



REGIONE TOSCANA

SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO CENTRALE
E TUTELA DELL'ACQUA

Messa in sicurezza dell'arginatura del Torrente Calice
in sinistra idraulica dalla Autostrada A11 fino alla confluenza con
il Torrente Agna e dell'area ricompresa tra il Torrente Calice ed
il Torrente Calicino in Comune di Prato - Il Stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

DIRIGENTE RESPONSABILE DEL CONTRATTO

Ing. Marco Masi

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Venturi

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

PROGETTISTI

H.S. ingegneria s.r.l.

Ing. Simone Pozzolini

COLLABORATORI ALLA
PROGETTAZIONE

Ing. D. Pagli

Ing. L. Pagni

CODICE PROGETTO

ELENCO ELABORATI

Relazione idraulica

	Soggetto competente	Data	Firma	ELABORATO
Emesso	Progettista Ing. Simone Pozzolini	Febbraio 2019 (aggiornamento a seguito della validazione)		T02 REV01
Visionato				
Confermato				

Prato - Via Cairoli, 25 Prato (PO)

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

INDICE GENERALE

1. PREMESSA.....	2
2. CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA.....	2
3. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO.....	5
4. RELAZIONE IDROLOGICA.....	7
5. RELAZIONE IDRAULICA.....	9
5.1. <i>Modello matematico a moto vario.....</i>	<i>9</i>
5.2. <i>Simulazione idraulica.....</i>	<i>11</i>
5.2.1. Geometria del modello.....	11
5.2.2. Coefficienti di scabrezza.....	13
5.2.3. Condizioni al contorno.....	13
5.3. <i>Risultati delle simulazioni idrauliche.....</i>	<i>15</i>
6. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI.....	15
6.1. <i>Scenari con tempo di ritorno di 30 e 200 anni: confronto stato attuale e stato di progetto.....</i>	<i>15</i>
6.2. <i>Scenari con tempo di ritorno di 5 anni: confronto stato attuale e stato di progetto.....</i>	<i>21</i>
7. ALLEGATI.....	33

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

1. PREMESSA

La presente relazione idraulica è redatta a supporto dell'aggiornamento del progetto *"Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato - II stralcio"*, eseguito su incarico della Regione Toscana.

Essa riprende sostanzialmente la relazione già prodotta nelle fasi di progettazione definitiva ed esecutiva redatte per la Provincia di Prato in fase di progettazione degli interventi di I e II stralcio, basata sui modelli idraulici redatti a supporto degli studi di approfondimento condotti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno sul bacino dell'Ombrone.

In particolare a seguire si riporta quanto già contenuto nella Relazione Idraulica redatta a supporto del progetto definitivo aggiornato nell'Agosto 2015 e presentato agli enti competenti in sede di conferenza dei servizi indetta dalla Provincia di Prato il 30/9/2015. Su tale progetto erano già pervenuti i pareri favorevoli di Regione Toscana ed Autorità di Bacino del fiume Arno ed era inoltre stato sviluppato il progetto esecutivo per la Provincia di Prato nel Novembre 2015.

Le analisi idrauliche per la valutazione del funzionamento degli invasi previsti a Nord del lago di Pantanelle ed alla confluenza Calicino-Bardena sono invariate rispetto alla progettazione già redatta per la Provincia di Prato nel 2015. Esse vengono comunque riproposte nel seguito per completezza del presente aggiornamento progettuale.

Sono state effettuate verifiche sul funzionamento delle opere in progetto a fronte di scenari con tempo di ritorno di 5, 30 e 200 anni, con riferimento alle condizioni di stato attuale e di progetto e valutando diverse condizioni al contorno di valle. Sulla base dei modelli idraulici redatti sono stati definiti gli interventi volti alla mitigazione delle condizioni di rischio idraulico indotte dalle esondazioni del Fosso Calicino.

Come già esposto nella stesura progettuale originale, gli scenari di esondazione trentennali e duecentennali rimangono sostanzialmente invariati rispetto allo stato attuale. Miglioramenti si hanno a fronte di eventi a maggior frequenza (tempo di ritorno di 5 anni).

2. CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA

Nel seguito si riprendono brevemente alcuni aspetti già evidenziati nelle precedenti fasi progettuali relativi alle caratteristiche di rischio idraulico dell'area a valle della A11 compresa tra il torrente Calice ad Ovest ed il torrente Bardena ad Est, e delimitata dall'arginatura dell'Ombrone a Sud, allo scopo di inquadrare nel giusto contesto gli interventi previsti in progetto.

In generale tutto il sistema Calice-Calicino-Bardena è caratterizzato dalla soggezione agli effetti di rigurgito da valle indotti dal ricettore finale (torrente Ombrone) e propagantisi verso monte. Le arginature dei corsi d'acqua in esame risultano soggette a

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

sormonto con l'esondazione di volumi di acqua rilevanti (dell'ordine dei milioni di metri cubi) nell'area compresa tra il rilevato della A11 e gli argini del Calice, del Bardena e dell'Ombrone, sia per eventi trentennali che per eventi duecentennali.

La tabella seguente, derivata dai dati desunti dai modelli idraulici realizzati dall'Autorità di Bacino del fiume Arno riporta i volumi di esondazione e le quote del pelo libero che si hanno in corrispondenza delle aree poste a valle della A11 di interesse per il presente progetto.

APE021	Bagnolo (mc)	Calice (mc)	Calicino (mc)	Vtot(mc)	WSE PAI (m)
TR30	438162	0	397778	835939	41.2
TR200	743819	0	807365	1551184	41.87
APE022	Bagnolo (mc)	Calice (mc)	Calicino (mc)	Vtot(mc)	WSE PAI (m)
TR30	0	0	49916	49916	41.2
TR200	0	0	139999	139999	41.87
APE023	Bagnolo (mc)	Calice (mc)	Calicino (mc)	Vtot(mc)	WSE PAI (m)
TR30	0	0	108548	108548	41.2
TR200	0	0	215470	215470	41.87
APE024	Bagnolo (mc)	Calice (mc)	Calicino (mc)	Vtot(mc)	WSE PAI (m)
TR30	0	0	296328	296328	41.2
TR200	0	0	394033	394033	41.87
APE167	Bagnolo (mc)	Calice (mc)	Calicino (mc)	Vtot(mc)	WSE PAI (m)
TR30	0	316776	0	316776	41.35
TR200	0	740001	0	740001	41.87
APE200	Bagnolo (mc)	Calice (mc)	Calicino (mc)	Vtot(mc)	WSE PAI (m)
TR30	65558	0	117756	183314	41.22
TR200	78480	0	249626	328106	41.87

Tabella 1 - Volumi di esondazione nelle diverse aree di potenziale esondazione (APE) nell'area di interesse imputabili ad i diversi corsi d'acqua per eventi trentennali TR30 e duecentennali TR200.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

corsi d'acqua principali che sono state nel recente passato soggette a fenomeni di sifonamento e fontanazzi ed in alcuni casi a crolli (Calice), con un conseguente forte incremento dei volumi di esondazione. Inoltre le arginature del Calicino, in particolare nel tratto in destra a monte di Via Casale e Fatticci, seppure di limitata altezza sul piano campagna (circa 1-1.5 m) evidenziano vistosi dissesti per erosione al piede interno.

Data la presenza a valle dell'area in esame di aree urbanizzate soggette a condizioni di elevato rischio idraulico (nel Comune di Poggio a Caiano) e di condizioni già critiche per il reticolo risulta improponibile pensare ad interventi di messa in sicurezza dell'area di interesse basati sull'incremento della capacità di deflusso dei corsi d'acqua, che dovrebbero peraltro interessare primariamente l'Ombrone, ricettore finale del sistema Calice-Calicino-Bardena.

3. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

Gli interventi previsti in progetto, descritti anche nell'allegata Relazione Generale, sono costituiti da:

Torrente Calice

- ringrosso sommità arginale lato campagna arginatura sinistra a monte Ponte Melani per una lunghezza di circa 520 m, sfruttando la banca già prevista in fase di I stralcio;
- interventi minori a monte della A11: consolidamento al piede in scogliera in tratti soggetti a piccoli franamenti superficiali, centramento dell'alveo di magra, ripristino e stuccatura di difese spondali esistenti.
- difese in scogliere allo sbocco dell'impianto di sollevamento GIDA;

Gli interventi previsti sul Calice non mutano in maniera significativa la conformazione interna dell'alveo. Inoltre gli interventi sulle arginature non ne variano la quota in sommità, per cui per tale corso d'acqua non sono state effettuate verifiche idrauliche.

Fosso Calicino:

- consolidamento della sponda sinistra con difese in scogliera nel tratto compreso tra l'opera di presa di Pantanelle e l'impinato idrovoro di alimentazione dell'invaso Nord Pantanelle;
- realizzazione di una nuova area di invaso adiacente al lago di Pantanelle, a Nord di esso, alimentata da un impianto di sollevamento e con scarico tramite paratoia a comando manuale.
- ampliamento dell'area di scavo già prevista nel I stralcio alla confluenza Calicino-Bardena.

Per il Calicino, data la tipologia di opere in progetto si è invece provveduto ad implementare un modello idraulico, con riferimento in particolare alla verifica del funzionamento delle previste 2 aree di invaso, di cui si ritiene utile specificare più in

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

dettaglio nel seguito le modalità di regolazione dei deflussi in ingresso ed uscita dalle aree di invaso.

L'immissione delle acque del Calicino nell'area di invaso alla confluenza con la Bardena avverrà tramite la paratoia mobile già prevista nel I stralcio, di dimensioni 4m x 2m, con soglia di presa a 38.40 m.s.m., e dotata di regolazione automatica monte-valle con 2 idrometri: uno posto sul Calicino, che regolerà l'apertura della paratoia e l'afflusso in cassa (apertura prevista al raggiungimento di una quota nel Calicino pari a 39.5 m.s.m.) ed uno posto all'interno della cassa, che regolerà la chiusura della paratoia stessa, indipendentemente dal livello nel Calicino (chiusura prevista con quota area di invaso pari a 39.7 m.s.m.). I volumi di invaso così sfruttati sono ora pari a circa 26000 mc. La quota di fondo scavo sarà tale da garantire la possibilità di scarico a gravità nel Calicino ad evento di piena passato dalla stessa paratoia di presa. La quota di chiusura della paratoia è stata fissata più bassa di circa 0,2 m della quota di scorrimento degli scatolari posti al di sotto della Tangenziale, in modo da evitare il ritorno delle acque nel Calicino. La quota di apertura della paratoia è stata variata rispetto al I stralcio a seguito dell'introduzione in progetto dell'area di invaso Nord Pantanelle, per ottimizzare il funzionamento complessivo del sistema. Lo scarico avverrà sempre nel Calicino ad evento di piena passato. Indicativamente lo scarico potrà avvenire in presenza di quote lato Calicino poste in un intorno di 39.5 m.s.m., in base anche alla prevista dinamica dell'evento di piena.

L'immissione delle acque del Calicino nell'invaso Nord Pantanelle avverrà tramite un impianto idrovoro costituito da 2 pompe sommergibili di identiche caratteristiche, con installazione fissa in vano di calcestruzzo, con portata di progetto pari a circa 0.6 mc/sec a fronte di una prevalenza di circa 1.6 m, con potenza nominale di circa 15 KW ciascuna. L'accensione e spegnimento delle pompe verrà comandata in automatico sulla base dei livelli del pelo libero esistenti lato Calicino e lato area di invaso. E' prevista l'accensione dell'impianto al raggiungimento nel Calicino di quota 39.95 ed il suo spegnimento al raggiungimento nel Calicino di quota 39.66 o nell'invaso di quota 40 m.s.m., indipendentemente dalla quota del pelo libero lato Calicino.

Considerando che nell'area la quota media del piano campagna è pari circa a 39 m.s.m. e che la superficie dell'invaso è pari a circa 30000 mq è possibile sfruttare un'altezza utile di invaso di 1.0 m a cui corrisponde un volume di invaso di circa 30000 mc.

La nuova area di invaso sarà realizzata mediante la costruzione di nuove arginature, per una lunghezza di circa 600m e altezza massima sul piano campagna di circa 1.5m. Verrà inoltre consolidato l'argine Nord del lago di Pantanelle, con un ringrosso esterno. La larghezza in testa delle arginature sarà pari a 4m, per consentire il passaggio dei mezzi per la manutenzione. La quota delle arginature sarà pari a 40.5 m slm.

Sul lato Ovest le arginature saranno realizzate in adiacenza ad un fosso di drenaggio esistente, che raccoglie le acque dell'area compresa tra tangenziale e Bardena. Tale fosso sottopassa il rilevato della tangenziale con una tubazione D800 e poi scorre lungo la golenella sinistra del Calicino fino a sboccare nel Calicino stesso con

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

immissione munita di clapet.

Le arginature di nuova realizzazione si immergeranno sul lato Ovest sul rilevato della nuova tangenziale, in corrispondenza del punto di alimentazione dell'invaso che avverrà da uno scatolare esistente di sezione 2.2 m x 1.7 m posto sotto al rilevato della tangenziale, tramite un impianto di sollevamento con presa sul Calicino. In corrispondenza dell'immissione delle acque del Calicino nell'invaso verrà lasciato nelle arginature un varco di larghezza 5 m, a cavallo dello scatolare esistente sotto il rilevato della tangenziale. Per non variare il funzionamento del fosso di drenaggio esistente in condizioni di piogge ordinarie, in corrispondenza del punto di immissione delle acque del Calicino all'interno dell'invaso è previsto l'intubamento di un tratto di fosso di lunghezza pari a circa 34 m. Il fosso in tale tratto defluirà quindi al di sotto dell'opera di presa e delle arginature dell'invaso. Il diametro della tubazione sarà di 800 mm, identico al diametro della tubazione esistente sotto al rilevato della tangenziale.

Le terre per la realizzazione degli argini deriveranno dagli scavi di ampliamento dell'area di invaso alla confluenza Calicino-Bardena.

Lo scarico dell'area di invaso avverrà mediante una tubazione diametro 800mm, posta all'estremità Sud-Ovest dell'invaso, munita di paratoia a manovra manuale, la quale addurrà le acque alla fossa esistente posta a piede tangenziale sul lato Est del rilevato stradale, che raccoglie le acque dell'area compresa tra tangenziale ed argine della Bardena. Tale fossa recapita le sue acque nel Calicino a valle di circa 250 m dal punto di presa dell'invaso, sottopassando il rilevato della tangenziale con una tubazione in clz. di diametro 800 mm e correndo poi verso il recapito finale al piede esterno lato Ovest del rilevato stradale, lungo la golenale sinistra del Calicino. La paratoia verrà tenuta normalmente chiusa ed aperta per lo svuotamento dell'invaso ad evento di piena passato. Indicativamente lo scarico potrà avvenire in presenza di quote lato Calicino poste in un intorno di 39.7 m.s.m. (poco inferiore alla quota dell'intradosso del ponte di Via Casale e Faticci), in base anche alla prevista dinamica dell'evento di piena.

4. RELAZIONE IDROLOGICA

Gli idrogrammi di piena trentennali e duecentennali per i corsi d'acqua di interesse sono stati forniti direttamente dall'Autorità di Bacino del fiume Arno.

Per il calcolo degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno 5 anni nel Fosso Calicino si rimanda a quanto già esposto in fase di progettazione del I stralcio di interventi. In questa sede sono di interesse anche gli idrogrammi di tempo di ritorno 5 anni per il torrente Bardena (Bagnolo), ricettore delle acque del Fosso Calicino, per cui si è fatto riferimento direttamente ai dati del modello di regionalizzazione delle portate di piena ALTO.

Come già evidenziato in fase di progettazione di I stralcio le portate idrologiche del Calicino non riescono a defluire in alveo per l'insufficienza della sezione di deflusso, anche in assenza di piena della Bardena. In particolare si notano esondazioni notevoli

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

già nel tratto a monte della A11, causate anche dalle ridotte dimensioni del tombamento esistente al di sotto dello stesso rilevato autostradale. In virtù di tali esondazioni le portate del Calicino vengono ad essere fortemente ridotte nel tratto a valle della A11, limitando le differenze tra scenari con diverso tempo di ritorno e diversa durata di pioggia. In generale per i diversi scenari di calcolo non si hanno a valle della A11 portate superiori a circa 4.5 mc/sec (senza considerare eventuali portate aggiuntive di sfioro derivanti dall'impianto di depurazione GIDA).

Le esondazioni del Calicino a valle A11 sono quindi dovute essenzialmente agli effetti di rigurgito da valle, anche se si evidenzia comunque un effetto di restringimento (con conseguente rigurgito a monte) indotto dalla presenza dell'attraversamento di Via Casale e Faticci, il cui effetto viene comunque a svanire al crescere dei livelli di valle.

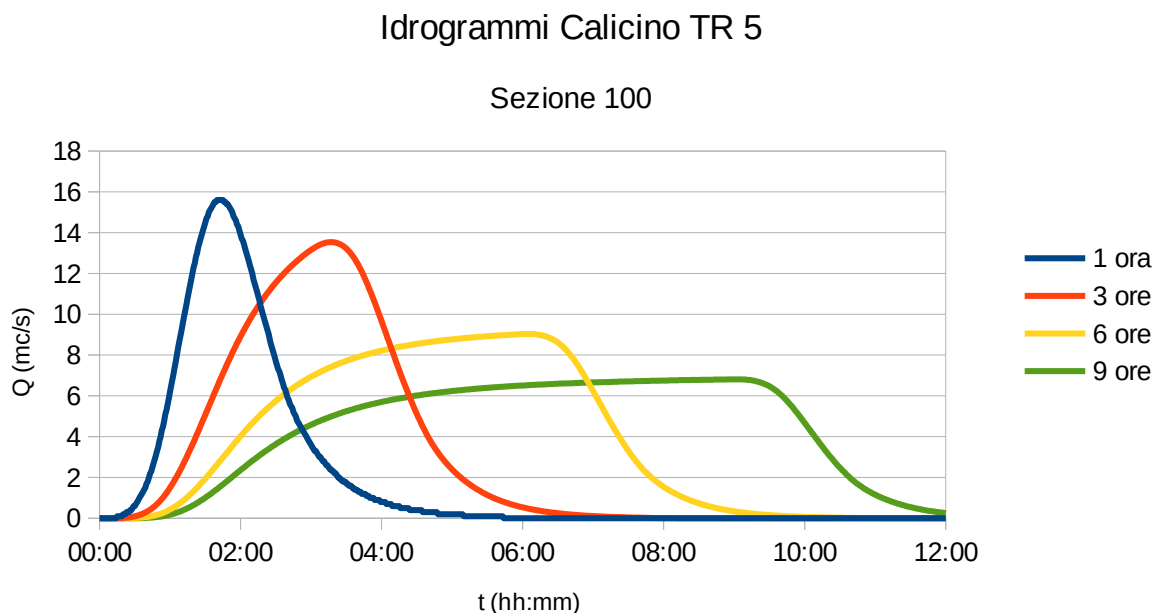


Figura 2: Idrogrammi delle portate in ingresso alla sezione 100 del Calicino inserite nel modello HEC-RAS per eventi con tempo di ritorno di 5 anni

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

Idrogrammi Bardena TR 5

Sezione 60013

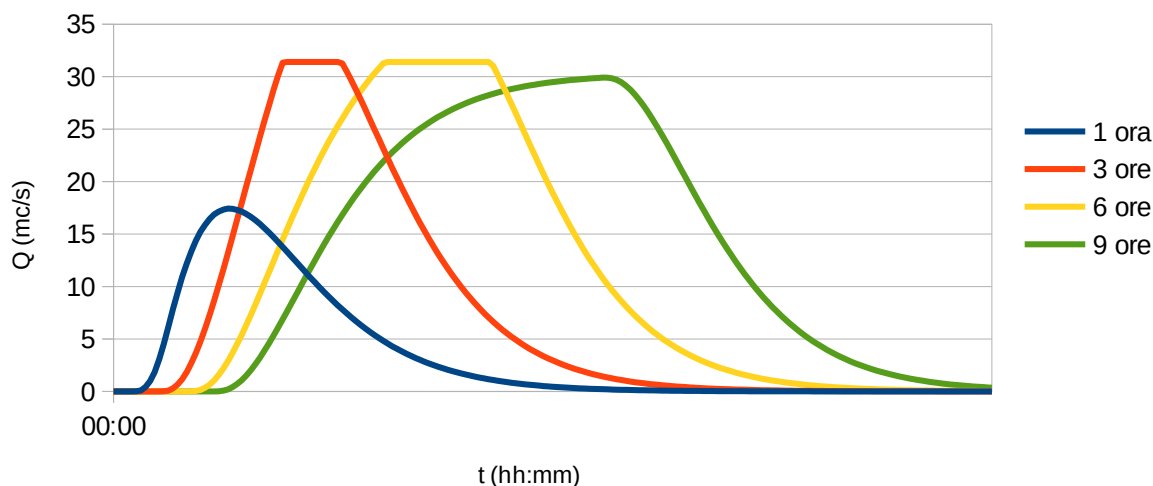


Figura 3: Idrogrammi delle portate in ingresso alla sezione 60013 della Bardena inserite nel modello HEC-RAS per eventi con tempo di ritorno di 5 anni. Gli idrogrammi sono stati tagliati al valore di picco 31.4 mc/s, portata massima transitabile in alveo nel tratto in esame da modello AB Arno per scenari trentennali.

5. RELAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica condotta per il Fosso Calicino è stata condotta mediante il software HEC-RAS 4.1 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano, nell'ipotesi di moto vario monodimensionale. Lo scopo principale delle analisi condotte è quello di indagare il comportamento del Calicino. A tal fine sono stati predisposti distinti modelli idraulici, descritti nel seguito e caratterizzati da geometrie e condizioni al contorno diverse, funzionali alla verifica di scenari con diverso tempo di ritorno e diverse condizioni di rigurgito da valle.

Sono state effettuate simulazioni relative alle condizioni di stato attuale e di stato di progetto. Per gli scenari con tempo di ritorno di 5 anni si sono considerate 2 diverse ipotesi di sbocco della Bardena nell'Ombrone: sbocco a moto uniforme e sbocco con contemporanea piena dell'Ombrone.

5.1. Modello matematico a moto vario

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

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

Equazione di continuità:

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

Equazione di conservazione della quantità di moto:

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

con:

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

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

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come box scheme. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo skyline, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

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

Per ulteriori dettagli sulle equazioni e gli algoritmi di calcolo si rimanda alla

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

manualistica di HEC-RAS ed in particolare all'Hydraulic Reference Manual.

5.2. Simulazione idraulica

Le diverse simulazioni (plan) sono individuate con un codice nella forma TrXXX_yyH_SAn/SPn dove XXX è il tempo di ritorno in anni, yy la durata di pioggia espressa in ore, SA ed SP indicano lo stato attuale (SA) e lo stato di progetto (SP). Il numero n indica se nel modello è stata impiegata la condizione di sbocco libero a valle (n=1) o di rigurgito (n=2). Le durate di pioggia che sono state simulate sono pari a 1, 3, 6, 9, 18 e 24 ore. Sono stati presi in considerazione eventi con tempo di ritorno pari a 5, 30 e 200 anni.

5.2.1. Geometria del modello

Il tratto modellato del Calicino si estende dalla sezione 0 alla sezione 99.9, per una lunghezza complessiva di circa 3595 m, da circa 1240 m a monte dell'attraversamento della A11 fino allo sbocco nella Bardena.

La geometria del modello è stata definita a partire dal modello trasmesso dall'Autorità di Bacino, su cui sono stati inseriti gli interventi in progetto, oltre agli scatolari posti al di sotto del rilevato della Tangenziale Ovest. Poiché le aree di interesse in questa sede sono quelle a valle della A11 si sono lasciate le sole storage area presenti a valle dell'autostrada, mantenendo tuttavia le lateral structure definite su tutto il tratto del Calicino modellato, al fine di individuare comunque anche nei tratti di monte potenziali problemi di esondazione. Sono state definite diverse geometrie, relative alle condizioni di stato attuale (SA) e di stato di progetto (SP). Esiste inoltre differenza tra i modelli relativi alle simulazioni con scenari con Tr30 e Tr200 e scenari con Tr5. Per Tr30e Tr200 si è utilizzato un modello comprendente l'asta del Calicino e le storage area fornite dall'Autorità di Bacino, a cui sono state fornite come condizioni al contorno le esondazioni derivate dal modello completo del bacino dell'Ombrone redatto dall'Autorità di Bacino stessa. Dallo stesso modello sono state riprese le condizioni al contorno di monte e valle del Calicino, in modo da ricostruire una modellazione coerente con quanto già implementato dall'A. B. Arno. Per Tr5 si è utilizzato un modello comprendente l'asta del Calicino e della Bardena, imponendo poi 2 diverse condizioni di sbocco della Bardena nell'Ombrone. L'inserimento della Bardena nel modello consente di valutarne direttamente gli effetti in termini di rigurgiti sul Calicino.

Nella geometria dello stato di progetto sono stati inseriti i previsti interventi di sistemazione del Calicino: impianto di sollevamento ed area di invaso Nord Pantanelle, area di invaso in scavo alla confluenza Calicino-Bardena con relativa opera di presa. Non è stato inserito nel modello l'impianto di sollevamento di GIDA (potenzialità 2 mc/sec), che ha recapito nel Calice e la cui effettiva possibilità di utilizzo dipende dalla quota del pelo libero all'interno del Calice nel corso dell'evento di piena.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

Le curve di invaso delle aree di laminazione in progetto (a Nord del Lago di Pantanelle e ampliamento area di invaso alla confluenza Calicino-Bardena) sono le seguenti:

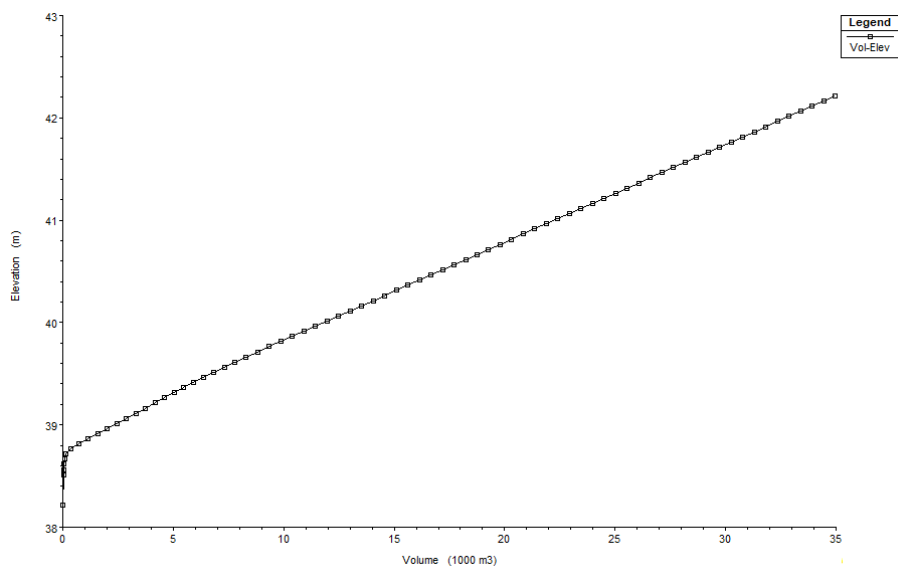


Figura 4: curva di invaso AreaInvaso_N

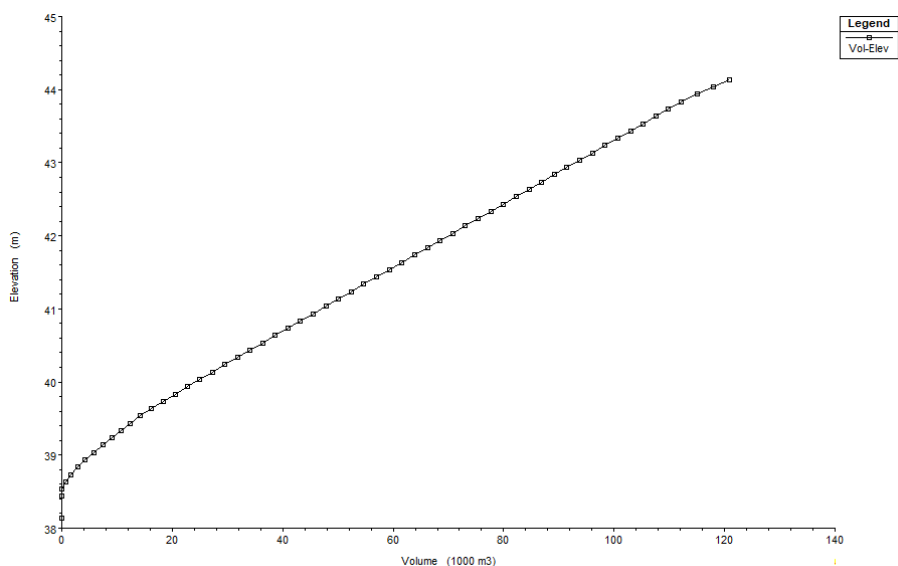


Figura 5: curva di invaso AreaInvaso_S

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

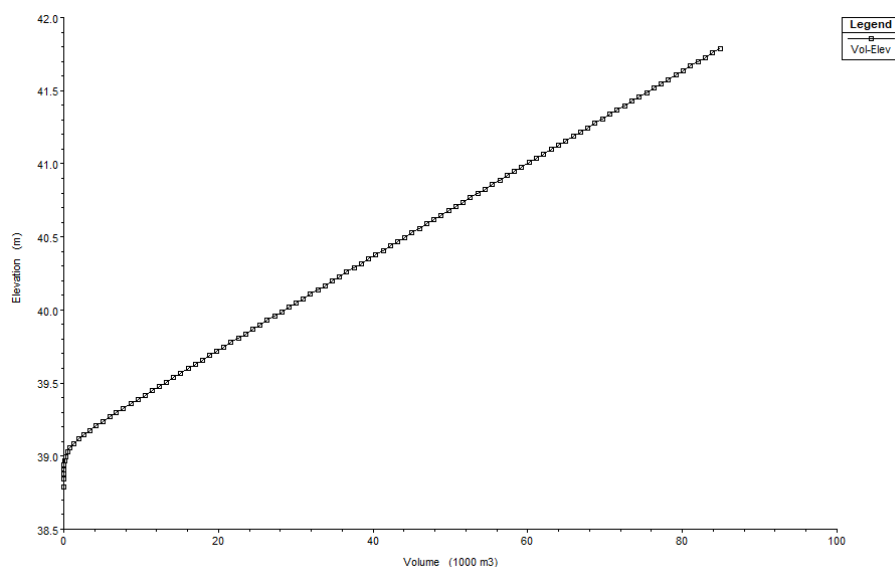


Figura 6: curva di invaso Nord Pantanelle

5.2.2. Coefficienti di scabrezza

I coefficienti di scabrezza di Manning impiegati sono i seguenti:

- $n=0.035$ per l'alveo inciso;
- $n=0.040$ per le aree golenali.

5.2.3. Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno impiegate per l'analisi si differenziano sulla base dei tempi di ritorno e degli scenari considerati, e sono le seguenti:

- condizione al contorno di monte: per simulazioni con tempo di ritorno di 30 e 200 anni idrogrammi di massima piena desunti dalla modellazione idrologica condotta dall'Autorità di Bacino del fiume Arno nel quadro dello studio di approfondimento sul bacino del torrente Ombrone. Per simulazioni con tempo di ritorno di 5 anni idrogrammi di piena per il Calicino e la Bardena desunti dalla modellazione idrologica di I stralcio (Calicino) e dal modello ALTO (Bardena). Gli idrogrammi della Bardena tagliati alla portata massima di 31.4 mc/s, portata massima transitabile in alveo nel tratto in esame da modello AB Arno per scenari trentennali;
- condizione al contorno di valle:
 - simulazioni con tempo di ritorno di 30 e 200 anni, stato attuale e di progetto (serie di plan con $n=2$): si è fatto riferimento alle condizioni al contorno desunte dai modelli dell'Autorità di Bacino, che considerano piena contemporanea dei corsi d'acqua principali e secondari del bacino

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

dell'Ombrone (con conseguente presenza di significativi effetti di rigurgito da valle per il Calicino). Per tali tempi di ritorno non si sono considerate quindi condizioni di “sbocco libero a valle” del Calicino.

- simulazioni con tempo di ritorno di 5 anni, stato attuale e di progetto: sono state valutate 2 distinte ipotesi: piena contemporanea di Calicino e Bardena, con sbocco libero della Bardena in Ombrone (serie di plan con $n=1$) e piena contemporanea di Calicino e Bardena, considerando tuttavia condizioni di piena anche nell'Ombrone (serie di plan con $n=2$). In questo secondo caso, considerando che dalla modellistica dell'A.B. Arno per eventi trentennali alla sezione 292.5 dell'Ombrone si hanno quote del pelo libero variabili tra 41.53 e 41.67 m.s.m., con una sommità arginale a 42.28 m.s.m. e considerando che la portata idrologica fornita da ALTO per Tr 5 anni per la sezione dell'Ombrone in esame è comparabile con la portata idraulica desumibile dalle simulazioni trentennali dell'Autorità di Bacino, si è assunto in assenza di calcoli di maggior dettaglio una quota massima alla confluenza Bardena-Ombrone pari a 41.28 m.s.m. per eventi con Tr5, di poco inferiore quindi alla quota trentennale. L'andamento temporale dell'idrogramma dei livelli è stato poi assunto pari a quelli derivati dall'A.B. Arno per eventi trentennali (con l'unica accortezza di sostituire i valori di quota superiori a 41.28 con la quota massima considerata, pari appunto a 41.28 m.s.m.).

Per gli scenari con Tr5 anni, funzionali a valutare le caratteristiche di esondazione del solo Fosso Calicino, considerando che portata massima del Calicino si ha per una durata di pioggia di 1 ora, si sono simulate durate di 1, 3, 6 e 9 ore. Per gli scenari con Tr30 e Tr200, in cui le condizioni di deflusso dell'area sono dominate dagli effetti di rigurgito dei corsi d'acqua principali (che hanno durate critiche maggiori), si sono simulate durate di 9, 12, 18 e 24 ore.

Diversamente da quanto effettuato nella modellazione di I stralcio non si sono quindi adottate condizioni di sbocco a moto uniforme per il Calicino, condizioni che erano comunque funzionali solo alla valutazione del comportamento delle opere in progetto a fronte di piene di modesta entità, riconoscendo comunque inequivocabilmente che le criticità dell'area di studio sono legate agli effetti di rigurgito da valle da parte della rete principale e che le opere in progetto possono apportare solo benefici secondari per le condizioni di rischio idraulico a fronte di eventi trentennali e duecentennali, come discusso anche nel seguito.

In funzione dell'ampliamento dell'area di scavo e dell'ottimizzazione complessiva sotto il profilo idraulico del sistema risulta necessario modificare la quota nel Calicino di apertura della paratoia di alimentazione dell'area di invaso prevista in progetto di primo stralcio. In particolare si ha quanto segue:

- progetto esecutivo I° stralcio:

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

- apertura paratoia quota pelo libero Calicino 38.8 m slm
- chiusura paratoia quota pelo libero in area di invaso 39.7 m slm
- progetto esecutivo II° stralcio:
 - apertura paratoia quota pelo libero Calicino 39.5 m slm
 - chiusura paratoia quota pelo libero in area di invaso 39.7 m slm

Tale modifica è funzionale al bilanciamento dei volumi di invaso tra l'area Nord Pantanelle e l'invaso posto alla confluenza Calicino-Bardena.

5.3. Risultati delle simulazioni idrauliche

In allegato al presente documento si riportano in dettaglio i risultati dell'analisi idraulica condotta, in termini di profili, tabelle e sezioni per i diversi scenari esaminati e per gli stati attuali e di progetto.

Nel capitolo seguente si procede ad una valutazione dei risultati della modellazione eseguita.

6. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

6.1. Scenari con tempo di ritorno di 30 e 200 anni: confronto stato attuale e stato di progetto

Le seguenti tabelle riportano le quote massime del pelo libero all'interno delle storage area che interessano l'area di studio, allo stato attuale ed allo stato di progetto, per eventi con tempo di ritorno di 30 e 200 anni.

Storage Area	Profile	Plan	W.S. Elev	SA Min El	Net Flux	SA Area	SA Volume
			(m)	(m)	(m3/s)	(1000 m2)	(1000 m3)
APE019	Max WS	TR30_9H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_12H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_18H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_24H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_9H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_12H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_18H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR30_24H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE020	Max WS	TR30_9H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR30_12H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE020	Max WS	TR30_18H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR30_24H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR30_9H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR30_12H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR30_18H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR30_24H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE021_C	Max WS	TR30_9H_SA2	40.44	38.60	-13.16	47.96	59.75
APE021_C	Max WS	TR30_12H_SA2	40.53	38.60	-11.50	47.96	64.02
APE021_C	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.60	-5.75	47.97	95.91
APE021_C	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.60	-6.54	48.02	77.88
APE021_C	Max WS	TR30_9H_SP2	40.44	38.73	-19.25	35.87	40.77
APE021_C	Max WS	TR30_12H_SP2	40.53	38.73	-19.71	35.87	44.06
APE021_C	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.73	1.61	35.87	67.90
APE021_C	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.73	0.59	35.87	54.44
APE021_N	Max WS	TR30_9H_SA2	40.44	38.12	2.18	43.02	63.35
APE021_N	Max WS	TR30_12H_SA2	40.53	38.12	2.04	43.02	67.18
APE021_N	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.12	9.04	43.55	95.94
APE021_N	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.12	7.33	43.20	79.63
APE021_N	Max WS	TR30_9H_SP2	40.44	38.12	2.19	43.02	63.19
APE021_N	Max WS	TR30_12H_SP2	40.53	38.12	2.27	43.02	67.14
APE021_N	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.12	1.05	43.55	95.93
APE021_N	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.12	-0.03	43.20	79.63
APE021_S	Max WS	TR30_9H_SA2	40.44	38.37	0.99	22.86	25.48
APE021_S	Max WS	TR30_12H_SA2	40.53	38.37	1.60	22.86	27.51
APE021_S	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.37	0.72	22.95	42.75
APE021_S	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.37	0.00	22.94	34.13
APE022	Max WS	TR30_9H_SA2	39.87	37.97	6.07	113.31	114.35
APE022	Max WS	TR30_12H_SA2	40.47	37.97	0.29	116.71	183.40
APE022	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	37.97	40.02	117.39	267.47
APE022	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	37.97	7.02	116.71	223.49
APE022	Max WS	TR30_9H_SP2	39.86	37.97	6.08	113.31	113.04
APE022	Max WS	TR30_12H_SP2	40.47	37.97	0.29	116.71	183.33
APE022	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	37.97	38.22	117.39	267.43
APE022	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	37.97	8.19	116.71	223.46
APE023_EL	Max WS	TR30_9H_SA2	40.42	38.55	0.41	59.37	64.12

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

APE023_EL	Max WS	TR30_12H_SA2	40.51	38.55	2.29	60.43	69.49
APE023_EL	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.55	0.17	66.48	113.20
APE023_EL	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.55	8.92	63.34	88.72
APE023_EL	Max WS	TR30_9H_SP2	40.41	38.55	0.34	89.88	105.85
APE023_EL	Max WS	TR30_12H_SP2	40.51	38.55	1.70	89.88	114.21
APE023_EL	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.55	0.17	99.79	179.37
APE023_EL	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.55	0.62	95.53	143.16
APE023_Lago	Max WS	TR30_9H_SA2	40.39	38.32	2.70	57.06	81.52
APE023_Lago	Max WS	TR30_12H_SA2	40.51	38.32	-0.60	57.55	88.00
APE023_Lago	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.32	1.24	60.27	128.67
APE023_Lago	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.32	-7.71	58.75	106.19
APE023_Lago	Max WS	TR30_9H_SP2	40.38	38.32	4.06	57.06	80.65
APE023_Lago	Max WS	TR30_12H_SP2	40.51	38.32	-0.43	57.55	88.04
APE023_Lago	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.32	1.24	60.27	128.65
APE023_Lago	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.32	0.84	58.75	106.15
APE024	Max WS	TR30_9H_SA2	39.94	38.42	-0.88	105.50	56.88
APE024	Max WS	TR30_12H_SA2	40.47	38.42	12.49	118.45	115.75
APE024	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.42	41.69	121.37	201.83
APE024	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.42	24.10	118.45	156.41
APE024	Max WS	TR30_9H_SP2	39.93	38.42	-1.04	105.50	56.24
APE024	Max WS	TR30_12H_SP2	40.47	38.42	13.80	118.45	115.68
APE024	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.42	41.68	121.37	201.79
APE024	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.42	19.27	118.45	156.41
APE167	Max WS	TR30_9H_SA2	41.39	37.41	-7.86	106.60	118.78
APE167	Max WS	TR30_12H_SA2	41.39	37.41	-8.10	106.60	119.10
APE167	Max WS	TR30_18H_SA2	41.38	37.41	-7.34	106.60	118.03
APE167	Max WS	TR30_24H_SA2	41.34	37.41	-4.85	106.60	113.81
APE167	Max WS	TR30_9H_SP2	41.39	37.41	-7.86	106.60	118.78
APE167	Max WS	TR30_12H_SP2	41.39	37.41	-8.10	106.60	119.10
APE167	Max WS	TR30_18H_SP2	41.38	37.41	-7.34	106.60	118.03
APE167	Max WS	TR30_24H_SP2	41.34	37.41	-4.85	106.60	113.81
APE200	Max WS	TR30_9H_SA2	40.33	39.08	0.00	67.18	26.24
APE200	Max WS	TR30_12H_SA2	40.40	39.08	0.00	67.18	31.01
APE200	Max WS	TR30_18H_SA2	41.20	39.08	0.09	73.54	87.06
APE200	Max WS	TR30_24H_SA2	39.34	39.08	0.02	1.60	0.06
APE200	Max WS	TR30_9H_SP2	40.33	39.08	0.00	67.18	26.24

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE200	Max WS	TR30_12H_SP2	40.40	39.08	0.00	67.18	31.01
APE200	Max WS	TR30_18H_SP2	41.20	39.08	0.01	73.54	87.06
APE200	Max WS	TR30_24H_SP2	39.34	39.08	0.02	1.60	0.06
NordPantanelle	Max WS	TR30_9H_SA2	40.42	38.79	-0.13	31.42	41.57
NordPantanelle	Max WS	TR30_12H_SA2	40.51	38.79	-0.49	31.47	44.39
NordPantanelle	Max WS	TR30_18H_SA2	41.19	38.79	0.36	31.79	66.10
NordPantanelle	Max WS	TR30_24H_SA2	40.82	38.79	0.26	31.39	54.17
NordPantanelle	Max WS	TR30_9H_SP2	40.00	38.79	0.00	31.26	28.60
NordPantanelle	Max WS	TR30_12H_SP2	40.03	38.79	0.47	31.30	29.39
NordPantanelle	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.79	0.00	31.79	66.09
NordPantanelle	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.79	0.00	31.39	54.16
AreaInvaso_N	Max WS	TR30_9H_SP2	40.44	38.21	8.37	10.46	16.36
AreaInvaso_N	Max WS	TR30_12H_SP2	40.53	38.21	9.99	10.46	17.32
AreaInvaso_N	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.21	3.41	10.46	24.27
AreaInvaso_N	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.21	2.72	10.46	20.35
AreaInvaso_S	Max WS	TR30_9H_SP2	40.44	38.14	-0.87	22.86	34.08
AreaInvaso_S	Max WS	TR30_12H_SP2	40.53	38.14	-0.53	22.86	36.18
AreaInvaso_S	Max WS	TR30_18H_SP2	41.19	38.14	-1.91	22.95	51.43
AreaInvaso_S	Max WS	TR30_24H_SP2	40.82	38.14	-2.41	22.90	42.82

Tabella 2 - Quote massime del pelo libero nell'area di studio per eventi con tempo di ritorno di 30 anni: stato attuale e stato di progetto.

Storage Area	Profile	Plan	W.S. Elev	SA Min El	Net Flux	SA Area	SA Volume
			(m)	(m)	(m3/s)	(1000 m2)	(1000 m3)
APE019	Max WS	TR200_9H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR200_12H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR200_18H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR200_24H_SA2	38.24	38.20	0.00	9.05	0.40
APE019	Max WS	TR200_9H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR200_12H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR200_18H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR200_24H_SP2	38.24	38.20	0.00	9.05	0.40
APE020	Max WS	TR200_9H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR200_12H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR200_18H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR200_24H_SA2	38.10	37.95	0.26	14.80	2.20
APE020	Max WS	TR200_9H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE020	Max WS	TR200_12H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR200_18H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR200_24H_SP2	38.10	37.95	0.26	14.80	2.20
APE021_C	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.60	-1.90	48.02	80.00
APE021_C	Max WS	TR200_12H_SA2	41.15	38.60	9.71	47.97	93.93
APE021_C	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.60	4.89	47.96	119.74
APE021_C	Max WS	TR200_24H_SA2	41.85	38.60	3.50	47.96	127.66
APE021_C	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.73	0.90	35.87	55.97
APE021_C	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.73	9.19	35.87	66.39
APE021_C	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.73	-7.74	35.88	85.73
APE021_C	Max WS	TR200_24H_SP2	41.85	38.73	2.43	35.87	91.66
APE021_N	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.12	1.05	43.20	81.55
APE021_N	Max WS	TR200_12H_SA2	41.15	38.12	-6.03	43.55	94.18
APE021_N	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.12	0.07	43.94	117.64
APE021_N	Max WS	TR200_24H_SA2	41.85	38.12	2.36	43.94	124.90
APE021_N	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.12	0.62	43.20	81.48
APE021_N	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.12	-6.07	43.55	94.11
APE021_N	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.12	9.00	43.94	117.62
APE021_N	Max WS	TR200_24H_SP2	41.85	38.12	2.36	43.94	124.90
APE021_S	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.37	2.87	22.94	35.13
APE021_S	Max WS	TR200_12H_SA2	41.15	38.37	0.93	22.95	41.80
APE021_S	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.37	-1.45	22.99	54.16
APE021_S	Max WS	TR200_24H_SA2	41.85	38.37	1.20	22.98	57.95
APE022	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	37.97	0.71	116.71	229.01
APE022	Max WS	TR200_12H_SA2	41.16	37.97	0.42	117.39	263.07
APE022	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	37.97	2.75	117.94	325.95
APE022	Max WS	TR200_24H_SA2	41.86	37.97	5.89	117.94	345.68
APE022	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	37.97	5.74	116.71	228.76
APE022	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	37.97	0.10	117.39	262.89
APE022	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	37.97	3.92	117.94	325.91
APE022	Max WS	TR200_24H_SP2	41.86	37.97	0.00	117.94	345.72
APE023_EL	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.55	-0.28	63.79	91.66
APE023_EL	Max WS	TR200_12H_SA2	41.15	38.55	49.15	66.48	110.61
APE023_EL	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.55	-34.17	69.83	147.06
APE023_EL	Max WS	TR200_24H_SA2	41.86	38.55	70.99	71.31	158.93

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE023_EL	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.55	0.29	95.53	147.35
APE023_EL	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.55	-0.43	99.79	175.33
APE023_EL	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.55	0.56	103.41	228.88
APE023_EL	Max WS	TR200_24H_SP2	41.86	38.55	-0.74	103.41	246.27
APE023_Lago	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.32	1.05	59.38	108.91
APE023_Lago	Max WS	TR200_12H_SA2	41.16	38.32	-19.00	59.69	126.33
APE023_Lago	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.32	0.25	61.44	158.76
APE023_Lago	Max WS	TR200_24H_SA2	41.86	38.32	-36.10	61.07	169.11
APE023_Lago	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.32	1.30	59.38	108.75
APE023_Lago	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.32	1.20	59.69	126.21
APE023_Lago	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.32	0.71	61.44	158.76
APE023_Lago	Max WS	TR200_24H_SP2	41.86	38.32	1.14	61.07	169.09
APE024	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.42	14.62	118.45	162.04
APE024	Max WS	TR200_12H_SA2	41.16	38.42	2.29	121.37	197.24
APE024	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.42	10.80	124.28	262.65
APE024	Max WS	TR200_24H_SA2	41.86	38.42	-3.13	124.28	283.67
APE024	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.42	18.49	118.45	161.82
APE024	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.42	3.00	121.37	197.06
APE024	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.42	5.40	124.28	262.69
APE024	Max WS	TR200_24H_SP2	41.86	38.42	10.27	124.28	283.64
APE167	Max WS	TR200_9H_SA2	41.41	37.41	-9.44	106.60	120.86
APE167	Max WS	TR200_12H_SA2	41.41	37.41	-10.05	106.60	121.60
APE167	Max WS	TR200_18H_SA2	41.68	37.41	2.76	110.91	150.59
APE167	Max WS	TR200_24H_SA2	41.86	37.41	-1.80	110.91	169.66
APE167	Max WS	TR200_9H_SP2	41.41	37.41	-9.44	106.60	120.86
APE167	Max WS	TR200_12H_SP2	41.41	37.41	-10.05	106.60	121.60
APE167	Max WS	TR200_18H_SP2	41.68	37.41	0.52	110.91	150.63
APE167	Max WS	TR200_24H_SP2	41.86	37.41	-3.61	110.91	169.66
APE200	Max WS	TR200_9H_SA2	40.53	39.08	0.14	67.18	39.82
APE200	Max WS	TR200_12H_SA2	41.16	39.08	0.82	73.54	84.17
APE200	Max WS	TR200_18H_SA2	41.68	39.08	2.00	75.37	122.85
APE200	Max WS	TR200_24H_SA2	41.85	39.08	3.38	75.37	135.80
APE200	Max WS	TR200_9H_SP2	40.53	39.08	0.13	67.18	39.78
APE200	Max WS	TR200_12H_SP2	41.16	39.08	0.06	73.54	84.17
APE200	Max WS	TR200_18H_SP2	41.68	39.08	-0.17	75.37	122.87
APE200	Max WS	TR200_24H_SP2	41.85	39.08	2.74	75.37	135.80

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

NordPantanelle	Max WS	TR200_9H_SA2	40.86	38.79	0.32	31.76	55.64
NordPantanelle	Max WS	TR200_12H_SA2	41.16	38.79	-29.65	31.79	64.88
NordPantanelle	Max WS	TR200_18H_SA2	41.69	38.79	34.43	31.48	81.76
NordPantanelle	Max WS	TR200_24H_SA2	41.86	38.79	-34.61	31.79	87.11
NordPantanelle	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.79	0.00	31.76	55.55
NordPantanelle	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.79	0.00	31.79	64.81
NordPantanelle	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.79	0.00	31.48	81.76
NordPantanelle	Max WS	TR200_24H_SP2	41.86	38.79	0.03	31.79	87.10
AreaInvaso_N	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.21	-2.70	10.46	20.80
AreaInvaso_N	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.21	-2.40	10.38	23.83
AreaInvaso_N	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.21	3.45	10.46	29.47
AreaInvaso_N	Max WS	TR200_24H_SP2	41.85	38.21	1.15	10.46	31.20
AreaInvaso_S	Max WS	TR200_9H_SP2	40.86	38.14	2.95	22.94	43.78
AreaInvaso_S	Max WS	TR200_12H_SP2	41.15	38.14	3.74	22.95	50.45
AreaInvaso_S	Max WS	TR200_18H_SP2	41.69	38.14	-1.45	22.97	62.84
AreaInvaso_S	Max WS	TR200_24H_SP2	41.85	38.14	1.20	22.97	66.63

Tabella 3 - Quote massime del pelo libero nell'area di studio per eventi con tempo di ritorno di 200 anni: stato attuale e stato di progetto.

Le differenze esistenti tra lo stato attuale e lo stato di progetto a fronte di eventi trentennali e duecentennali sono marginali, come dimostrato dalle differenze tra le quote massime di invaso all'interno delle storage area del modello per gli scenari di stato attuale e di stato di progetto. Gli interventi in progetto hanno quindi effetto trascurabile a fronte dei tempi di ritorno normativi, come era prevedibile attendersi viste le caratteristiche dell'area in esame. Peraltro lo scopo dichiarato degli interventi non è quello della messa in sicurezza dell'area, ma della mitigazione di rischio a fronte di eventi di piena con basso tempo di ritorno e del consolidamento delle arginature del Calice e del Calicino a tutela di rotture arginali che andrebbero ad aggravare un quadro già critico.

6.2. Scenari con tempo di ritorno di 5 anni: confronto stato attuale e stato di progetto

Le tabelle seguenti riportano le quote di massimo invaso per le storage area che discretizzano l'area di studio, per la serie di plan con sbocco della Bardena in Ombrone libero (serie di plan n=1) e per la serie di plan con sbocco della Bardena in Ombrone, con contemporanea condizione di piena dell'Ombrone (serie di plan n=2).

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

Storage Area	Profile	Plan	W.S. Elev	SA Min El	Net Flux	SA Area	SA Volume
			(m)	(m)	(m3/s)	(1000 m2)	(1000 m3)
APE019	Max WS	TR05_01H_SA1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_03H_SA1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_06H_SA1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_09H_SA1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_01H_SP1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_03H_SP1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_06H_SP1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_09H_SP1	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE020	Max WS	TR05_01H_SA1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_03H_SA1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_06H_SA1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_09H_SA1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_01H_SP1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_03H_SP1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_06H_SP1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_09H_SP1	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_01H_SA1	38.60	38.60	0.00	4.19	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_03H_SA1	38.60	38.60	0.00	4.19	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_06H_SA1	38.60	38.60	0.00	4.19	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_09H_SA1	38.60	38.60	0.00	4.19	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_01H_SP1	38.73	38.73	0.00	0.02	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_03H_SP1	38.73	38.73	0.00	0.02	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_06H_SP1	38.73	38.73	0.00	0.02	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_09H_SP1	38.73	38.73	0.00	0.02	0.00
APE021_N	Max WS	TR05_01H_SA1	38.12	38.12	0.00	0.00	0.00
APE021_N	Max WS	TR05_03H_SA1	38.12	38.12	0.00	0.00	0.00
APE021_N	Max WS	TR05_06H_SA1	38.69	38.12	0.02	5.98	0.54
APE021_N	Max WS	TR05_09H_SA1	38.88	38.12	0.09	30.44	2.04
APE021_N	Max WS	TR05_01H_SP1	38.12	38.12	0.00	0.00	0.00
APE021_N	Max WS	TR05_03H_SP1	38.12	38.12	0.00	0.00	0.00
APE021_N	Max WS	TR05_06H_SP1	38.12	38.12	0.00	0.00	0.00
APE021_N	Max WS	TR05_09H_SP1	38.12	38.12	0.00	0.00	0.00
APE021_S	Max WS	TR05_01H_SA1	38.37	38.37	0.00	0.36	0.00

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE021_S	Max WS	TR05_03H_SA1	38.37	38.37	0.00	0.36	0.00
APE021_S	Max WS	TR05_06H_SA1	38.37	38.37	0.00	0.36	0.00
APE021_S	Max WS	TR05_09H_SA1	38.37	38.37	0.00	0.36	0.00
APE022	Max WS	TR05_01H_SA1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_03H_SA1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_06H_SA1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_09H_SA1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_01H_SP1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_03H_SP1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_06H_SP1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE022	Max WS	TR05_09H_SP1	37.97	37.97	0.00	0.08	0.00
APE023_EL	Max WS	TR05_01H_SA1	38.96	38.55	0.02	4.47	0.24
APE023_EL	Max WS	TR05_03H_SA1	39.04	38.55	0.09	8.07	0.79
APE023_EL	Max WS	TR05_06H_SA1	39.12	38.55	0.14	20.33	2.03
APE023_EL	Max WS	TR05_09H_SA1	39.17	38.55	0.08	26.92	3.05
APE023_EL	Max WS	TR05_01H_SP1	38.55	38.55	0.00	4.01	0.00
APE023_EL	Max WS	TR05_03H_SP1	38.55	38.55	0.00	4.01	0.00
APE023_EL	Max WS	TR05_06H_SP1	38.55	38.55	0.00	4.01	0.00
APE023_EL	Max WS	TR05_09H_SP1	38.55	38.55	0.00	4.01	0.00
APE023_Lago	Max WS	TR05_01H_SA1	38.90	38.32	0.01	20.08	1.55
APE023_Lago	Max WS	TR05_03H_SA1	38.92	38.32	0.08	33.79	1.90
APE023_Lago	Max WS	TR05_06H_SA1	38.95	38.32	0.16	33.79	2.93
APE023_Lago	Max WS	TR05_09H_SA1	38.97	38.32	0.17	42.04	3.95
APE023_Lago	Max WS	TR05_01H_SP1	38.90	38.32	0.00	20.08	1.52
APE023_Lago	Max WS	TR05_03H_SP1	38.90	38.32	0.00	20.08	1.52
APE023_Lago	Max WS	TR05_06H_SP1	38.90	38.32	0.00	20.08	1.52
APE023_Lago	Max WS	TR05_09H_SP1	38.90	38.32	0.00	20.08	1.52
APE024	Max WS	TR05_01H_SA1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_03H_SA1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_06H_SA1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_09H_SA1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_01H_SP1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_03H_SP1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_06H_SP1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00
APE024	Max WS	TR05_09H_SP1	38.42	38.42	0.00	0.04	0.00

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE167	Max WS	TR05_01H_SA1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_03H_SA1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_06H_SA1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_09H_SA1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_01H_SP1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_03H_SP1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_06H_SP1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_09H_SP1	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE200	Max WS	TR05_01H_SA1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_03H_SA1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_06H_SA1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_09H_SA1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_01H_SP1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_03H_SP1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_06H_SP1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_09H_SP1	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
NordPantanelle	Max WS	TR05_01H_SA1	38.96	38.79	0.07	2.44	0.11
NordPantanelle	Max WS	TR05_03H_SA1	39.04	38.79	0.16	11.23	0.68
NordPantanelle	Max WS	TR05_06H_SA1	39.12	38.79	0.24	22.97	2.08
NordPantanelle	Max WS	TR05_09H_SA1	39.17	38.79	0.25	25.81	3.16
NordPantanelle	Max WS	TR05_01H_SP1	38.79	38.79	0.00	0.02	0.00
NordPantanelle	Max WS	TR05_03H_SP1	38.79	38.79	0.00	0.02	0.00
NordPantanelle	Max WS	TR05_06H_SP1	38.79	38.79	0.00	0.02	0.00
NordPantanelle	Max WS	TR05_09H_SP1	38.79	38.79	0.00	0.02	0.00
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_01H_SP1	38.14	38.21	0.00	0.10	0.00
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_03H_SP1	38.93	38.21	0.00	8.59	1.75
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_06H_SP1	39.27	38.21	0.04	8.71	4.63
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_09H_SP1	39.52	38.21	0.00	9.62	6.93
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_01H_SP1	38.14	38.14	0.00	0.07	0.00
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_03H_SP1	38.93	38.14	0.67	13.44	4.15
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_06H_SP1	39.27	38.14	0.85	16.71	9.59
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_09H_SP1	39.52	38.14	0.74	18.41	14,08

Tabella 4 - Quote massime del pelo libero nell'area di studio per eventi con tempo di ritorno di 5 anni: stato attuale e stato di progetto. Condizioni di sbocco libero della Bardena in Ombrone. (la storage area di stato attuale APE021_S corrisponde alle 2 storage area di stato di progetto AreaInvaso_N e AreaInvaso_S, separate dal metanodotto SNAM).

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

Storage Area	Profile	Plan	W.S. Elev	SA Min El	Net Flux	SA Area	SA Volume
			(m)	(m)	(m3/s)	(1000 m2)	(1000 m3)
APE019	Max WS	TR05_01H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_03H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_06H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_09H_SA2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_01H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_03H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_06H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE019	Max WS	TR05_09H_SP2	38.20	38.20	0.00	9.05	0.00
APE020	Max WS	TR05_01H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_03H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_06H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_09H_SA2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_01H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_03H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_06H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE020	Max WS	TR05_09H_SP2	37.95	37.95	0.00	14.80	0.00
APE021_C	Max WS	TR05_01H_SA2	39.94	38.60	6.41	48.01	35.84
APE021_C	Max WS	TR05_03H_SA2	40.33	38.60	6.12	47.97	54.50
APE021_C	Max WS	TR05_06H_SA2	40.49	38.60	-3.21	47.96	62.08
APE021_C	Max WS	TR05_09H_SA2	40.55	38.60	-1.00	47.96	65.05
APE021_C	Max WS	TR05_01H_SP2	39.88	38.73	2.76	35.87	21.01
APE021_C	Max WS	TR05_03H_SP2	40.25	38.73	9.76	35.88	34.07
APE021_C	Max WS	TR05_06H_SP2	40.44	38.73	-5.14	35.87	40.76
APE021_C	Max WS	TR05_09H_SP2	40.50	38.73	-4.77	35.87	43.23
APE021_N	Max WS	TR05_01H_SA2	39.94	38.12	0.10	42.29	42.12
APE021_N	Max WS	TR05_03H_SA2	40.33	38.12	-0.59	42.73	58.67
APE021_N	Max WS	TR05_06H_SA2	40.49	38.12	3.35	43.02	65.43
APE021_N	Max WS	TR05_09H_SA2	40.55	38.12	1.98	43.02	68.10
APE021_N	Max WS	TR05_01H_SP2	39.88	38.12	2.36	42.29	39.73
APE021_N	Max WS	TR05_03H_SP2	40.25	38.12	-5.46	42.73	55.21
APE021_N	Max WS	TR05_06H_SP2	40.44	38.12	4.25	43.02	63.18
APE021_N	Max WS	TR05_09H_SP2	40.50	38.12	2.46	43.02	66.14
APE021_S	Max WS	TR05_01H_SA2	39.94	38.37	1.45	22.16	14.30
APE021_S	Max WS	TR05_03H_SA2	40.33	38.37	1.51	22.70	23.00

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

APE021_S	Max WS	TR05_06H_SA2	40.49	38.37	1.19	22.86	26.59
APE021_S	Max WS	TR05_09H_SA2	40.55	38.37	-0.67	22.86	28.01
APE022	Max WS	TR05_01H_SA2	38.72	37.97	0.41	21.32	5.97
APE022	Max WS	TR05_03H_SA2	39.04	37.97	1.23	91.71	26.56
APE022	Max WS	TR05_06H_SA2	39.68	37.97	5.69	111.63	92.50
APE022	Max WS	TR05_09H_SA2	40.22	37.97	0.00	114.48	153.87
APE022	Max WS	TR05_01H_SP2	38.59	37.97	0.23	21.32	3.37
APE022	Max WS	TR05_03H_SP2	39.04	37.97	1.25	91.71	26.31
APE022	Max WS	TR05_06H_SP2	39.61	37.97	4.53	111.63	85.32
APE022	Max WS	TR05_09H_SP2	40.17	37.97	0.00	114.48	148.33
APE023_EL	Max WS	TR05_01H_SA2	39.94	38.55	1.70	51.92	37.55
APE023_EL	Max WS	TR05_03H_SA2	40.33	38.55	1.21	58.31	58.99
APE023_EL	Max WS	TR05_06H_SA2	40.48	38.55	0.45	59.89	67.81
APE023_EL	Max WS	TR05_09H_SA2	40.52	38.55	-23.99	60.43	70.63
APE023_EL	Max WS	TR05_01H_SP2	39.86	38.55	4.18	82.11	57.69
APE023_EL	Max WS	TR05_03H_SP2	40.25	38.55	1.29	89.88	91.20
APE023_EL	Max WS	TR05_06H_SP2	40.43	38.55	-0.02	89.88	107.367
APE023_EL	Max WS	TR05_09H_SP2	40.48	38.55	0.18	89.88	112.26
APE023_Lago	Max WS	TR05_01H_SA2	39.66	38.32	2.81	55.61	40.27
APE023_Lago	Max WS	TR05_03H_SA2	40.22	38.32	3.82	56.75	71.72
APE023_Lago	Max WS	TR05_06H_SA2	40.48	38.32	0.39	56.91	86.37
APE023_Lago	Max WS	TR05_09H_SA2	40.52	38.32	0.22	57.67	89.08
APE023_Lago	Max WS	TR05_01H_SP2	39.58	38.32	2.77	55.42	35.75
APE023_Lago	Max WS	TR05_03H_SP2	40.08	38.32	3.08	56.47	63.82
APE023_Lago	Max WS	TR05_06H_SP2	40.43	38.32	0.50	57.21	83.68
APE023_Lago	Max WS	TR05_09H_SP2	40.48	38.32	-0.08	57.55	86.79
APE024	Max WS	TR05_01H_SA2	39.40	38.42	2.19	40.16	13.46
APE024	Max WS	TR05_03H_SA2	39.51	38.42	1.99	71.86	20.81
APE024	Max WS	TR05_06H_SA2	39.89	38.42	2.93	90.67	52.08
APE024	Max WS	TR05_09H_SA2	40.22	38.42	12.46	112.85	86.32
APE024	Max WS	TR05_01H_SP2	39.37	38.42	2.19	40.16	12.15
APE024	Max WS	TR05_03H_SP2	39.51	38.42	2.23	71.86	20.96
APE024	Max WS	TR05_06H_SP2	39.81	38.42	2.30	90.67	44.51
APE024	Max WS	TR05_09H_SP2	40.17	38.42	12.32	105.50	80.87
APE167	Max WS	TR05_01H_SA2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

APE167	Max WS	TR05_03H_SA2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_06H_SA2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_09H_SA2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_01H_SP2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_03H_SP2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_06H_SP2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE167	Max WS	TR05_09H_SP2	37.41	37.41	0.00	0.04	0.00
APE200	Max WS	TR05_01H_SA2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_03H_SA2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_06H_SA2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_09H_SA2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_01H_SP2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_03H_SP2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_06H_SP2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
APE200	Max WS	TR05_09H_SP2	39.08	39.08	0.00	0.16	0.00
NordPantanelle	Max WS	TR05_01H_SA2	39.94	38.79	1.25	31.26	26.77
NordPantanelle	Max WS	TR05_03H_SA2	40.33	38.79	1.00	31.07	38.84
NordPantanelle	Max WS	TR05_06H_SA2	40.48	38.79	-0.48	31.15	43.51
NordPantanelle	Max WS	TR05_09H_SA2	40.52	38.79	23.92	31.47	44.97
NordPantanelle	Max WS	TR05_01H_SP2	40.00	38.79	0.00	31.26	28.60
NordPantanelle	Max WS	TR05_03H_SP2	40.00	38.79	0.00	31.26	28.60
NordPantanelle	Max WS	TR05_06H_SP2	40.00	38.79	0.00	31.26	28.60
NordPantanelle	Max WS	TR05_09H_SP2	40.00	38.79	0.00	31.26	28.60
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_01H_SP2	39.88	38.21	-1.45	10.44	10.61
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_03H_SP2	40.25	38.21	2.37	10.46	14.41
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_06H_SP2	40.44	38.21	0.98	10.46	16.36
AreaInvaso_N	Max WS	TR05_09H_SP2	40.50	38.21	3.58	10.46	17.08
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_01H_SP2	39.88	38.14	1.38	22.10	21.70
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_03H_SP2	40.25	38.14	1.47	22.76	29.83
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_06H_SP2	40.44	38.14	1.01	22.86	34.08
AreaInvaso_S	Max WS	TR05_09H_SP2	40.50	38.14	-0.78	22.86	35.67

Tabella 5 - Quote massime del pelo libero nell'area di studio per eventi con tempo di ritorno di 5 anni: stato attuale e stato di progetto. Condizioni di sbocco rigurgitato della Bardena in Ombrone. (la storage area di stato attuale APE021_S corrisponde alle 2 storage area di stato di progetto AreaInvaso_N e AreaInvaso_S, separate dal metanodotto SNAM).

Con riferimento agli scenari con tempo di ritorno di 5 anni gli interventi in progetto producono invece un miglioramento nelle condizioni di rischio idraulico rispetto allo

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

stato attuale, pur senza eliminare le esondazioni. Si hanno infatti delle diminuzioni delle quote di invaso nell'ordine di qualche decimetro, variabili in funzione degli scenari e delle storage area considerate, in particolare per i plan della serie 1, che evidenziano solo limitate esondazioni in sinistra Calicino. La diminuzione delle quote di esondazione è legata ai volumi aggiuntivi di invaso resi disponibili rispetto allo stato attuale a seguito della realizzazione delle aree di invaso in progetto. Per i plan della serie n=2 (condizioni di piena dell'Ombrone) le quote di esondazione dello stato di progetto sono pochi centimetri inferiori rispetto allo stato attuale. Diverso è il comportamento del sistema per sbocco della Bardena nell'Ombrone libero (pur con la Bardena in piena, serie di plan n=1). In tali condizioni la quota di esondazione di APE023_EL si riduce di 62 cm e quella di APE021_N di 76cm.

Anche per tempi di ritorno di 5 anni si nota quindi un generale innalzamento delle quote di esondazione nel caso di condizioni di piena nell'Ombrone, collettore terminale di tutta la rete in esame, con i volumi di esondazione che risultano superiori alle capacità di invaso rese disponibili dalle 2 aree di invaso previste in progetto, a Nord del lago di Pantanelle ed alla confluenza Calicino-Bardena. Ciò conferma la sensibilità del comportamento idraulico dell'area alle piene dell'Ombrone.

Per scenari con Tr 5 anni si hanno le seguenti quote massime di invaso nelle 2 aree di invaso in progetto:

area di invaso alla confluenza Calicino-Bardena:

- serie di plan n=1: 39.57 m.s.m. , $V= 21010 \text{ m}^3$
- serie di plan n=2: 40.50 m.s.m., $V= 52750 \text{ m}^3$

Come si nota nel caso di piena contemporanea dell'Ombrone (serie di plan n=2) si viene a superare la quota massima prevista per la chiusura della paratoia mobile di alimentazione (pari a 39.7 m.s.m., cui corrisponde un volume di invaso di circa 26000 mc), con l'acqua che entra all'interno dell'area di invaso dagli scatolari posti sotto il rilevato stradale della Tangenziale. La paratoia ha infatti lo scopo di far defluire le acque all'interno dell'area di invaso con inizio dello sfioro a quote più basse rispetto a quella da cui si avrebbe l'ingresso dagli scatolari (che hanno quota di scorrimento mediamente pari a 40 m.s.m.). Al momento in cui l'acqua inizia a defluire dagli scatolari la situazione si presenta infatti già critica. Per tale motivo la quota di presa della paratoia mobile è pari a 38.40 m.s.m. L'adozione di una paratoia mobile a doppia regolazione monte-valle consente di poter gestire il sistema nella massima flessibilità ed in condizioni di sicurezza. In condizioni di piena perdurante del sistema principale e di area di invaso già riempita alla quota massima la paratoia si chiuderà. Ulteriori volumi di esondazione potranno chiaramente giungere nell'area per sormonto delle arginature della rete principale, vista la generale situazione di criticità dei corsi d'acqua in esame.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

area di invaso Nord Pantanelle:

- serie di plan n=1: 38.79 m.s.m., $V = 0 \text{ m}^3$
- serie di plan n=2: 40.00 m.s.m. , $V = 28600 \text{ m}^3$

Anche in questo caso l'adozione di un impianto di sollevamento per l'adduzione di acqua all'interno dell'area di invaso è necessaria per iniziare lo sfioro dei volumi di piena prima che si abbia l'entrata in funzione degli scatolari posti al di sotto della Tangenziale (anch'essi con quota di scorrimento intorno a 40 m.s.m.). Raggiunta quota 40 infatti nell'area del Calicino la situazione si presenta già critica (basti pensare che la quota della sede stradale di Via Casale e Faticci è pari a circa 39.95 m.s.m). Nel caso di condizioni di sbocco libero della Bardena l'area di invaso non è interessata dalle acque, che invece vanno ad invasarsi nell'invaso di valle, in corrispondenza della confluenza con la Bardena.

Nelle figure seguenti si riportano gli idrogrammi di riempimento delle aree di laminazione in progetto con riferimento ad eventi con tempo di ritorno 5 anni:

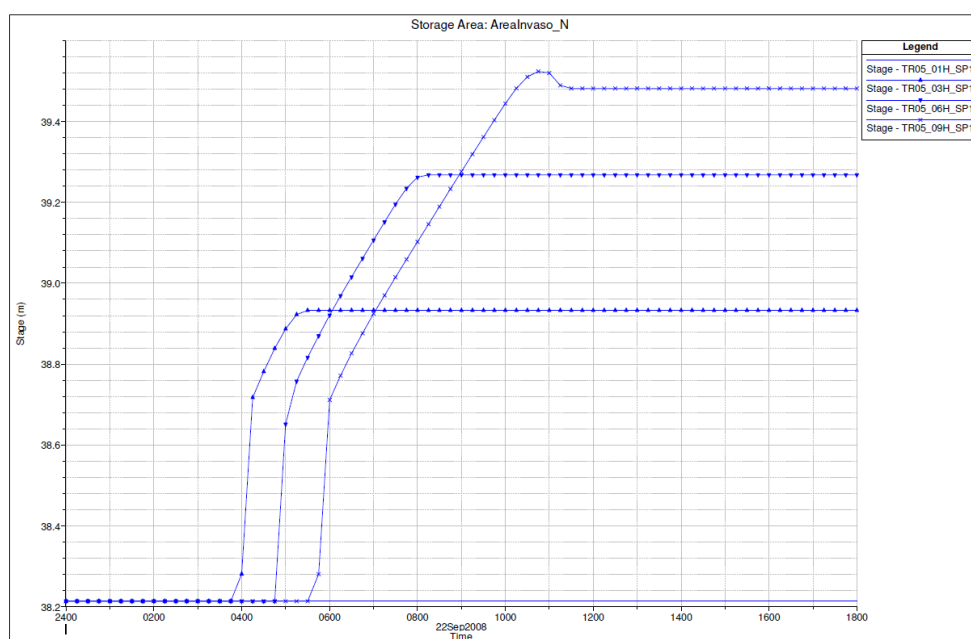


Figura 7: idrogramma di riempimento SP1 AreaInvaso_N TR5 anni

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

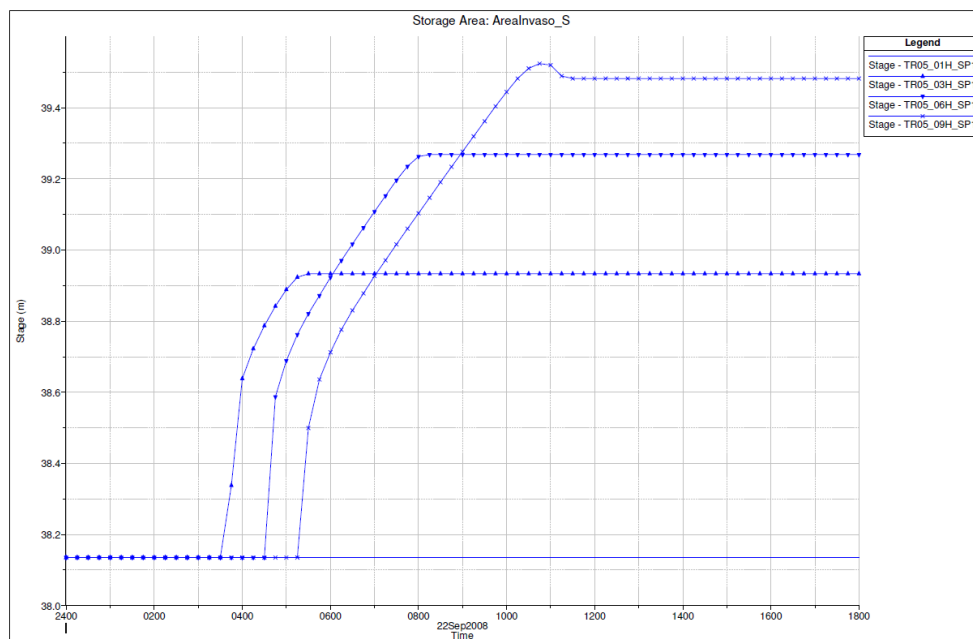


Figura 8: idrogramma di riempimento SP1 AreaInvaso_S TR5 anni

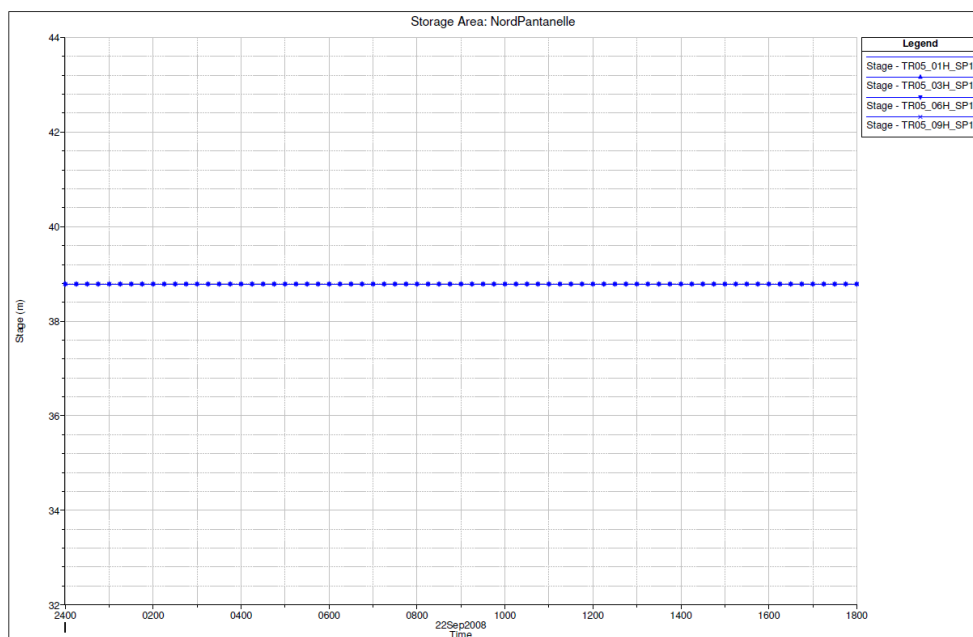


Figura 9: idrogramma di riempimento SP1 NordPantanelle TR5 anni

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	Relazione idraulica

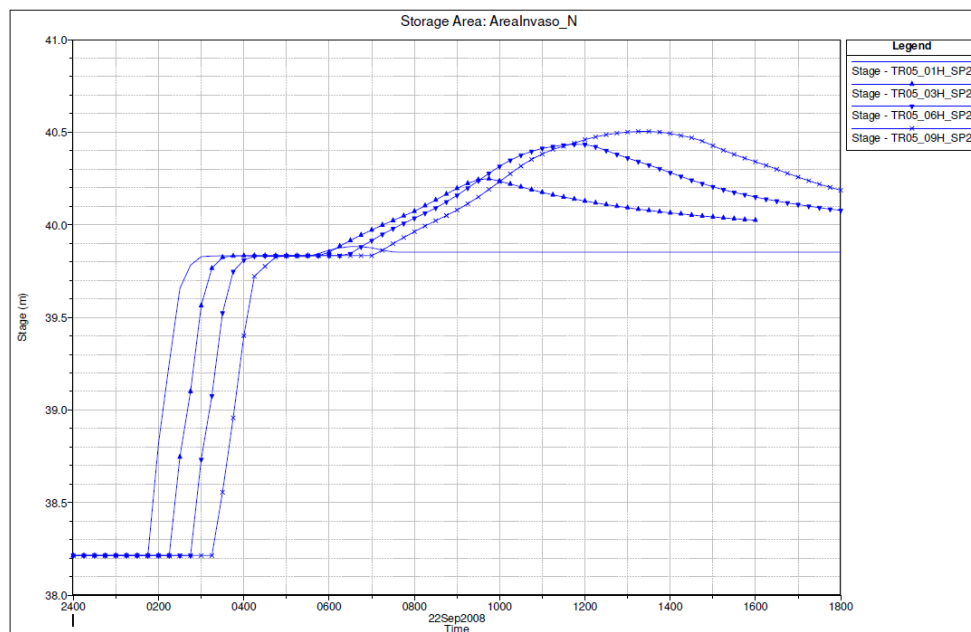


Figura 10: idrogramma di riempimento SP2 AreaInvaso_N TR5 anni

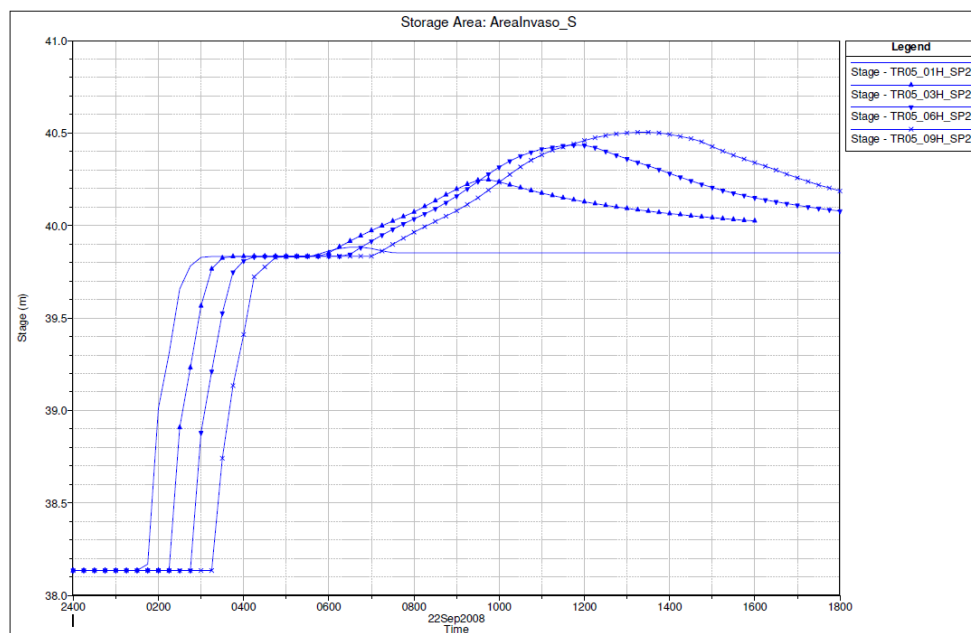


Figura 11: idrogramma di riempimento SP2 AreaInvaso_S TR5 anni

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

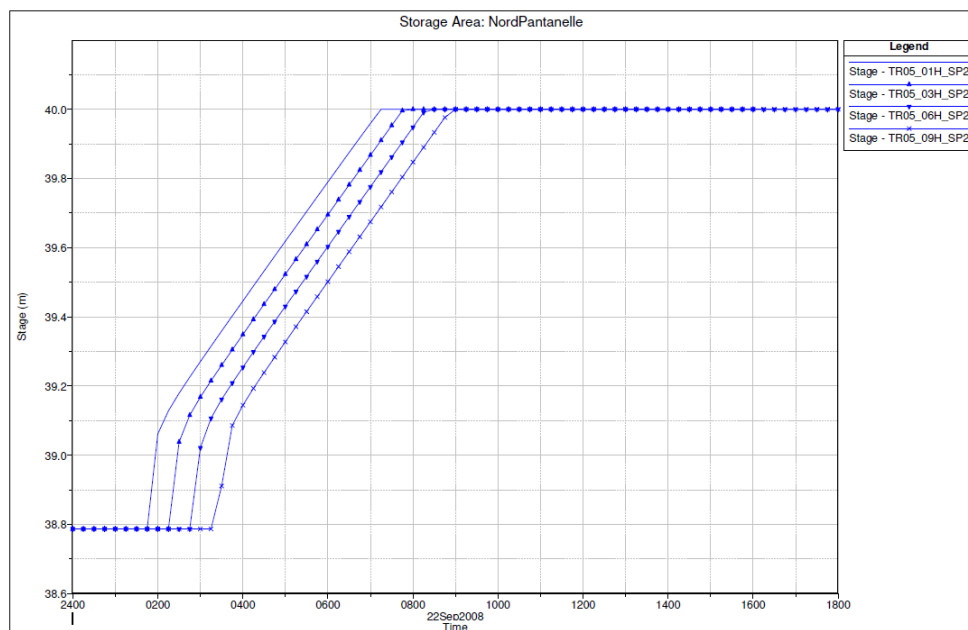


Figura 12: idrogramma di riempimento SP2 NordPantanelle TR5 anni

I 2 scenari simulati corrispondono alle condizioni estreme di funzionamento per le aree di invaso in esame, con condizioni di sbocco libero della Bardena in Ombrone e con condizioni di Bardena rigurgitata dall'Ombrone. Nella realtà fisica potranno chiaramente aversi condizioni di funzionamento intermedie tra le 2, che modificheranno la risposta del sistema idraulico.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Lavori di messa in sicurezza dell'arginatura del torrente Calice in sinistra idraulica dall'Autostrada A11 fino alla confluenza con il torrente Agna e dell'area ricompresa tra il torrente Calice ed il torrente Calicino in Comune di Prato – II stralcio	<i>Relazione idraulica</i>

7. ALLEGATI

Si riportano in allegato alla presente relazione i risultati delle simulazioni eseguite mediante il software HEC-RAS.