella 3.10 per ciascun tratto di corso d'acqua (*reach*) individuato nello schema di HEC-HMS da due nodi (*juntion*) consecutivi.

Codice tratto	Lag Time [min]	Codice tratto	Lag Time [min]	Codice tratto	Lag Time [min]
T_01	21.7	T_12	3.3	T_23	6.7
T_02	10.3	T_13	5.8	T_24	2.2
T_03	8.1	T_14	7.9	T_25	13.9
T_04	4.6	T_15	18.0	T_26	6.1
T_05	13.9	T_16	6.6	T_27	5.8
T_06	10.1	T_17	4.3	T_28	5.1
T_07	10.6	T_18	2.3	T_29	4.6
T_08	2.5	T_19	7.0	T_30	14.6
T_09	6.6	T_20	8.0	T_31	5.5
T_10	2.6	T_21	8.7	T_32	6.0
T_11	36.6	T_22	15.1	T_33	1.0

Tabella 3.10 – Parametri per la propagazione dei deflussi: *lag time*.

La modellazione idrologica sopra descritta ha permesso la stima delle portate di piena per i tempi di ritorno 30, 100, 200 e 500 anni e per le diverse durate nelle varie sezioni significative del reticolo idrografico considerato, ai fini della successive simulazioni idrauliche dell'intera rete.

Le sezioni significative sono state individuate nel modo seguente:

- in corrispondenza delle sezioni di monte delle aste fluviali studiate idraulicamente;
- sui corsi d'acqua in corrispondenza delle principali immissioni.

Di seguito si riportano i risultati della modellazione idrologica per i vari tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia nelle tre differenti condizioni A, B, e C.

La sollecitazione idrologica così computata è stata poi trasferita nella rete idrografica mediante la modellazione idraulica descritta nel capitolo successivo.

3.3 Risultati della modellazione idrologica: condizione A

I valori massimi (involuppi) della portata liquida al colmo sulle diverse durate, stimati per la condizione A, sono riportati nella Tabella 3.11 per i tempi di ritorno 30, 100, 200 e 500 anni.

Nella Tabella 3.11 è riportato, oltre al numero della sezione del modello idraulico a cui viene associato il valore di portata, anche il codice dell'elemento del sistema idrologico da cui deriva il dato di portata.

Nella Figura 3.15 – Figura 3.22 sono riportati gli andamenti delle portate al colmo per i vari tempi di ritorno e le diverse durate rispettivamente in ingresso al fosso reale ed in uscita a tutti gli altri corsi d'acqua (c. Cinta Occidentale e Orientale, t. Acqualonga di Settimello, t. Gavine, t. Rimaggio, t. Zambra, t. Alberaccio di Termine).

Numero sezione	Corso d'acqua	Codice elemento	Q Tr30 [m³/s]	Q Tr100 [m³/s]	Q Tr200 [m³/s]	Q Tr500 [m³/s]
101	c. Cinta Occidentale	IM_01	14.11	17.72	20.17	23.91
73	c. Cinta Occidentale	Jnc_02	24.46	30.62	34.81	41.10
64	c. Cinta Occidentale	Jnc_03	24.48	30.64	34.84	41.14
51	c. Cinta Occidentale	IM_04	26.90	33.67	38.28	45.20
49	c. Cinta Occidentale	Jnc_04	38.93	46.51	51.53	59.40
48	c. Cinta Occidentale	Jnc_05	43.69	54.95	62.87	74.65
41	c. Cinta Occidentale	Jnc_06	43.56	54.79	62.68	74.45
39	c. Cinta Occidentale	Jnc_07	43.81	55.21	63.15	75.00
31	c. Cinta Occidentale	IM_10	44.26	55.76	63.77	75.72
27	c. Cinta Occidentale	Jnc_08	53.57	65.44	73.74	85.89
25	c. Cinta Occidentale	Jnc_09	56.23	71.95	83.82	100.07
16	c. Cinta Occidentale	Jnc_10	56.26	72.55	84.51	100.88
4	c. Cinta Occidentale	Jnc_11	56.13	72.61	84.58	100.98
39	c. Cinta Orientale	IM_31	21.40	27.06	30.91	36.70
37	c. Cinta Orientale	Jnc_30	37.56	48.15	55.29	66.12
31	c. Cinta Orientale	Jnc_31	48.83	62.55	71.96	86.34
27	c. Cinta Orientale	Jnc_32	54.37	69.77	80.28	96.20
14	c. Cinta Orientale	IM_36	54.78	70.28	80.85	96.87
12	c. Cinta Orientale	Jnc_33	80.51	99.16	111.41	130.02
5	c. Cinta Orientale	Jnc_34	82.70	108.13	125.23	151.46
2	c. Cinta Orientale	Jnc_35	82.25	107.91	125.00	151.25
21	t. Settimello	Sfr_05	16.75	18.63	19.96	21.63
7	t. Alberaccio	Sfr_32	16.17	21.16	24.52	29.69
116	fosso Reale	Jnc_23	78.38	95.36	107.66	124.54
114	fosso Reale	Sink_Reale	158.75	213.08	252.10	304.05
84	t. Gavine	IM_11	5.52	7.30	8.53	10.45
69	t. Gavine	Jnc_13	8.14	9.54	10.47	11.89
58	t. Gavine	Jnc_14	8.47	9.46	9.70	10.00
54	t. Gavine	Jnc_15	14.04	16.62	18.36	21.03
36	t. Gavine	Sfr_16	11.28	11.85	12.17	12.62
153	t. Rimaggio	Jnc_17	33.43	46.05	54.91	68.20
134	t. Rimaggio	Jnc_18	35.12	49.45	59.55	74.68
122	t. Rimaggio	Jnc_19	34.74	49.09	59.11	69.25
106	t. Rimaggio	Jnc_20	34.72	48.71	58.48	69.23
81	t. Rimaggio	Jnc_21	34.41	48.21	58.30	68.87
51	t. Rimaggio	Jnc_22	29.10	30.88	31.61	32.15
20	t. Rimaggio	Jnc_22b	22.94	24.59	25.35	26.87
72	t. Zambra	IM_37	21.71	29.69	35.26	43.75
60	t. Zambra	Jnc_25	21.57	29.54	35.11	43.60
46	t. Zambra	Jnc_26	21.73	29.74	35.34	43.88
34	t. Zambra	Jnc_27	21.74	29.76	35.36	43.89
26	t. Zambra	Jnc_28	21.33	24.58	26.52	28.71
8	t. Zambra	Jnc_29	26.20	30.97	33.43	36.93

Tabella 3.11 – Condizione A: valori massimi (inviluppi) di portata liquida valutati per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

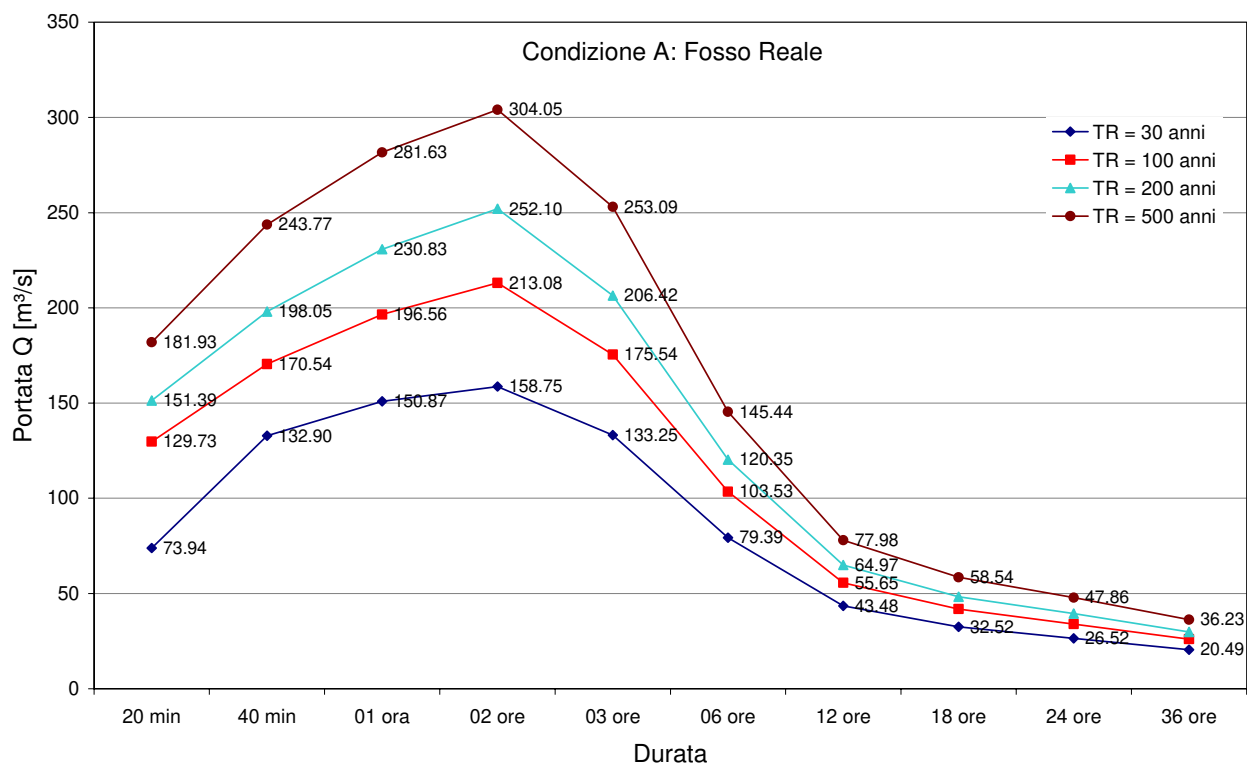


Figura 3.15 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in ingresso al f. Reale.

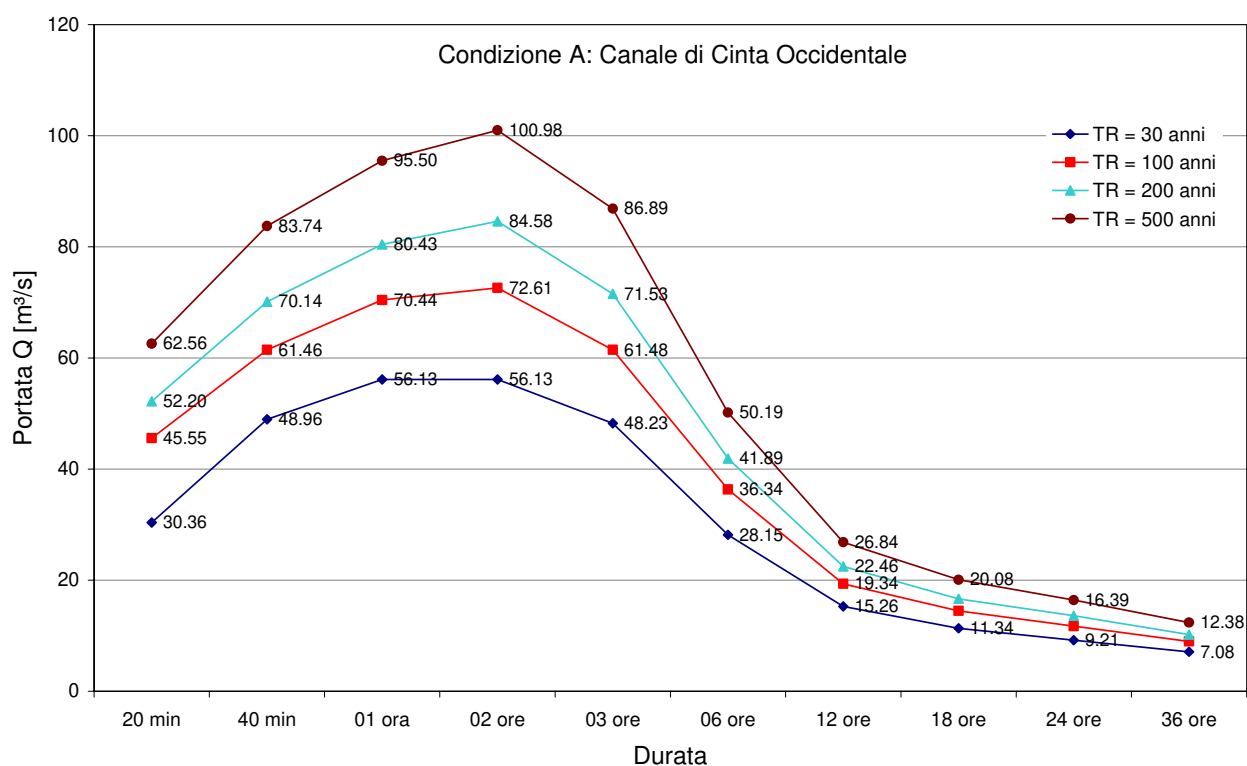


Figura 3.16 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal c. di Cinta Occidentale.

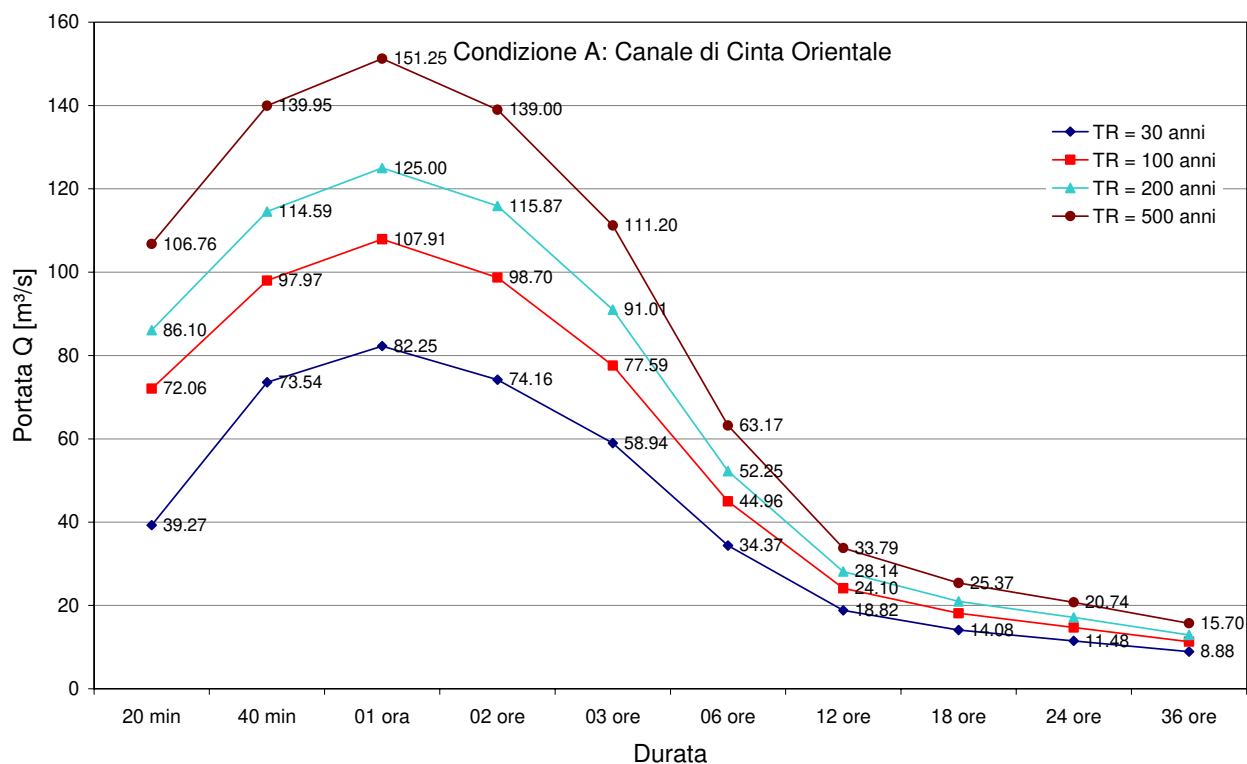


Figura 3.17 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal c. di Cinta Occidentale.

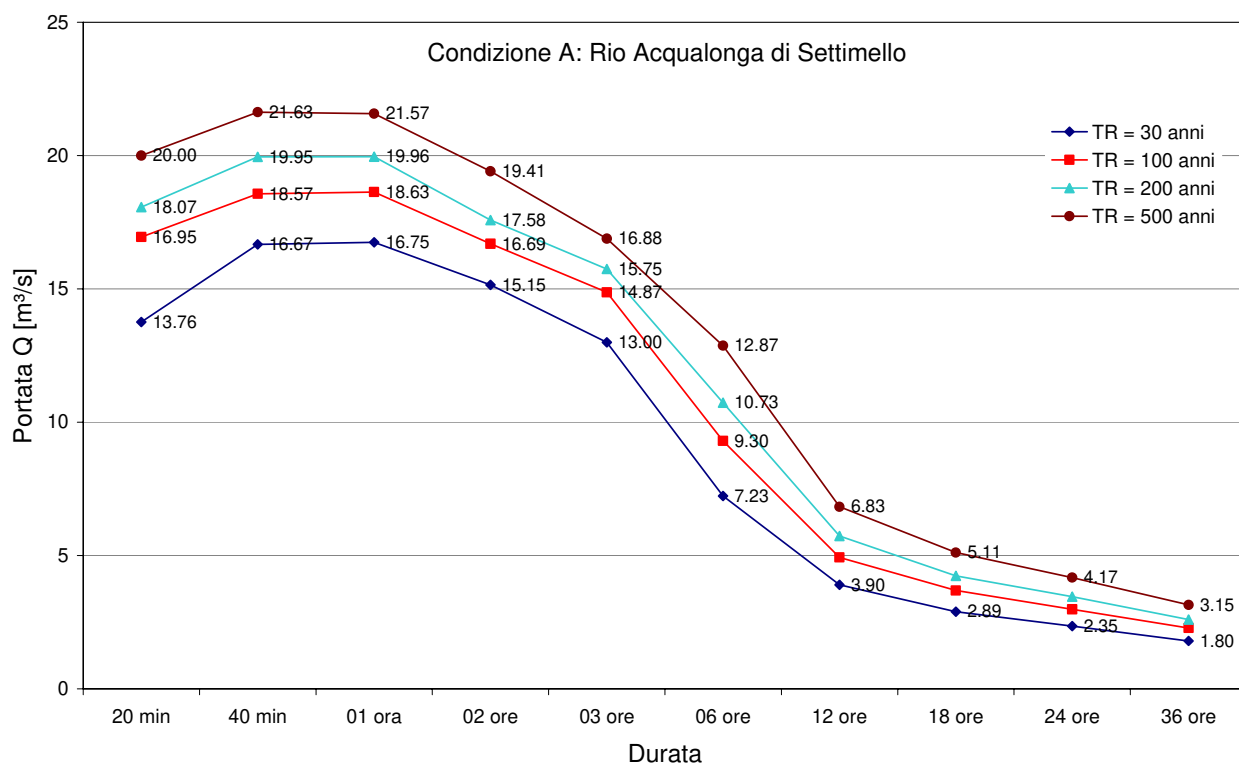


Figura 3.18 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Acqualonga di Settimello.

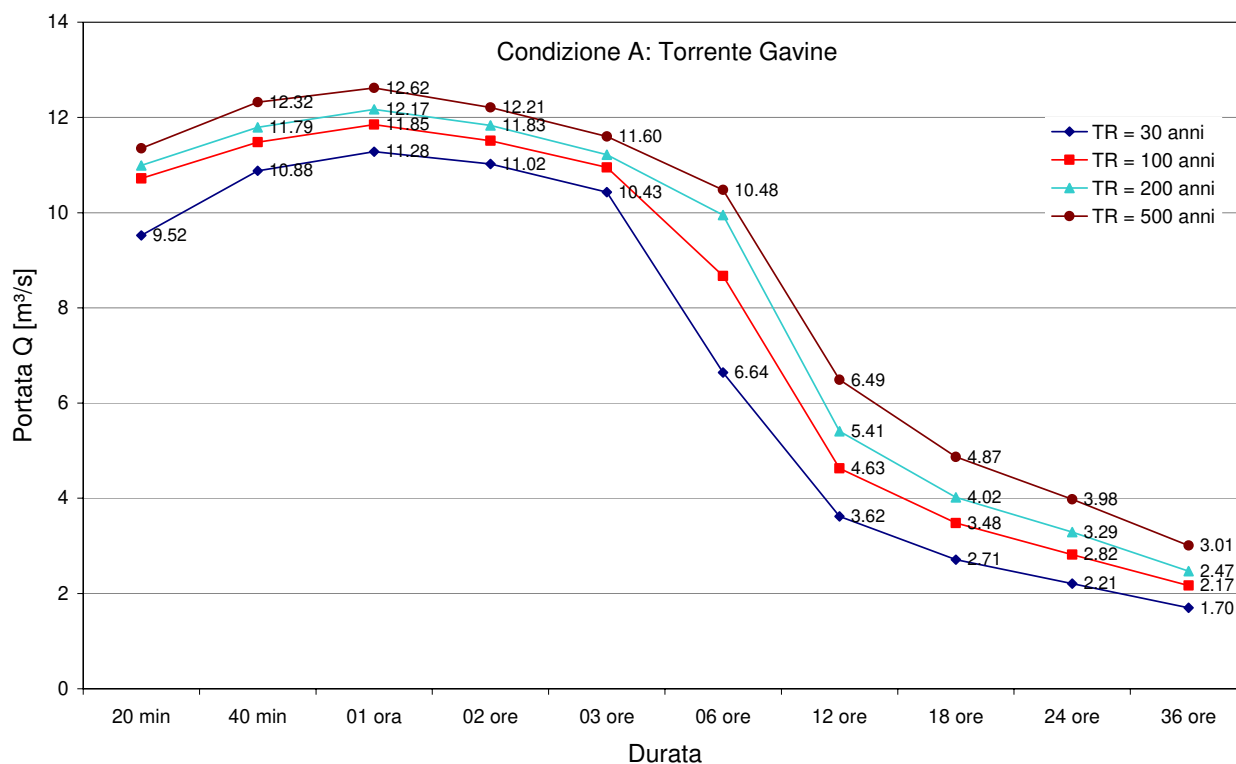


Figura 3.19 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Gavine.

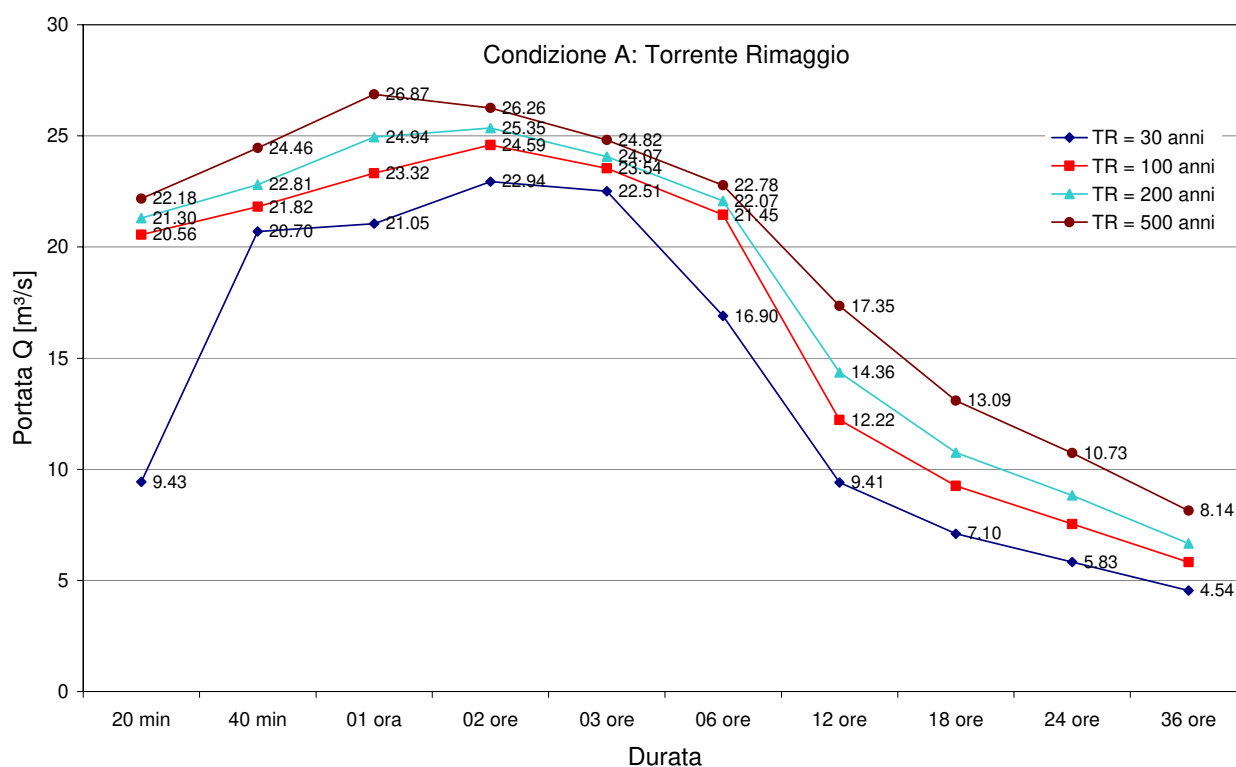


Figura 3.20 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Rimaggio.

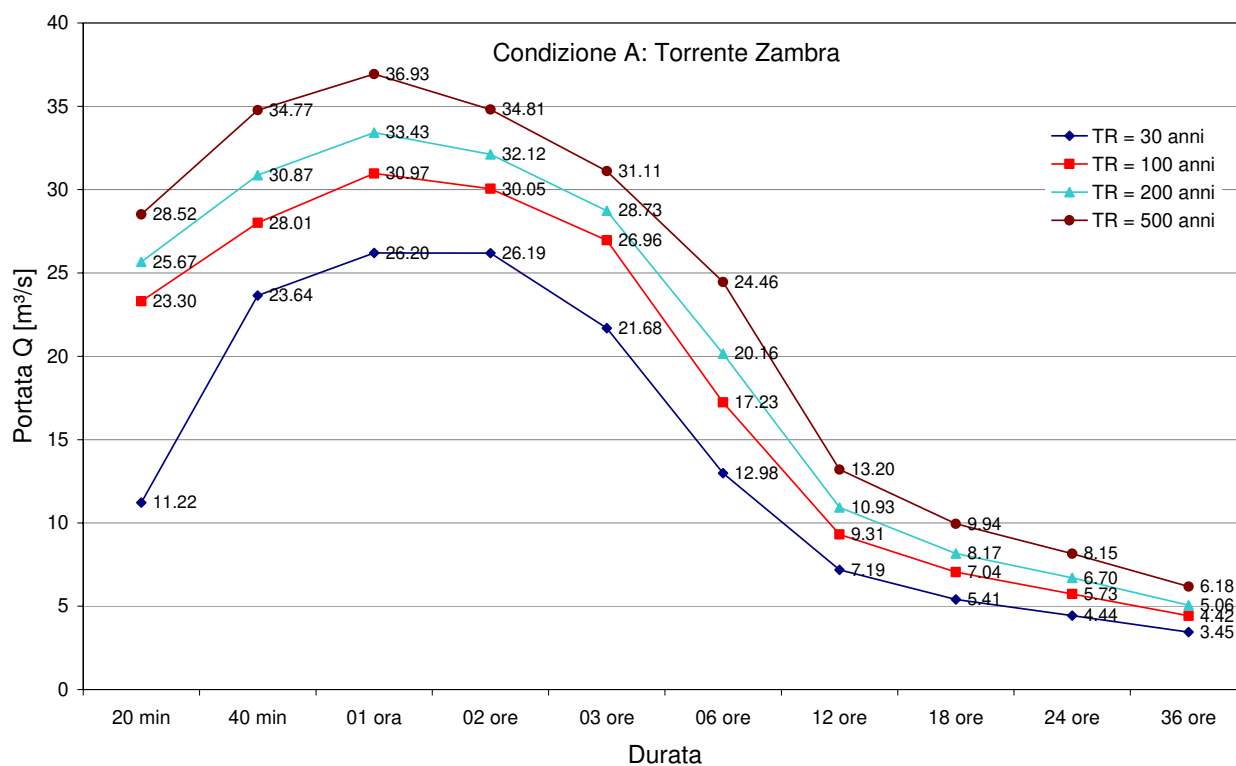


Figura 3.21 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Zambra.

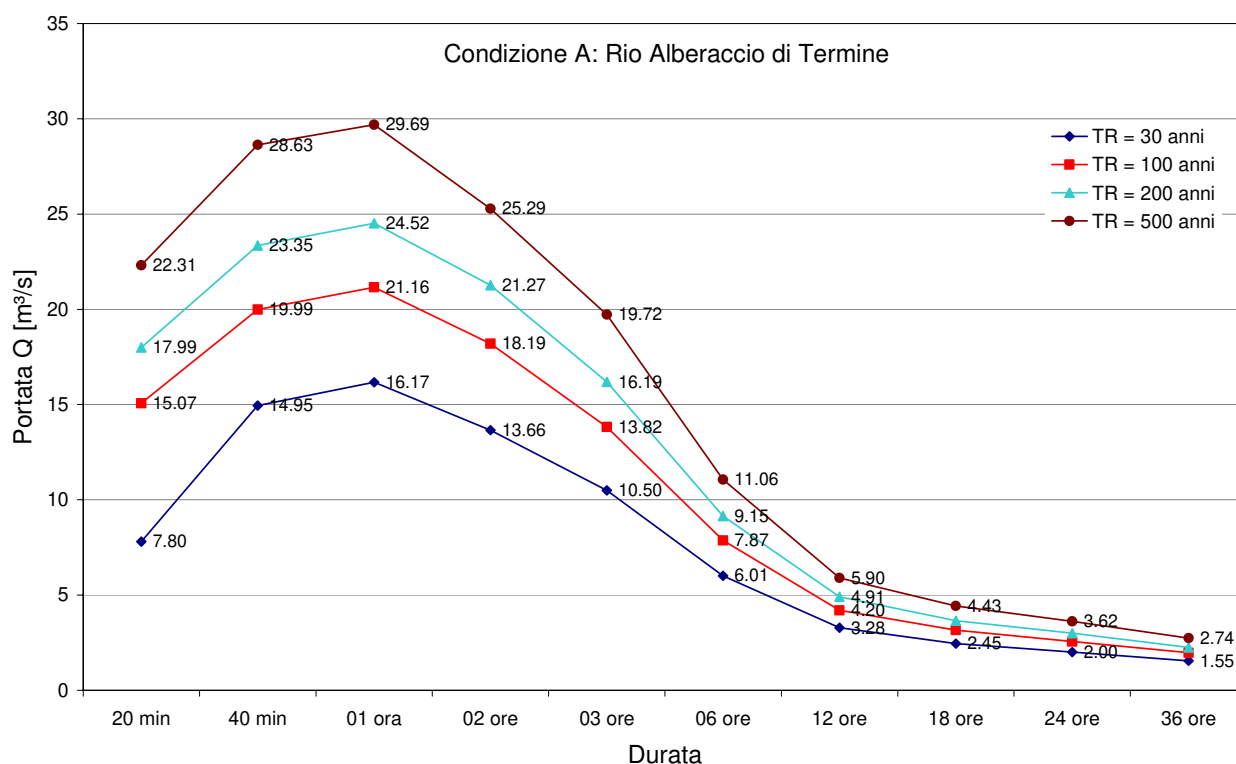


Figura 3.22 – Condizione A: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Alberaccio di Termine.

3.4 Risultati della modellazione idrologica: condizione B

I valori massimi (involuppi) della portata liquida al colmo sulle diverse durate, stimati per la condizione B, sono riportati nella Tabella 3.12 per i tempi di ritorno 30, 100, 200 e 500 anni.

Occorre osservare che nella Tabella 3.12 i numeri delle sezioni del modello idraulico a cui viene associato il valore di portata per il t. Rimaggio si riferiscono, in questa configurazione, alle sezioni di progetto elaborate nello studio [18].

Nella Figura 3.23 – Figura 3.30 sono riportati gli andamenti delle portate al colmo per i vari tempi di ritorno e le diverse durate rispettivamente in ingresso al fosso reale ed in uscita ai rimanenti corsi d'acqua.

Nella Tabella 3.13 si riporta il confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso ed in uscita da ciascuno dei 6 invasi artificiali inseriti col fine di simulare idrologicamente gli interventi di laminazione. Nella Tabella 3.13 sono riportati solamente i valori di portata valutati per il tempo di ritorno di 200 anni e per le durate di 20 e 40 minuti, nonché 1 e 2 ore, mentre tutti gli altri valori di portata sono riportati in Appendice alla presente relazione.

Nella Figura 3.31 – Figura 3.36 sono riportati i confronti tra i valori al colmo della portata in ingresso ed uscita da ciascun invaso artificiale inserito nel modello idrologico per i vari tempi di ritorno e le diverse durate..

Numero sezione	Corso d'acqua	Codice elemento	Q Tr30 [m ³ /s]	Q Tr100 [m ³ /s]	Q Tr200 [m ³ /s]	Q Tr500 [m ³ /s]
101	c. Cinta Occidentale	IM_01	14.11	17.72	20.17	23.91
73	c. Cinta Occidentale	Jnc_02	24.46	30.62	34.81	41.10
64	c. Cinta Occidentale	Jnc_03	24.48	30.64	34.84	41.14
51	c. Cinta Occidentale	IM_04	26.90	33.67	38.28	45.20
49	c. Cinta Occidentale	Jnc_04	36.22	44.52	50.24	58.94
48	c. Cinta Occidentale	Jnc_05	36.52	44.89	50.65	60.60
41	c. Cinta Occidentale	Jnc_06	36.38	44.69	50.47	60.49
39	c. Cinta Occidentale	Jnc_07	36.45	44.78	51.30	61.06
31	c. Cinta Occidentale	IM_10	36.90	45.33	51.70	61.53
27	c. Cinta Occidentale	Jnc_08	46.79	59.43	68.19	82.99
25	c. Cinta Occidentale	Jnc_09	47.91	61.42	70.40	83.39
16	c. Cinta Occidentale	Jnc_10	48.22	62.02	71.09	83.55
4	c. Cinta Occidentale	Jnc_11	48.24	62.12	71.22	83.69
39	c. Cinta Orientale	IM_31	21.40	27.06	30.91	36.70
37	c. Cinta Orientale	Jnc_30	37.56	48.24	55.54	66.51
31	c. Cinta Orientale	Jnc_31	48.83	62.61	72.09	86.46
27	c. Cinta Orientale	Jnc_32	54.37	69.82	80.40	96.32
14	c. Cinta Orientale	IM_36	54.78	70.33	80.97	96.99
12	c. Cinta Orientale	Jnc_33	70.05	90.09	103.40	122.97
5	c. Cinta Orientale	Jnc_34	71.73	92.18	105.85	126.64

2	c. Cinta Orientale	Jnc_35	71.59	92.10	105.78	125.98
21	t. Settimello	Rsrv_02	11.93	14.76	16.56	23.20
7	t. Alberaccio	IM_32	16.17	21.25	24.78	30.10
116	fosso Reale	Jnc_23	81.65	106.75	124.78	148.50
114	fosso Reale	Sink_Reale	147.64	194.33	226.36	268.44
84	t. Gavine	Rsrv_03	3.22	4.03	4.51	7.12
69	t. Gavine	Jnc_13	6.21	7.85	9.04	11.50
58	t. Gavine	Jnc_14	6.47	8.28	9.53	11.73
54	t. Gavine	Jnc_15	10.08	12.55	14.22	20.47
36	t. Gavine	Jnc_16	11.62	15.03	17.31	22.25
127	t. Rimaggio	Jnc_17	29.55	40.05	47.38	60.83
112	t. Rimaggio	Jnc_18	33.28	44.94	53.26	64.11
102	t. Rimaggio	Jnc_19	33.21	44.88	53.27	64.18
87	t. Rimaggio	Jnc_20	33.24	44.93	53.23	64.07
63	t. Rimaggio	Jnc_21	33.13	44.81	53.22	64.12
39	t. Rimaggio	Jnc_22	33.08	44.74	53.05	63.91
16	t. Rimaggio	Jnc_22b	33.72	45.55	54.22	65.39
72	t. Zambra	Rsrv_06	15.17	19.19	21.61	35.66
60	t. Zambra	Jnc_25	15.16	19.18	21.60	35.50
46	t. Zambra	Jnc_26	15.16	19.18	21.60	35.52
34	t. Zambra	Jnc_27	15.16	19.18	21.60	35.52
26	t. Zambra	Jnc_28	15.14	19.17	21.59	35.31
8	t. Zambra	Jnc_29	19.75	25.57	29.31	39.74

Tabella 3.12 – Condizione B: valori massimi (inviluppi) di portata liquida valutati per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

Numero invaso	Corso d'acqua	Codice elemento	Q d20m [m³/s]	Q d40m [m³/s]	Q d1h [m³/s]	Q d2h [m³/s]
Rsrv_01	t. Rimaggio	ingresso	42.66	50.15	47.31	35.63
		uscita	28.52	38.83	40.98	34.63
Rsrv_02	c. Cinta Occidentale	ingresso	27.30	32.72	32.77	26.08
		uscita	11.19	13.62	15.18	16.56
Rsrv_03	t. Gavine	ingresso	8.12	8.53	7.92	5.66
		uscita	3.23	4.13	4.51	4.51
Rsrv_04	t. Gavine	ingresso	11.21	12.94	12.52	9.40
		uscita	3.94	4.88	5.36	5.73
Rsrv_05	t. Zambra	ingresso	23.65	32.50	35.26	31.82
		uscita	17.11	22.55	24.99	26.27
Rsrv_06	t. Zambra	ingresso	17.11	22.55	24.99	26.27
		uscita	13.33	17.42	19.47	21.61

Tabella 3.13 – Condizione B: confronto tra i valori massimi di portata liquida in ingresso ed in uscita dagli invasi di progetto valutati per il tempo di ritorno di 200 e per le durate di 20 e 40 minuti e 1 e 2 ore.

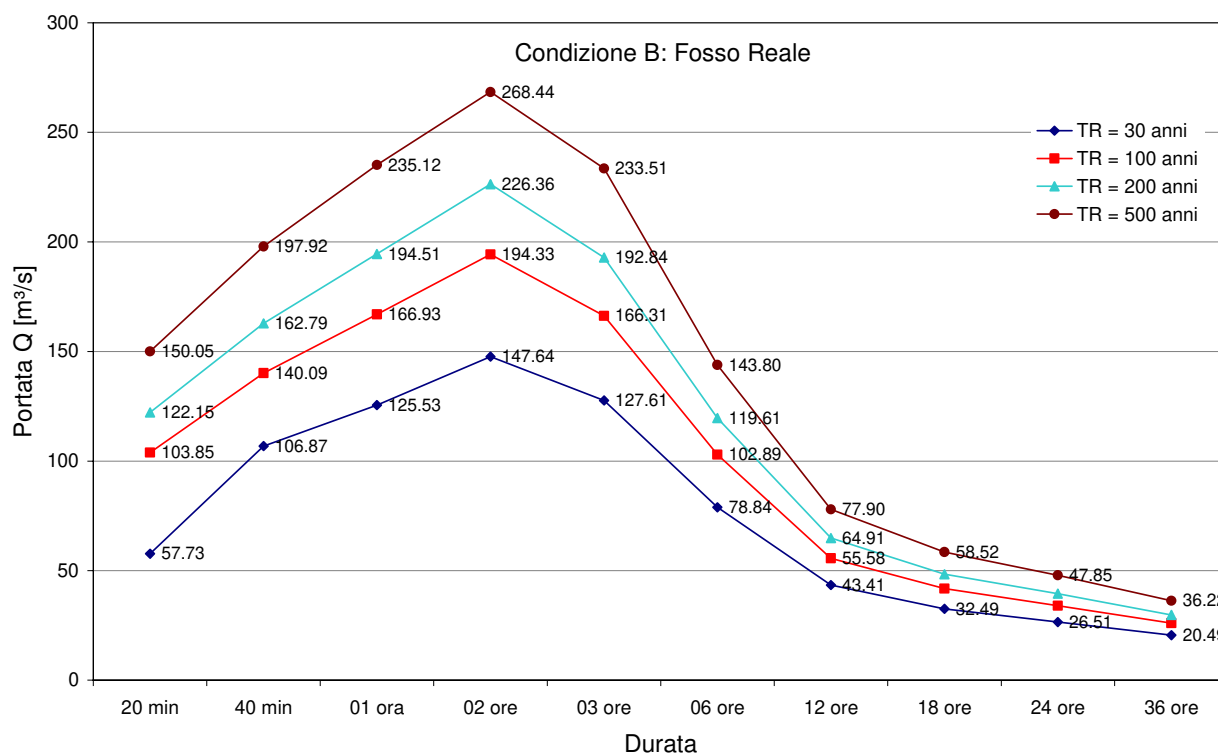


Figura 3.23 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in ingresso al f. Reale.

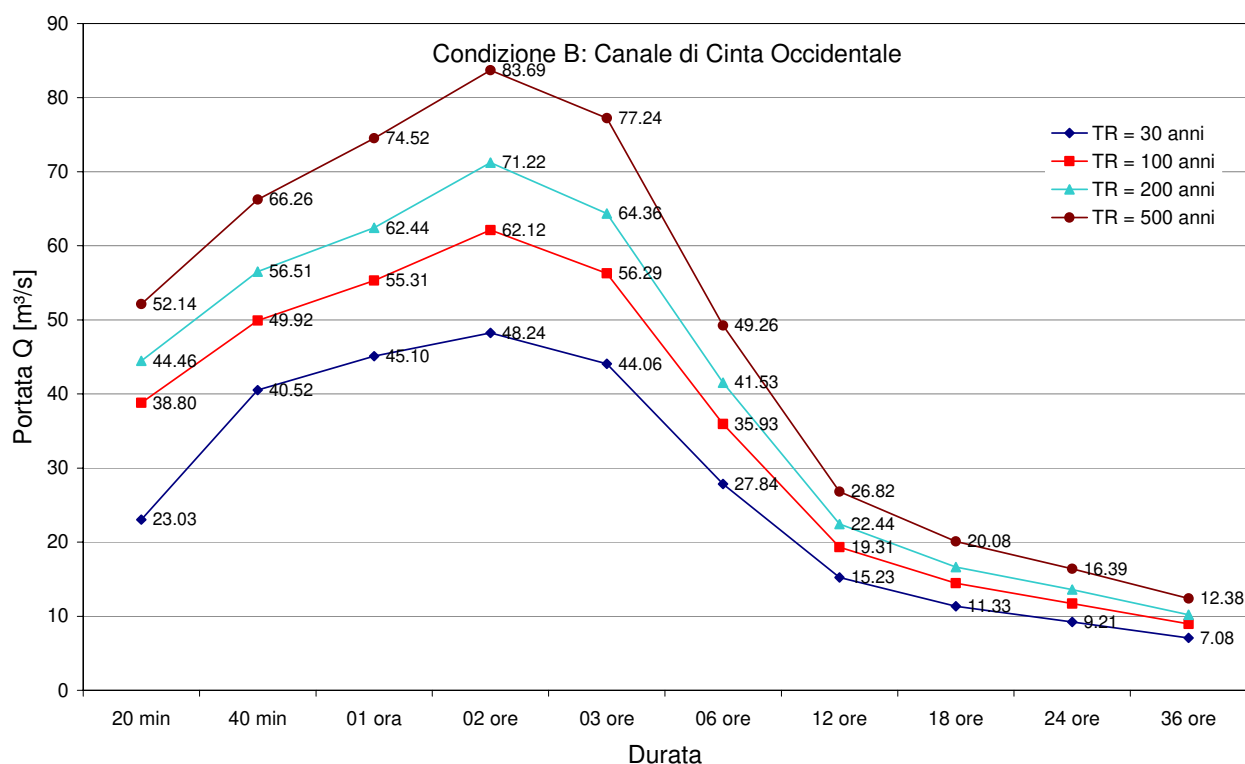


Figura 3.24 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal c. di Cinta Occidentale.

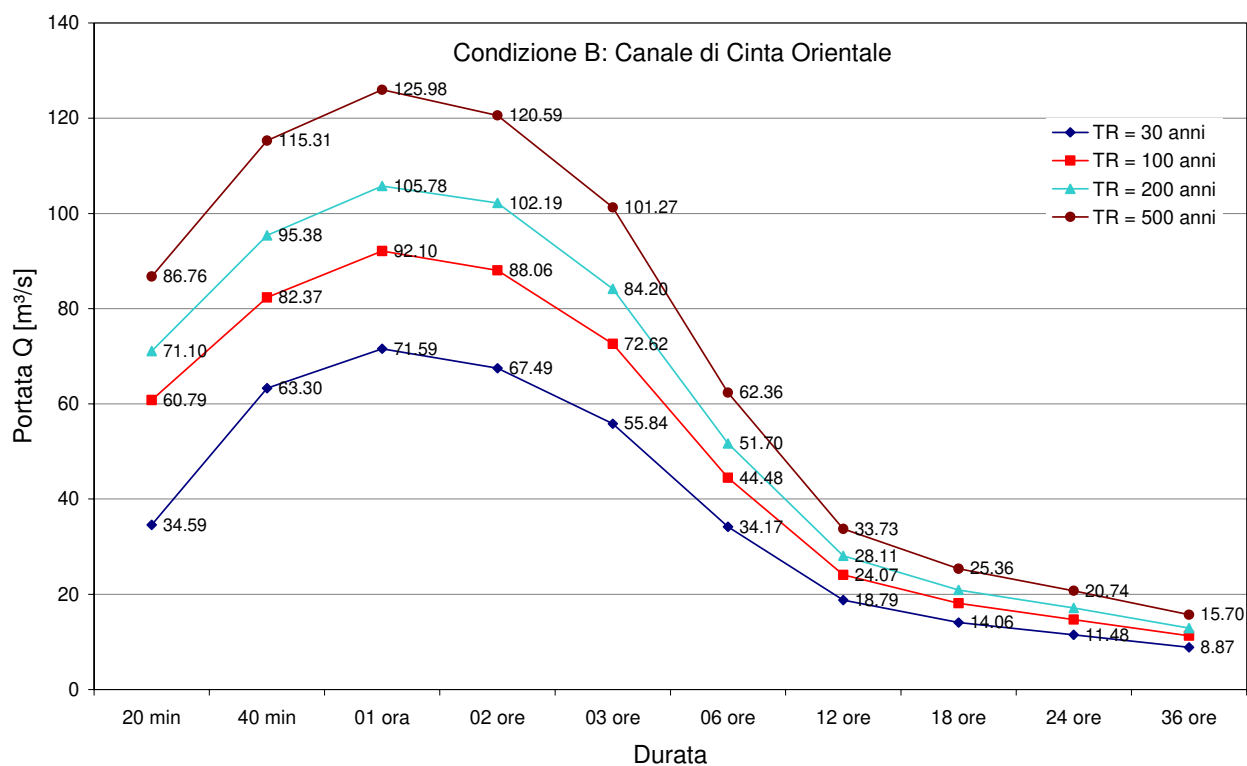


Figura 3.25 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal . di Cinta Occidentale.

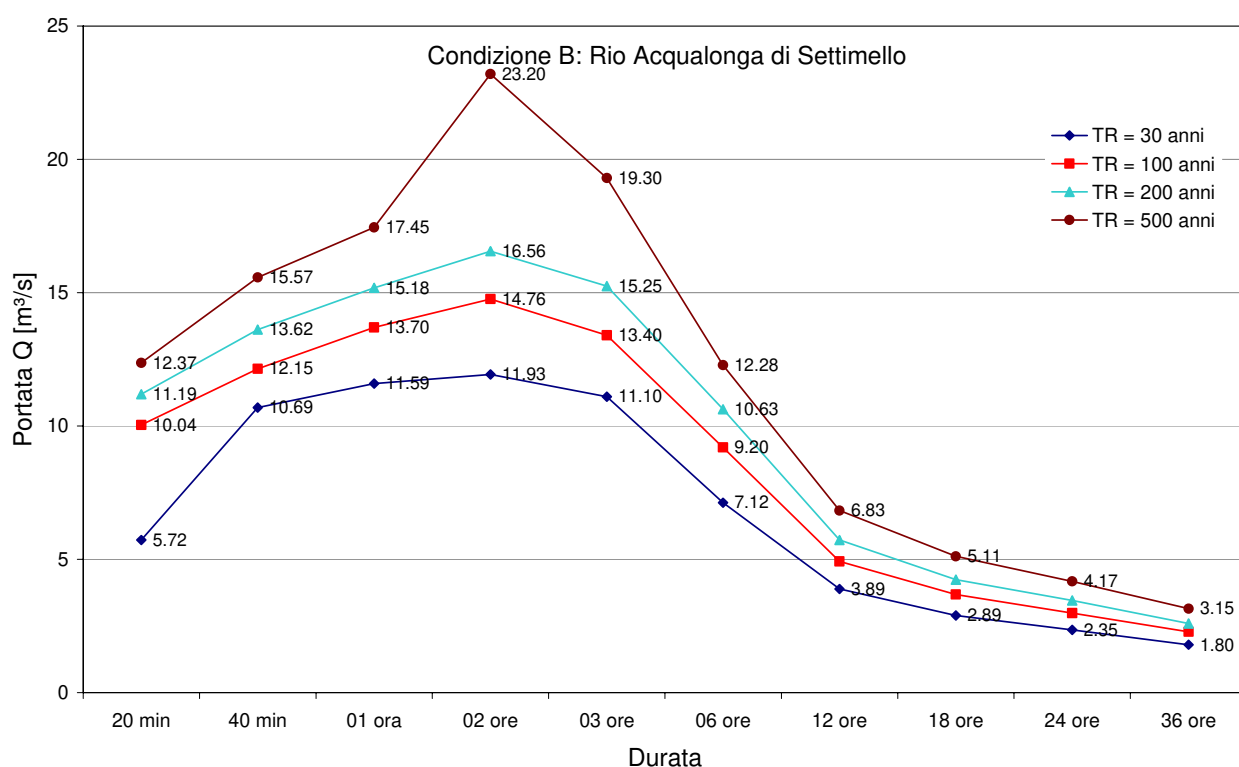


Figura 3.26 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Acqualonga di Settimello.

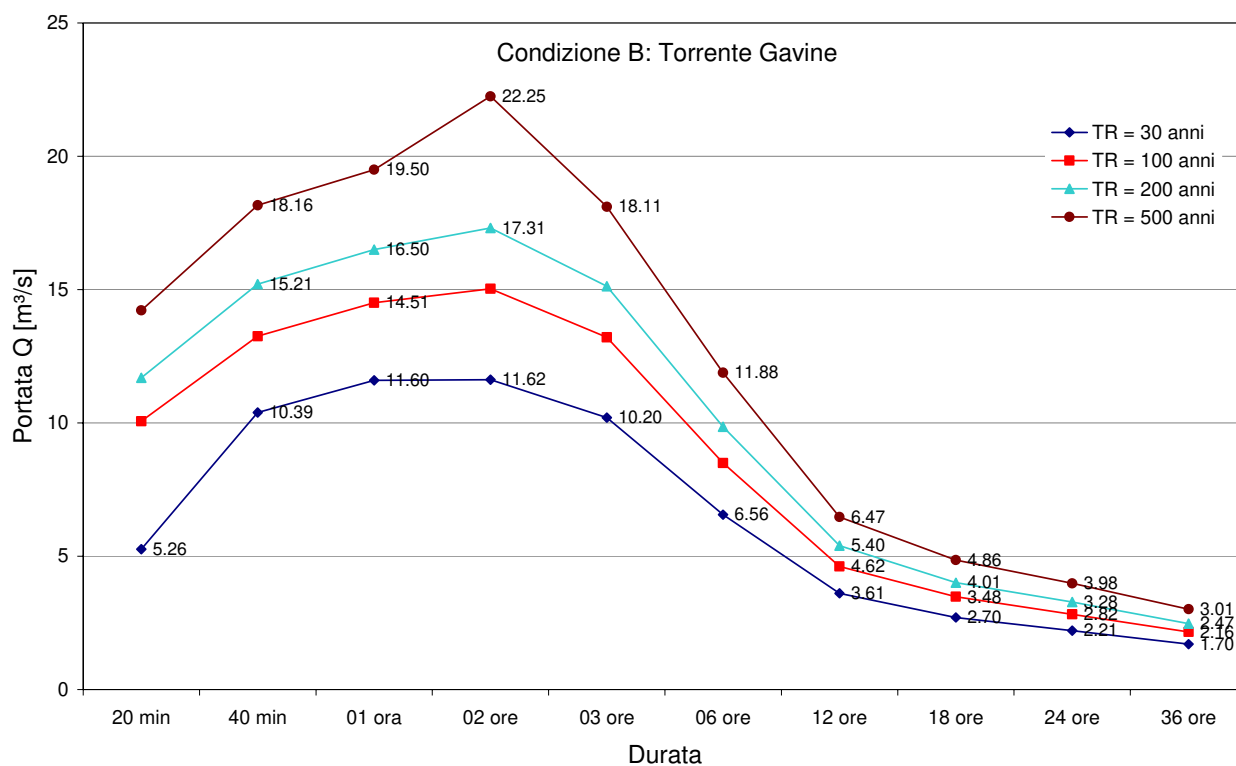


Figura 3.27 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Gavine.

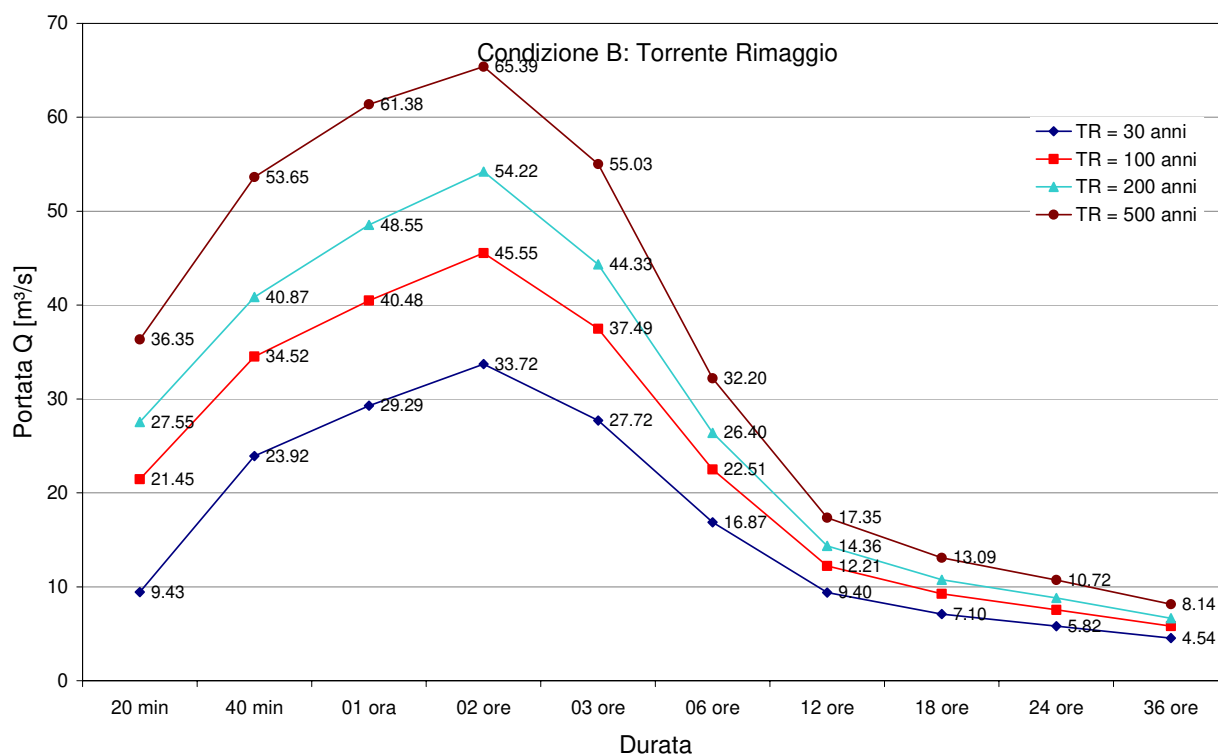


Figura 3.28 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Rimaggio.

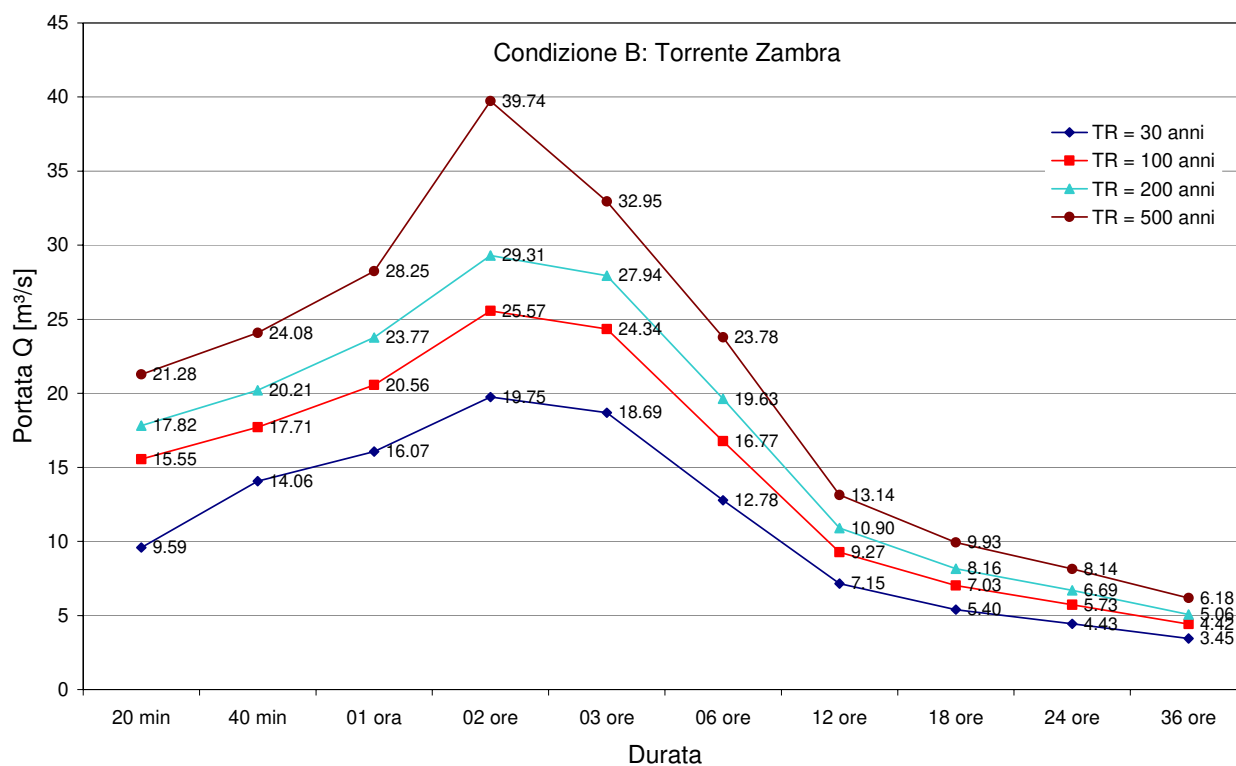


Figura 3.29 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Zambra.

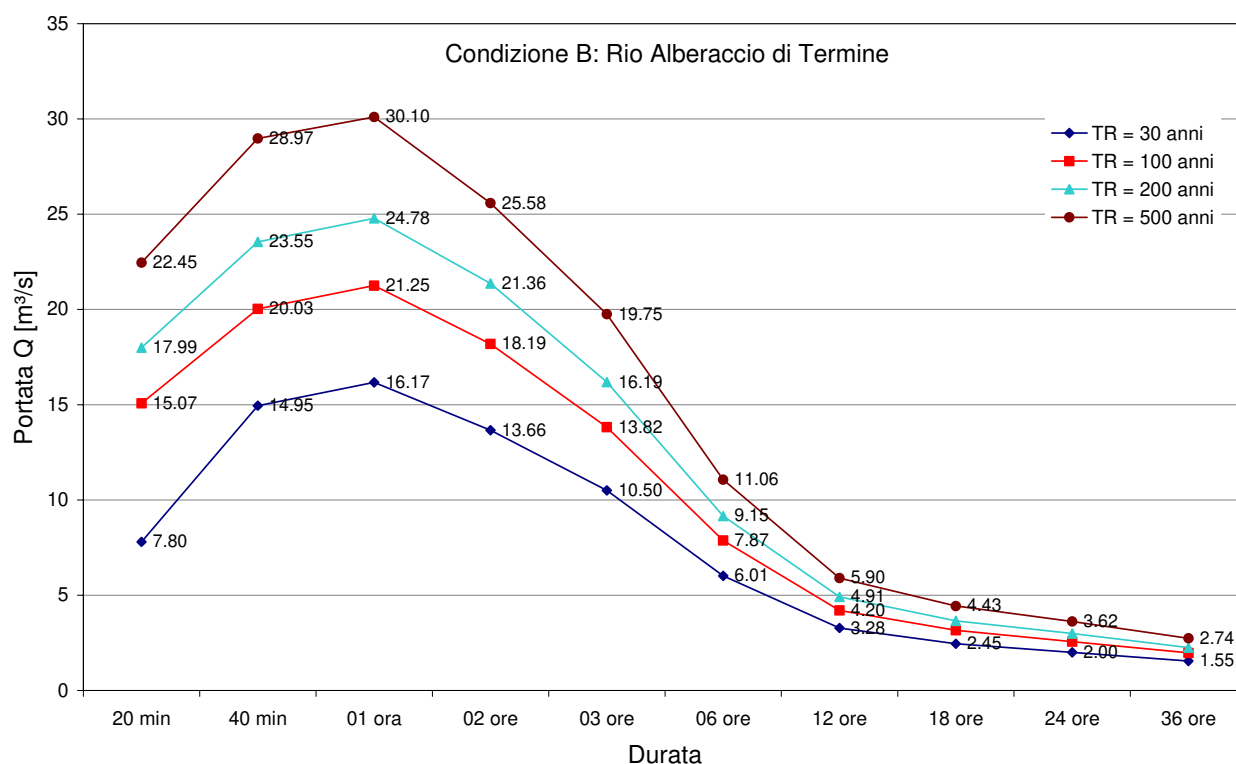


Figura 3.30 – Condizione B: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Alberaccio di Termine.

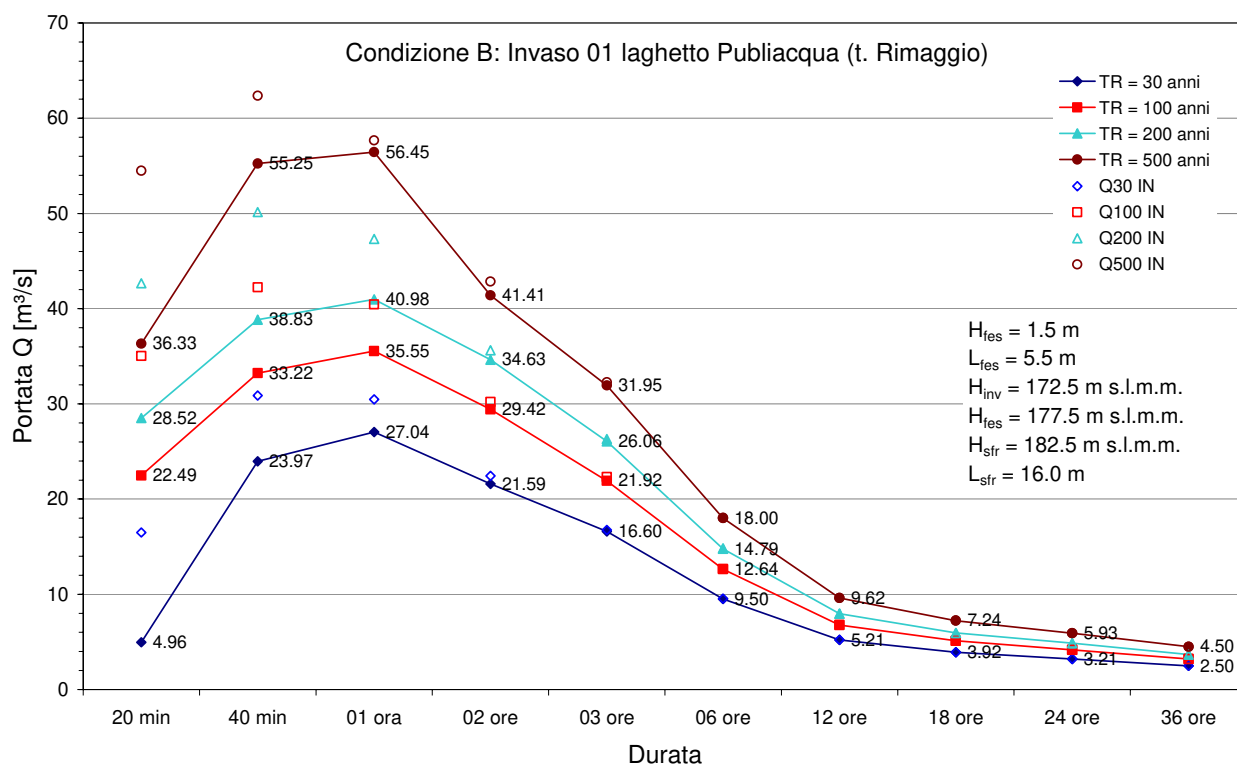


Figura 3.31 – Condizione B: confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso e uscita dall'invaso Rsrv_01 (t. Rimaggio).

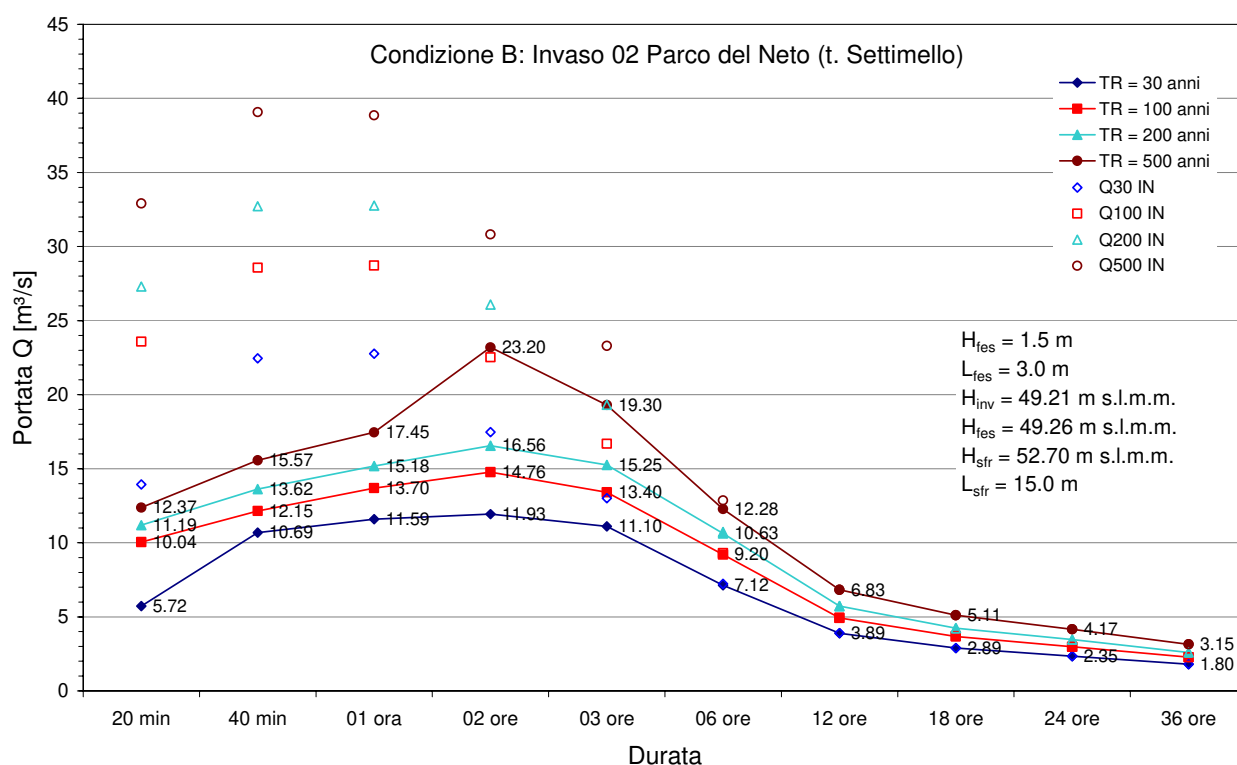


Figura 3.32 – Condizione B: confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso e uscita dall'invaso Rsrv_02 (t. Settimello).

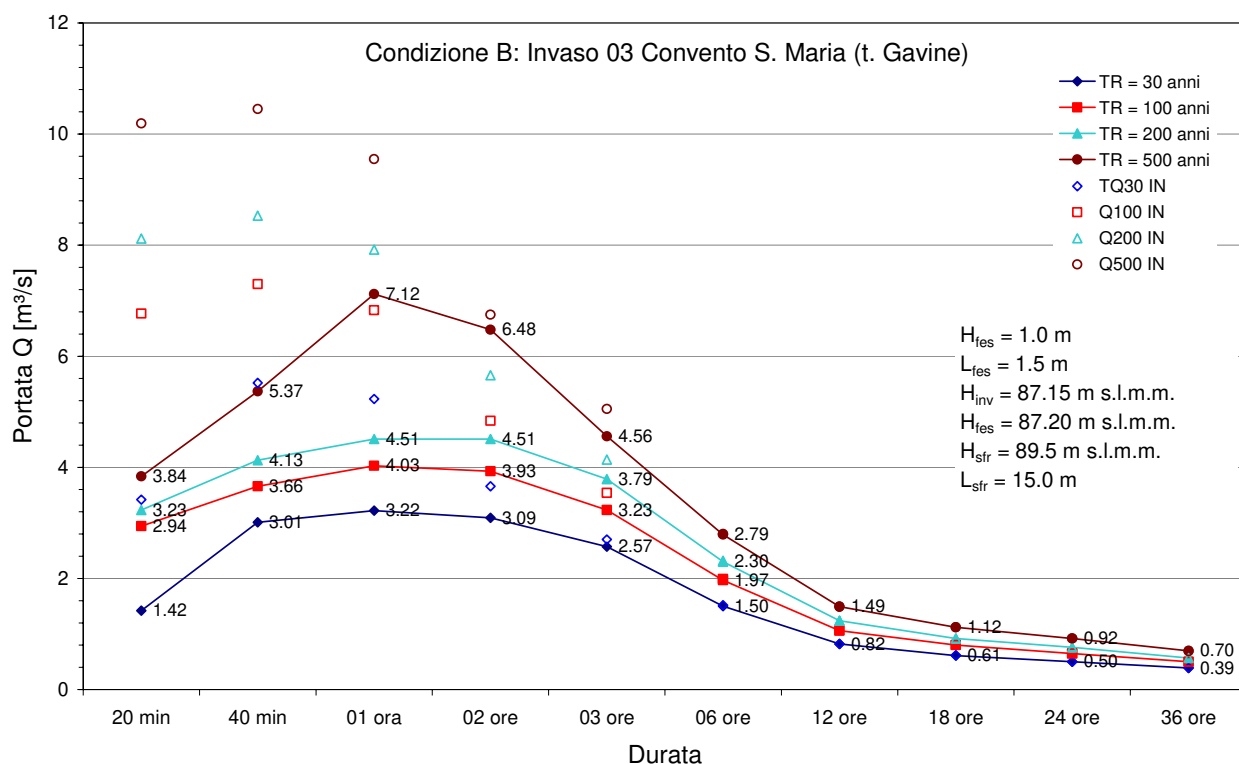


Figura 3.33 – Condizione B: confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso e uscita dall'invaso Rsrv_03 (t. Gavine).

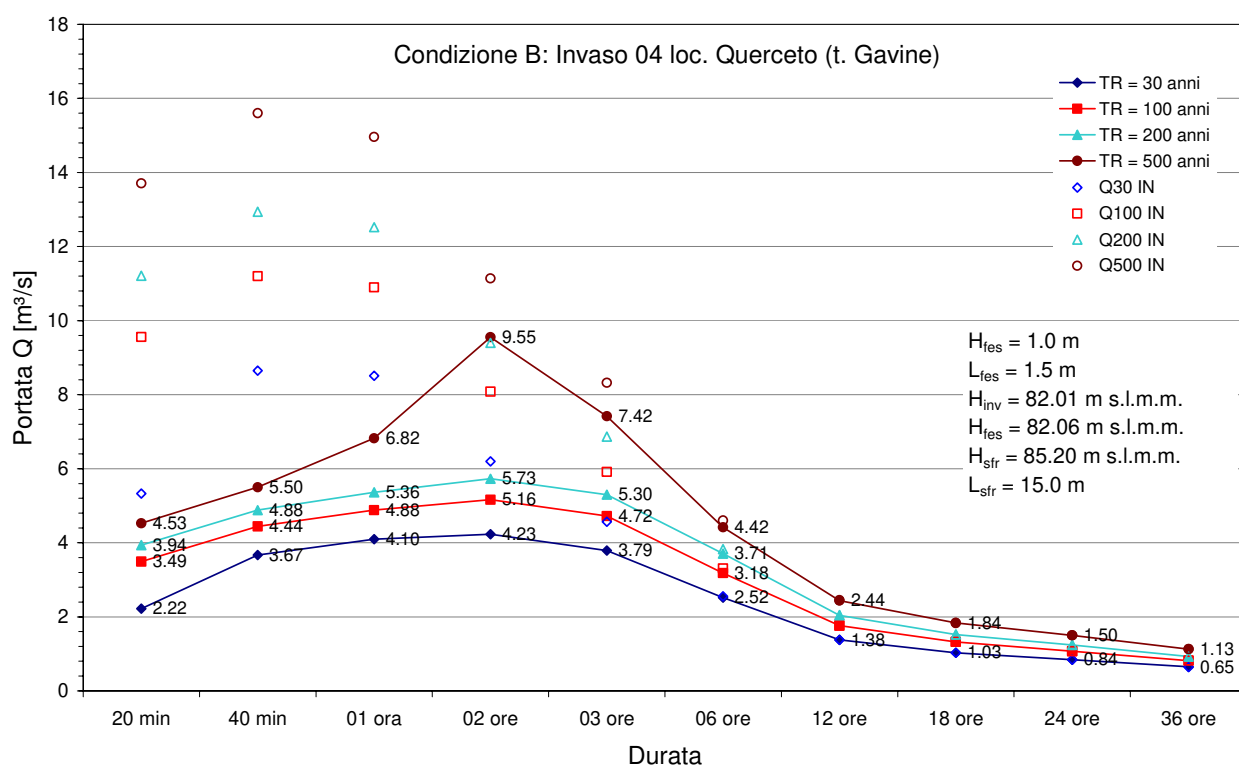


Figura 3.34 – Condizione B: confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso e uscita dall'invaso Rsrv_04 (t. Gavine).

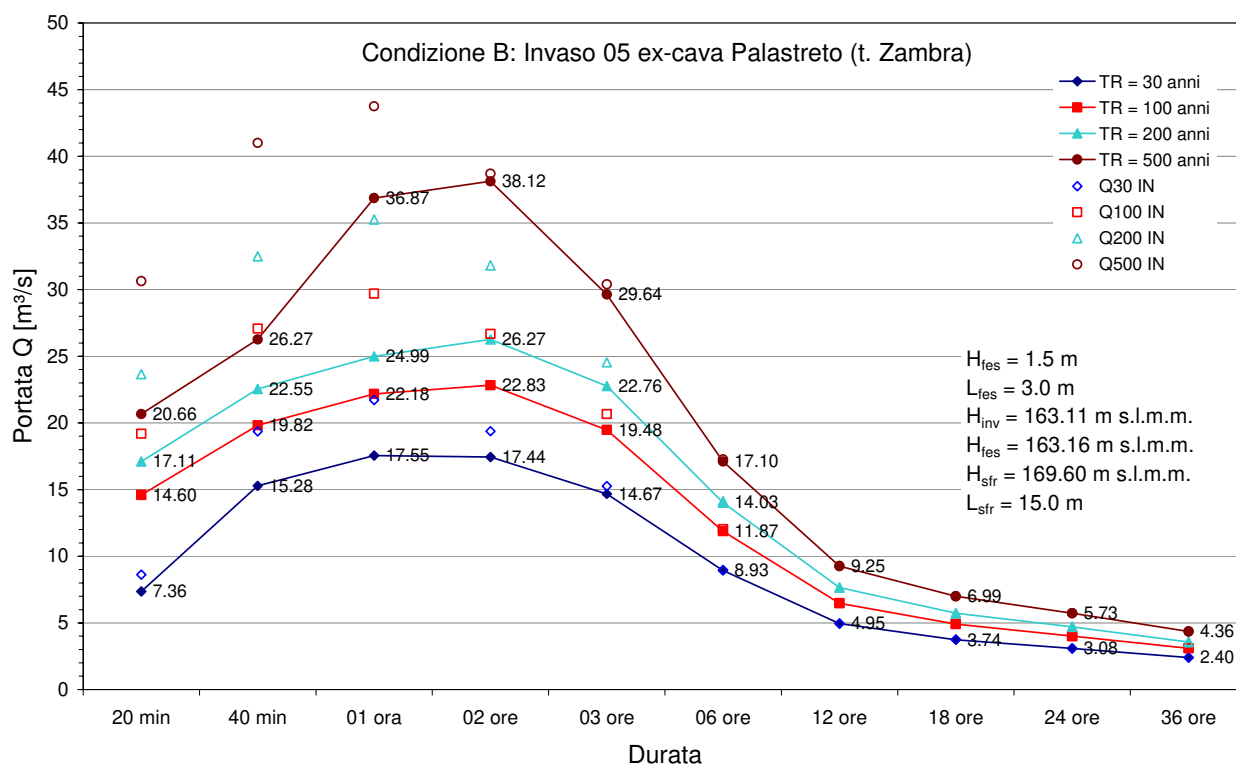


Figura 3.35 – Condizione B: confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso e uscita dall'invaso Rsrv_05 (laghetto Publiacqua modificato).

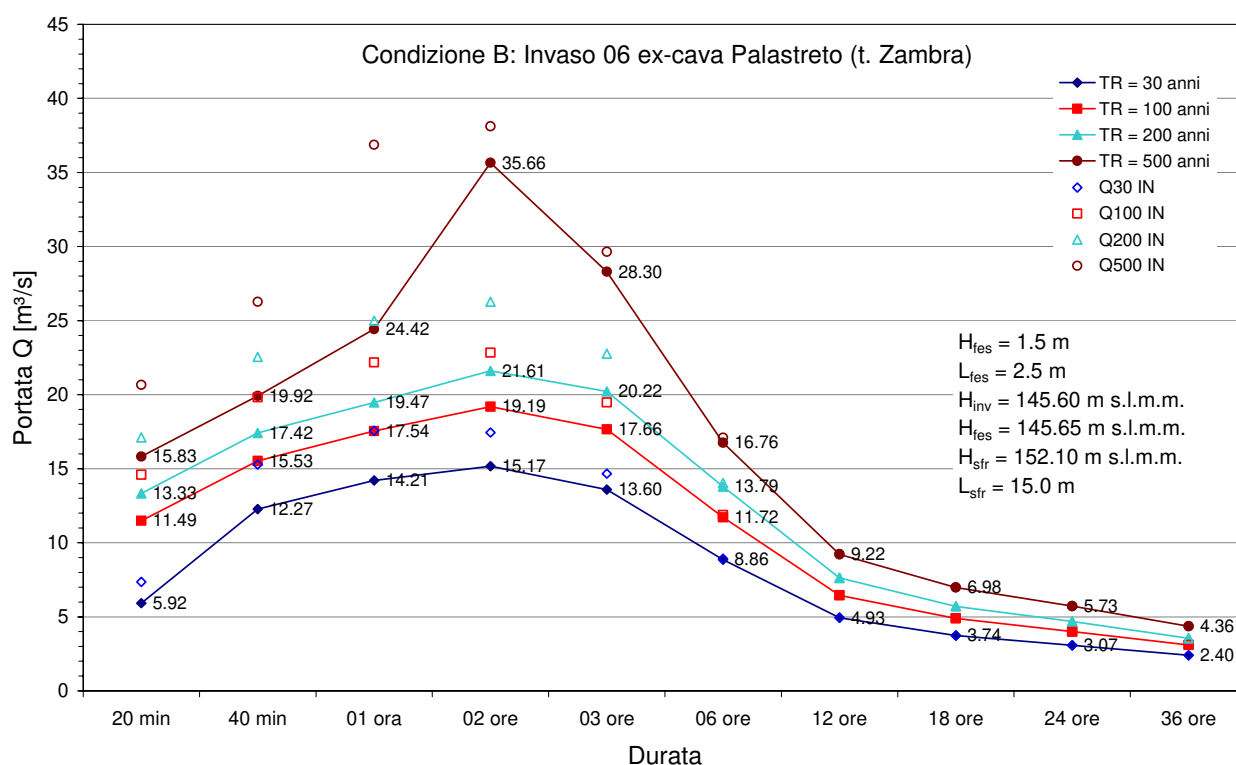


Figura 3.36 – Condizione B: confronto tra i valori al colmo della portata in ingresso e uscita dall'invaso Rsrv_06 (laghetto Publiacqua modificato).

3.5 Risultati della modellazione idrologica: condizione C

I valori massimi (involuppi) della portata liquida al colmo sulle diverse durate, stimati per la condizione C, sono riportati nella Tabella 3.11 per la durata di 1 ora e per i tempi di ritorno 30, 100, 200 e 500 anni.

Nella Figura 3.37 – Figura 3.44 sono riportati gli andamenti delle portate al colmo per i vari tempi di ritorno e le diverse durate rispettivamente in ingresso al fosso reale ed in uscita a tutti gli altri corsi d'acqua.

Numero sezione	Corso d'acqua	Codice elemento	Q Tr30 [m³/s]	Q Tr100 [m³/s]	Q Tr200 [m³/s]	Q Tr500 [m³/s]
101	c. Cinta Occidentale	IM_01	14.11	17.72	20.17	23.91
73	c. Cinta Occidentale	Jnc_02	24.46	30.62	34.81	41.10
64	c. Cinta Occidentale	Jnc_03	24.48	30.64	34.84	41.14
51	c. Cinta Occidentale	IM_04	26.90	33.67	38.28	45.20
49	c. Cinta Occidentale	Jnc_04	43.00	54.21	61.86	73.35
48	c. Cinta Occidentale	Jnc_05	44.70	56.41	64.39	76.38
41	c. Cinta Occidentale	Jnc_06	44.45	56.15	64.14	76.13
39	c. Cinta Occidentale	Jnc_07	44.99	56.81	64.88	77.00
31	c. Cinta Occidentale	IM_10	45.44	57.36	65.50	77.72
27	c. Cinta Occidentale	Jnc_08	62.60	79.67	91.33	108.83
25	c. Cinta Occidentale	Jnc_09	62.85	79.88	91.51	108.96
16	c. Cinta Occidentale	Jnc_10	62.90	79.94	91.58	109.04
4	c. Cinta Occidentale	Jnc_11	62.68	79.75	91.41	108.92
39	c. Cinta Orientale	IM_31	21.40	27.06	30.91	36.70
37	c. Cinta Orientale	Jnc_30	37.56	48.24	55.54	66.51
31	c. Cinta Orientale	Jnc_31	48.83	62.61	72.09	86.46
27	c. Cinta Orientale	Jnc_32	54.37	69.82	80.40	96.32
14	c. Cinta Orientale	IM_36	54.78	70.33	80.97	96.99
12	c. Cinta Orientale	Jnc_33	80.51	105.11	122.13	147.91
5	c. Cinta Orientale	Jnc_34	82.19	107.20	124.50	150.69
2	c. Cinta Orientale	Jnc_35	81.84	106.80	124.06	150.22
21	t. Settimello	IM_05	22.76	28.71	32.77	39.08
7	t. Alberaccio	IM_32	16.17	21.25	24.78	30.10
116	fosso Reale	Jnc_23	96.29	128.37	149.88	181.66
114	fosso Reale	Sink_Reale	166.65	222.27	261.39	314.42
84	t. Gavine	IM_11	5.52	7.30	8.53	10.45
69	t. Gavine	Jnc_13	8.82	11.81	13.87	17.03
58	t. Gavine	Jnc_14	9.03	12.10	14.21	17.46
54	t. Gavine	Jnc_15	17.57	23.20	27.07	33.01
36	t. Gavine	Jnc_16	19.16	25.23	29.39	35.79
153	t. Rimaggio	Jnc_17	33.43	46.05	54.91	68.20
134	t. Rimaggio	Jnc_18	35.13	49.45	59.56	74.68
122	t. Rimaggio	Jnc_19	34.75	49.09	59.11	73.64
106	t. Rimaggio	Jnc_20	34.72	48.71	58.48	73.61

81	t. Rimaggio	Jnc_21	34.41	48.21	58.31	72.93
51	t. Rimaggio	Jnc_22	34.16	48.09	57.87	72.48
20	t. Rimaggio	Jnc_22B	34.48	48.63	58.47	73.42
72	t. Zambra	IM_37	21.71	29.69	35.26	43.75
60	t. Zambra	Jnc_25	21.57	29.54	35.11	43.60
46	t. Zambra	Jnc_26	21.73	29.74	35.34	43.88
34	t. Zambra	Jnc_27	21.74	29.76	35.36	43.89
26	t. Zambra	Jnc_28	21.72	29.68	35.24	43.71
8	t. Zambra	Jnc_29	27.00	36.39	42.94	52.91

Tabella 3.14 – Condizione C: valori massimi (inviluppi) di portata liquida valutati per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

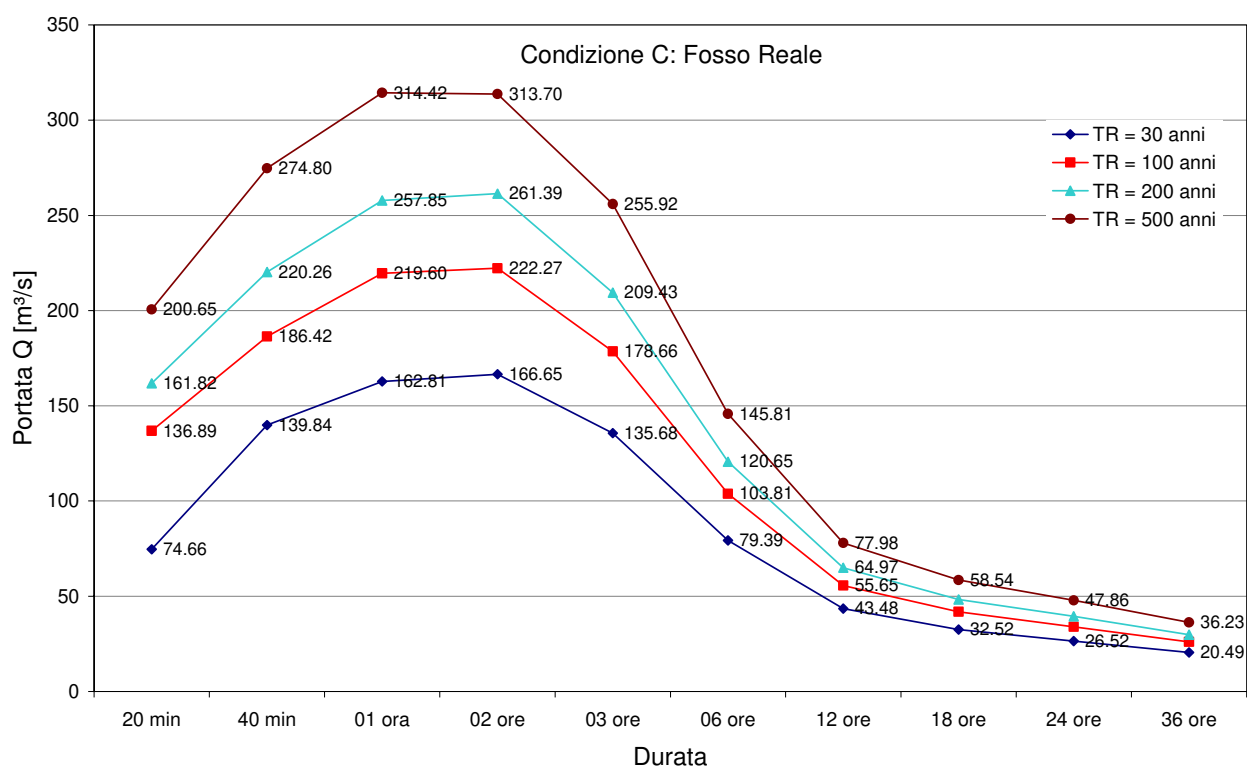


Figura 3.37 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in ingresso al f. Reale.

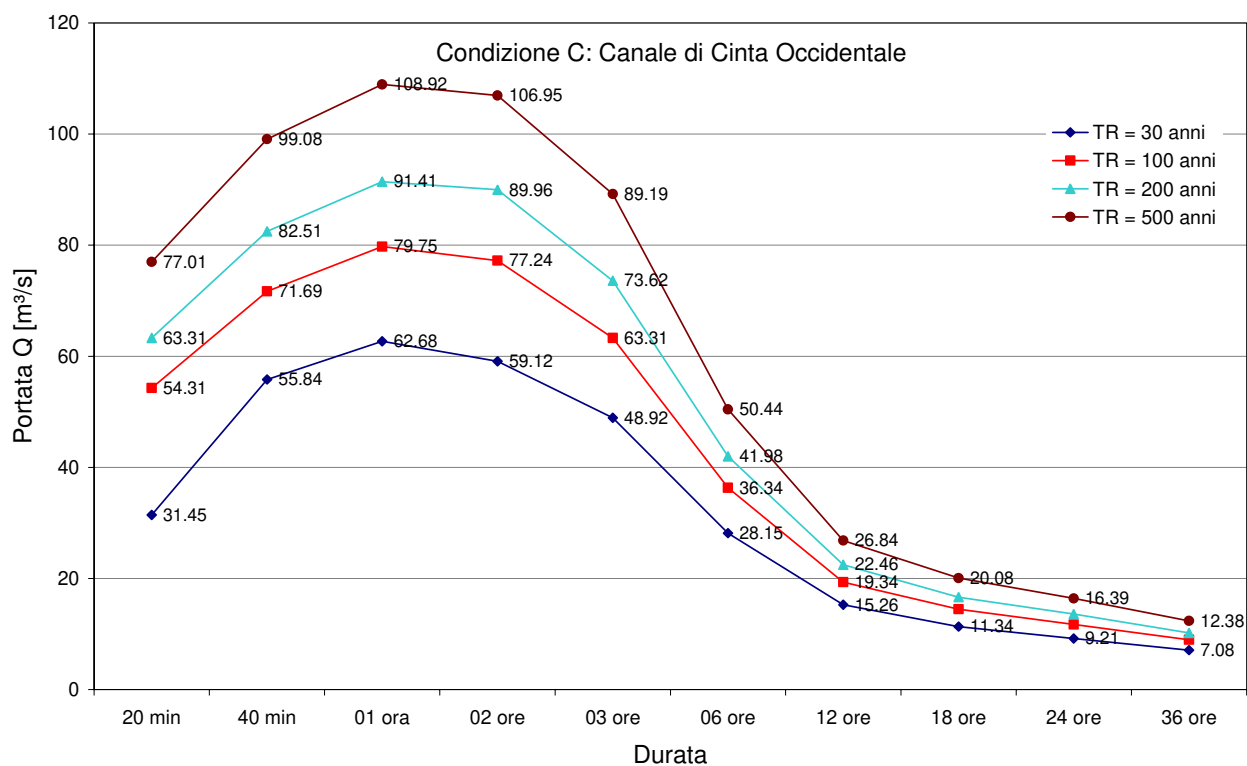


Figura 3.38 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal c. di Cinta Occidentale.

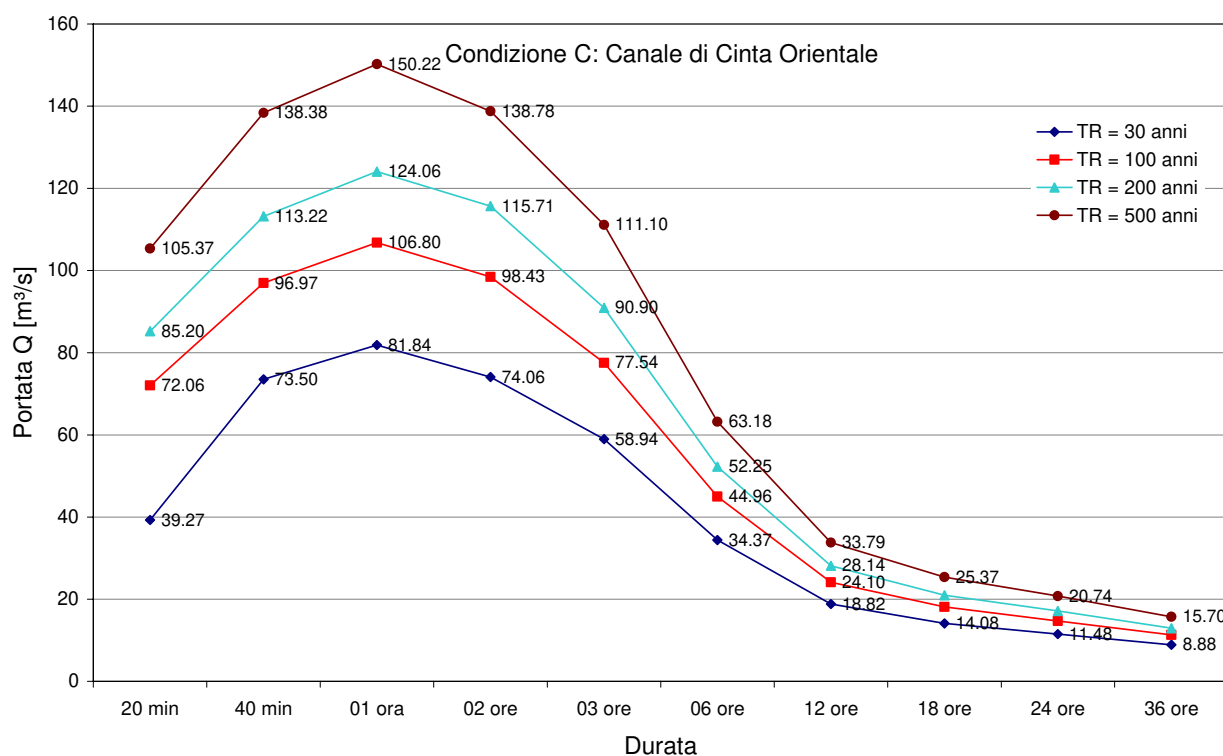


Figura 3.39 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal c. di Cinta Orientale.

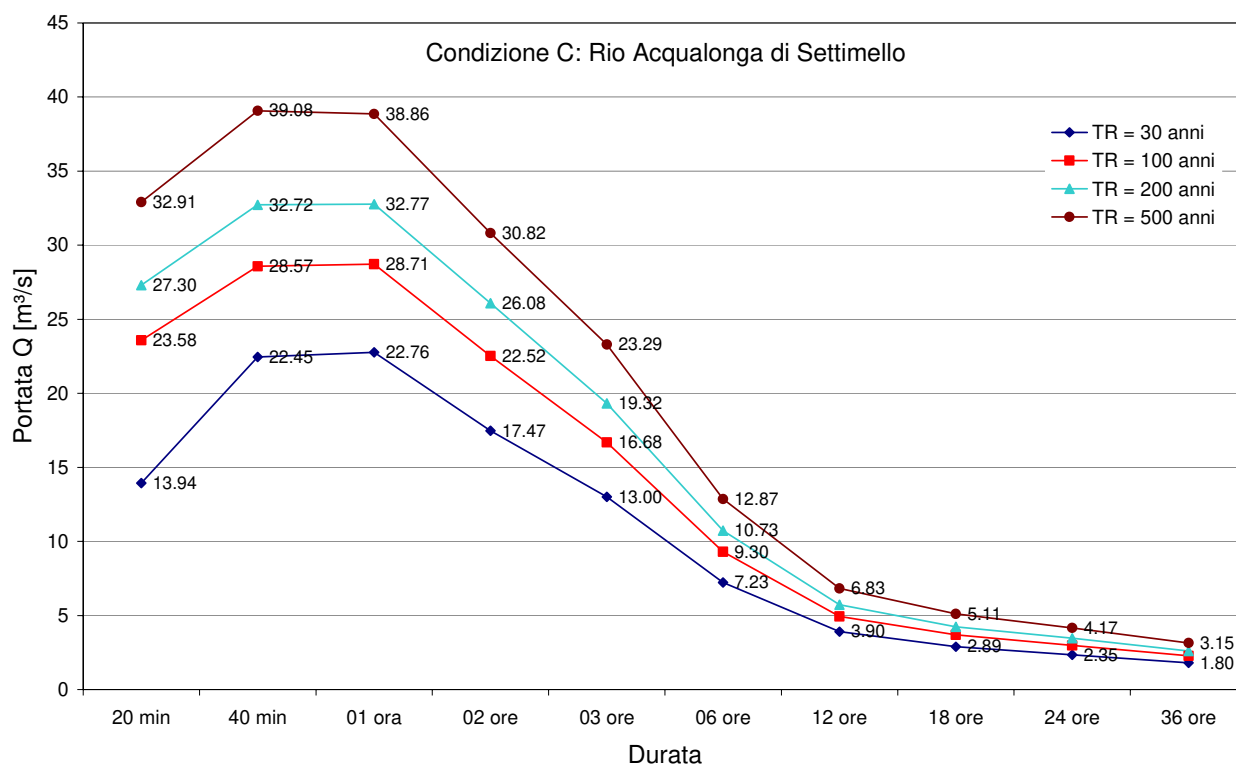


Figura 3.40 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Aqualonga di Settimello.

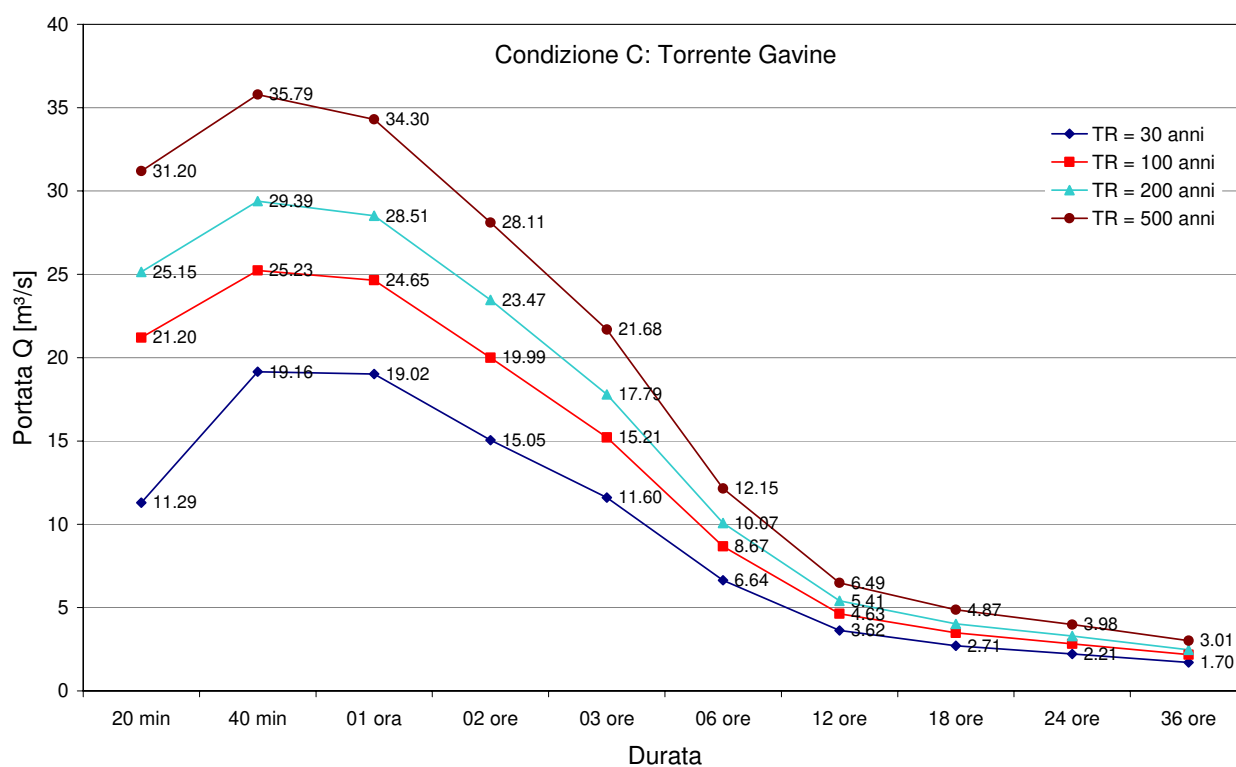


Figura 3.41 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Gavine.

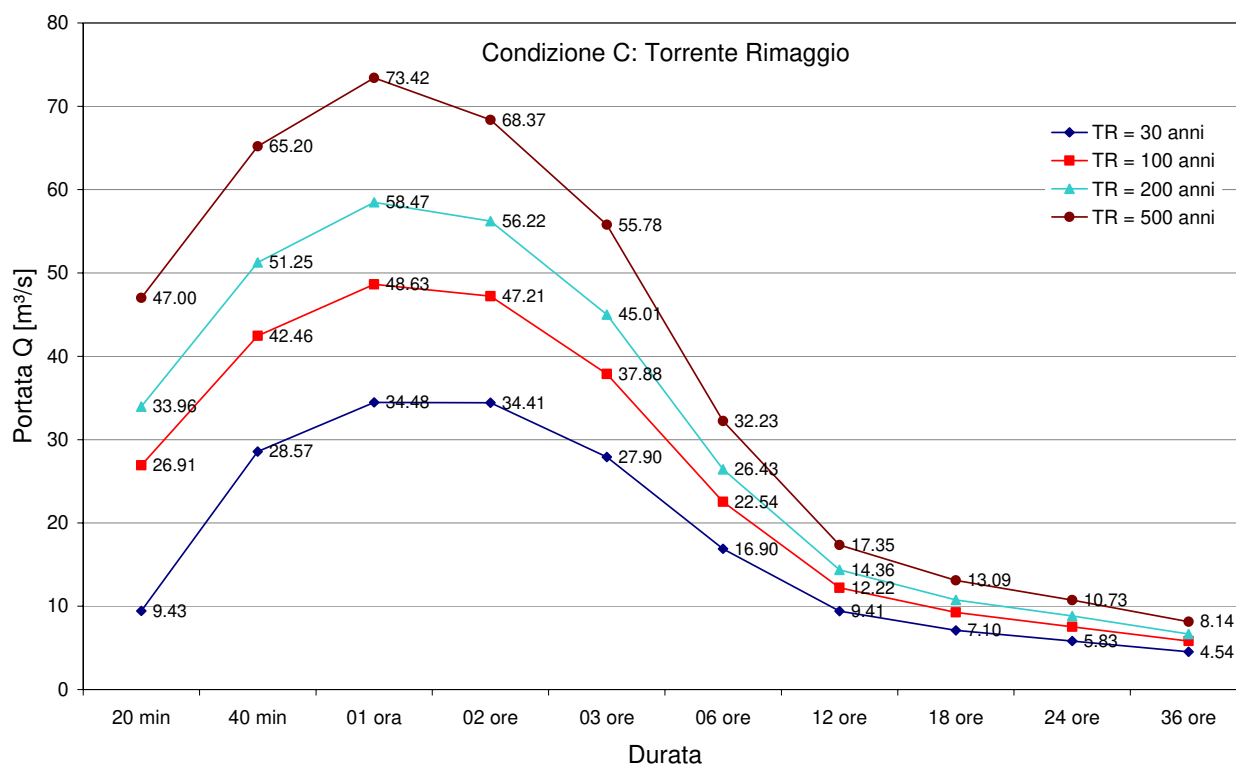


Figura 3.42 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Rimaggio.

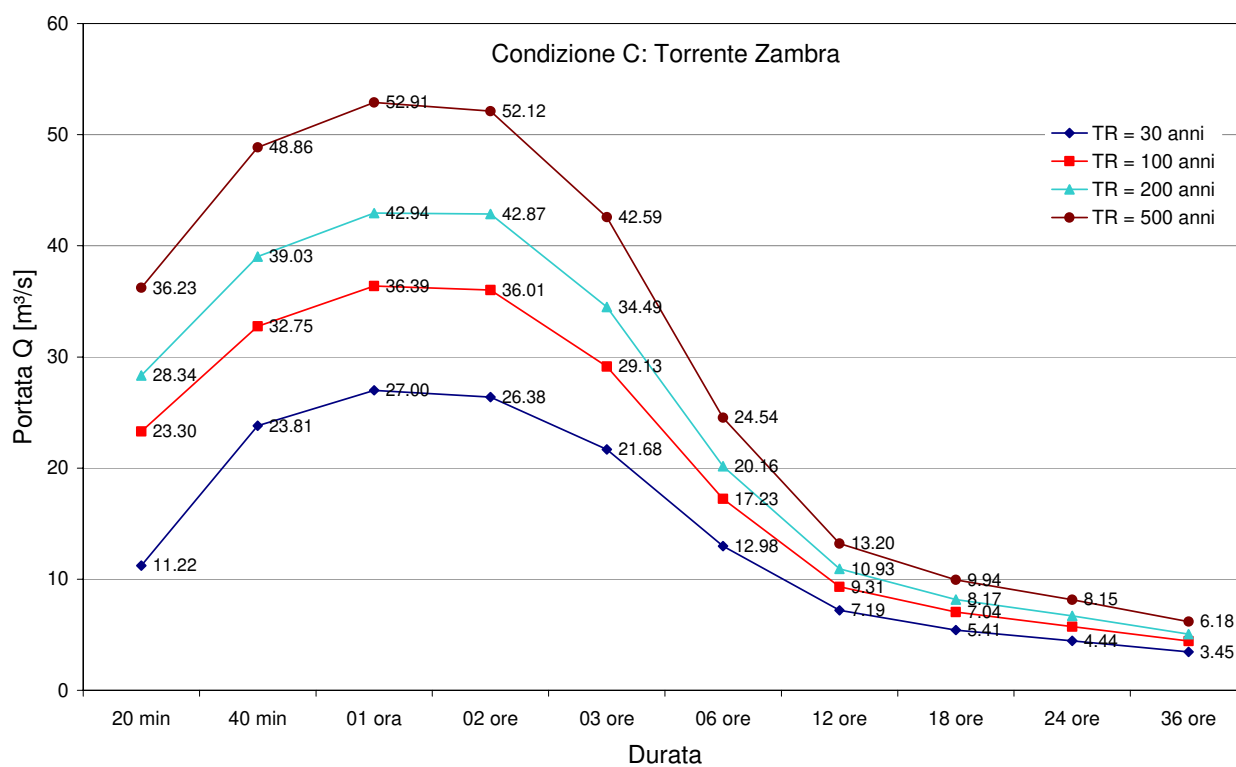


Figura 3.43 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Zambra.

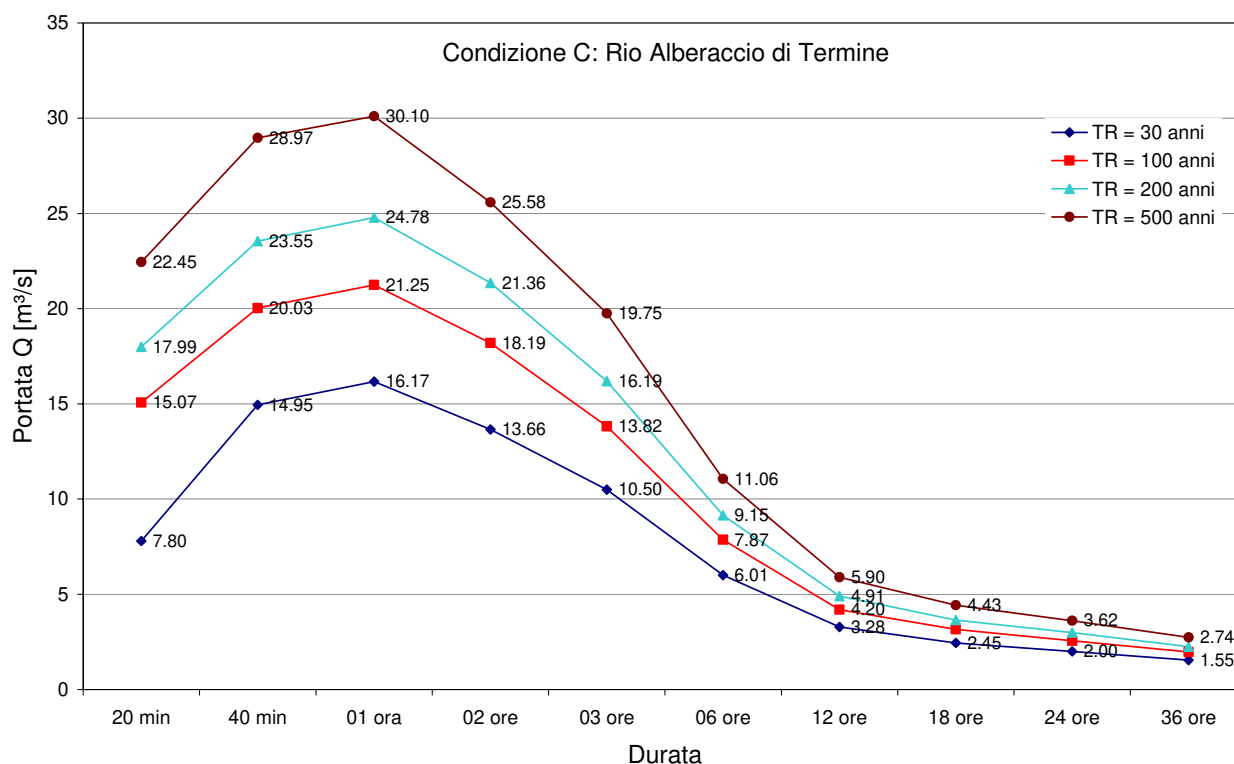


Figura 3.44 – Condizione C: andamento dei valori al colmo della portata in uscita dal t. Alberaccio di Termine.

3.6 Confronto dei valori di portata con altri studi

Nella si riporta un confronto tra i valori di portata valutati, per il tempo di ritorno di 100 anni, nel presente studio (Tabella 3.15) e quelli calcolati negli studi [2] e [17], riportati rispettivamente nella Tabella 3.16 e nella Tabella 3.17.

Descrizione sezione	Q d _{20m} [m³/s]	Q d _{40m} [m³/s]	Q d _{1h} [m³/s]	Q d _{2h} [m³/s]	Q d _{3h} [m³/s]
Sez. iniziale c. Cinta Occidentale	15.1	17.7	17.5	13.5	9.9
Sez. iniziale t. Settimello	23.6	28.6	28.7	22.5	16.7
Sez. iniziale t. Gavine	6.8	7.3	6.8	4.8	3.5
Sez. di sbocco t. Gavine	21.2	25.2	24.7	20.0	15.2
Sez. di sbocco c. Cinta Occidentale	54.3	71.7	79.8	77.2	63.3
Sez. iniziale t. Rimaggio	31.0	44.2	46.1	41.2	31.3
Sez. di sbocco t. Rimaggio	32.4	48.5	54.3	51.3	40.8
Sez. iniziale t. Termine	15.1	20.0	21.3	18.2	13.8
Sez. iniziale c. Cinta Orientale	20.7	26.0	27.1	22.8	17.3
Sez. iniziale t. Zambra	19.2	27.1	29.7	26.7	20.7
Sez. di sbocco t. Zambra	23.3	32.8	36.4	36.0	29.1

Tabella 3.15 – Portate al colmo calcolate nel presente studio per il tempo di ritorno di 100 anni.

Descrizione sezione	$Q_{d_{cr}}$ [m ³ /s]
Sez. iniziale c. Cinta Occidentale	9.1
Sez. iniziale t. Settimello	28.2
Sez. iniziale t. Gavine	–
Sez. di sbocco t. Gavine	24.4
Sez. di sbocco c. Cinta Occidentale	64.8
Sez. iniziale t. Rimaggio	–
Sez. di sbocco t. Rimaggio	61.7
Sez. iniziale t. Termine	28.5
Sez. iniziale c. Cinta Orientale	16.5
Sez. iniziale t. Zambra	–
Sez. di sbocco t. Zambra	40.9

Tabella 3.16 – Portate al colmo valutate nello studio [2] per il tempo di ritorno di 100 anni.

Descrizione sezione	$Q_{d_{20m}}$ [m ³ /s]	$Q_{d_{40m}}$ [m ³ /s]	$Q_{d_{1h}}$ [m ³ /s]	$Q_{d_{3h}}$ [m ³ /s]
Sez. iniziale c. Cinta Occidentale	16.2	17.6	16.4	8.9
Sez. iniziale t. Settimello	33.8	32.3	27.6	13.5
Sez. iniziale t. Gavine	19.4	17.1	13.9	6.7
Sez. di sbocco t. Gavine	42.7	38.2	31.5	15.1
Sez. di sbocco c. Cinta Occidentale	122.0	118.2	101.4	50.2
Sez. iniziale t. Rimaggio	44.6	52.0	52.5	34.2
Sez. di sbocco t. Rimaggio	52.9	61.4	62.7	40.7
Sez. iniziale t. Termine	20.9	21.4	20.0	11.2
Sez. iniziale c. Cinta Orientale	36.3	34.7	32.3	17.1
Sez. iniziale t. Zambra	35.7	38.6	37.0	22.5
Sez. di sbocco t. Zambra	43.0	49.5	48.3	29.1

Tabella 3.17 – Portate al colmo valutate nello studio [17] per il tempo di ritorno di 100 anni.

4. ANALISI IDRAULICA

Le condizioni di portata imposte al bacino sotteso dal fosso Reale alla sezione dell'opera di sbocco nel f. Bisenzio sono state determinate con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni. Gli idrogrammi di portata corrispondenti sono stati determinati per durate pari a 20 e 40 minuti e 1, 2, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore.

Nella presente analisi idraulica la verifica con tempo di ritorno di 500 anni non è stata ritenuta significativa, e pertanto non è stata effettuata..

4.1 Il modello di moto vario

Ai fini della verifica idraulica e della stima dei volumi di esondazione è stata utilizzata la metodologia generale già adottata dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

In particolare è stato impiegato un modello quasi-bidimensionale, che associa allo schema di moto vario unidimensionale della corrente in alveo, una rappresentazione del fenomeno di esondazione mediante un sistema di celle di accumulo. Ciascuna cella risulta preventivamente definita sulla base delle caratteristiche morfologiche e infrastrutturali del territorio, collegata al sistema idraulico attraverso opportuni sfioratori, e nella quale la propagazione dei livelli idrici avviene attraverso la sola legge d'invaso.

Infatti, un'adeguata descrizione della propagazione dell'onda di piena nel sistema costituito dai canali di Cinta e dal fosso Reale può essere svolta solo adottando uno schema di moto vario, in cui le grandezze fisiche risultano variabili in funzione sia del tempo che dello spazio. In tale schema si tiene conto dei principali fenomeni che intervengono nella dinamica dell'onda di piena e cioè il fenomeno della progressiva attenuazione dell'onda e del suo trasferimento lungo l'alveo.

Lo schema per la verifica idraulica si basa quindi sulle classiche equazioni del moto e di continuità per una corrente unidimensionale, associate ad una opportuna equazione per la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito. Le equazioni, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua, velocità) in funzione del tempo e dello spazio.

La risoluzione dello schema di moto viene ottenuta per via numerica, discretizzando le equazioni nel dominio spazio-temporale mediante opportuni schemi numerici. La soluzione viene pertanto ottenuta solo nei punti di discretizzazione (e non con continuità su tutto il dominio). Tali punti sono rappresentati dalle sezioni geometriche rilevate (discretizzazione spaziale) e dalla scansione temporale utilizzata nella rappresentazione dei fenomeni (discretizzazione temporale).

Il grado di risoluzione che si ottiene deriva quindi dalla densità delle sezioni rilevate e, per lo schema di moto vario, anche dal passo temporale adottato.

La modellistica idraulica è stata condotta utilizzando il *software* HEC-RAS 3.1.3, che fornisce la soluzione delle suddette equazioni con un metodo numerico alle differenze finite per la discretizzazione spaziale ed un metodo implicito per l'avanzamento temporale tramite successive iterazioni di calcolo in corrispondenza dei nodi di una griglia spazio-temporale. In corrispondenza delle sezioni fluviali predefinite, è stato quindi possibile ricavare, al variare del tempo, i valori delle grandezze idrauliche (portata, velocità, carico piezometrico, etc.).

Il passo temporale adottato nelle simulazioni di moto vario dello stato attuale e di progetto del sistema di valle è stato di 5 minuti (*Computation Interval*).

Per simulare gli effetti dissipativi indotti da variazioni di sezione, quali allargamenti o restringimenti di sezione, sono stati introdotti coefficienti di contrazione ed espansione rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

La scabrezza utilizzata (espressa come coefficiente di Manning) risulta pari a 0.025 s/m^{1/3} per i canali di Cinta Occidentale ed Orientale, mentre risulta pari a 0.03 s/m^{1/3} per il fosso Reale.

Nelle simulazioni in moto stazionario del sistema di monte, la scabrezza utilizzata risulta pari a 0.03 s/m^{1/3} per tutti i corsi d'acqua, ad eccezione del t. Rimaggio nello stato intermedio (condizione 2).

Nelle simulazioni in moto vario, per garantire la stabilità del sistema, nonché la convergenza e l'accuratezza della soluzione numerica, sono stati utilizzati i parametri computazionali impostati di *default* dal *software* HEC-RAS (*Calculation Options and Tolerances*), ad eccezione del numero massimo di iterazioni per ogni passo di calcolo (fissato a 30) e della tolleranza sul calcolo dei livelli idrici (fissata ad 1 cm).

La metodologia utilizzata dal *software* HEC-RAS per l'analisi del regime di corrente mista è chiamata *Local Partial Inertia* (LPI). Secondo questa tecnica se il numero di Froude si avvicina al valore di soglia, l'influenza dei termini inerziali presenti nell'eq. di quantità di moto si riduce, fino ad annullarsi quando il valore di soglia viene superato. Incrementando il valore di soglia e l'esponente m si riduce la stabilità del programma ma si aumenta l'accuratezza della soluzione. Nel presente caso il valore del coefficiente di riduzione del numero di Froude è stato assunto pari a 8, mentre il valore di soglia del numero di Froude, per la riduzione dell'influenza dei termini inerziali, è stato imposto a 0.9.

4.2 Il modello di inondazione quasi-bidimensionale

Le quote di inondazione nelle aree adiacenti ai corsi d'acqua considerati, e quindi i parametri delle aree inondabili, sono stati ottenuti mediante una modellazione quasi-bidimensionale tipo Cunge, integrando cioè il modello mono-dimensionale con quello a macro-aree interconnesse. In questo caso le quote di inondazione coincidono con le quote raggiunte nelle singole celle.

Nel modello tipo Cunge l'area potenzialmente inondabile (in genere viene considerata tale l'intera pianura alluvionale fino al piede della collina) viene immaginata composta da aree elementari connesse idraulicamente tra loro e con l'asta fluviale da soglie sfioranti. La definizione delle aree elementari che compongono le aree di potenziale inondazione deve avvenire con criteri di massima verosimiglianza del modello alla realtà: pertanto ad ogni struttura di contenimento identificabile sul territorio (quali i rilevati stradali e ferroviari, muri e argini) deve corrispondere il bordo di una o più aree.

La delimitazione e la modellazione di tali aree, dette aree di potenziale esondazione, per le quali risulta prevalente il fenomeno di invaso rispetto a quello di trasporto, avviene secondo le seguenti fasi:

- **individuazione e acquisizione delle strutture di contenimento:** le aree elementari di potenziale esondazione sono delimitate da elementi di contorno rappresentati da argini, rilevati stradali e ferroviari, contenimenti naturali. L'individuazione di tali elementi è stata condotta sulla base cartografica della C.T.R. 1:2000 acquisita in forma digitale vettoriale;
- **caratterizzazione morfologica delle aree di potenziale inondazione:** in tale fase si è proceduto alla definizione delle caratteristiche plano-altimetriche delle aree elementari sulla

base della cartografia con l'obiettivo di ricavare la legge di riempimento quota-volume di inondazione in funzione dei livelli di piena nella forma:

$$V = A \times (y - y_0)^B. \quad (4.1)$$

in cui y_0 è la quota minima del terreno all'interno dell'area.

- **definizione delle connessioni idrauliche:** sulla base dell'analisi dettagliata delle caratteristiche morfologiche, infrastrutturali ed idrauliche del territorio sono state definite le caratteristiche delle connessioni idrauliche tra l'alveo principale e le aree di potenziale esondazione, e tra le aree stesse.

Nel presente studio è stato considerato che tutte le sponde, sia in destra che in sinistra idrografica, di ciascun tratto di corso d'acqua delimitato da due sezioni consecutive, siano assimilabili a soglie laterali di sfioro (*Lateral Structures*), con lunghezza pari, o leggermente inferiore in caso di ponti, opere trasversali (*Inline Structures*) o immissioni laterali, alla distanza delle due sezioni successive. L'andamento altimetrico delle soglie sfioranti è stato desunto dalle quote delle sezioni rilevate.

Il coefficiente dimensionale di sfioro utilizzato nel modello numerico è stato assunto pari a $1.77 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente adimensionale di deflusso $\mu = 0.4$).

Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati. Quest'ultimo è peraltro di difficile stima, soprattutto in casi di aree fortemente antropizzate, ove la presenza di strutture e infrastrutture condiziona la velocità e le direzioni lungo le quali l'allagamento si propaga.

L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di aree potenzialmente soggette a esondazione. Infatti, in tal modo, il riempimento di ciascuna area è regolato dalle caratteristiche degli sfioratori di collegamento tra le aree che, in funzione della quota e della lunghezza, influenzano la velocità di riempimento della cella successiva. Si trascurano comunque gli effetti della non stazionarietà e bidimensionalità connessi al fenomeno di propagazione del fronte di inondazione.

4.3 Struttura del modello idraulico

Ai fini dello studio dello stato attuale sono stati impiegati i rilievi delle sezioni fluviali utilizzati

negli studi [11] e [17]. Sono stati inoltre acquisiti dal Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina i rilievi topografici rilevati in [15].

Per la schematizzazione dello stato intermedio sono state utilizzate le sezioni di progetto elaborate negli studi [13], [16], e [18], rispettivamente per i canali di Cinta Occidentale ed Orientale e per il t. Rimaggio.

Il sistema idraulico considerato, Tavola 2, è stato pertanto schematizzato, con il *software* HEC-RAS, nel modo seguente:

- **585 sezioni trasversali** relative alle 8 aste principali dei corsi d'acqua afferenti all'area di studio:
 - 21 sezioni per il fosso Acqualonga di Settimello;
 - 75 sezioni per il torrente Gavine;
 - 152 sezioni per il torrente Rimaggio;
 - 72 sezioni per il torrente Zambra;
 - 7 sezioni per il torrente Alberaccio del Termine;
 - 102 sezioni per il canale di Cinta Occidentale;
 - 39 sezioni per il canale di Cinta Orientale;
 - 117 sezioni per il fosso Reale.
- **13 tronchi** costituenti il sistema idraulico individuati tramite le confluenze:
 1. Rimag_01;
 2. Zambr_01;
 3. Termi_01;
 4. Gavin_01;
 5. Setti_01;
 6. Cacoc_00 (canale di Cinta Occidentale a monte dell'immissione del t. Settimello);
 7. Cacoc_02 (canale di Cinta Occidentale compreso tra le immissioni dei t. Settimello e Gavine);
 8. Cacoc_03 (canale di Cinta Occidentale compreso tra l'immissioni del t. Gavine e la confluenza con il t. Rimaggio);
 9. Cacoc_01 (canale di Cinta Orientale a monte dell'immissione del t. Alberaccio);
 10. Cacoc_02 (canale di Cinta Orientale compreso tra le immissioni dei t. Alberaccio e Zambra);
 11. Cacoc_03 (canale di Cinta Orientale compreso tra l'immissioni del t. Gavine e la

- confluenza con il f. Reale);
12. Reale_01 (fosso Reale compreso tra la confluenza tra il t. Rimaggio ed il canale di Cinta Occidentale e l'immissione del canale di Cinta Orientale);
13. Reale_02 (fosso Reale compreso tra l'immissione del canale di Cinta Orientale e la confluenza con il f. Bisenzio).
- **6 confluenze:**
1. Padule (confluenza tra c. di Cinta Occidentale, tratto Cacoc_00, e f. Acqualonga);
 2. Gora di Sott (confluenza tra c. di Cinta Occidentale, tratto Cacoc_02, e t. Gavine);
 3. Ponte Rimagg (confluenza tra c. di Cinta Occidentale, tratto Cacoc_03, e t. Rimaggio);
 4. Casa Nuova (confluenza tra c. di Cinta Orientale, tratto Cacoc_01, e t. Alberaccio);
 5. St Antonio (confluenza tra c. di Cinta Orientale, tratto Cacoc_02, e t. Zambra);
 6. Val Rose (confluenza tra c. di Cinta Orientale, tratto Cacoc_03, e f. Reale, tratto Reale_01).
- **61 aree di potenziale esondazione** idraulicamente connesse per la modellazione quasi-bidimensionale;
- **727 connessioni idrauliche** tra corsi d'acqua e aree di potenziale esondazione;
- 20 connessioni per il f. Acqualonga di Settimello;
- 92 connessioni per il t. Gavine;
- 203 connessioni per il t. Rimaggio;
- 72 connessioni per il t. Zambra;
- 4 connessioni per il t. Alberaccio del Termine;
- 96 connessioni per il c. di Cinta Occidentale;
- 44 connessioni per il c. di Cinta Orientale;
- 196 connessioni per il f. Reale.
- **82 connessioni idrauliche** tra le aree di potenziale esondazione;
- **39 immissioni** relative alle 7 aste principali dei corsi d'acqua afferenti all'area di studio:
- 1 immissione per il f. Acqualonga di Settimello;
- 5 immissioni per il t. Gavine;
- 8 immissioni per il t. Rimaggio;
- 6 immissioni per il t. Zambra;
- 1 immissione per il t. Alberaccio del Termine;
- 11 immissioni per il c. di Cinta Occidentale;
- 6 immissioni per il c. di Cinta Orientale.

Per quanto specificato in precedenza, il sistema di valle, costituito dai canali di Cinta e dal fosso Reale, è stato verificato considerando tre differenti condizioni:

- la condizione 1, che corrisponde allo stato attuale senza alcun intervento di adeguamento degli attraversamenti o delle sezioni, nonché senza le casse di espansione sui canali di Cinta. La schema prima riportato è relativo a questa condizione;
- la condizione 2 (stato intermedio), che prevede la realizzazione degli adeguamenti di alcuni attraversamenti e sezioni, come meglio specificato nel seguito, e la realizzazione delle casse di espansione sui canali di Cinta Occidentale ed Orientale;
- la condizione 3, corrispondente allo stato di progetto finale, ove, ai precedenti interventi, se ne aggiungono altri finalizzati alla messa in sicurezza del sistema. La definizione di tali ulteriori interventi è stata eseguita sulla base dello scenario B-3, ovvero la messa in sicurezza dei canali di Cinta e del fosso Reale è stata condotta considerando per il sistema di monte lo stato di progetto con interventi di adeguamento finalizzati sia ad aumentare la capacità di smaltimento dei canali che a laminare le portate.

4.4 L'opera di sbocco nel fiume Bisenzio

Per comodità di lettura, si riporta di seguito le caratteristiche dell'opera di sbocco nel Bisenzio già descritte in [17].

L'immissione del fosso Reale nel fiume Bisenzio è presidiata da porte vinciane atte a sconnettere, in determinate condizioni idrauliche, il sistema delle acque alte di bonifica dal fiume Bisenzio.

Il funzionamento delle paratoie mobili è automatico e tale da mantenere la luce libera fino a quote di rigurgito del Bisenzio inferiori alla banca interna del fosso Reale.

Il funzionamento delle paratoie è funzione dei livelli del Bisenzio e del fosso Reale. Le modalità di funzionamento nelle diverse condizioni idrauliche sono state studiate mediante modello idraulico dall'Università di Bologna [3].

A paratoie completamente aperte la sezione di sbocco è costituita da due luci rettangolari di dimensioni 5 m di base e 8 m di altezza ciascuna.

Nella foto riportata in Figura 4.1 sono mostrate le due paratoie, viste da valle in condizioni di chiusura.



Figura 4.1 – Opera di sbocco del Fosso Reale nel fiume Bisenzio.

Le simulazioni numeriche, i cui risultati sono esposti nel capitolo 5, non prendono in considerazione l'effetto delle suddette porte vinciane, poste a presidio dello sbocco nel fiume Bisenzio, mentre le verifiche idrauliche, i cui risultati sono descritti nel capitolo 6, sono state condotte al fine di simulare il funzionamento di tale opera.

In particolare, il funzionamento di quest'ultima è stato schematizzato con il software HEC-RAS utilizzando una *inline structure*, mentre il meccanismo di funzionamento è stato simulato definendo i parametri presenti nella finestra di dialogo *elevation controlled gates*, a cui si accede attraverso la finestra di dialogo per l'inserimento dei dati di moto vario (*unsteady flow data*).

4.5 La condizione al contorno di valle

Le condizioni al contorno che sono state imposte al sistema idraulico prima definito consistono nella attribuzione di un livello d'acqua in funzione del tempo e della portata liquida.

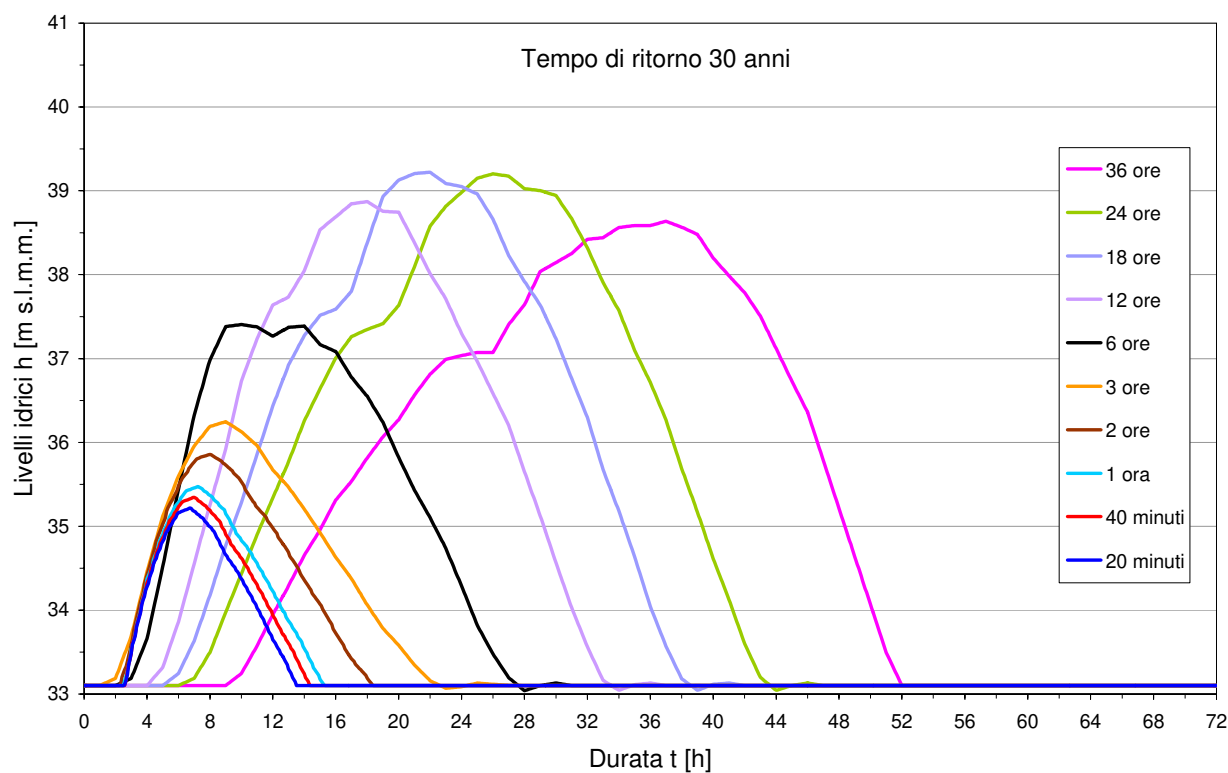


Figura 4.2 – Condizione al contorno per il tempo di ritorno di 30 anni:
idrogramma dei livelli imposto alla sezione FR4011__ del f. Reale per le varie durate.

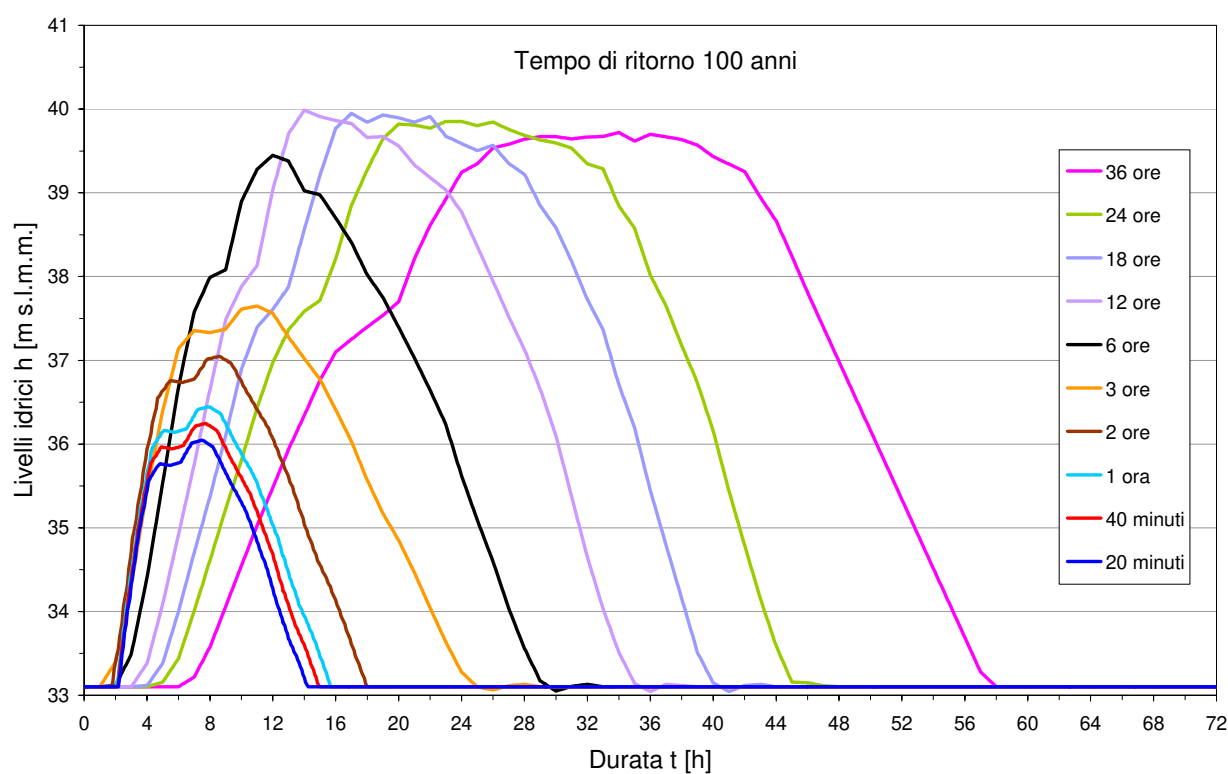


Figura 4.3 – Condizione al contorno per il tempo di ritorno di 100 anni:
idrogramma dei livelli imposto alla sezione FR4011__ del f. Reale per le varie durate.

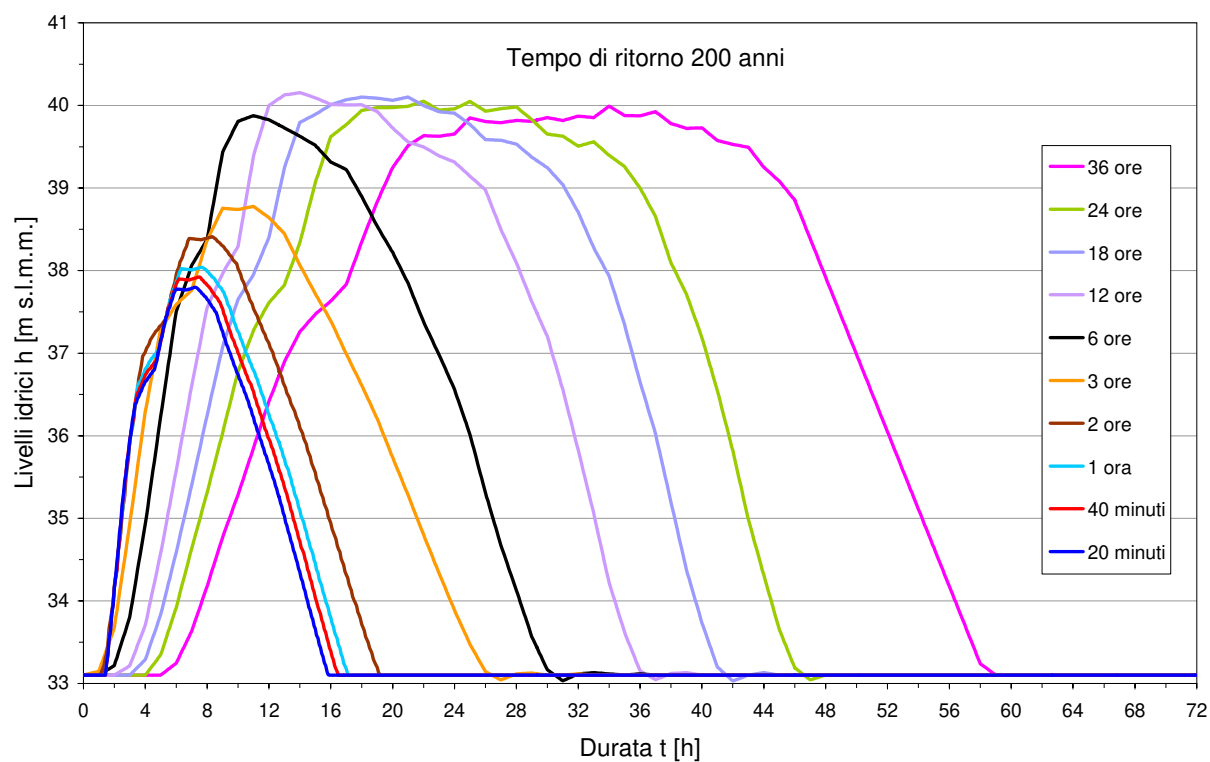


Figura 4.4 – Condizione al contorno per il tempo di ritorno di 200 anni: idrogramma dei livelli imposto alla sezione FR4011__ del f. Reale per le varie durate.

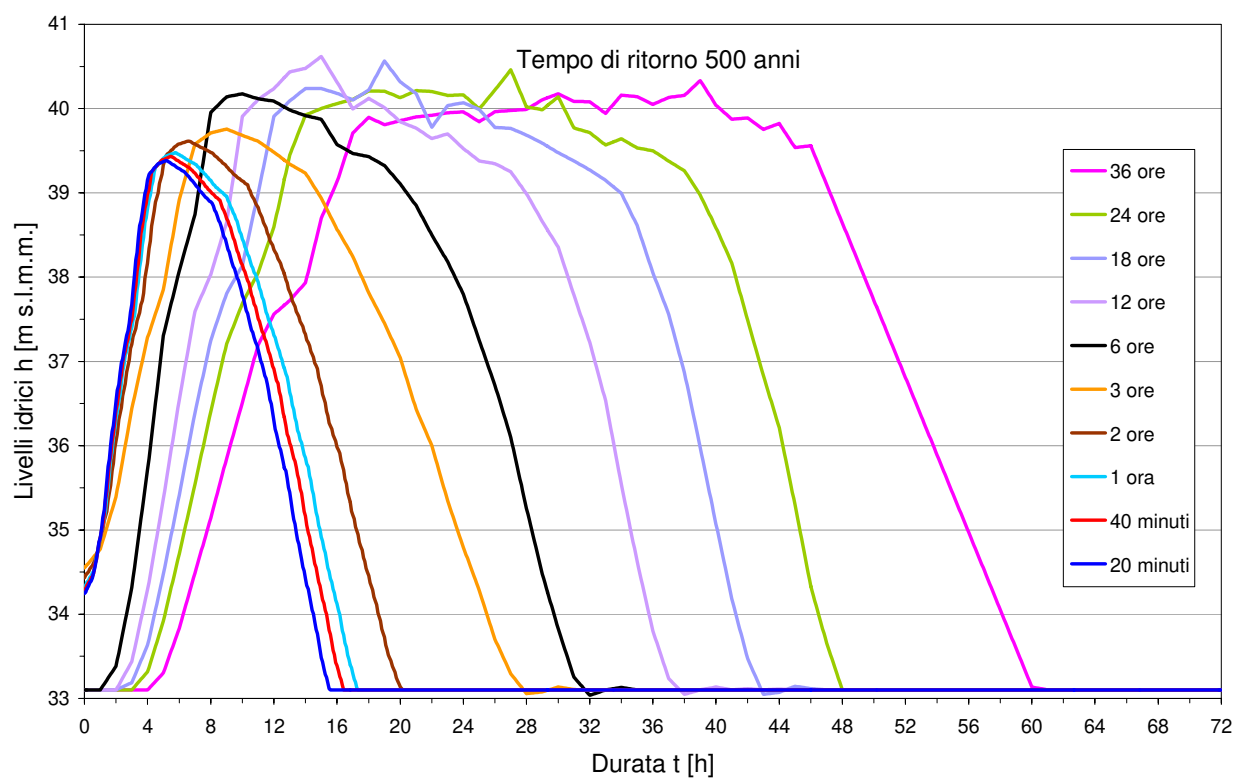


Figura 4.5 – Condizione al contorno per il tempo di ritorno di 500 anni: idrogramma dei livelli imposto alla sezione FR4011__ del f. Reale per le varie durate.

In particolare, sono stati utilizzati, per i vari tempi di ritorno e le diverse durate, gli idrogrammi dei livelli della superficie libera valutati nel fiume Bisenzio nella sezione BI0008 nelle elaborazioni del PAI (vedere studio [9]).

Gli idrogrammi dei livelli imposti alla sezione FR4011__ del fosso Reale, come condizioni al contorno, sono riportati nella Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4, e Figura 4.5 rispettivamente per i tempi di ritorno di 30, 100, 200, e 500 anni.

4.6 Stato attuale: condizione 1

Ai fini dello studio dello stato attuale, come precedentemente richiamato (§ 4.3), sono stati impiegati i rilievi delle sezioni fluviali utilizzati negli studi [11] e [17]. Sono stati inoltre acquisiti dal Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina i rilievi topografici rilevati in [15].

Per quanto riguarda la descrizione dei risultati relativi allo scenario A-1, corrispondente alla stima delle condizioni di deflusso delle portate liquide valutate con l'input idrologico relativo allo stato attuale del sistema di monte, si rimanda ai successivi capitoli.

4.7 Stato intermedio: condizione 2

Lo scenario intermedio prevede nel canale di Cinta Occidentale i seguenti interventi (vedere studio [16]), che iniziano a valle del ponte di via Lino Chini (sez. CO0012__) e si estendono fino al ponte di via di Rimaggio (sez. SE5025__):

- cassa di espansione posta in corrispondenza della sezione SE5008, con quota della soglia di sfioro pari a 41.30 m s.l.m.m. e lunghezza 30.0 m, caratterizzata dalla seguente legge di riempimento: $V = 40.000 \times (h - 37.5)^{1.045}$;
- nuovo tombamento sotto via Risorgimento, in adiacenza all'attraversamento esistente, largo 3.0 m, alto 2.5 m (quanto l'attuale) e con quota al fondo pari a 39.5 m s.l.m.m. al pari dell'attuale;
- argine in sinistra idraulica, alto 0.5 m e largo in testa 3.0 m, dal tombamento di via Risorgimento (sez. SE5003B_) verso monte fino al ponte di Lino Chini, per un lunghezza del tratto pari a circa 315 m;
- muretto in destra idraulica, di altezza media 0.65 m e largo in testa 0.2 m, dal ponte di via Lino Chini (sez. SE5001B_) per circa 55.0 m verso valle;
- muri di contenimento su entrambe le sponde, con altezza media 0.8 m e larghi in testa 0.2 m, dal tombamento di via Risorgimento (sez. SE5004C_) per circa 15.0 m verso valle (fino alla sezione SE5005__);

- demolizione del ponte di via del Pontelungo (sez. SE5012__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 42.65 m s.l.m.m. e avente spessore di circa 0.5 m;
- demolizione del ponte di via Lungo Gavine (sez. SE5014__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 42.65 m s.l.m.m. e avente spessore di circa 0.5 m;
- realizzazione dalla sezione 13, fino al ponte di via Lungo Gavine (sez. SE50014B_) di argini di altezza media 0.50 m, larghe in testa 3.0 m, per un lunghezza del tratto pari a circa 200 m;
- demolizione del ponte della strada vicinale per Via Scardassieri (sezione SE5018__);
- demolizione del ponte della strada vicinale in località Gora di Sotto (sezione SE5020__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 42.2 m s.l.m.m. e avente spessore di circa 0.5 m;
- demolizione del ponte della strada vicinale in località Villa San Lorenzo (sezione SE5022__);
- argini su entrambe le sponde con altezza media 0.5 m e larghi in testa 3.0 m, dalla sezione SE5015__ alla sezione 7, per una lunghezza complessiva pari a circa 300 m;

Lo scenario intermedio per il canale di Cinta Orientale comprende i seguenti interventi (vedere studio [13]):

- cassa di espansione posta in corrispondenza della sezione SE7071B_, quota soglia di sfioro posta a 42.20 m s.l.m.m., lunghezza della soglia 45.0 m, e legge di riempimento data dalla seguente espressione: $V = 80.000 \times (h - 40.5)^{1.045}$;
- cassa di espansione posta in corrispondenza della sezione SE7075D_, quota soglia di sfioro posta a 41.50 m s.l.m.m., lunghezza della soglia circa 30.0 m, e legge di riempimento data dalla seguente espressione: $V = 7.320 \times (h - 40.7)^{1.045}$;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7075D_ (valle ponte di via dei Frilli), fino al ponte di via Petrosa (sez. SE7080B_) per un lunghezza del tratto pari a circa 160 m. Il rialzo medio della sommità spondale risulta di 0.9 m e 0.3 m rispettivamente in destra e in sinistra idrografica;
- demolizione del ponte pedonale di via Petrosa (sezione SE7080__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 43.5 m s.l.m.m. e avente spessore di circa 0.3 m;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7080D_ (valle ponte di via Petrosa), fino al ponte di via dei Giunchi (sez. SE7086B_) per un lunghezza del tratto pari a circa 65 m. Il

rialzo medio della sommità spondale risulta di 1.0 m e 0.5 m rispettivamente in destra e in sinistra idrografica;

- demolizione del ponte pedonale di via dei Giunchi (sezione SE7086__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 43.28 m s.l.m.m. e avente spessore di circa 0.3 m;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7086D_ (valle ponte di via dei Giunchi), fino alla sezione SE7091__ per un lunghezza del tratto pari a circa 145 m con un rialzo medio della sommità spondale di 0.3 m unicamente in destra idrografica.

Per quanto riguarda la descrizione dei risultati relativi alle condizioni di deflusso delle portate liquide per i diversi input idrologici (scenari A-2 e B-2) si rimanda ai successivi capitoli.

Lo scenario intermedio per il torrente Rimaggio, relativamente alle sole verifiche in moto permanente del sistema di monte, comprende i seguenti interventi (vedere studio [18]):

- risagomatura dell'alveo con sezione rettangolare, mantenendo l'attuale quota della canaletta su tutta la larghezza della sezione, per un lunghezza pari a circa 150 m, nel tratto compreso tra il ponte di via Corsi Salviati (sezione RI0040__) e quello di via del mercato (sezione RI0045__);
- demolizione della passerella pedonale e costruzione di due nuovi ponti pedonali a monte del ponte di via del mercato;
- risagomatura dell'alveo con sezione rettangolare ed abbassamento del fondo di circa 0.5 m per un lunghezza pari a circa 85 m lungo tutta la piazza del mercato (tra le sezioni RI0045__ e RI0047__);
- realizzazione di un nuovo ponte pedonale che mette in comunicazione al centro piazza del mercato con piazza Lavagnini;
- abbassamento del fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del ponte ferroviario (sezione RI0054__) realizzato nella parte centrale della sezione per una larghezza media di 3.0 m ed un'altezza di 1.0 m nel punto di maggior scavo;
- abbassamento del fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del ponte di via Boccaccio (sezione RI0055__) realizzato nella parte centrale della sezione per una larghezza media di 3.0 m ed un'altezza di 1.0 m nel punto di maggior scavo.

4.8 Stato di progetto finale: condizione 3

Gli interventi nello stato di progetto finale, di seguito descritti, sono stati definiti in modo tale da escludere ogni fenomeno esondativo sui canali di Cinta e sul fosso Reale per il tempo di ritorno di 200 anni relativamente all'input idrologico derivante dalla condizione B (sistema di monte nello stato di progetto con interventi di adeguamento finalizzati sia ad aumentare la capacità di smaltimento dei canali che a laminare le portate).

Lo stato di progetto finale, rispetto agli interventi previsti nella condizione 2 (§ 4.7), comprende:

CANALE DI CINTA OCCIDENTALE

Lo stato di progetto finale per il canale di Cinta Occidentale comprende i seguenti interventi:

- adeguamento della quota arginale dalla sezione CO0008_V a valle, per un lunghezza del tratto di circa 120 m, con un rialzo medio della sommità spondale di circa 0.25 m, sia in destra che in sinistra idrografica, conseguendo una quota di 44.3 m s.l.m.m.m.;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione CO0009_D (valle ponte di via dei Gelsi) fino alla sezione CO0010_B (monte ponte di via San Morese) per un lunghezza del tratto pari a circa 10 m. Il rialzo medio delle sommità spondali destra e sinistra risulta di circa 1.0 m;
- demolizione del ponte di via San Morese (sez. CO0010__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 44.0 m s.l.m.m.;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione CO0010_C (valle ponte di via San Morese) fino alla sezione CO0011_B (monte ponte di via Ferruccio Parri) per un lunghezza del tratto pari a circa 100 m. Il rialzo medio delle sommità spondali destra e sinistra risulta di circa 1.25 m;
- demolizione del ponte di via Ferruccio Parri (sez. CO0011__) e realizzazione di un nuovo impalcato con l'intradosso posto a quota 44.18 m s.l.m.m.;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione CO0011_C (valle ponte di via Ferruccio Parri) fino alla sezione CO0012_B (monte ponte di via Lino Chini) per un lunghezza del tratto pari a circa 100 m. Il rialzo medio delle sommità spondali destra e sinistra risulta di circa 0.95 m;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione CO0012_C (valle ponte di via Lino Chini) fino alla sezione SE5003__ (monte ponte di via del Risorgimento) per un lunghezza del tratto pari a circa 170 m. Il rialzo medio della sommità spondale risulta di 1.0 m e 1.2 m rispettivamente in destra e in sinistra idrografica;

- le spallette del ponte di via del Risorgimento (sez. SE5003__) devono essere poste ad una quota di 44.0 m s.l.m.m.;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE5004__ (valle ponte di via del Risorgimento) fino alla sezione SE5007B_ (monte ponte di via Bruno Sarri) per un lunghezza del tratto pari a circa 200 m. Il rialzo medio della sommità spondale risulta di 0.60 m e 0.65 m rispettivamente in destra e in sinistra idrografica;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE5008__ (valle soglia di sfioro cassa di espansione) fino alla sezione 15 (posta a circa 85 m a monte del ponte di via della Querciola) per un lunghezza del tratto pari a circa 120 m. Il rialzo medio delle sommità spondali destra e sinistra risulta di 0.3 m;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE5020C _ (valle ponte della gora bassa) alla quota di 42.3 m s.l.m.m.m.;
- adeguamento della quota arginale in prossimità della traversa posta in corrispondenza della sezione SE5028__ effettuando un rialzo della sommità spondale sinistra di 0.6 m conseguendo una quota di 42.0 m s.l.m.m..

CANALE DI CINTA ORIENTALE

Lo stato do progetto finale per il canale di Cinta Orientale comprende i seguenti interventi che interessano unicamente la sponda sinistra idrografica:

- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7069A_ fino alla sezione SE7069B_ per un lunghezza del tratto pari a circa 20 m con un rialzo medio della sommità spondale di 0.55 m rispetto allo scenario 2;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7073__ verso monte per una estensione di circa 20 m e con un rialzo medio della sommità di 0.25 m rispetto allo scenario 2;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7075D_ (valle ponte di via dei Frilli) fino alla sezione SE7079__ (monte ponte di via Petrosa) per un lunghezza del tratto pari a circa 50 m. Il rialzo medio della sommità spondale risulta di 0.5 m rispetto alla quota individuata dallo scenario 2;
- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7080D_ (valle ponte di via Petrosa), fino al ponte di via dei Giunchi (sez. SE7086B_) per un lunghezza del tratto pari a circa 65 m. Il rialzo medio della sommità spondale risulta di 0.6 m rispetto alla quota individuata dallo scenario 2;

- adeguamento della quota arginale dalla sezione SE7086C_ (valle ponte di via dei Giunchi), alla sezione SE7089B_ (monte ponte di via Lazzerini) per un lunghezza del tratto pari a circa 50 m. Il rialzo medio della sommità spondale risulta di 0.4 m rispetto alla quota individuata dallo scenario 2;
- adeguamento della quota arginale in prossimità della traversa posta in corrispondenza della sezione SE7092__ effettuando un rialzo della sommità di 0.25 m.

FOSSO REALE

- adeguamento della quota arginale dalla sezione FR5047B_ (valle rampa di uscita dal raccordo autostradale), fino alla sezione FR5002__ (monte passerella prossima alla confluenza con il f. Bisenzio), per un lunghezza del tratto pari a circa 4500 m. La quota della sommità arginale, sia in destra che in sinistra idrografica, è stata posta ad un'altezza di 40.4 m s.l.m.m. al fine di contenere il rigurgito indotto dal f. Bisenzio. Nella Tabella 4.1 sono riportate, per ciascuna sezione, le quote arginali destra e sinistra attuali nonché l'eventuale rialzo da realizzare.

Sezione HEC	Codice sezione	Ar _{dx} [m slm]	Ar _{sx} [m slm]	rialzo _{dx} [m slm]	rialzo _{sx} [m slm]
73.5	RAMPA USCITA RACCORDO	–	–	–	–
73	FR5047__ (Ponte filo valle)	40.55	40.46	–	–
72	FR5047B_	40.39	40.37	0.01	0.03
71	FR5047A_	40.1	40.42	0.3	–
69	FR5045__	40.19	40.08	0.21	0.32
68	FR5044__	40.23	39.77	0.17	0.63
67	FR5043__	40.1	39.82	0.3	0.58
66	FR5042__	40.03	39.6	0.37	0.8
65	FR5041__	39.99	39.63	0.41	0.77
64	FR5040__	40.2	39.5	0.2	0.9
63	FR5039__	40.19	40.15	0.21	0.25
62	FR5038__	39.88	39.76	0.52	0.64
61	FR5037__	39.95	39.65	0.45	0.75
60	FR5036__	39.88	39.64	0.52	0.76
59	FR5035D_	39.95	40.26	0.45	0.14
58	FR5035C_	40.57	41.12	–	–
57	FR5035_m (Ponte filo monte)	40.97	41.01	–	–
56.5	PONTE CASE PASSERINI	–	–	–	–
56	FR5035_v (Ponte filo valle)	40.97	41.01	–	–
55	FR5035B_	40.51	41.13	–	–
54	FR5035A_	39.66	39.87	0.74	0.53
53	FR5034__	39.97	40.09	0.43	0.31
52	FR5033__	39.83	39.84	0.57	0.56

51	FR5032__	40.14	39.77	0.26	0.63
50	FR5031__	39.87	40.08	0.53	0.32
49	FR5030__	39.84	39.74	0.56	0.66
48	FR5029__	39.78	39.63	0.62	0.77
47	FR5028__	39.78	39.83	0.62	0.57
46	FR5027__	39.79	39.72	0.61	0.68
45	FR5026__	39.7	39.97	0.7	0.43
44	FR5025D__	40.02	39.62	0.38	0.78
43	FR5025A__	39.99	39.89	0.41	0.51
42	FR5024__	39.82	39.5	0.58	0.9
41	FR5023__	39.9	39.63	0.5	0.77
40	FR5022__	40.16	39.47	0.24	0.93
39	FR5021D__	39.71	39.46	0.69	0.94
38	FR5021C_ (Ponte filo monte)	41.22	41.46	–	–
37.5	PONTE AUOSTRADA DEL SOLE	–	–	–	–
37.1	FR5021_m bis (Ponte filo valle)	41.49	41.39	–	–
37	FR5021_m (Ponte filo monte)	41.49	41.39	–	–
36.5	PONTE AUOSTRADA DEL SOLE	–	–	–	–
36	FR5021_v (Ponte filo valle)	41.49	41.39	–	–
35	FR5021B__	41.76	41.53	–	–
34	FR5020__	39.77	39.27	0.63	1.13
33	FR5019__	39.67	39.51	0.73	0.89
32	FR5018__	39.66	39.46	0.74	0.94
31	FR5017__	39.65	39.66	0.75	0.74
30	FR5016__	39.78	39.67	0.62	0.73
29	FR5015__	39.62	39.65	0.78	0.75
28	FR5021A__	39.77	39.19	0.63	1.21
27	FR5014__	39.5	39.79	0.9	0.61
26	FR5013__	39.76	39.79	0.64	0.61
25	FR5012__	39.68	39.72	0.72	0.68
24	FR5011__	39.88	39.63	0.52	0.77
23	FR5010__	39.78	39.82	0.62	0.58
22	FR5009__	39.8	39.84	0.6	0.56
21	FR5008__	39.85	39.6	0.55	0.8
20	FR5007__	39.96	39.76	0.44	0.64
19	FR5006__	39.9	39.76	0.5	0.64
18	FR5005D__	39.88	39.74	0.52	0.66
17	FR5005C_ (Ponte filo monte)	41.01	40.97	–	–
16.5	PONTE DELLA BACCELLINA	–	–	–	–
16	FR5005_v (Ponte filo valle)	41	40.96	–	–
15	FR5005B__	40.98	40.73	–	–
14	FR5005A__	39.88	39.74	0.52	0.66
13	FR5004__	40.21	40.01	0.19	0.39
12	FR5003__	40.41	40.2	–	0.2
11	FR5002__	39.97	39.88	0.43	0.52
10	FR4003__ (Passerella filo monte)	40.5	40.5	–	–
9.5	Passerella	–	–	–	–

Tabella 4.1 – Condizione 3: quote arginali e rialzi da realizzare nello stato di progetto finale del f. Reale.

Per quanto riguarda la descrizione dei risultati relativi alle condizioni di deflusso delle portate liquide per i diversi input idrologici (scenari A-3, B-3, e C-3) si rimanda ai successivi capitoli.

5. RISULTATI ANALISI IDRAULICA SISTEMA DI VALLE

Le verifiche idrauliche sono state condotte considerando 6 differenti scenari, definiti in funzione delle condizioni del sistema idraulico, costituito dai canali di Cinta e dal fosso Reale, e dalle condizioni del sistema idrologico, costituito dai bacini delle aree urbane e montane.

I sei scenari di verifica individuati, corrispondono alle seguenti possibili combinazioni tra le condizioni della parte di valle e quelle di monte:

- A-1** verifica dello stato attuale ove i contributi di monte sono attenuati in funzione della capacità di smaltimento attuale dei canali e non vi sono interventi sui canali di cinta e sul Fosso Reale;
- A-2** verifica con alcuni degli interventi di medio termine su canale di cinta e Fosso Reale e nessun intervento nella parte urbana e montana;
- A-3** verifica con il sistema di valle completamente adeguato e il sistema di monte privo di interventi;
- B-2** verifica con gli interventi di medio termine realizzati a valle e, a monte, con gli interventi realizzati di tipo attivo e di tipo passivo atti a garantire la messa in sicurezza del tratto urbano;
- B-3** verifica con il sistema di valle completamente adeguato e, a monte, con la realizzazione degli interventi di tipo attivo e di tipo passivo atti a garantire la messa in sicurezza del tratto urbano (su questo scenario saranno definiti gli interventi del progetto finale da realizzarsi sui canali di cinta e sul fosso reale);
- C-3** verifica con il sistema di valle completamente adeguato e a monte con la realizzazione di tutti gli interventi atti a garantire il trasferimento della portata idrologica.

Ciascuno scenario è stato verificato con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni. Ciascun tempo di ritorno è stato simulato considerando dieci differenti durate pari a 20 e 40 minuti e 1, 2, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore, da cui sono stati estratti i valori massimi (inviluppo).

I risultati delle verifiche idrauliche sono tabulati nell'Allegato 1. I profili longitudinali dell'alveo, delle quote arginali e delle altezze idrometriche per i diversi tempi di ritorno sono riportati nell'Allegato 3. Negli Allegati 2.1, 2.2, e 2.3 sono restituiti i profili delle sezioni fluviali con i rispettivi livelli idrometrici valutati per il tempo di ritorno di 200 anni rispettivamente per gli scenari di verifica A-1, B-2, e C-3.

5.1 Risultati scenario A – 1

CANALE DI CINTA OCCIDENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il tratto oggetto di studio risulta già insufficiente al contenimento delle portate di piena. In particolare fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE5001A_ (codice Hec-Ras 51) e SE5005__ (codice Hec-Ras 45) sia in destra che in sinistra idraulica, con battenti medi rispettivamente di 20 e 15 cm, per tutte le durate fino a 6 ore. Esondazioni hanno luogo anche in corrispondenza della sezione SE5008__ (40) sia in destra che in sinistra con battenti medi di circa 20 cm per tutte le durate fino a 6 ore. In corrispondenza della sezione SE5011__ (35) si hanno esondazioni in destra idraulica con battenti medi di 15 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore. Infine, fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE5014D_ (27) e SE5018D_ (20) sia in destra che in sinistra idraulica, con battenti medi rispettivamente di 10 e 20 cm, per tutte le durate comprese tra 40 minuti e 6 ore;
- per il tempo di ritorno di 100 anni si hanno fenomeni esondativi in sinistra e destra idraulica anche nelle sezioni CO0010_A (63) e CO0010_D (60) con battenti medi di esondazione di 5 cm. Il tratto compreso tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5005__ (45) presenta battenti medi rispettivamente di 25 e 20 cm, rispettivamente in destra e sinistra idraulica, per tutte le durate fino a 6 ore. Nella sezione SE5008__ (40) si hanno battenti medi di circa 30 cm, sia in destra che in sinistra idraulica, per tutte le durate fino a 6 ore. In corrispondenza della sezione SE5011__ (35) si hanno esondazioni in destra idraulica con battenti medi di 17 cm per tutte le durate fino a 3 ore; altri fenomeni esondativi si verificano fino alla sezione SE5012D_ (32). Infine, tra le sezioni SE5014D_ (27) e SE5018D_ (20) i battenti medi di esondazione risultano di 10 e 20 cm rispettivamente in destra e in sinistra idraulica per tutte le durate fino a 6 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni i fenomeni esondativi si verificano sia in sinistra che destra idraulica nella sezione CO0010_A (63) determinando battenti medi di circa 10 cm. Il tratto compreso tra le sezioni CO0010_D (60) e CO0011_A (59) presenta battenti medi rispettivamente di 5 cm sia in destra che in sinistra. Il tratto compreso tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5005__ (45) presenta battenti medi rispettivamente di 30 e 25 cm rispettivamente in destra e sinistra idraulica. Tra le sezioni SE5008__ (40) e SE5012D_ (32)

si hanno battenti medi inferiori ai 20 cm in destra idraulica, mentre in sinistra i fenomeni esondativi risultano più limitati. Infine, tra le sezioni SE5014D_ (27) e SE5018D_ (19) i battenti medi di esondazione risultano di 12 e 25 cm rispettivamente in destra e in sinistra idraulica.

CANALE DI CINTA ORIENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il tratto oggetto di studio risulta già insufficiente al contenimento delle portate di piena. In particolare esondazioni hanno luogo in corrispondenza della sezione SE7073__ (31) in sinistra idraulica con battenti medi di circa 30 cm per tutte le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7079__ (22) in sinistra idraulica con battenti medi di 10 cm per tutte le durate fino a 3 ore. Nella sezione SE7078__ (23) si verificano esondazioni anche in destra idraulica con battenti medi di 5 cm. Infine, fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7082__ (16) e SE7085__ (13.5) in destra idraulica e tra le sezioni SE7081B_ (18) e SE7083__ (15) in sinistra idraulica, con battenti medi rispettivamente di 30 e 35 cm, per tutte le durate fino a 6 ore;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si verificano tra la sezione SE7069A_ (39) e SE7071B_ (34) in sinistra idraulica con battenti medi di esondazione 15 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Nell'intorno della sezione SE7073__ (31) le esondazioni in sinistra idraulica hanno battenti medi di circa 35 cm per tutte le durate fino a 3 ore. Tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7079__ (22) i battenti medi di esondazione in sinistra idraulica sono di 10 cm per tutte le durate fino a 3 ore. Nella sezione SE7078__ (23) si verificano esondazioni anche in destra idraulica con battenti medi di 5 cm. Infine, fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7082__ (16) e SE7085__ (13.5) in destra idraulica e tra le sezioni SE7081B_ (18) e SE7083__ (15) in sinistra idraulica, con battenti medi rispettivamente di 40 e 50 cm, per tutte le durate fino a 6 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni i fenomeni esondativi che si verificano tra la sezione SE7069A_ (39) e SE7071B_ (34) in sinistra idraulica raggiungono battenti medi di esondazione di 17 cm per le durate fino a 2 ore. Nell'intorno della sezione SE7073__ (31) le esondazioni in sinistra idraulica hanno battenti medi di circa 40 cm per tutte le durate comprese fino a 3 ore. Tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7079__ (22) i battenti medi di esondazione in sinistra idraulica sono di 10 cm per tutte le durate fino a 3 ore. Nella sezione

SE7078__ (23) si verificano esondazioni anche in destra idraulica con battenti medi di 7 cm. Infine, fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7082__ (16) e SE7085__ (13.5) in destra idraulica e tra le sezioni SE7081B_ (18) e SE7083__ (15) in sinistra idraulica, con battenti medi rispettivamente di 45 e 50 cm, per tutte le durate fino a 6 ore.

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate. Unica eccezione è rappresentata dalla sezione FR5021A_ (28) ove si hanno esondazioni in sinistra idraulica per le durate di 18 e 24 ore con battenti medi di 4 cm;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore. In tal caso, infatti, il fenomeno di rigurgito indotto dai livelli che si instaurano nel fiume Bisenzio provoca esondazioni che si estendono fino alla sezione FR5042__ (66). In particolare, fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni FR5042__ (66) e FR5036__ (60) in sinistra idraulica con battenti medi di 10 cm. Altre esondazioni con battenti medi di 5 cm avvengono in destra idraulica nella sezione FR5035A_ (54) e in sinistra idraulica nella sezione FR5029__ (48). Tra le sezioni FR5025D_ (44) e FR5021D_ (39) si verificano esondazioni in sinistra idraulica con battenti medi di 15 cm. Tra le sezioni FR5020__ (34) e FR5014__ (27) i battenti medi, in destra e in sinistra idraulica, risultano rispettivamente di 10 e 20 cm. Infine, esondazioni si verificano anche nelle sezioni FR5011__ (24), FR5008__ (21) e FR5005A_ (14) in sinistra idraulica con battenti medi che non superano i 10 cm;
- per il tempo di ritorno di 200 anni le condizioni e le sezioni critiche sono sostanzialmente le stesse con, ovviamente, un aggravamento dei fenomeni esondativi.

5.2 Risultati scenario A – 2

CANALE DI CINTA OCCIDENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il tratto oggetto di studio risulta già insufficiente al contenimento delle portate di piena. In particolare si osserva per la durata di 1 ora, fenomeni esondativi sia in destra che in sinistra idraulica nella sezione CO0010_A (63) e nel tratto tra le sezioni CO0010_D (60) e CO0011_A (59) caratterizzati da battenti medi che non superano

i 5 cm. Fenomeni esondativi si verificano anche tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5005__ (45), principalmente in sinistra idraulica, con battenti medi rispettivamente di 30 e 15 cm per tutte le durate fino a 3 ore;

- per il tempo di ritorno di 100 anni i fenomeni esondativi si hanno in sinistra e destra idraulica nella sezione CO0010_A (63), nel tratto tra le sezioni CO0010_D (60) e CO0011_A (59), e nella sezione (56), ove i battenti medi raggiungono valori di 8 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Il tratto compreso tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5005__ (45) presenta battenti medi rispettivamente di 60 e 20 cm in destra e sinistra idraulica per tutte le durate fino a 3 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni i fenomeni esondativi, sia in sinistra che destra idraulica, nella sezione CO0010_A (63) raggiungono battenti medi di circa 10 cm. Il tratto compreso tra le sezioni CO0010_D (60) e CO0011_A (59), nonché la sezioni CO0011_D (56), presentano battenti medi di esondazione di 10 cm in destra e in sinistra idraulica. Il tratto compreso tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5005__ (45) presenta battenti medi rispettivamente di 65 e 25 cm rispettivamente in destra e sinistra idraulica. Infine, tra le sezioni SE5028B_ (3) e SE5029__ (1) si hanno battenti medi inferiori ai 10 cm in sinistra idraulica per le durate comprese tra 1 e 3 ore.

Si osservi che i principali fenomeni esondativi, che avvengono per i diversi tempi di ritorno considerati, sono ubicati a monte della cassa di espansione, il cui organo di sfioro è ubicato in corrispondenza della sezione SE5008__ (40).

Inoltre, il ponte di via del Risorgimento (SE5003__) risulta l'unico intervento a medio termine che non consente il deflusso delle portate di piena a partire dal tempo di ritorno trentennale. Tale insufficienza di contenimento risulta dovuta ad una diversa stima delle portate al colmo rispetto agli studi precedenti ove si considerava una forte laminazione del fosso Acqualonga di Settimello.

CANALE DI CINTA ORIENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il tratto oggetto di studio risulta insufficiente al contenimento delle portate di piena. In particolare fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7077__ (24) in sinistra idraulica con battenti medi di 10 cm per le sole durate di 1 e 2 ore. Infine, fenomeni esondativi si hanno tra le sezioni SE7080D_ (19) e SE7082__ (16) in sinistra idraulica con battenti medi di 5 cm per le durate di 1 e 2 ore;

- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7077__ (24) in sinistra idraulica con battenti medi di 14 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore. Le esondazioni tra le sezioni SE7080D_ (19) e SE7082__ (16) in sinistra idraulica raggiungono battenti medi di 10 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni fenomeni esondativi si osservavano anche in corrispondenza della sponda in sinistra della sezione SE7073__ (31) con battenti medi di circa 5 cm. Tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7077__ (24) i battenti medi di esondazione raggiungono in sinistra idraulica il valore di 15 cm per le durate fino a 3 ore. Tra le sezioni SE7080D_ (19) e SE7082__ (16) i battenti medi superano 10 cm in sinistra idraulica per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore.

Si osservi che i fenomeni esondativi, che avvengono per i diversi tempi di ritorno considerati, sono ubicati tutti in sinistra idrografica ove, tra gli interventi a medio termine, non sono previste significative azioni per l'incremento del contenimento delle portate di piena.

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore. In tal caso, il fenomeno di rigurgito indotto dalla condizione al contorno di valle provoca esondazioni che si estendono fino alla sezione FR5042__ (66). Le condizioni e le sezioni critiche sono sostanzialmente le stesse di quelle evidenziante per il medesimo tempo di ritorno nella condizione A-1. In particolare esondazioni si verificano tra le sezioni FR5042__ (66) e FR5036__ (60) in sinistra idraulica con battenti medi di 8 cm. In corrispondenza della sezione FR5035A_ (54) le esondazioni risultano in destra idraulica, mentre sono in sinistra idraulica nella sezione FR5029__ (48), in entrambi i casi con battenti medi di 5 cm. Fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni FR5025D_ (44) e FR5021D_ (39) in sinistra idraulica con battenti medi di 15 cm. Tra le sezioni FR5020__ (34) e FR5014__ (27) i battenti medi di esondazione in destra e in sinistra idraulica risultano rispettivamente di 10 e 20 cm. Infine, esondazioni si verificano anche nelle sezioni FR5011__ (24), FR5008__ (21) e FR5005A_ (14) in sinistra idraulica con battenti medi che non superano i 10 cm;

- per il tempo di ritorno di 200 anni, come precedentemente osservato per lo scenario di verifica A-1, le condizioni e le sezioni critiche sono sostanzialmente le stesse con un aggravamento dei fenomeni esondativi.

5.3 Risultati scenario A – 3

CANALE DI CINTA OCCIDENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono il contenimento delle portate di piena per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni i fenomeni esondativi si verificano in sinistra e destra idraulica nel tratto tra le sezioni CO0008_V (68) e CO0009_A (67), ove i battenti medi risultano inferiori a 4 cm per le durate di 40 minuti e 1 ora. Esondazioni si verificano in sinistra e destra idraulica, anche nel tratto tra le sezioni SE5001B_ (49) e SE5004__ (46), ove i battenti medi risultano inferiori a 3 cm per le durate di 40 minuti e 1 ora;
- per il tempo di ritorno di 200 anni i fenomeni esondativi, in sinistra e destra idraulica, tra le sezioni CO0008_V (68) e CO0009_A (67), determinano battenti medi inferiori a 7 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Fenomeni esondativi caratterizzano il tratto tra le sezioni CO0011_D (56) e CO0012_A (55) con battenti medi in sinistra e destra inferiori a 2 cm per le durate di 40 minuti e 1 ora. Tra le sezioni SE5001B_ (49) e SE5004__ (46) i battenti medi in sinistra e destra idraulica risultano inferiori a 4 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Esondazioni con battenti medi di circa 15 cm si verificano nell'intorno della sezione SE5008__ (40) sia in sinistra che destra idrografica per le durate di 2 e 3 ore. Per la durata di 2 ore si verificano esondazioni in destra idrografica tra le sezioni SE5014D_ (28) e SE5015__ (25) con battenti medi di 8 cm, e in sinistra idrografica tra le sezioni SE5014D_ (27) e SE5016__ (24), nonché tra le sezioni SE5028B_ (3) e SE5029__ (1) con battenti medi di circa 6 cm.

CANALE DI CINTA ORIENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata;

- per il tempo di ritorno di 100 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 200 anni fenomeni esondativi si osservavano solamente a monte del ponte di via Lazzerini in corrispondenza della sezione SE7089B_ (7 e 6.5) in destra e sinistra idraulica con battenti medi di 5 cm per le durate di 1 e 2 ore.

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni si verifica un fenomeno esondativo unicamente in sponda sinistra nella sezione FR5048C_ (79) per le durate di 12 e 18 ore con un battente medio di esondazione di 8 cm;
- per il tempo di ritorno di 100 anni il fenomeno esondativo che si verifica in sponda sinistra nella sezione FR5048C_ (79) raggiunge un battente medio di esondazione di 10 cm per le durate di 12, 18 e 24 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni nella sezione FR5048C_ (79) il battente medio di esondazione raggiunge i 12 cm per le durate di 12, 18 e 24 ore.

5.4 Risultati scenario B – 2

CANALE DI CINTA OCCIDENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il tratto oggetto di studio risulta insufficiente nella sezione SE5001A_ (51), in destra e sinistra idraulica con battenti medi rispettivamente di 40 e 12 cm, e nella sezione SE5003__ (47), in corrispondenza del ponte di via del Risorgimento in sinistra idraulica con battente medio di 15 cm, per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore;
- per il tempo di ritorno di 100 anni i fenomeni esondativi che hanno luogo in sinistra e destra idraulica nella sezione CO0010_A (63) e nel tratto tra le sezioni CO0010_D (60) e CO0011_A (59) sono caratterizzati da battenti medi inferiori a 4 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Il tratto compreso tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5004__ (46) presenta battenti medi rispettivamente di 50 e 15 cm, rispettivamente in destra e sinistra idraulica, per tutte le durate fino a 3 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni fenomeni esondativi, sia in sinistra che destra idraulica, si verificano nella sezione CO0010_A (63) raggiungendo battenti medi di circa 7 cm. Il tratto

compreso tra le sezioni CO0010_D (60) e CO0011_A (59), nonché la sezioni CO0011_D (56), presenta battenti medi di esondazioni di 5 cm sia in destra che in sinistra. Il tratto compreso tra le sezioni SE5001A_ (51) e SE5004__ (46) presenta battenti medi di 45 e 20 cm rispettivamente in destra e sinistra idraulica. Infine, tra le sezioni SE5028B_ (3) e SE5029__ (1) si hanno battenti medi inferiori ai 12 cm in sinistra idraulica per le durate comprese tra 2 e 3 ore.

CANALE DI CINTA ORIENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi previsti nello stato intermedio consentono il contenimento delle portate di piena per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si verificano tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7077__ (24) in sinistra idraulica con battenti medi di 10 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore. Le esondazioni che si verificano tra le sezioni SE7080D_ (19) e SE7082__ (16) in sinistra idraulica raggiungono battenti medi di 5 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore. Infine, tra le sezioni SE7092B_ (3) e SE7092__ (2) si hanno battenti medi di esondazione di 25 cm in sinistra idraulica per la durata di 3 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni fenomeni esondativi si osservavano in corrispondenza della sponda in sinistra della sezione SE7073__ (31) con battenti medi di circa 5 cm. Tra le sezioni SE7076B_ (26) e SE7077__ (24) si registrano battenti medi di esondazione di 15 cm in sinistra idraulica per le durate fino a 3 ore. Tra le sezioni SE7080D_ (19) e SE7082__ (16) i battenti medi di esondazione in sinistra idraulica risultano pari a 7 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore.

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore nel tratto compreso tra la confluenza e la sezione FR5042__ (66). Le condizioni e le sezioni critiche sono sostanzialmente le stesse di quelle evidenziante per il medesimo tempo di ritorno nei precedenti scenari di verifica A-1 e A-2. In particolare esondazioni si verificano tra le sezioni FR5042__ (66) e FR5036__ (60) in sinistra idraulica

con battenti medi di 8 cm. In corrispondenza della sezione FR5035A_ (54), in destra idraulica, e della sezione FR5029__ (48), in sinistra idraulica, si hanno battenti medi di circa 5 cm. Tra le sezioni FR5025D_ (44) e FR5021D_ (39) si registrano battenti medi di 15 cm in sinistra idraulica. Tra le sezioni FR5020__ (34) e FR5014__ (27) si verificano esondazioni sia in destra che in sinistra idraulica aventi battenti medi rispettivamente di 10 e 20 cm. Infine, esondazioni si verificano anche nelle sezioni FR5011__ (24), FR5008__ (21) e FR5005A_ (14) in sinistra idraulica con battenti medi che non superano i 10 cm;

- per il tempo di ritorno di 200 anni, come precedentemente osservato per lo scenario di verifica A-1 e A-2, le condizioni e le sezioni critiche sono sostanzialmente le stesse con un aggravamento dei fenomeni esondativi.

5.5 Risultati scenario B – 3

Su questo scenario sono stati definiti gli interventi del progetto finale da realizzarsi sui canali di Cinta e sul fosso reale.

Tale scenario di verifica considera pertanto il sistema di valle completamente adeguato e quindi senza alcun fenomeno esondativo sui canali di Cinta Occidentale ed Orientale, nonché sul fosso reale.

5.6 Risultati scenario C – 3

CANALE DI CINTA OCCIDENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono il contenimento delle portate di piena per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni i fenomeni esondativi si verificano in sinistra e destra idraulica nel tratto tra le sezioni CO0008_V (68) e CO0009_A (67), ove i battenti medi risultano pari a 5 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Esondazioni si verificano in sinistra e destra idraulica, anche nel tratto tra le sezioni CO0011_D (56) e CO0012_A (55), ove i battenti medi risultano inferiori a 2 cm per le durate di 40 minuti e 1 ora. Le esondazioni presenti in sinistra e destra idraulica tra le sezioni SE5001B_ (49) e SE5004__ (46) sono caratterizzate da battenti medi di esondazione inferiori a 3 cm per le durate di 40 minuti e 1 ora;

- per il tempo di ritorno di 200 anni i fenomeni esondativi, in sinistra e destra idraulica, tra le sezioni CO0008_V (68) e CO0009_A (67) sono caratterizzati da battenti medi inferiori a 9 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Fenomeni esondativi caratterizzano il tratto tra le sezioni CO0011_D (56) e CO0012_A (55) con battenti medi in sinistra e destra inferiori a 4 cm per le durate di 40 minuti e 2 ore. Tra le sezioni CO0012_D (52) e SE5004__ (46) i battenti medi in sinistra e destra idraulica risultano inferiori a 3 cm per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore. Esondazioni con battenti medi di circa 20 cm si verificano nell'intorno della sezione SE5008__ (40) sia in sinistra che destra idrografica per le durate di 2 e 3 ore. Per le durate di 2 e 3 ore si verificano esondazioni in destra e sinistra idrografica tra le sezioni SE5014D_ (28) e SE5015__ (20) con battenti medi di 8 cm, nonché tra le sezioni SE5028B_ (3) e SE5029__ (1) con battenti medi di circa 16 cm in sinistra idrografica.

CANALE DI CINTA ORIENTALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 200 anni, analogamente a quanto precedentemente osservato per lo scenario di verifica A-3, si osservano fenomeni esondativi solamente a monte del ponte di via Lazzerini in corrispondenza della sezione SE7089B_ (7 e 6.5) in destra e sinistra idraulica con battenti medi di 10 cm per la durata di 2 ore.

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono il contenimento delle portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni gli interventi finali previsti nell'ambito del presente studio consentono il contenimento delle portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata;

- per il tempo di ritorno di 200 anni si osserva nella sezione FR5048C_ (79) un fenomeno esondativo in sinistra idrografica con battente medio di esondazione pari a 12 cm per le durate di 12, 18 e 24 ore.

6. RISULTATI ANALISI IDRAULICA SISTEMA DI VALLE – FOSSO REALE

Nel presente capitolo sono state condotte ulteriori verifiche idrauliche sul f. Reale al fine di simulare l'effetto delle porte vinciane a presidio dello sbocco nel fiume Bisenzio.

Il sistema idraulico considerato nelle suddette verifiche concerne unicamente l'asta principale del fosso Reale. È stato pertanto semplificato il modello idraulico precedentemente descritto (§ 4.3) nel modo seguente:

- **117 sezioni trasversali** relative alla sola asta principale del fosso Reale;
- **1 tronco** denominato Reale_02 (fosso Reale compreso tra l'immissione del canale di Cinta Orientale e la confluenza con il f. Bisenzio);
- **0 confluenze**;
- **24 aree di potenziale esondazione** idraulicamente connesse per la modellazione quasi-bidimensionale;
- **194 connessioni idrauliche** tra il f. Reale e le aree di potenziale esondazione;
- **41 connessioni idrauliche** tra le aree di potenziale esondazione;
- **1 immissione** relativa all'asta principale del f. Reale, determinata per ogni scenario, tempo di ritorno e durata, dai risultati delle precedenti verifiche idrauliche (Dicembre 2007).

L'opera di sbocco nel f. Bisenzio è stata schematizzata utilizzando una *inline structure*, il cui meccanismo di funzionamento è stato simulato definendo i parametri presenti nella finestra *elevation controlled gates*.

I parametri del modello di moto vario quasi-bidimensionale impiegato, risultano analoghi a quelli già utilizzati nelle precedenti verifiche (§ 4.1). Il passo temporale adottato nelle simulazioni di moto vario dello stato attuale e di progetto del sistema di valle è stato di 5 minuti (*Computation Interval*), i coefficienti di contrazione ed espansione valgono rispettivamente 0.1 e 0.3, la scabrezza utilizzata (espressa come coefficiente di Manning) risulta pari a 0.03 s/m^{1/3} per il f. Reale. Per garantire la stabilità del sistema, nonché la convergenza e l'accuratezza della soluzione numerica delle simulazioni in moto vario, sono stati utilizzati i parametri computazionali impostati di *default* dal software HEC-RAS (*Calculation Options and Tolerances*), ad eccezione del numero massimo di iterazioni per ogni passo di calcolo (fissato a 30) e della tolleranza sul calcolo dei livelli idrici (fissata ad 1 cm). Il valore del coefficiente di

riduzione del numero di Froude è stato assunto pari a 8, mentre il valore di soglia del numero di Froude, per la riduzione dell'influenza dei termini inerziali, è stato imposto a 0.9.

Il fosso Reale, è stato verificato considerando tre differenti condizioni:

- la condizione 1, che corrisponde allo stato attuale senza alcun intervento di adeguamento degli attraversamenti o delle sezioni, nonché senza le casse di espansione sui canali di Cinta. Lo schema prima riportato è relativo a questa condizione;
- la condizione 2 (stato intermedio), che prevede la realizzazione degli adeguamenti di alcuni attraversamenti e sezioni, nonché la realizzazione delle casse di espansione sui canali di Cinta Occidentale ed Orientale. La configurazione geometrica di tale condizione per il f. Reale risulta coincidente con quella della condizione 1, non essendo previsti interventi sul f. Reale nello stato intermedio. Le differenze tra le due condizioni risultano definite unicamente dai differenti idrogrammi di piena con cui viene cimentato il f. Reale;
- la condizione 3, corrispondente allo stato di progetto finale, ove, ai precedenti interventi, se ne aggiungono altri finalizzati alla messa in sicurezza dell'intero sistema. Tali interventi sono quelli già definiti sulla base dello scenario B-3 delle precedenti verifiche idrauliche (§ 4.8).

Gli idrogrammi di piena imposti nella sezione di monte del fosso Reale (FR5062_m), posta a valle della confluenza con il canale di Cinta Orientale, sono stati valutati per gli scenari considerati utilizzando i risultati delle verifiche idrauliche precedentemente condotte (§ 5), con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 100, e 200 anni e le durate di e 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore.

Gli scenari **A-1**, **A-2**, **B-2**, sono stati verificati con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni, mentre lo scenario **B-3** è stato verificato con il solo tempo di ritorno di 200 anni. Ciascun tempo di ritorno è stato simulato considerando sei differenti durate pari a 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore, da cui sono stati estratti i valori massimi (involuppo).

I risultati ottenuti con le presenti simulazioni idrauliche, che tengono conto del funzionamento delle porte vinciane a presidio della immissione del f. Reale nel fiume Bisenzio, evidenziano quanto segue:

- in generale si osserva una netta distinzione tra eventi con durate fino a 6 ore, per i quali il deflusso dell'onda di piena nel fosso Reale non è in generale rigurgitato dal fiume Bisenzio,

ed eventi con durate superiori a 12 ore. Per tali eventi la chiusura delle paratoie dell'opera di sbocco, indotta dai livelli nel fiume Bisenzio, interessa il colmo dell'onda di piena determinando un profilo di rigonfiamento che si estende verso monte fino al ponte di via dell'Osmannoro, per il tempo di ritorno di 30 anni, e fino ai due ponti in prossimità del Polo Scientifico e Tecnologico, per il tempo di ritorno pari a 200 anni;

- per tempo di ritorno 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate. Il massimo livello viene raggiunto in corrispondenza dell'evento con durata 18 ore, con quota pari a 39.30 m.s.l.m., dando luogo ad un profilo idrico quasi orizzontale che si estende dall'opera di sbocco fino al Ponte di via dell'Osmannoro. Tali condizioni si realizzano per effetto della chiusura delle paratoie e del successivo riempimento dell'alveo del fosso Reale;
- per i tempi di ritorno superiori a 30 anni, le portate di piena associate a eventi con durate fino a 6 ore continuano ad essere smaltite senza esondazione, mentre fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore. In tal caso infatti si ripete il fenomeno di chiusura delle paratoie e successivo riempimento del fosso Reale che prosegue, in questo caso, fino a che il battente d'acqua non supera le quote arginali;. Per i tempi di ritorno di 100 e 200 anni il battente massimo risulta pari a circa 39.6 m.s.l.m.;
- le porte vinciane determinano un indubbio beneficio in termini di riduzione dei volumi di esondazione. Tali volumi si riducono in media per le sponde sinistra e destra rispettivamente dell'76 % e del 85 % (Tabella 6.1);

Scenario	Vsenza [m ³ ×10 ³]	Vcon [m ³ ×10 ³]	Riduzione [%]
Volumi aree espansione in sponda destra			
A-1	907	109	0.88
A-2	676	109	0.84
B-2	635	109	0.83
Volumi aree espansione in sponda sinistra			
A-1	7055	1893	0.73
A-2	8344	1889	0.77
B-2	8313	1903	0.77

Tabella 6.1 – Confronto per gli scenari A-1, A-2, e B-2 tra i volumi accumulati nelle aree di espansione in sponda destra e sinistra del f. Reale ottenuti nelle verifiche senza e con la simulazione delle porte vinciane.

- i livelli di piena nel f. Reale nella configurazione di progetto, simulando le porte vinciane allo sbocco nel fiume Bisenzio, risultano coincidenti con quelli individuati in assenza del presidio e pari a 40.15 m s.l.m.. Gli interventi di messa in sicurezza per il f. Reale, relativi

all'incremento della capacità di contenimento delle portate di piena ottenuta mediante innalzamenti arginali, prescinde dalla presenza o meno delle porte vinciane.

I risultati delle presenti verifiche idrauliche sono tabulati nell'Allegato 4. I profili longitudinali dell'alveo, delle quote arginali e delle altezze idrometriche per i diversi tempi di ritorno sono riportati nell'Allegato 5.

6.1 Risultati scenario A – 1

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate. Unica eccezione è rappresentata dalla sezione FR5021A_ (28) ove si hanno esondazioni in sinistra idraulica per le durate di 18 e 24 ore con battenti medi di 4 cm;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore a seguito del fenomeno di rigurgito indotto dalla chiusura delle porte vinciane per effetto dei livelli che transitano nel fiume Bisenzio. Modeste esondazioni con battenti massimi dell'ordine di 10 cm si verificano in sinistra idraulica nelle sezioni FR5040__ (64) e FR5024__ (42), nonché nel tratto tra le sezioni FR5022__ (40) e FR5021D_ (39). Nel tratto tra le sezioni FR5020__ (34) e FR5018__ (32) e nella sezione FR5021A_ (28) si verificano esondazioni in sinistra idraulica con battenti massimi dell'ordine rispettivamente di 30 cm e 40 cm. In destra idraulica si verificano esondazioni nella sezione FR5014__ (27) con battenti medi che non superano i 10 cm;
- per il tempo di ritorno di 200 anni le condizioni e le sezioni critiche sono sostanzialmente le stesse con un aggravamento dei fenomeni esondativi solamente in sinistra idraulica nei tratti tra le sezioni FR5042__ (66) e FR5040__ (64), e tra le sezioni FR5024__ (42) e FR5021D_ (39), dove i con battenti massimi raggiungono valori di 15 cm.

6.2 Risultati scenario A – 2

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate ad eccezione della sezione FR5021A_ (28) con battenti medi di 4 cm;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore analogamente a quanto descritto per lo scenario A-1;
- per il tempo di ritorno di 200 anni, fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore analogamente a quanto descritto per lo scenario A-1.

6.3 Risultati scenario B – 2

FOSSO REALE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate ad eccezione della sezione FR5021A_ (28) con battenti medi di 10 cm;
- per il tempo di ritorno di 100 anni fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore a seguito del fenomeno di rigurgito indotto dalla chiusura delle porte vinciane per effetto dei livelli transitano nel fiume Bisenzio. Modeste esondazioni con battenti massimi dell'ordine di 10 cm si verificano in sinistra idraulica nella sezione FR5040__ (64) e nel tratto tra le sezioni FR5024__ (42) e FR5021D_ (39). Tra le sezioni FR5020__ (34) e FR5018__ (32) e nella sezione FR5021A_ (28), come nello scenario A-1, si verificano esondazioni in sinistra idraulica con battenti massimi dell'ordine rispettivamente di 30 cm e 40 cm. In destra idraulica, analogamente allo scenario A-1, si verificano esondazioni solamente nella sezione FR5014__ (27) con battenti medi che non superano i 10 cm;
- per il tempo di ritorno di 200 anni, fenomeni esondativi si manifestano per eventi con durate superiori a 12 ore analogamente a quanto descritto per lo scenario A-1.

6.4 Risultati scenario B – 3

Tale verifica mette in luce che per mettere in sicurezza il f. Reale unicamente mediante interventi di sovrizzo degli argini occorre modificare le quote arginali così come definito dalle precedenti simulazioni (Dicembre 2007). Ciò è dovuto al fatto che per poter far defluire le portate di piena il f. Reale deve raggiungere battenti superiori a quelli che si instaurano nel fiume Bisenzio in corrispondenza della confluenza e tali, quindi, da mantenere aperte le porte vinciane.

7. RISULTATI ANALISI IDRAULICA SISTEMA DI MONTE

Le verifiche idrauliche del sistema di monte in moto permanente sono state condotte considerando 5 differenti scenari, definiti in funzione delle condizioni del sistema idraulico, costituito dal fosso Acqualonga, dai torrenti Gavine, Rimaggio, Zambra, e Alberaccio, e dalle condizioni del sistema idrologico, costituito dai bacini delle aree urbane e montane.

I cinque scenari di verifica individuati, corrispondono alle seguenti possibili combinazioni tra le condizioni della parte di valle e quelle di monte:

- A-1-C** verifica dello stato attuale a monte e a valle (senza sfioratori nel sistema di monte) considerando i contributi idrologici dello scenario C;
- B-2-B** verifica degli interventi di medio termine a monte e a valle (senza sfioratori nel sistema di monte) considerando in particolare gli interventi di tipo passivo sul solo t. Rimaggio, tutti quelli di tipo attivo atti a garantire la messa in sicurezza del tratto urbano, ed i contributi dello scenario idrologico B;
- A-2-C** verifica dello stato intermedio a valle e attuale a monte (senza sfioratori nel sistema di monte) considerando in particolare gli interventi di tipo passivo sul solo t. Rimaggio ed i contributi dello scenario idrologico C;
- A-1-A** verifica dello stato attuale a monte e a valle (senza sfioratori nel sistema di monte) ove i contributi di monte sono attenuati in funzione della capacità di smaltimento attuale dei canali (scenario idrologico A);
- A-1-C*** verifica dello stato attuale a monte e a valle (con sfioratori anche nel sistema di monte) considerando i contributi idrologici dello scenario C.

Occorre osservare che le verifiche A-1-A e A-1-C* non hanno alcuna valenza fisica, ma sono state eseguite con il solo fine di tarare le principali dimensioni (lunghezza e larghezza) delle opere di sfioro (diversivi) inserite nel modello idrologico per la condizione A, in modo tale da simulare correttamente la reale capacità di smaltimento della rete scolante nel tratto urbanizzato.

Nel proseguo saranno descritti i risultati ottenuti per gli scenari di verifica A-1-C e B-2-B per i vari corsi d'acqua appartenenti al sistema di monte. Per lo scenario A-2-C saranno esposti i risultati conseguiti per il solo t. Rimaggio in modo tale da mettere in evidenza l'efficacia degli interventi di tipo passivo previsti in tale corso d'acqua, ma in assenza di quelli di tipo attivo.

La struttura del modello idraulico utilizzata nelle verifiche in moto stazionario, risulta composta dall'unione della rete scolante del sistema di monte con la rete scolante del sistema di valle.

Lo schema del sistema di valle, composto dai canali di Cinta e dal fosso Reale, risulta identico a quello precedentemente descritto per ciascuna condizione geometrica analizzata.

Lo schema di monte, composto dal fosso Acqualonga, dai torrenti Gavine, Rimaggio, Zambra, e Alberaccio, considera gli effetti dissipativi mediante coefficienti di contrazione ed espansione rispettivamente pari a 0.1 e 0.3, mentre la scabrezza utilizzata (espressa come coefficiente di Manning) risulta ovunque pari a $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$, ad esclusione del torrente Rimaggio, nelle sola configurazione 2, ove è stata assunta pari a $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$.

Nel sistema di valle viene simulato il fenomeno di esondazione, al fine di ottenere una più realistica condizione al contorno di valle per la rete scolante di monte, mentre quest'ultima risulta cimentata senza l'ausilio di alcuna opera di sfioro.

I risultati delle verifiche idrauliche in moto permanente del sistema di monte sono tabulati nell'Allegato 6. I profili longitudinali dell'alveo, delle quote arginali e delle altezze idrometriche per i diversi tempi di ritorno sono riportati nell'Allegato 8. Negli Allegati 7.1, e 7.2 sono restituiti i profili delle sezioni fluviali con i rispettivi livelli idrometrici valutati per il tempo di ritorno di 100 anni rispettivamente per gli scenari di verifica A-1-C e B-2-B.

7.1 Risultati scenario A – 1 – C

FOSSO ACQUALONGA DI SETTIMELLO

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni i fenomeni esondativi interessano l'intero tratto di corso d'acqua analizzato per le durate di 40 minuti e 1 ora sia in destra che in sinistra idraulica. Esondazioni si osservano anche per la durata di 2 ore, ma interessano solo il tratto a monte del ponte di sezione SE5059 (codice Hec-Ras 14.5);
- per il tempo di ritorno di 100 anni i fenomeni esondativi che interessano l'intero tratto comprendono tutte le durate fino a 2 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni i fenomeni esondativi sull'intero corso d'acqua si verificano anche per la durata di 3 ore.

TORRENTE GAVINE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il corso d'acqua risulta insufficiente al contenimento delle portate di piena essenzialmente per effetto dei profili di rigonfiamento indotti dalle ostruzioni dovute agli attraversamenti presenti. Esondazioni, sia in destra che in sinistra idraulica, si osservano nel tratto compreso tra la sezione GA0011_A (57) ed il tombamento GA0014 (43) per le durate comprese tra 40 minuti e 1 ora. Fenomeni esondativi interessano porzioni minori del suddetto tratto per le durate rimanenti fino a 3 ore. Altri tratti insufficienti risultano compresi tra la sezione GA0019_D (26) ed il ponte GA0020 (23.5), tra la sezione GA0021_V (19) ed il ponte GA0022 (16.5), e in corrispondenza del ponte GA0024 (9.5). Tali esondazioni avvengono per le durate fino a 3 ore, con massimi per le durate comprese tra 40 minuti e 1 ora;
- per il tempo di ritorno di 100 anni i profili di rigurgito si estendono verso monte aumentando l'estensioni dei tratti insufficienti. Ad esempio le esondazioni si estendono nel tratto compreso tra la sezione GA0008__ (64) ed il tombamento GA0014 (43), e nel tratto tra la sezione GA0021B_ (21) ed il ponte GA0022 (16.5);
- per il tempo di ritorno di 200 anni risulta insufficiente, oltre ai tratti precedentemente definiti, anche l'attraversamento di sezione GA0019 (27.5), e il tratto tra le sezioni SE5108B_ (7) e SE5108__ (7).

TORRENTE RIMAGGIO

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni esondazioni, in destra e sinistra idraulica, si verificano, per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore, nella sezione RI0011__ (133) e nei tratti compresi tra la sezione RI0044__ (68) ed il ponte RI0047 (60.5), e tra la sezione RI0052_A (51) ed il ponte RI0055 (40.5);
- per il tempo di ritorno di 100 anni le esondazioni interessano il ponte di sezione RI0008 (138.5), la sezione RI0011__ (133), ed i tratti compresi tra le sezioni RI0034B_ (90) e RI0034_V (88), tra la sezione RI0037_B (83.1) ed il ponte RI0037 (82.5), tra la sezione RI0039__ (80) ed il ponte RI0040 (77.5), tra la sezione RI0044__ (68) fino al ponte RI0055 (40.5), tra la sezione SE5034__ (30) ed il ponte SE5035B (27.5), e tra le sezioni SE5039B_ (19) e SE5039__ (18);

- per il tempo di ritorno di 200 anni risulta insufficiente il tratto a monte del ponte di sezione RI0002 (150.5), il ponte di sezione RI0008 (138.5), la sezione RI0011__ (133), ed i tratti compresi tra le sezioni RI0032__ (92) fino al ponte RI0040 (77.5), tra la sezione RI0043_A (72) fino al ponte RI0056 (36.5), la sezione RI0057_A (34), tra la sezione SE5034__ (30) ed il ponte SE5035B (27.5), e tra le sezioni SE5039B_ (19) e SE5041B_ (16).

TORRENTE ZAMBRA

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni risulta insufficiente, in destra e sinistra idraulica, al contenimento della portata di piena unicamente la sezione ZA0027_a (25) per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore;
- per il tempo di ritorno di 100 anni le esondazioni interessano le sezioni ZA0025_A (32) e ZA0025_D (29), ed i tratti compresi tra le sezioni ZA0026_D (26) e ZA0027_a (25), e tra le sezioni ZA0027_D (22) e ZA0029__ (18), essenzialmente per le durate comprese tra 40 minuti e 2 ore;
- per il tempo di ritorno di 200 anni risulta insufficiente la sezione ZA0025_A (32) , ed i tratti compresi tra le sezioni ZA0025_D (29) e ZA0027_a (25), e tra le sezioni ZA0027_D (22) e ZA0029__ (18), essenzialmente per tutte durate fino a 3 ore.

TORRENTE ALBERACCIO DEL TERMINE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate;
- per il tempo di ritorno di 100 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate;
- per il tempo di ritorno di 200 anni non si hanno esondazioni per nessuna delle condizioni di pioggia analizzate.

7.2 Risultati scenario B – 2 – B

FOSSO ACQUALONGA DI SETTIMELLO

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi di tipo passivo previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni gli interventi di tipo passivo previsti consentono il contenimento delle portate di piena per ogni condizione di pioggia cimentata;
- per il tempo di ritorno di 200 anni risultano insufficienti al deflusso delle portate di piena gli attraversamenti presenti nelle sezioni SE5057 (18.5) e SE5059 (14.5) per la durata di 2 ore. A monte di tali attraversamenti, per effetto dei profili di rigurgito, avvengono esondazioni che si estendono rispettivamente fino alla sezione SE5056__ (21) e alla sezione SE5059A_ (16). In quest'ultimo caso la superficie del pelo libero raggiunge al massimo i 2 cm sopra la sommità arginale.

TORRENTE GAVINE

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni il corso d'acqua permane insufficiente al contenimento delle portate di piena per le durate comprese tra 40 minuti e 3 ore. Esondazioni, sia in destra che in sinistra idraulica, si osservano nel tratto compreso tra la sezione GA0012__ (53) ed il tombamento GA0013 (46), tra la sezione GA0020_A (25) ed il ponte GA0020 (23.5), e in corrispondenza del ponte GA0024 (9.5);
- per il tempo di ritorno di 100 anni il corso d'acqua risulta insufficiente al contenimento delle portate di piena per tutte le durate comprese fino a 6 ore. Esondazioni si osservano nei tratti compresi tra la sezione GA0012__ (53) ed il tombamento GA0014 (43), tra la sezione GA0019_D (26) ed il ponte GA0020 (23.5), tra la sezione GA0022_A (18) ed il ponte GA0022 (16.5), e in corrispondenza del ponte GA0024 (9.5);
- per il tempo di ritorno di 200 anni risulta insufficiente, oltre ai tratti precedentemente definiti, anche in corrispondenza della sezione GA0009_A (63) e tra la sezione GA0011_A (57) ed il ponte GA0011 (55.5).

TORRENTE RIMAGGIO

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni risulta insufficiente solamente l'attraversamento RI0008 (116), nonché la sezione RI0011__ (111);

- per il tempo di ritorno di 100 anni si osservano le medesime sezioni critiche, ma con conseguente aggravio della loro entità;
- per il tempo di ritorno di 200 anni il corso d'acqua risulta insufficiente nella sezione RI0006B_ (119), in corrispondenza dell'attraversamento RI0008 (116), nella sezione RI0011__ (111), e nei tratti compresi tra la sezione RI0045_B (52) ed il ponte RI0047 (47), e tra le sezioni RI0052_B (39) e RI0057_A (26).

Occorre osservare che i codici alfanumerici delle sezioni, utilizzate per la verifica idraulica dello stato intermedio del t. Rimaggio, coincidono a quelli adoperati nello studio [18], e quindi non corrispondono a quelli utilizzati nello scenario di verifica A-1-C (geometria stato attuale).

TORRENTE ZAMBRA

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni gli interventi di tipo passivo previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata;
- per il tempo di ritorno di 100 anni gli interventi di tipo passivo previsti nell'ambito del presente studio consentono di contenere le portate di piena valutate per ogni condizione di pioggia analizzata, ad eccezione della durata di 2 ore, per in cui si osserva una modesta insufficienza di contenimento (livello idrico 3 cm sopra sponda) nella sezione ZA0027_a (25);
- per il tempo di ritorno di 200 anni l'insufficienza di contenimento rimane localizzata nella sola sezione ZA0027_a (25), ma si osserva per le durate comprese tra 1 ora e 3 ore.

TORRENTE ALBERACCIO DEL TERMINE

Non sono stati previsti interventi di tipo passivo sul torrente Alberaccio del Termine, e la verifica idraulica mostra i medesimi risultati illustrati per lo scenario di verifica A-1-C.

7.3 Risultati scenario A – 2 – C

TORRENTE RIMAGGIO

La verifica idraulica condotta mostra i seguenti risultati:

- per il tempo di ritorno di 30 anni risulta insufficiente solamente l'attraversamento RI0008 (116), nonché la sezione RI0011__ (111);

- per il tempo di ritorno di 100 anni il corso d'acqua risulta insufficiente nella sezione RI0006B_ (119), in corrispondenza dell'attraversamento RI0008 (116), nella sezione RI0011__ (111), e nel tratto compreso tra la sezione RI0047_B (48) ed il ponte RI0047 (47);
- per il tempo di ritorno di 200 anni il corso d'acqua risulta insufficiente in corrispondenza dell'attraversamento RI0002 (125), nella sezione RI0006B_ (119), in corrispondenza dell'attraversamento RI0008 (116), nella sezione RI0011__ (111), e nei tratti compresi tra la sezione RI0033__ (75) ed il ponte RI0040 (60), tra la sezione RI0044__ (53) ed il ponte RI0057 (25), e tra le sezioni SE5038__ (15) e SE5039__ (14).

I codici alfanumerici delle sezioni corrispondono a quelli utilizzati nello scenario di verifica B-2-B.

8. CONCLUSIONI

Le verifiche idrauliche condotte considerando 6 differenti scenari, definiti in funzione delle condizioni del sistema idraulico, costituito dai canali di Cinta e dal fosso Reale, e dalle condizioni del sistema idrologico, costituito dai bacini delle aree urbane e montane hanno evidenziato per il sistema di valle (canali di Cinta e fosso Reale) quanto segue:

- il sistema costituito dai canali di Cinta Occidentale e Orientale, allo stato attuale, entra in crisi per durate di evento fino a 6 ore, con una condizione di massima criticità riscontrabile per eventi di durata intorno all'ora. Per eventi con durate superiori a 6 ore il sistema non manifesta più alcuna criticità, qualunque sia il tempo di ritorno considerato;
- nello stato attuale le criticità si manifestano nei canali di Cinta Occidentale e Orientale già per tempi di ritorno pari a 30 anni;
- il fosso Reale, allo stato attuale, manifesta condizioni di criticità per eventi con durata superiore alle 12 ore. In particolare, la durata critica appare collocata intorno alle 18 ore, corrispondente a quella del fiume Bisenzio che ne provoca il massimo rigurgito;
- nello stato attuale le criticità si manifestano nel fosso Reale per tempi di ritorno superiori a 30 anni;
- nello stato intermedio le criticità nei canali di Cinta Occidentale e Orientale si innescano sempre a partire da tempi di ritorno pari a 30 anni;
- nello stato intermedio le criticità presenti nel fosso Reale rimangono invariate;
- lo stato finale, definito in funzione dello scenario B-3, consente di trasferire le criticità sul canale di Cinta Occidentale ai tempi di ritorno superiori a 30 anni per entrambi gli scenari A-3 e C-3; mentre sul canale di Cinta Orientale le criticità si mostrano solo a partire dall'evento duecentennale, peraltro in un'unica sezione con battenti di esondazione minori di 10 cm per entrambi gli scenari A-3 e C-3 e tutti i tempi di ritorno;
- lo stato finale per il fosso Reale mantiene le criticità a tempi di ritorno superiori a 30 anni, ma tali criticità avvengono in un'unica sezione in cui i battenti di esondazioni risultano minori di 12 cm per tutti gli scenari e tempi di ritorno;
- le porte vinciane si attivano per eventi con durate superiori a 12 ore, determinando un profilo di rigonfiamento che si estende verso monte fino al ponte di via dell'Osmannoro, per il tempo di ritorno di 30 anni, e fino ai due ponti in prossimità del Polo Scientifico e

Tecnologico, per il tempo di ritorno pari a 200 anni. Nonostante le porte vinciane il fosso Reale presenta criticità per tempi di ritorno superiori a 30 anni, ma tali opere inducono un indubbio beneficio in termini di riduzione dei volumi di esondazione;

- i livelli di piena nel f. Reale nella configurazione di progetto, simulando le porte vinciane allo sbocco nel fiume Bisenzio, risultano coincidenti con quelli individuati in assenza del presidio. Gli interventi di messa in sicurezza per il f. Reale, relativi all'incremento della capacità di contenimento delle portate di piena ottenuta mediante innalzamenti arginali, prescinde dalla presenza o meno delle porte vinciane.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] **Consorzio Speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino e dei Territori Adiacenti**, 1979, *Progetto generale di massima degli interventi per la sistemazione idraulica e la difesa del suolo del comprensorio consorziale*.
- [2] **COINCO Consorzio Speciale di Bonifica della Piana di Sesto Fiorentino e dei Territori Adiacenti**, 1988, *Aggiornamento del Piano generale di Bonifica*.
- [3] **DISTART Università di Bologna**, 1997, *Modello idraulico dell'opera di scarico del Collettore Reale in Bisenzio*.
- [4] **Comune di Sesto Fiorentino**, 1997, *Studio idrologico e progetto preliminare per il tombamento di porzione del Rio Acqualonga di Settimello a monte del Canale di Cinta Occidentale*.
- [5] **Comune di Sesto Fiorentino**, 1997, *Studio idrologico e progetto preliminare per il tombamento di porzione del Rio Acqualonga di Settimello a monte del Canale di Cinta Occidentale*.
- [6] **Comune di Sesto Fiorentino**, 1997, *Studio idrologico-idraulico degli ambiti soggetti ad inondazione*.
- [7] **Comune di Sesto Fiorentino**, 1998, *Studio di fattibilità di una cassa di espansione per la laminazione delle piene nel Canale di Cinta Occidentale*.
- [8] **Comune di Sesto Fiorentino**, 1999, *Aggiornamento dello studio di fattibilità di una cassa di espansione per la laminazione delle piene nel Canale di Cinta Occidentale*.
- [9] **Autorità di Bacino del Fiume Arno**, 1999, *Perimetrazione delle aree a rischio sull'asta principale del Fiume Arno e sugli affluenti nel tratto di rigurgito*.
- [10] **Autostrade - Concessioni e Costruzioni Autostrade S.p.A.**, Roma, Autostrada A1 Milano – Napoli, 2000, *Ampliamento alla Terza Corsia Barberino di Mugello – Incisa Valdarno, Tratto Firenze Nord-Firenze Sud, Progetto Esecutivo, Idrologia e Idraulica, Fosso Reale, Verifica Idraulica, Relazione Tecnica*.
- [11] **Comune di Sesto Fiorentino**, 2002, *Valutazione della pericolosità idraulica del territorio di Sesto Fiorentino ai fini della redazione del piano strutturale*.
- [12] **Comune di Signa**, Provincia di Firenze, 2004, *Interventi di riduzione del rischio idraulico nel bacino del Fiume Arno – Cassa di espansione Renai – 1 Lotto – Progetto*

Definitivo.

- [13] **Università degli Studi di Firenze**, Ufficio Programmazione e Pianificazione Edilizia, 2004, *Studio per la messa in sicurezza idraulica degli ambiti del Canale di Cinta Orientale relativi al Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino*, P.L.1 F.31, P.L.13 F.25- Via Pasolini, P.L.1 F.32 – Via dei Frilli, Relazione Tecnica.
- [14] **Comune di Sesto Fiorentino**, 2005, *Studio idrologico ed idraulico del fosso Reale*.
- [15] **Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina**, 2006, *Rilievo topografico del Fiume Reale*, nel tratto compreso tra l'immissione nel F. Bisenzio ed il Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino e del T. Chiosina, nel tratto compreso tra l'attraversamento ferroviario FI-BO e l'attraversamento di Via Giusti, nei Comuni di Signa, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino e Calenzano.
- [16] **Consorzio di Bonifica Area Fiorentina**, 2006, *Verifiche idrauliche di approfondimento sul canale di Cinta Occidentale nel Comune di Sesto Fiorentino*.
- [17] **Comune di Sesto Fiorentino**, 2007, *Studio di aggiornamento idraulico del fosso Reale*.
- [18] **Consorzio di Bonifica Area Fiorentina**, 2007, *Studio di fattibilità – Interventi di riqualificazione ambientale e messa in sicurezza idraulica del tratto urbano del torrente Rimaggio da via I Settembre al ponte ferroviario*.

APPENDICE A
CODIFICA SEZIONI FLUVIALI

Fosso Reale							
Reale 02							
condizione 1							
HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO
114	FR5062_m	82	FR5049_m	50	FR5031	18	FR5005D
113	FR5062	81	FR5049_v	49	FR5030	17	FR5005C
112	FR5061D	80	FR5049B	48	FR5029	16	FR5005_v
111	FR5061C	79	FR5048C	47	FR5028	15	FR5005B
110	FR5061_V	78	FR5048_m	46	FR5027	14	FR5005A
109	FR5061B	77	FR5048_v	45	FR5026	13	FR5004
108	FR5061A	76	FR5048B	44	FR5025D	12	FR5003
107	FR5060D	75	FR5048A	43	FR5025A	11	FR5002
106	FR5060C	74	FR5047C	42	FR5024	10	FR4003
105	FR5060_v	73	FR5047	41	FR5023	9	FR4004
104	FR5060B	72	FR5047B	40	FR5022	8	FR4005
103	FR5060A	71	FR5047A	39	FR5021D	7	FR4006
102	FR5059	70	FR5046	38	FR5021C	6	FR4007
101	FR5058	69	FR5045	37	FR5021_m	5	FR4008
100	FR5057	68	FR5044	36	FR5021_v	4	FR4009
99	FR5056	67	FR5043	35	FR5021B	3	FR4010
98	FR5055	66	FR5042	34	FR5020	2	FR5001
97	FR5054	65	FR5041	33	FR5019	1	FR4011
96	FR5053D	64	FR5040	32	FR5018	–	–
95	FR5053C	63	FR5039	31	FR5017	–	–
94	FR5053_v	62	FR5038	30	FR5016	–	–
93	FR5053B	61	FR5037	29	FR5015	–	–
92	FR5053A	60	FR5036	28	FR5021A	–	–
91	FR5052	59	FR5035D	27	FR5014	–	–
90	FR5051D	58	FR5035C	26	FR5013	–	–
89	FR5051C	57	FR5035_m	25	FR5012	–	–
88	FR5051	56	FR5035_v	24	FR5011	–	–
87	FR5051B	55	FR5035B	23	FR5010	–	–
86	FR5051A	54	FR5035A	22	FR5009	–	–
85	FR5050	53	FR5034	21	FR5008	–	–
84	FR5049D	52	FR5033	20	FR5007	–	–
83	FR5049C	51	FR5032	19	FR5006	–	–

Tabella A.1 – Codifica delle sezioni del f. Reale condizione 1.

Canale di Cinta Occidentale					
Cacoc_00					
condizione 1					
HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO
68	CO0008_V	36	SE5010D	4	SE5027D
67	CO0009_A	35	SE5011	3	SE5028B
66	CO0009_B	34	SE5012B	2	SE5028
65	CO0009_C	33	SE5012C	1	SE5029
64	CO0009_D	32	SE5012D	0.116	FR5063
63	CO0010_A	31	SE5013	0.115	FR5063_v
62	CO0010_B	30	SE5014B	–	–
61	CO0010_C	29	SE5014C	–	–
60	CO0010_D	28	SE5014D	–	–
59	CO0011_A	27	SE5014D	–	–
58	CO0011_B	26	SE5015A	–	–
57	CO0011_C	25	SE5015	–	–
56	CO0011_D	24	SE5016	–	–
55	CO0012_A	23	SE5017	–	–
54	CO0012_B	22	SE5018B	–	–
53	CO0012_C	21	SE5018C	–	–
52	CO0012_D	20	SE5018D	–	–
51	SE5001A	19	SE5019	–	–
50	SE5001B	18	SE5020B	–	–
49	SE5001B	17	SE5020C	–	–
48	SE5002	16	SE5020D	–	–
47	SE5003	15	SE5021	–	–
46	SE5004	14	SE5022B	–	–
45	SE5005	13	SE5022C	–	–
44	SE5006	12	SE5022D	–	–
43	SE5007B	11	SE5023	–	–
42	SE5007C	10	SE5024	–	–
41	SE5007D	9	SE5025B	–	–
40	SE5008	8	SE5025C	–	–
39	SE5009	7	SE5026	–	–
38	SE5010B	6	SE5027B	–	–
37	SE5010C	5	SE5027C	–	–

Tabella A.2 – Codifica delle sezioni del canale di Cinta Occidentale condizione 1.

Canale di Cinta Occidentale					
Cacoc 00					
condizioni 2 - 3					
HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO
68	CO0008_V	40	SE5008_	12.5	6
67	CO0009_A	39.5	15	12	SE5022D_
66	CO0009_B	39	SE5009_	11.5	5
65	CO0009_C	38	SE5010B_	11	SE5023_
64	CO0009_D	37	SE5010C_	10	SE5024_
63	CO0010_A	36	SE5010D_	9	SE5025B_
62	CO0010_B	35.7	14	8	SE5025C_
61	CO0010_C	35.3	13	7	SE5026_
60	CO0010_D	35	SE5011_	6.5	4
59	CO0011_A	34	SE5012B_	6	SE5027B_
58	CO0011_B	33	SE5012C_	5	SE5027C_
57	CO0011_C	32	SE5012D_	4.5	3
56	CO0011_D	31.5	12	4	SE5027D_
55	CO0012_A	31	SE5013_	3.7	2
54	CO0012_B	30	SE5014B_	3.3	1
53	CO0012_C	29	SE5014C_	3	SE5028B_
52	CO0012_D	28	SE5014D_	2	SE5028_
51	SE5001A_	27	SE5014D_	1	SE5029_
50	SE5001B_	26.5	11	–	–
49	SE5001B_	25.5	10	–	–
48.5	19	25	SE5015_	–	–
48	SE5002_	24	SE5016_	–	–
47	SE5003_	23.5	9	–	–
46	SE5004_	23	SE5017_	–	–
45	SE5005_	20	SE5018D_	–	–
44.7	18	19.5	8	–	–
44.5	17	19	SE5019_	–	–
44.3	16	18	SE5020B_	–	–
44	SE5006_	17	SE5020C_	–	–
43	SE5007B_	16	SE5020D_	–	–
42	SE5007C_	15.5	7	–	–
41	SE5007D_	15	SE5021_	–	–

Tabella A.3 – Codifica delle sezioni del c. di Cinta Occidentale condizioni 2 e 3.

Canale di Cinta Orientale			
Cacor_01			
condizione 1			
HEC	MOTO	HEC	MOTO
39	SE7069A_	7	SE7089B_
38	SE7069B_	6	SE7089C_
37	SE7069B_	5	SE7090_
36	SE7069_	4	SE7091_
35	SE7070_	3	SE7092B_
34	SE7071B_	2	SE7092_
33	SE7071_	1	SE7093_
32	SE7072_	–	–
31	SE7073_	–	–
30	SE7074_	–	–
29	SE7075B_	–	–
28	SE7075C_	–	–
27	SE7075D_	–	–
26	SE7076B_	–	–
25	SE7076_	–	–
24	SE7077_	–	–
23	SE7078_	–	–
22	SE7079_	–	–
21	SE7080B_	–	–
20	SE7080C_	–	–
19	SE7080D_	–	–
18	SE7081B_	–	–
17	SE7081_	–	–
16	SE7082_	–	–
15	SE7083_	–	–
14	SE7084_	–	–
13	SE7085_	–	–
12	SE7085_	–	–
11	SE7086B_	–	–
10	SE7086C_	–	–
9	SE7087_	–	–
8	SE7088_	–	–

Tabella A.4 – Codifica delle sezioni del c. di Cinta Orientale condizione 1.

Torrente Rimaggio									
Rimag_01									
condizione A									
HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO
153	RI0001__	121	RI0017__	89	RI0034_M	56	RI0049_B	24	SE5037A__
152	RI0002_A	120	RI0018__	88	RI0034_V	55	RI0049_C	23	SE5037B__
151	RI0002_B	119	RI0019_A	87	RI0035__	54	RI0049_D	22	SE5037C__
150	RI0002_C	118	RI0019_B	86	RI0036_A	53	RI0050__	21	SE5037D__
149	RI0002_D	117	RI0019_C	85	RI0036_B	52	RI0051__	20	SE5038__
148	RI0003__	116	RI0019_D	83	RI0038_D	51	RI0052_A	19	SE5039B__
147	RI0004__	115	RI0020__	82	RI0038_C	50	RI0052_B	18	SE5039__
146	RI0005B__	114	RI0021__	81	RI0038_D	49	RI0052_C	17	SE5040__
145	RI0005_M	113	RI0021BB	80	RI0039__	48	RI0052_D	16	SE5041B__
144	RI0005_V	112	RI0021BC	79	RI0040_A	47	RI0053__	15	SE5041__
143	RI0006B__	111	RI0021BD	78	RI0040_B	46	RI0054_A	14	SE5042__
142	RI0006__	110	RI0022__	77	RI0040_C	45	RI0054_B	13	SE5043B__
141	RI0007__	109	RI0023__	76	RI0040_D	44	RI0054_C	12	SE5043__
140	RI0008_A	108	RI0024__	75	RI0041__	43	RI0054_D	11	SE5044__
139	RI0008_B	107	RI0025B__	74	RI0042B__	42	RI0055_A	10	SE5045__
138	RI0008_C	106	RI0025__	73	RI0042__	41	RI0055_B	9	SE5046B__
137	RI0008_D	105	RI0026__	72	RI0043_A	40	RI0055_C	8	SE5046__
136	RI0009__	104	RI0027B__	71	RI0043_B	39	RI0055_D	7	SE5047__
135	RI0009A__	103	RI0027_M	70	RI0043_C	38	RI0056_A	6	SE5048B__
134	RI0010__	102	RI0027_V	69	RI0043_D	37	RI0056_B	5	SE5048__
133	RI0011__	101	RI0028__	68	RI0044__	36	RI0056_C	4	SE5049__
132	RI0012_A	100	RI0029_A	67	RI0045_A	35	RI0056_D	3	SE5050B__
131	RI0012_B	99	RI0029_B	66	RI0045_B	34	RI0057_A	2	SE5050__
130	RI0012_C	98	RI0029_C	65	RI0045_C	33	RI0057_B	1	SE5051__
129	RI0012_D	97	RI0029_D	64	RI0045_D	32	RI0057_C	–	–
128	RI0013__	96	RI0030B__	63	RI0046__	31	RI0057_D	–	–
127	RI0014__	95	RI0030_M	62	RI0047_A	30	SE5034__	–	–
126	RI0015_A	94	RI0030_V	61	RI0047_B	29	SE5035A__	–	–
125	RI0015_B	93	RI0031__	60	RI0047_C	28	SE5035B__	–	–
124	RI0015_C	92	RI0032__	59	RI0047_D	27	SE5035C__	–	–
123	RI0015_D	91	RI0033__	58	RI0048__	26	SE5035D__	–	–
122	RI0016__	90	RI0034B__	57	RI0049_A	25	SE5036__	–	–

Tabella A.5 – Codifica delle sezioni del t. Rimaggio condizione A.

Torrente Gavine					
Gavin_01					
condizione A					
HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO
84	GA0001_A	46	GA0013_G	11	GA0024_A
83	GA0001_B	45	GA0014A_	10	GA0024_B
82	GA0001_C	41	GA0014_	9	GA0024_C
81	GA0001_D	40	GA0014_D	8	GA0024_D
80	GA0002_	39	GA0015_A	7	SE5108B_
79	GA0003_	38	GA0015_	6	SE5108_
78	GA0003B_	37	GA0016_C	5	SE5109_
77	GA0004_A	36	GA0016_D	4	SE5110B_
76	GA0004_B	35	GA0017B_	3	SE5110C_
75	GA0004_c	34	GA0017_M	2	SE5110D_
74	GA0004_d	33	GA0017_V	1	SE5111_
73	GA0005_M	32	GA0018B_	–	–
72	GA0005_	31	GA0018_M	–	–
71	GA0005B_	30	GA0018_V	–	–
70	GA0006_M	29	GA0019_A	–	–
69	GA0006_	28	GA0019_B	–	–
68	GA0006B_	27	GA0019_C	–	–
67	GA0007_B	26	GA0019_D	–	–
66	GA0007_C	25	GA0020_A	–	–
65	GA0007_D	24	GA0020_B	–	–
64	GA0008_	23	GA0020_C	–	–
63	GA0009_A	22	GA0020_D	–	–
62	GA0009_B	21	GA0021B_	–	–
59	GA0010_C	20	GA0021_M	–	–
58	GA0010_D	19	GA0021_V	–	–
57	GA0011_A	18	GA0022_A	–	–
56	GA0011_B	17	GA0022_B	–	–
55	GA0011_C	16	GA0022_C	–	–
54	GA0011_D	15	GA0022_D	–	–
53	GA0012_	14	GA0023B_	–	–
52	GA0013_A	13	GA0023_M	–	–
51	GA0013_B	12	GA0023_V	–	–

Tabella A.6 – Codifica delle sezioni del t. Gavine condizione A.

Fosso di Settimello	
Setti_01	
condizione A	
HEC	MOTO
21	SE5056
20	SE5057A
19	SE5057B
18	SE5057C
17	SE5057D
16	SE5059A
15	SE5059B
14	SE5059C
13	SE5060A
12	SE5059D
11	SE5060
10	SE5061B
9	SE5061C
8	SE5061D
7	SE5062
6	SE5063B
5	SE5063C
4	SE5063CB
3	SE5063D
2	SE5064
1	SE5065

Tabella A.7 – Codifica delle sezioni del f. Settimello condizione A.

Torrente Zambra					
Zambr_01					
condizione A					
HEC	MOTO	HEC	MOTO	HEC	MOTO
72	ZA0001_A	40	ZA0020	8	SE5098D
71	ZA0001_B	39	ZA0021	7	SE5099
70	ZA0001_C	38	ZA0022_A	6	SE5100
69	ZA0001_D	37	ZA0022_B	5	SE5101B
68	ZA0002B	36	ZA0022_C	4	SE5101
67	ZA0002	35	ZA0022_D	3	SE5102
66	ZA0003	34	ZA0023	2	SE5103
65	ZA0004	33	ZA0024	1	SE5104
64	ZA0005	32	ZA0025_A	–	–
63	ZA0006B	31	ZA0025_B	–	–
62	ZA0006	30	ZA0025_C	–	–
61	ZA0007	29	ZA0025_D	–	–
60	ZA0008	28	ZA0026_B	–	–
59	ZA0009	27	ZA0026_C	–	–
58	ZA0010B	26	ZA0026_C	–	–
57	ZA0010	25	ZA0027_a	–	–
56	ZA0011	24	ZA0027_B	–	–
55	ZA0012B	23	ZA0027_c	–	–
54	ZA0012	22	ZA0027_D	–	–
53	ZA0013	21	ZA0028B	–	–
52	ZA0014B	20	ZA0028_M	–	–
51	ZA0014	19	ZA0028_V	–	–
50	ZA0015	18	ZA0029	–	–
49	ZA0016_A	17	SE5094B	–	–
48	ZA0016_B	16	SE5094	–	–
47	ZA0016_C	15	SE5095	–	–
46	ZA0016_D	14	SE5096B	–	–
45	ZA0017B	13	SE5096	–	–
44	ZA0017	12	SE5097	–	–
43	ZA0018	11	SE5098A	–	–
42	ZA0019B	10	SE5098B	–	–
41	ZA0019	9	SE5098C	–	–

Tabella A.8 – Codifica delle sezioni del t. Zambra condizione A.

Fosso del Termine	
Termi_01	
condizione A	
HEC	MOTO
7	SE7066A
6	SE7066B
5	SE7066C
4	SE7066D
3	SE7067B
2	SE7067
1	SE7068

Tabella A.9 – Codifica delle sezioni del f. del Termine condizione A.