

Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA  
GIUNTA REGIONALE



Consorzio di Bonifica  
"Ombrone Pistoiese - Bisenzio"



Publiacqua

## Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

### STRALCIO I PROGETTO DEFINITIVO Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

R.U.P.

Arch. Francesco Bragagnolo

Via XXVII Aprile, 17 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

Via Traversa della Vergine, 81  
51100 Pistoia

GRUPPO DI LAVORO PROGETTO DEFINITIVO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista  
Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista  
Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative  
Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo  
Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di  
modifica degli strumenti vigenti  
Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria  
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale  
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris  
Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento  
ambientale  
GEOTECNAlab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici  
D.R.E.AM. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici  
Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche  
Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche  
Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo, selezione  
e trasporto materiale interte, progettazione viabilità  
R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :  
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per il  
ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento  
al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche sismiche (Progettisti: ingg.  
Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin - D.L.: ing. Sergio Rizzo)

REVISIONE PROGETTO DEFINITIVO (Decreto del Direttore n° 224 del 17.06.2013):



A4 INGEGNERIA STUDIO TECNICO ASSOCIATO - DOTT. ING. DAVID MALOSSI

VIA ROMA 26 - 59100 - PRATO  
TEL/FAX 0574442523  
MAIL: info@a4ingegneria.it

TITOLO:

RELAZIONE IDRAULICA

COD.

STI-002

DATA MARZO 2014



## **Sommario**

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Idrologia cassa di espansione.....</b>	<b>2</b>
2.1	Idrogrammi di riferimento .....	2
2.2	Condizioni al contorno e scenario di riferimento.....	5
<b>3</b>	<b>Modellazione idraulica cassa di espansione .....</b>	<b>6</b>
3.1	Implementazione in Hec-Ras 4.1.0 .....	6
3.2	Descrizione delle opere d'arte.....	6
3.2.1	Traversa in alveo.....	8
3.2.2	Sfioratore laterale.....	8
3.2.3	Sfioratore di troppo pieno.....	9
3.2.4	Connessione “monte” - “valle” .....	10
3.2.5	I due settori della cassa.....	11
3.3	Scenari di simulazione .....	13
3.3.1	Portata duecentennale .....	13
3.3.2	Portata centennale.....	17
3.3.3	Portata cinquantennale .....	20
3.3.4	Portata ventennale.....	25
3.3.5	Portata decennale.....	29
3.3.6	Portata biennale.....	33
<b>4</b>	<b>Ponte sul Torbecchia .....</b>	<b>37</b>
4.1	Criteri di verifica idraulica dell'intervento .....	37
4.2	Definizione della geometria.....	37
4.2.1	Condizioni al contorno.....	37
4.2.2	Scenari di analisi.....	37
4.3	Analisi idrologica.....	38
4.4	Analisi idraulica.....	40
4.4.1	Verifiche idrauliche.....	42
<b>5</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>54</b>



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

## **1 Premessa**

La presente relazione idraulica costituisce aggiornamento e modifica di quella allegata al progetto definitivo originario.

In sede di revisione della progettazione definitiva sono stati approfonditi i meccanismi di funzionamento della cassa di espansione a seguito delle modifiche apportate notando che le variazioni non modificano il sistema in maniera sostanziale e lasciano pressoché invariato il funzionamento dell'opera.

L'unica modifica inserita rispetto al vecchio progetto complessivo (ovvero con la presenza dell'argine traverso e dei manufatti di collegamento) è la realizzazione per intero di un argine interno, con funzione di separazione tra il settore nord ed il sud, con quota di sommità a 82.50 m.s.m. rispetto al coronamento della cassa che si attesta a 84.00 m.s.m.

La funzione dell'argine interno è quella di proteggere il settore della cassa nord, quello dove è presente il più grande dei tre laghi esistenti, da eventi meteorici con tempo di ritorno stimabile perlomeno in 15 anni. In caso di gestione delle paratoie dello scarico del settore sud della cassa, in realtà, la frequenza di allagamento del settore nord potrebbe essere allungata ancora tenendo ovviamente conto delle effettive esigenze di laminazione a livello di bacino (vedi livelli Arno).

La revisione progettuale prevede anche la realizzazione di un nuovo attraversamento sul Torbecchia, nella presente trattazione verrà dimensionata la quota di impalcato al fine di avere un idoneo franco di sicurezza sulle portate duecentennali.

## **2 Idrologia cassa di espansione**

### *2.1 IDROGRAMMI DI RIFERIMENTO*

La presente relazione fa riferimento ai contenuti del progetto definitivo originario per quanto attiene il calcolo idrologico dell'idrogramma di piena duecentennale, utilizzato per il dimensionamento delle opere d'arte di corredo alla cassa di espansione, nonché per verificarne l'efficacia di funzionamento ed individuarne i dati caratteristici salienti. In questa sede, però, risulta indispensabile definire il comportamento della cassa di espansione anche per eventi non duecentennali, ovvero con tempi di ritorno inferiori.

---

PARTE D'OPERA	Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera	ELABORATO:
		RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:	REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC	Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

Per quanto attiene la modellazione idrologica in sede di progettazione preliminare si è fatto riferimento in una prima fase ai risultati dello studio redatto dal Prof. Ing. Stefano Pagliara per conto del Consorzio di Bonifica, nell'ambito di un generale inquadramento delle problematiche di rischio idraulico del Comune di Pistoia legate all'asta del T. Ombrone. Successivamente, in occasione della conferenza di servizi, l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha richiesto di completare le verifiche idrauliche utilizzando gli idrogrammi forniti dal modello "AL.TO." aggiornato in occasione della redazione del P.A.I. nella versione "AL.TO. 2000". Ciò al fine di verificare la piena compatibilità tra le previsioni del Piano di Bacino Stralcio Rischio Idraulico ed il dimensionamento delle opere di corredo alla cassa di espansione di piano. Le verifiche condotte secondo le indicazioni dell'Autorità hanno dato esito positivo sia in sede di Comitato Tecnico, sia in sede di Comitato Istituzionale, pertanto è stata "certificata" la piena rispondenza del progetto rispetto alla pianificazione di Bacino.

Per completare le verifiche idrauliche in maniera tale da mantenere la coerenza con la pianificazione di Bacino, sono stati utilizzati i risultati forniti dal modello AL.TO. per i cui dettagli di carattere tecnico si rimanda all'ALLEGATO 1 – MODELLO AL.TO. Pertanto per la portata duecentennale resta quella dello studio Pagliara, mentre gli idrogrammi per i tempi di ritorno inferiori (2, 10, 20, 50, 100) sono ricavati da AL.TO. 2000, ed i picchi valgono, in mc/sec:

$Tr = 2$	$Tr = 10$	$Tr = 20$	$Tr = 50$	$Tr = 100$	$Tr = 200$
99.68	150.40	177.43	219.60	256.46	277.51

TABELLA 1. VALORI DELLA PORTATA DI PICCO PER I VARI TEMPI DI RITORNO

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

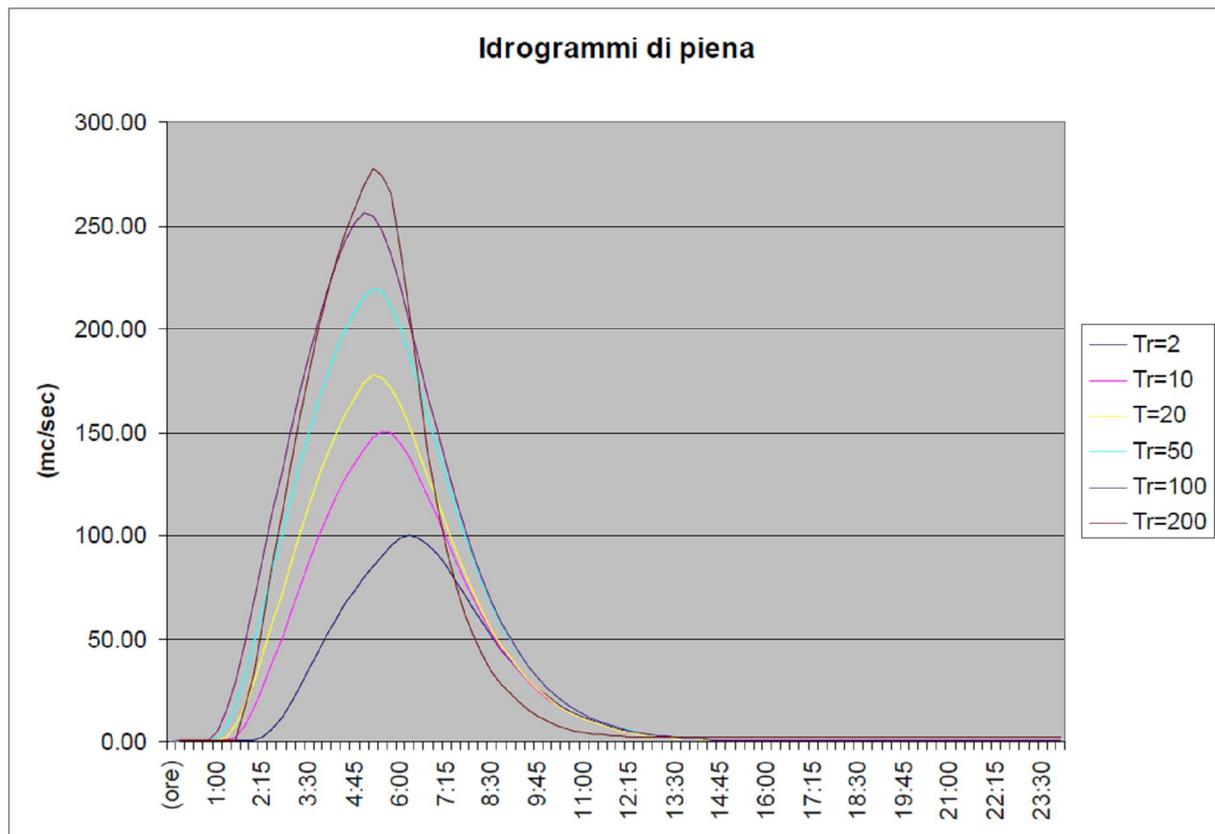


FIGURA 1. IDROGRAMMI DI PIENA PER I VARI TEMPI DI RITORNO

Gli idrogrammi di piena sopra rappresentati mostrano alcuni aspetti interessanti. In primo luogo il colmo di piena è temporalmente più spostato verso la sinistra dell'asse temporale per tempi di ritorno superiori, segno che la maggiore intensità della precipitazione fa sì che il tempo di corrivazione diminuisca, come era lecito aspettarsi trattandosi di un corso d'acqua di natura torrentizia.

Per quanto attiene la durata della pioggia critica, parametro di partenza sia per il modello idrologico - Pagliara, sia per quello regionalizzato, essa è pari a 4 ore, risultando pari al tempo di corrivazione (il tempo di concentrazione è pari a 5.15 ore da cui detrarre 1.30 ore di tempo di ruscellamento).

Tempi di pioggia più lunghi avrebbero dato origine ad onde di piena più schiacciate verso il basso (portate ridotte) con un tempo di corrivazione più elevato ed una curva di durata di forma più trapezoidale:

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

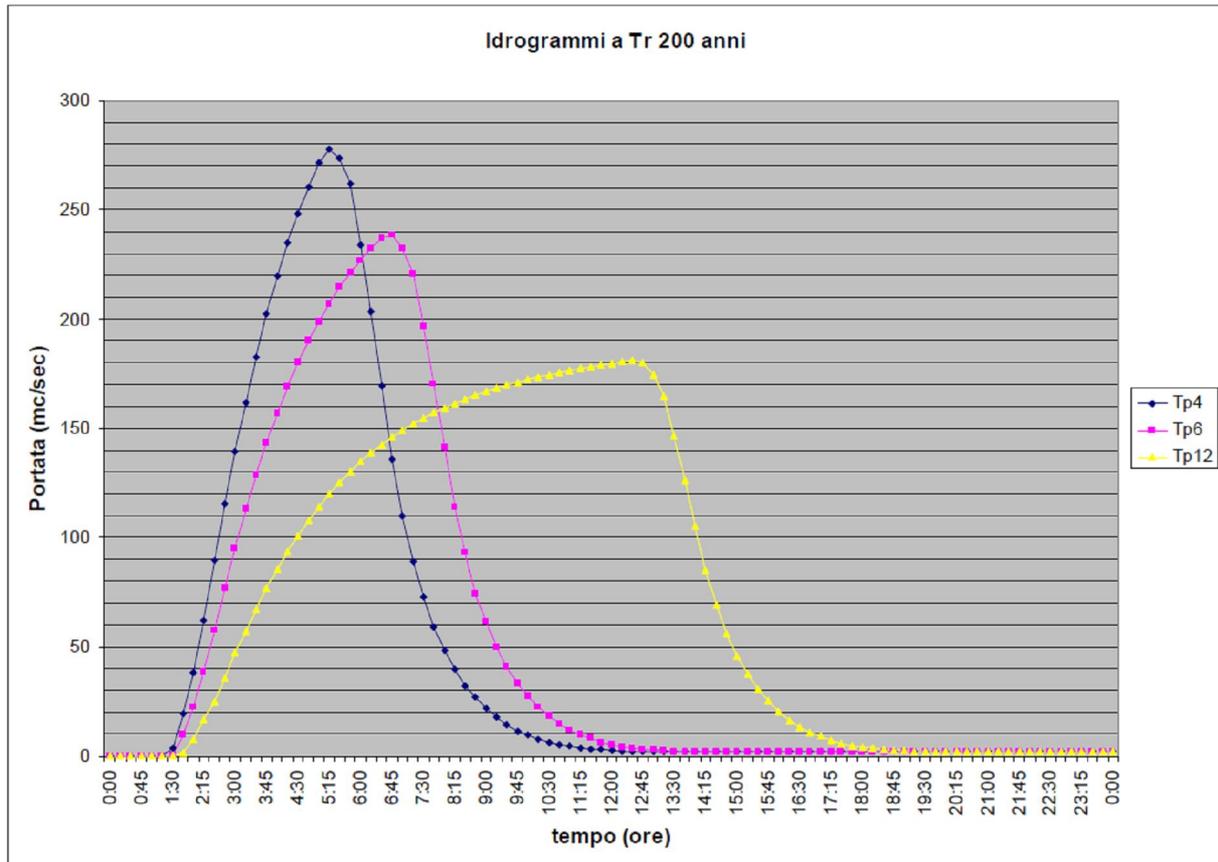


FIGURA 2. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200 ANNI AL VARIARE DELLA DURATA DI PIOGGIA

## 2.2 CONDIZIONI AL CONTORNO E SCENARIO DI RIFERIMENTO

Per quanto attiene il dimensionamento delle opere d'arte, si è fatto riferimento ad uno scenario in cui le casse di espansione a monte di quella dei Laghi Primavera non fossero ancora state realizzate.

La cassa di espansione dei Laghi Primavera è stata strutturata in due settori, "monte" e "valle", divisi da un'arginatura posta a quota 82.5 m s.l.m. dotata di una gaveta lunga 20 m posta a quota 82.0 m s.l.m.. In questo modo il settore "monte" venga allagato solo per gli eventi di piena con tempi di ritorno superiori a 10 anni, come viene riportato dettagliatamente nel capitolo successivo.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



### **3 Modellazione idraulica cassa di espansione**

#### *3.1 IMPLEMENTAZIONE IN HEC-RAS 4.1.0*

Il modello idraulico della cassa di espansione è stato implementato con il software Hec-Ras versione 4.1.0, la più avanzata attualmente in fase di sviluppo presso il Corpo degli Ingegneri americani.

Il modello è strutturato a partire dall'asta del T. Ombrone, che viene interessata nel tratto a valle del ponte del raccordo autostradale di Pistoia, laddove il modello AL.TO. fornisce l'idrogramma di riferimento per il tronco di valle.

Il modello dell'asta del T. Ombrone è stato esteso verso valle fino alla confluenza con il T. Vincio di Montagnana, in maniera tale da poter fornire gli idrogrammi di progetto necessari per il dimensionamento delle opere d'arte di corredo alla cassa di espansione in loc. San Piero in Vincio.

Per quanto attiene la cassa di espansione, essa è stata modellata attraverso le opere d'arte previste in progetto, ovvero:

- ✓ Traversa in alveo;
- ✓ Manufatto di sfioro in destra idraulica;
- ✓ Sfiatore di troppo pieno a valle della traversa;
- ✓ Opera di collegamento tra la vasca i settori "monte" e "valle";

I manufatti di restituzione non sono stati inseriti nella modellazione, considerando di mantenerli sempre chiusi durante tutto il funzionamento della cassa, non contando su di essi per identificare le strategie di gestione ottimali della cassa.

#### *3.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE D'ARTE*

Le opere d'arte di corredo alla cassa sono schematizzate nell'immagine sotto riportata.

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

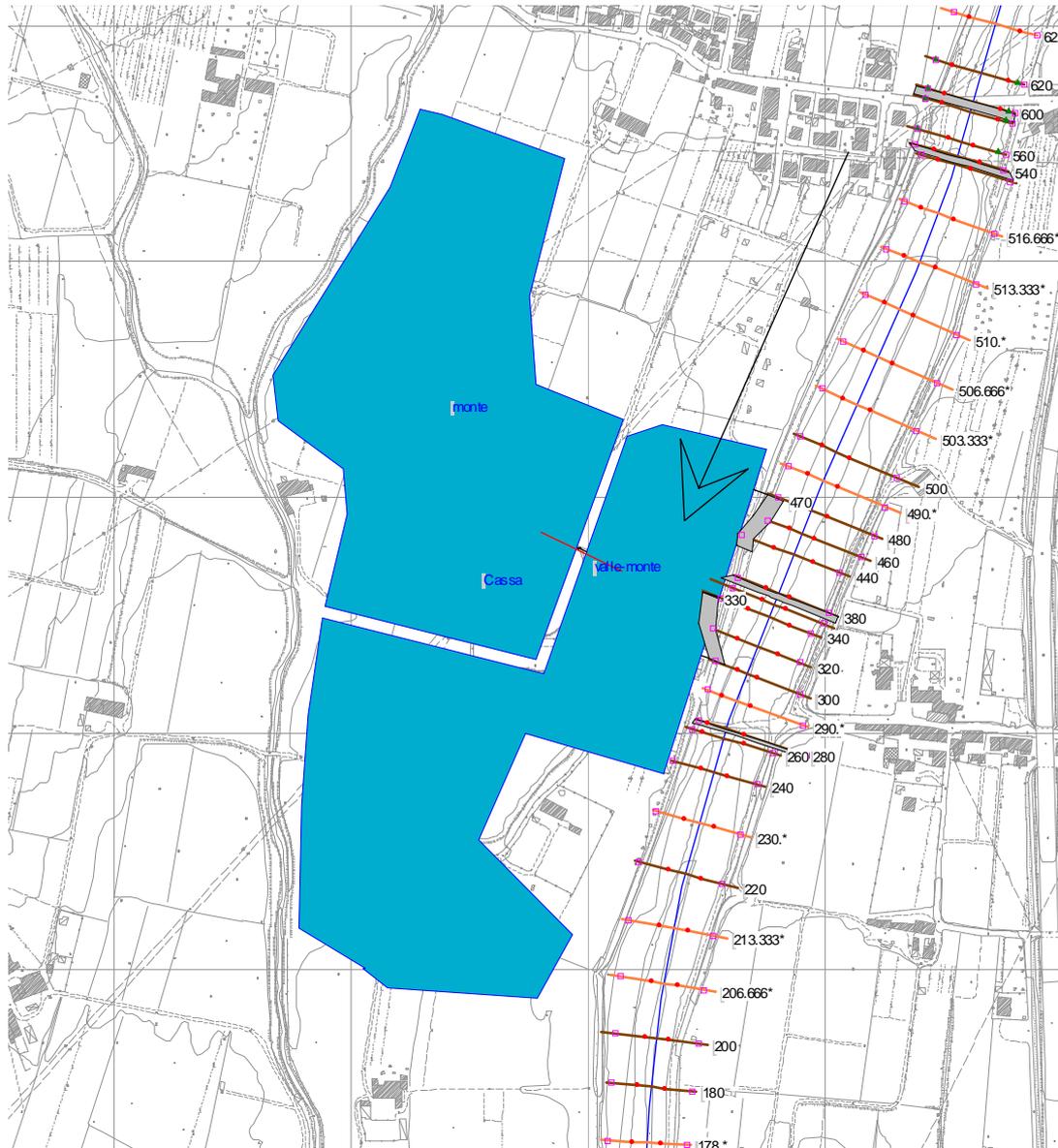


FIGURA 3. SCHEMATIZZAZIONE MODELLO IDRAULICO

Per i dettagli costruttivi si rimanda agli specifici elaborati della sezione "CAS" del presente progetto definitivo.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi



### 3.2.1 Traversa in alveo

La traversa in alveo è rappresentata da una briglia a fessura di larghezza pari a 50 m per quanto riguarda la gaveta, e con una finestra centrale di larghezza pari a 6 m. La larghezza complessiva dell'opera supera abbondantemente gli 80 m. Lo spessore supera i 5.

La quota di imposta della gaveta è fissata ad 82 m. s.l.m., mentre il fondo della finestra centrale a 78 m. s.l.m., ovvero sul fondo dell'alveo nel suo stato attuale.

Le ali della briglia si chiudono ad 84.50 m. s.l.m. ovvero con un franco di 50 cm rispetto alla sommità delle arginature di corredo alla cassa di espansione.

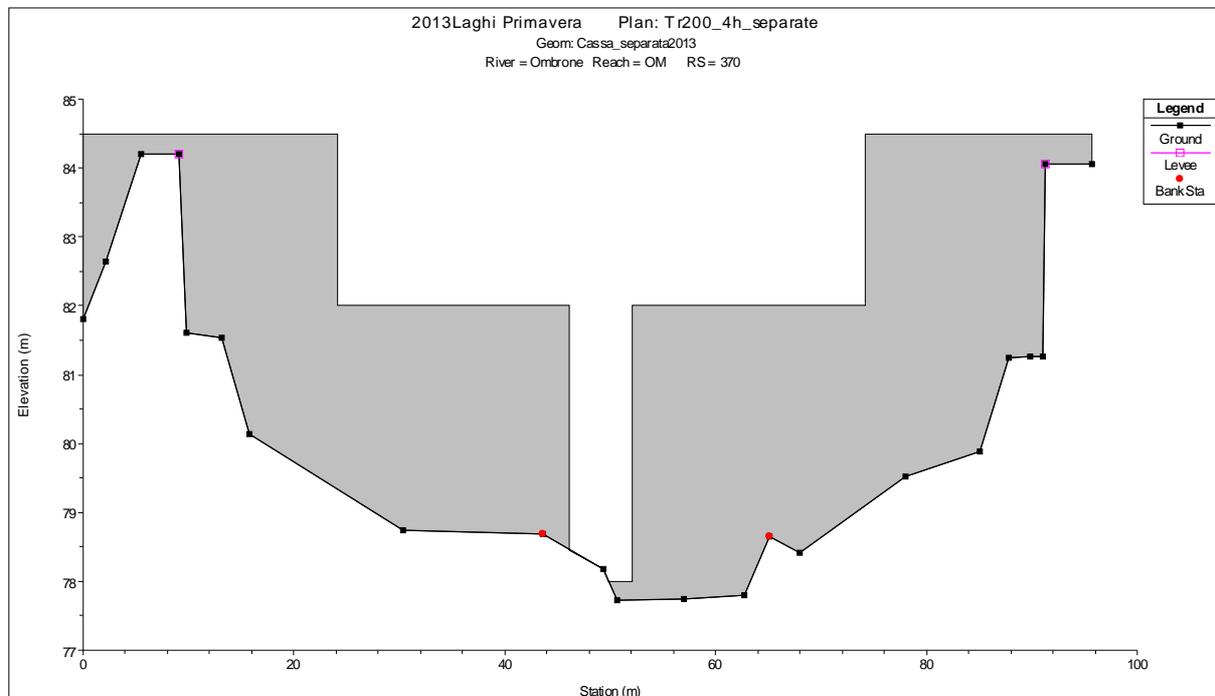


FIGURA 4. SCHEMATIZZAZIONE DELLA BRIGLIA DI PROGETTO

### 3.2.2 Sfiatore laterale

Lo sfiatore laterale, posto anch'esso a 82 m. s.l.m., è lungo 50 m, e si trova immediatamente a monte della traversa, in destra idraulica del T. Ombrone.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

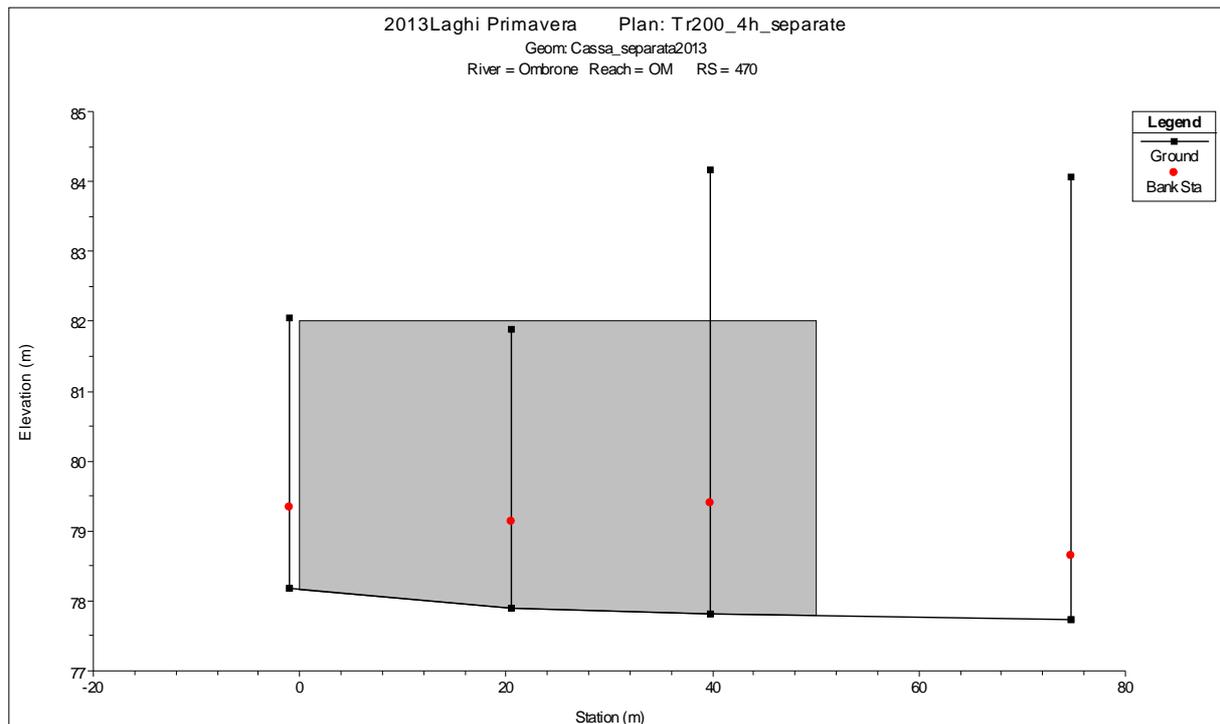


FIGURA 5. SCHEMATIZZAZIONE DELLO SFIORATORE LATERALE POSTO IN DESTRA IDRAULICA

### 3.2.3 Sfiatore di troppo pieno

Lo sfiatore di troppo pieno è anch'esso un manufatto, in scogliera cementata, di lunghezza pari a 50 m, posto a quota 83 m. s.l.m., in grado di garantire la fuoriuscita delle acque soprastanti la suddetta quota.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

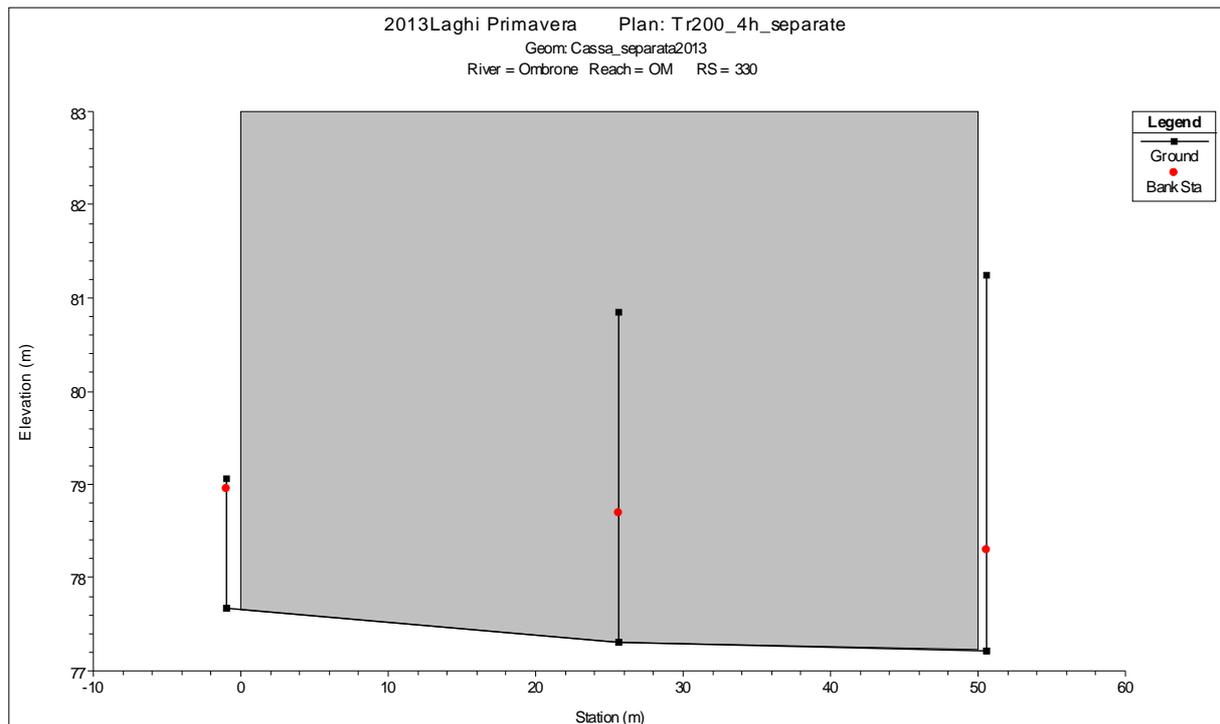


FIGURA 6. SFIORATORE LATERALE DI TROPPO PIENO POSTO IN DESTRA IDRAULICA

### 3.2.4 Connessione “monte” - “valle”

I settori “monte” e “valle”, come detto in precedenza, sono divisi da un’arginatura posta a quota 82.5 m s.l.m. dotata di gaveta di lunghezza pari a 20 m posta a quota 82.1 m s.l.m.. Tale arginatura consente di utilizzare il solo settore “valle” in caso di eventi di piena relativi ai tempi di ritorno minori. Viceversa per eventi di piena sul T. Ombrone più significativi viene allagato anche il settore “monte”.

PARTE D’OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

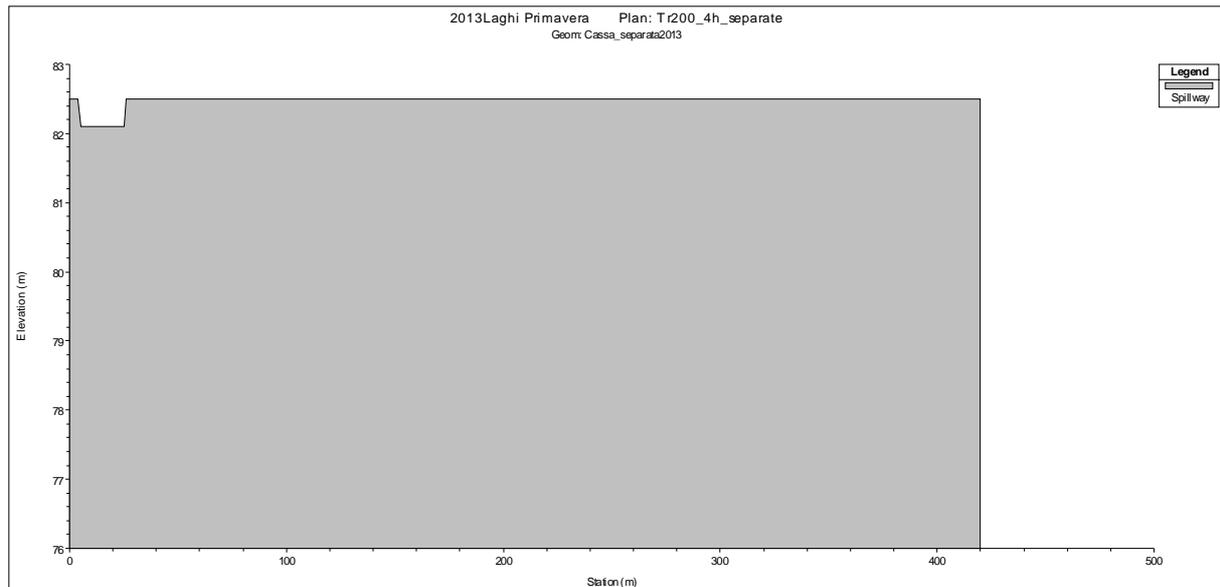


FIGURA 7. SCHEMATIZZAZIONE DELLA CONNESSIONE TRA I SETTORI "MONTE" E "VALLE"

### 3.2.5 I due settori della cassa

Per quanto riguarda le volumetrie in gioco all'interno della cassa, sono state calcolate le curve di invaso dei due settori, "monte" e "valle", in maniera tale da poterle utilizzare nell'ambito delle simulazioni con Hec-Ras.

A quota 83 m s.l.m., ovvero con entrata in funzione dello sfioratore di sicurezza, il volume complessivo della cassa di espansione dei Laghi Primavera, somma dei due settori, è circa 605'000 mc. Di seguito si riportano le curve di invaso dei due settori della cassa di espansione.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

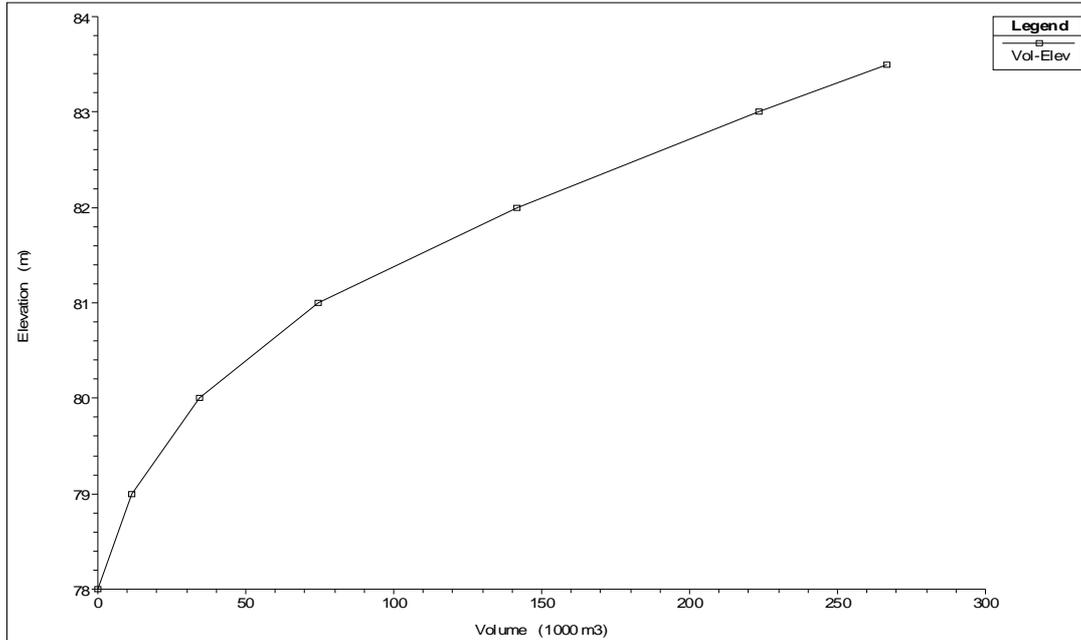


FIGURA 8. CURVA DI INVASO SETTORE "MONTE"

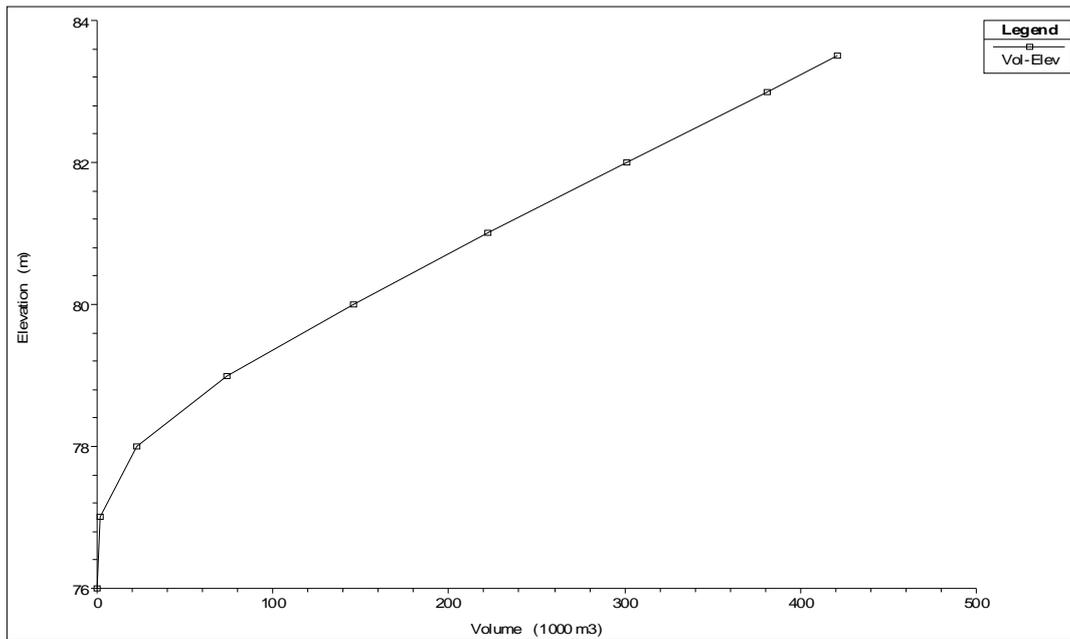


FIGURA 9. CURVA DI INVASO SETTORE "VALLE"

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi



### 3.3 SCENARI DI SIMULAZIONE

#### 3.3.1 Portata duecentennale

I diagrammi relativi al profilo longitudinale, allo sfioratore laterale, ed alla traversa in alveo, rispettivamente, risultano sotto riportati. Da tali diagrammi risultano evidenti la riduzione di portata (e di tirante) operata tra monte e valle. La portata in transito scende da **277** a **207mc/sec**.

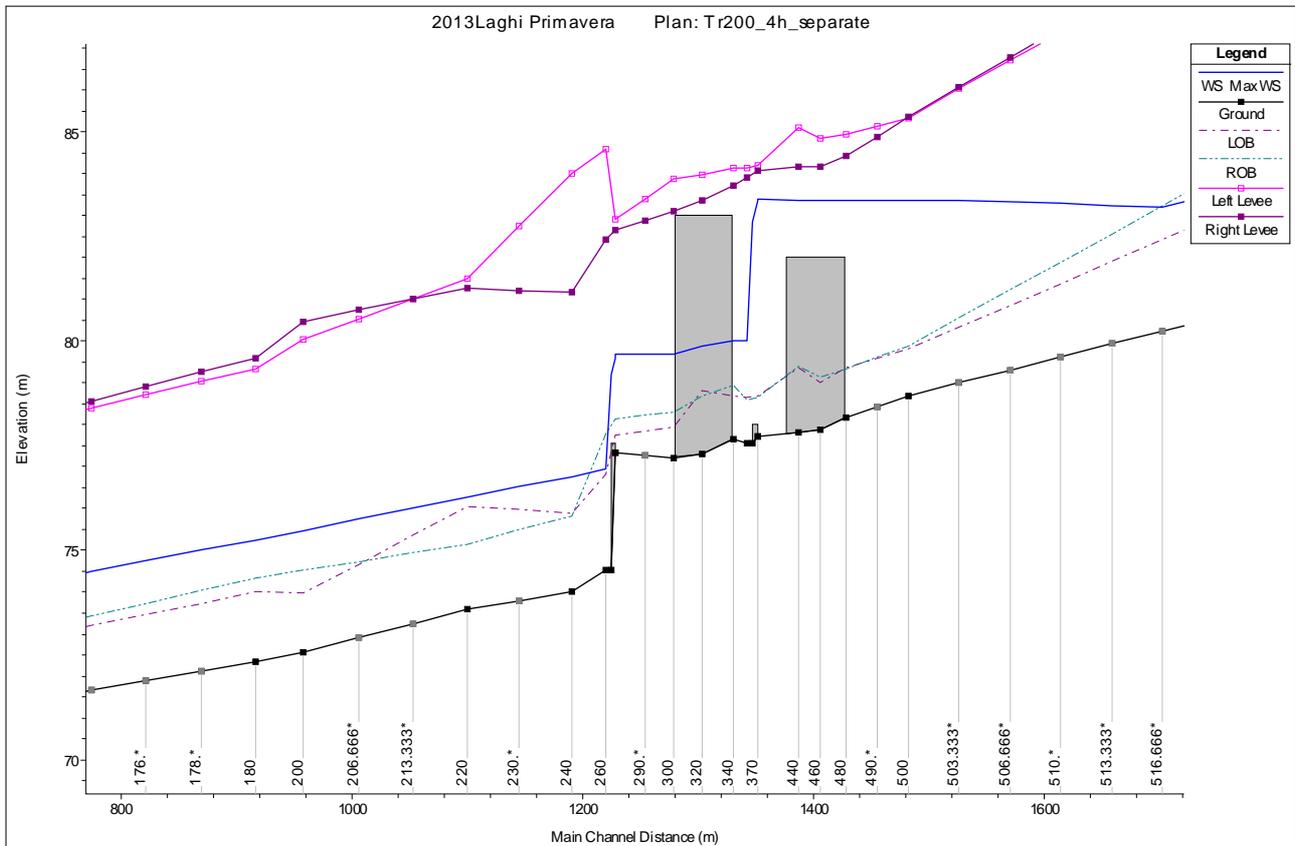


FIGURA 10. PROFILO LONGITUDINALE

In BLU sono rappresentati i tiranti idraulici, in VERDE le portate. Dall'esame del grafico si vede che il tirante massimo raggiunto si attesta intorno agli 83.37 metri, ovvero con un franco di 60 cm rispetto alle sommità arginali. Essendo in diretta comunicazione con la cassa, il sistema di captazione, costituito dalla traversa e dallo sfioratore laterale, è vincolato in termini di quote da quelle di imposta delle opere d'arte. Pertanto dopo il

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



transito dell'onda di piena il tirante si stabilizza sugli 82 m.s.l.m., pari alla quota della soglia di sfioro. Dall'esame delle due curve di HW e TW si nota come il "taglio" dell'onda di piena avvenga sin dalle prime fasi di innalzamento del picco, segno che l'entrata in funzione dello sfioratore è pressoché immediata, ma riesce a mantenersi efficiente anche oltre il colmo.

Per quanto riguarda, inoltre, l'esame dei grafici delle portate si vede sia l'effetto di taglio del picco, che avviene nella fase di massima crescita dell'onda di piena e permane fino alla fase decrescente della medesima.

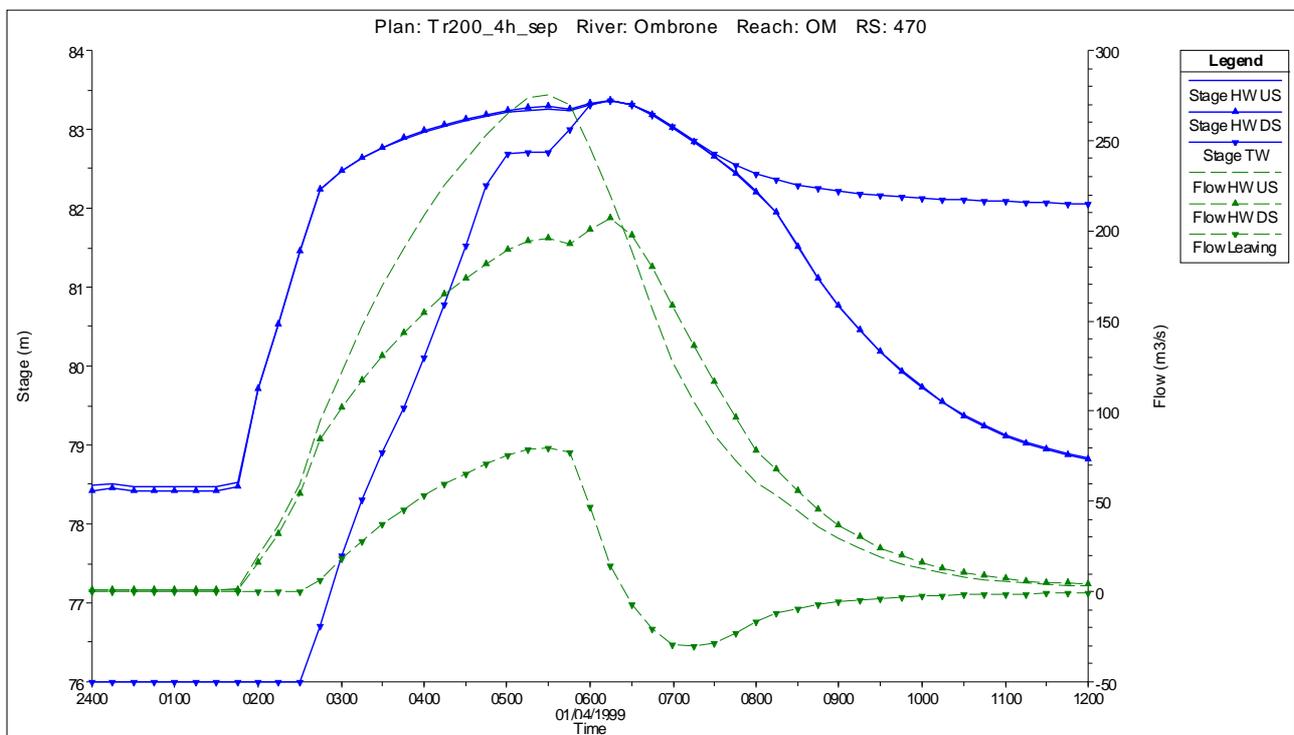


FIGURA 11. GRAFICO SFIORATORE LATERALE

Il tirante massimo raggiunto in alveo sopra la traversa è anche pari a **83.37**metri, con un battente di **1.37** metri. La portata in transito sulla traversa, come precedentemente riportato, è pari a **207**mc/sec.

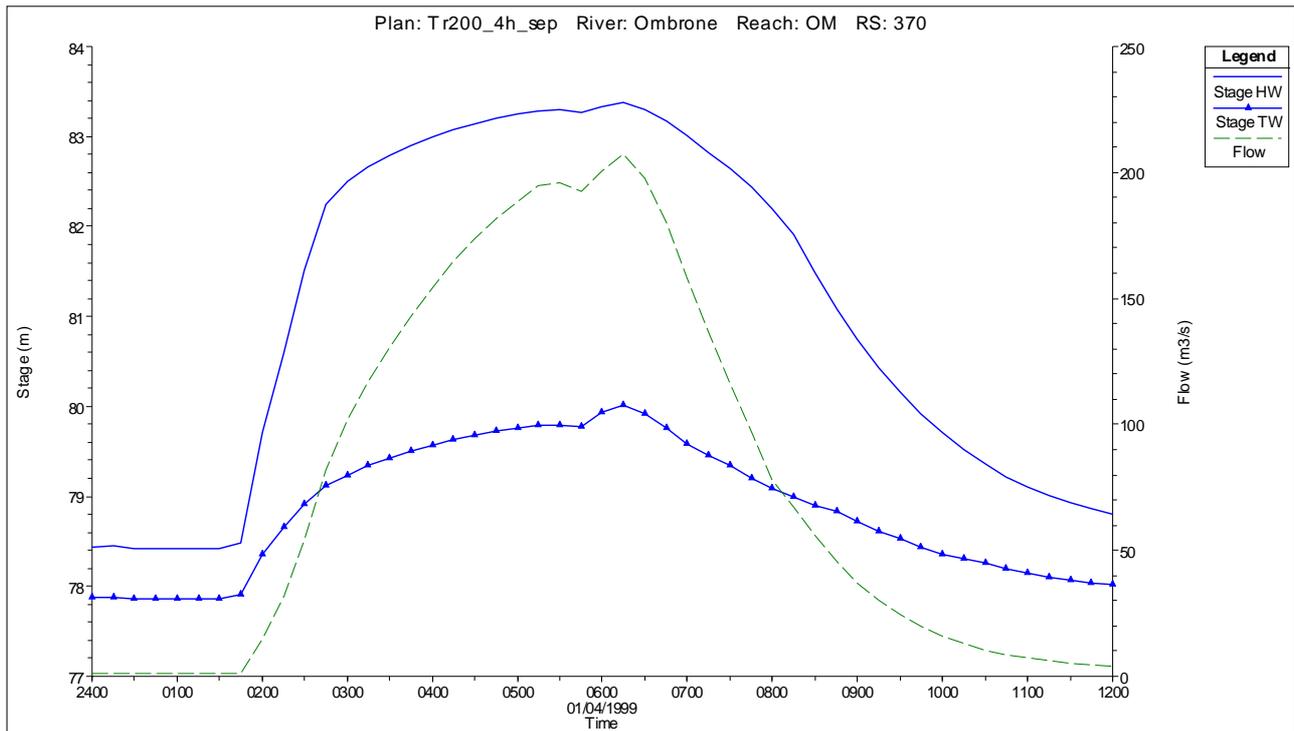


FIGURA 12. GRAFICO TRAVERSA IN ALVEO

Lo sfioratore di sicurezza entra in funzione solo marginalmente, come giusto che sia, e permette la fuoriuscita di una modesta porzione di acqua, con un picco di circa **13mc/sec**. Per quanto riguarda i volumi invasati nei due settori della cassa di espansione, il volume totale invasato è pari a **665.000 mc**.

Per quanto attiene il tirante in alveo, esso, alla sezione 120 (quella più a valle) nello stato di progetto è pari a **70.95 m.s.l.m.** contro i **71.21** dello stato attuale.

Il **rendimento** della cassa risulta pari a:  $\eta = 1 - 207/277 = 25\%$

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

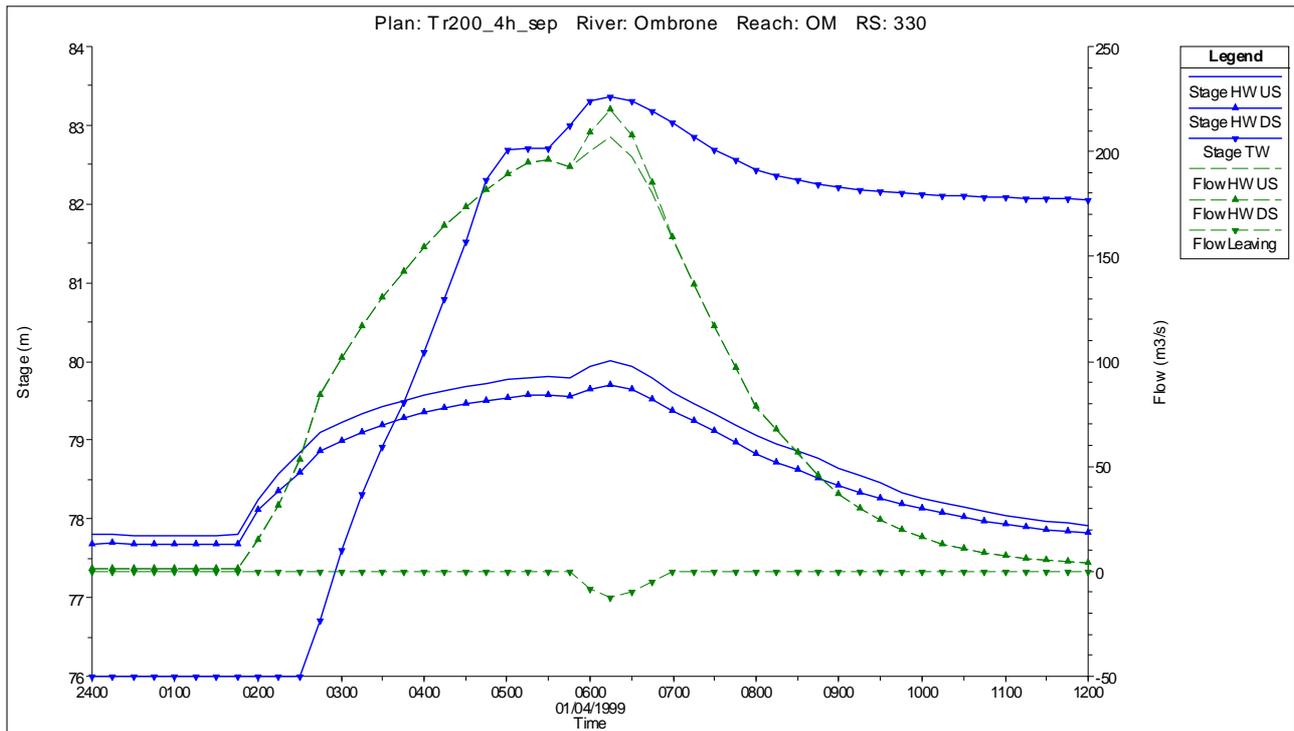


FIGURA 13. GRAFICO SFIORATORE DI SICUREZZA

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi



### 3.3.2 Portata centennale

Il profilo nella condizione di massimo tirante in alveo risulta sotto riportato

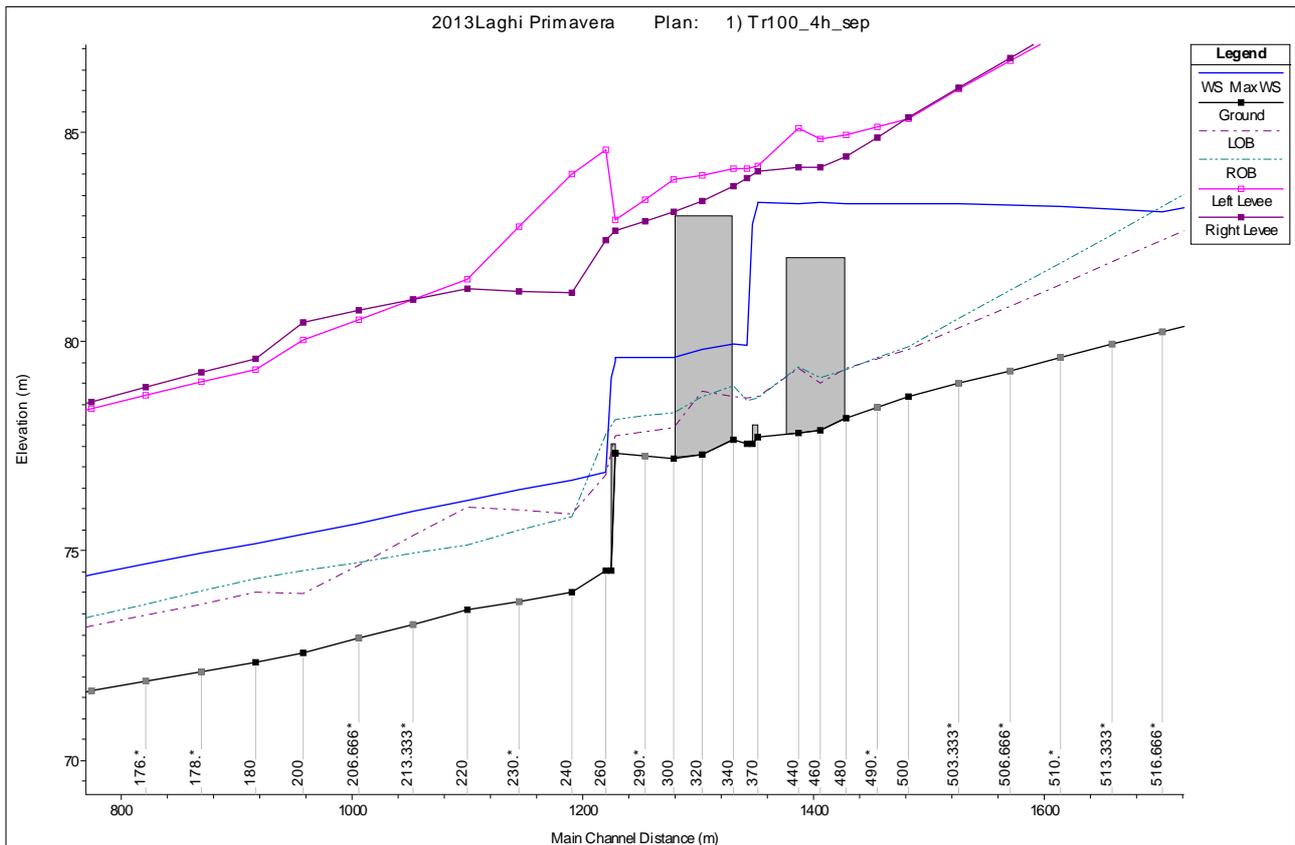


FIGURA 14. PROFILO LONGITUDINALE

I diagrammi relativi allo sfioratore laterale, ed alla traversa in alveo, rispettivamente, risultano sotto riportati. Da tali diagrammi risultano evidenti la riduzione di portata (e di tirante) operata tra monte e valle. La portata in transito scende da **255** a **198** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

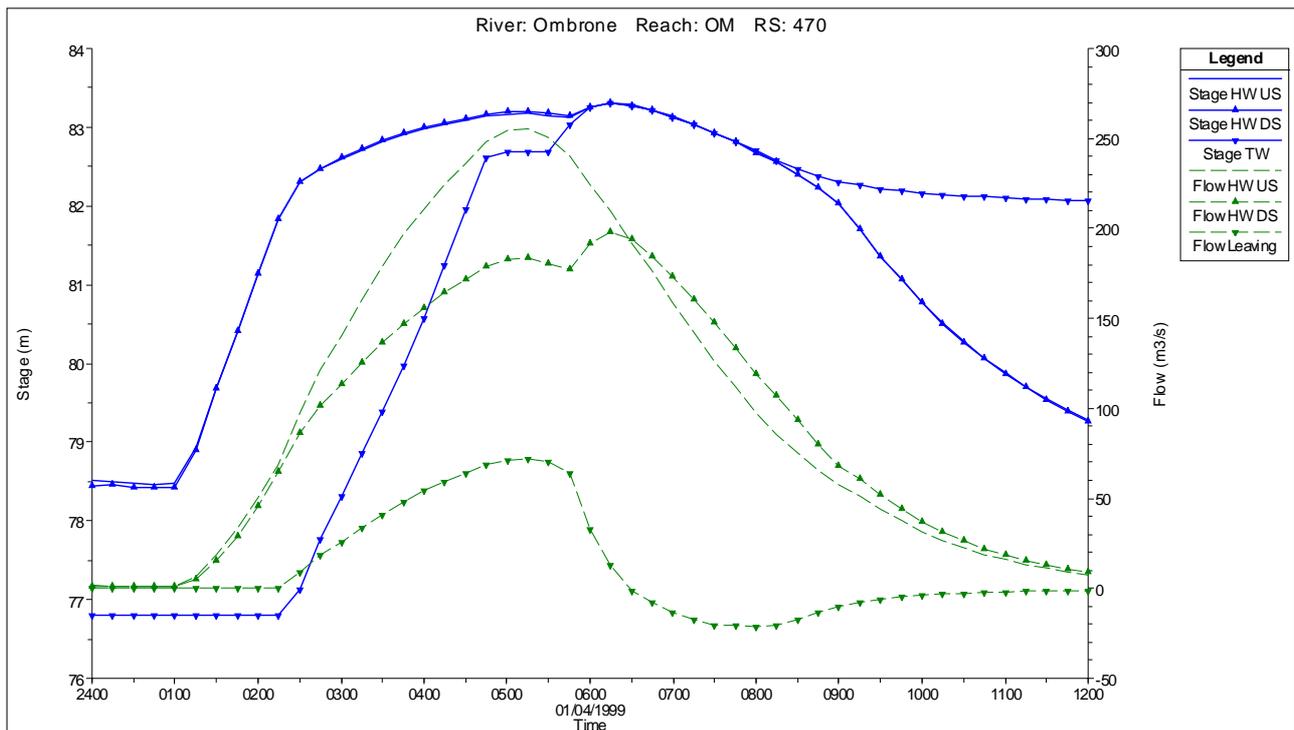


FIGURA 15. GRAFICO SFIORATORE LATERALE

In BLU sono rappresentati i tiranti idraulici, in VERDE le portate. Dall'esame del grafico si vede che il tirante massimo raggiunto si attesta intorno agli **83.31** metri, di poco inferiore al duecentennale, e comunque con un franco di **70** cm rispetto alle sommità arginali.

L'idrogramma centennale rispetto a quello duecentennale si presenta con un colmo di piena più basso e con un colmo meno pronunciato, e l'effetto di laminazione si avvia con anticipo rispetto al caso precedente, pur garantendo efficienza durante tutta l'evoluzione della piena.

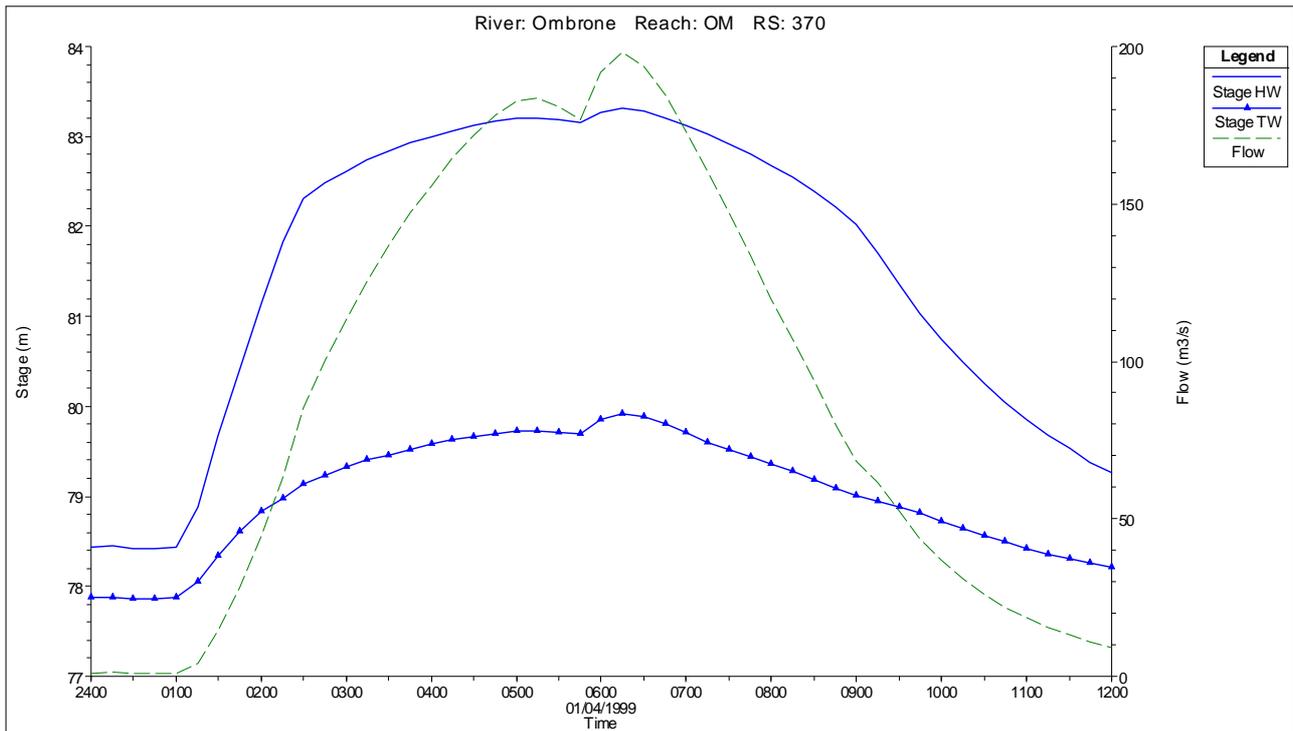


FIGURA 16. GRAFICO TRAVERSA IN ALVEO

Il tirante massimo raggiunto in alveo sopra la traversa è pari a **83.30** metri, con un battente di **1.30** metri. La portata in transito sulla traversa, come precedentemente riportato, è pari a **198** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

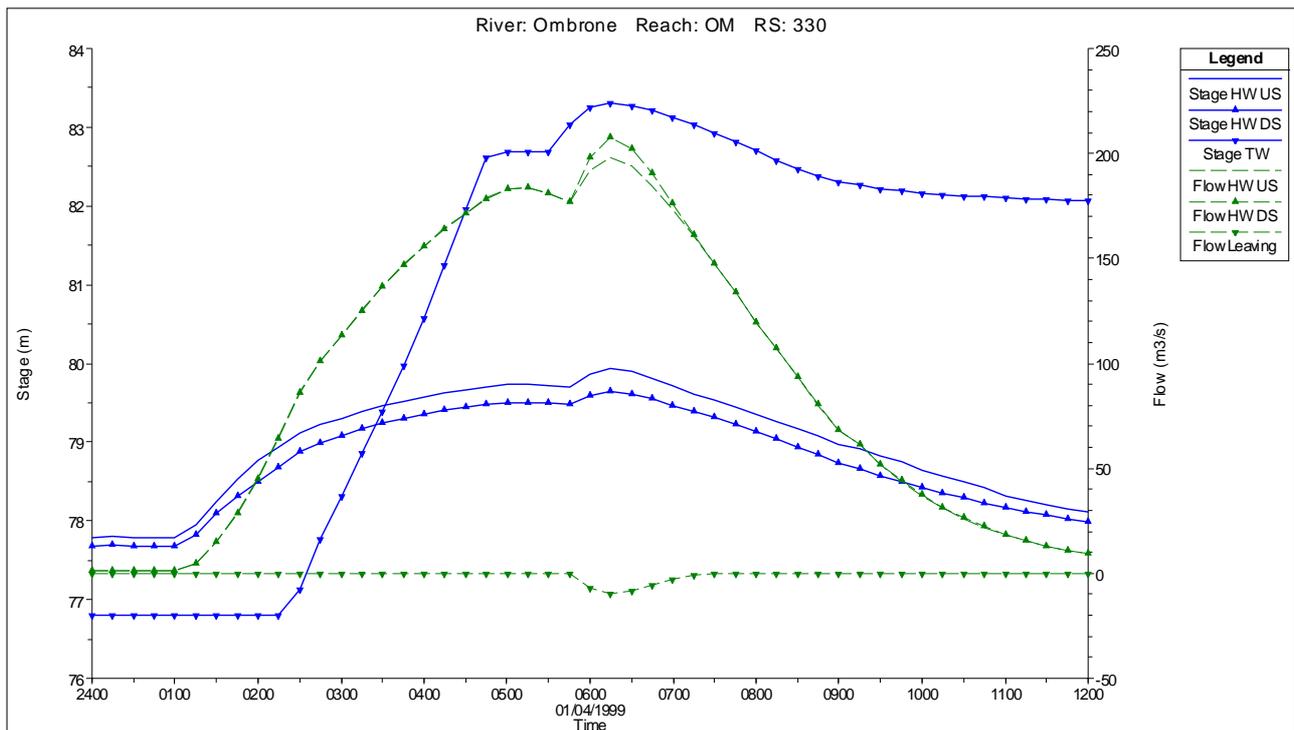


FIGURA 17. GRAFICO SFIORATORE DI SICUREZZA

Lo sfioratore di sicurezza entra in funzione solo marginalmente, come giusto che sia, e permette la fuoriuscita di una modesta porzione di acqua, con un picco di circa **9 mc/sec**. Per quanto riguarda i volumi invasati nei due settori della cassa di espansione, il volume totale invasato è pari a **654.000 mc**.

Per quanto attiene il tirante in alveo, esso, alla sezione 120 (quella più a valle) nello stato di progetto è pari a **70.89 m.s.l.m.** contro i **71.12** dello stato attuale.

Il **rendimento** della cassa risulta pari a:  $\eta = 1 - 198/255 = 22\%$

### 3.3.3 Portata cinquantennale

Il profilo nella condizione di massimo tirante in alveo risulta sotto riportato.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

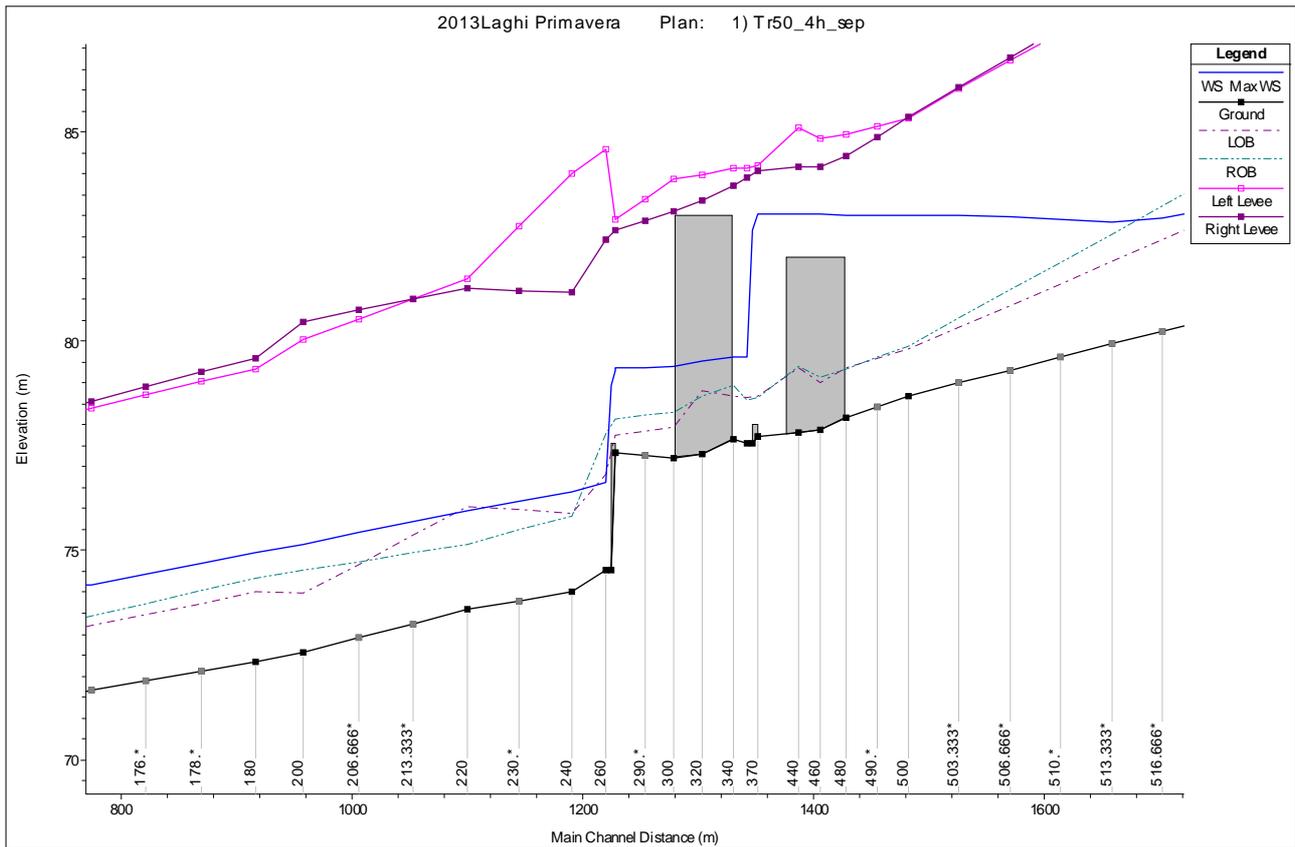


FIGURA 18. PROFILO LONGITUDINALE

I diagrammi relativi allo sfioratore laterale, ed alla traversa in alveo, rispettivamente, risultano sotto riportati. Da tali diagrammi risultano evidenti la riduzione di portata (e di tirante) operata tra monte e valle. La portata in transito scende da **218** a **161** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

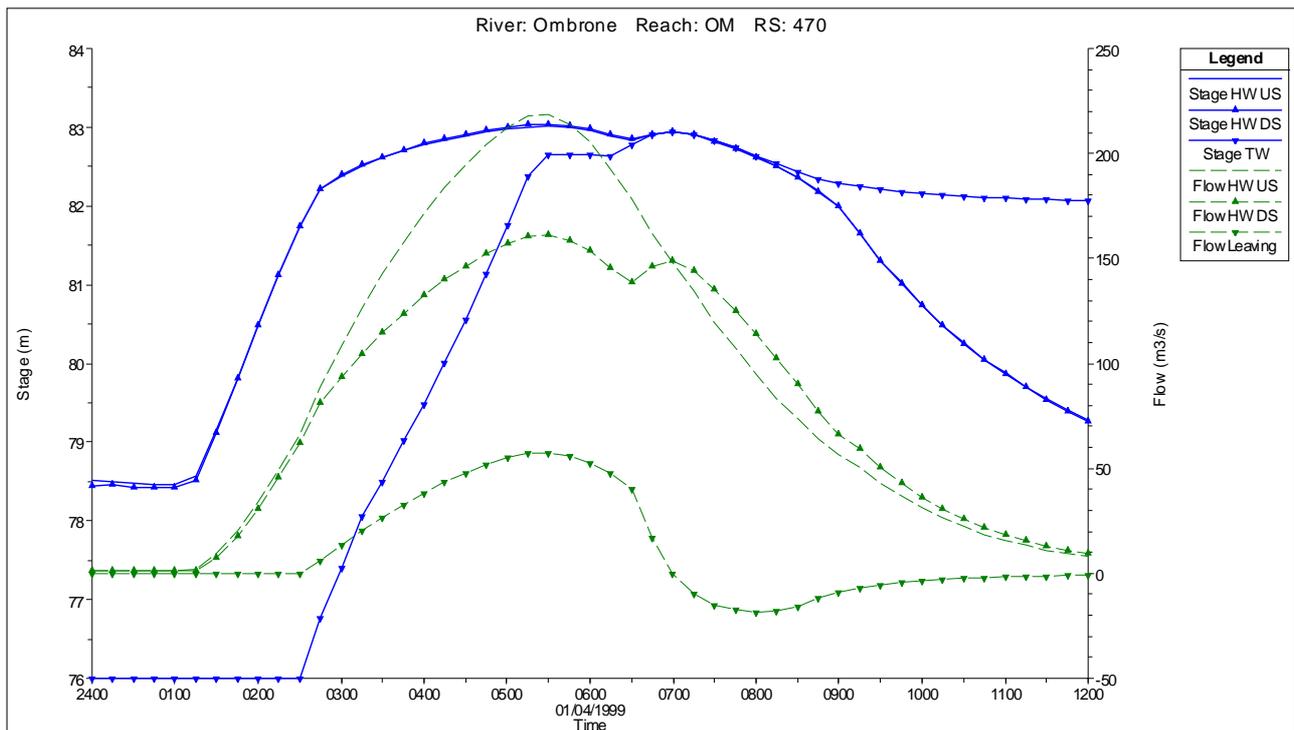


FIGURA 19. GRAFICO SFIORATORE LATERALE

In BLU sono rappresentati i tiranti idraulici, in VERDE le portate. Dall'esame del grafico si vede che il tirante massimo raggiunto si attesta intorno agli **82.94** metri, con un franco di **1.06** metri rispetto alle sommità arginali.

L'esame delle curve sopra riportate evidenzia una differente tendenza, ovvero l'effetto di riduzione della portata è più accentuato nella prima fase della piena, per poi decadere nella seconda fase, contrariamente a quanto presente con portate superiori.

Tutto ciò in funzione della differente efficienza di laminazione

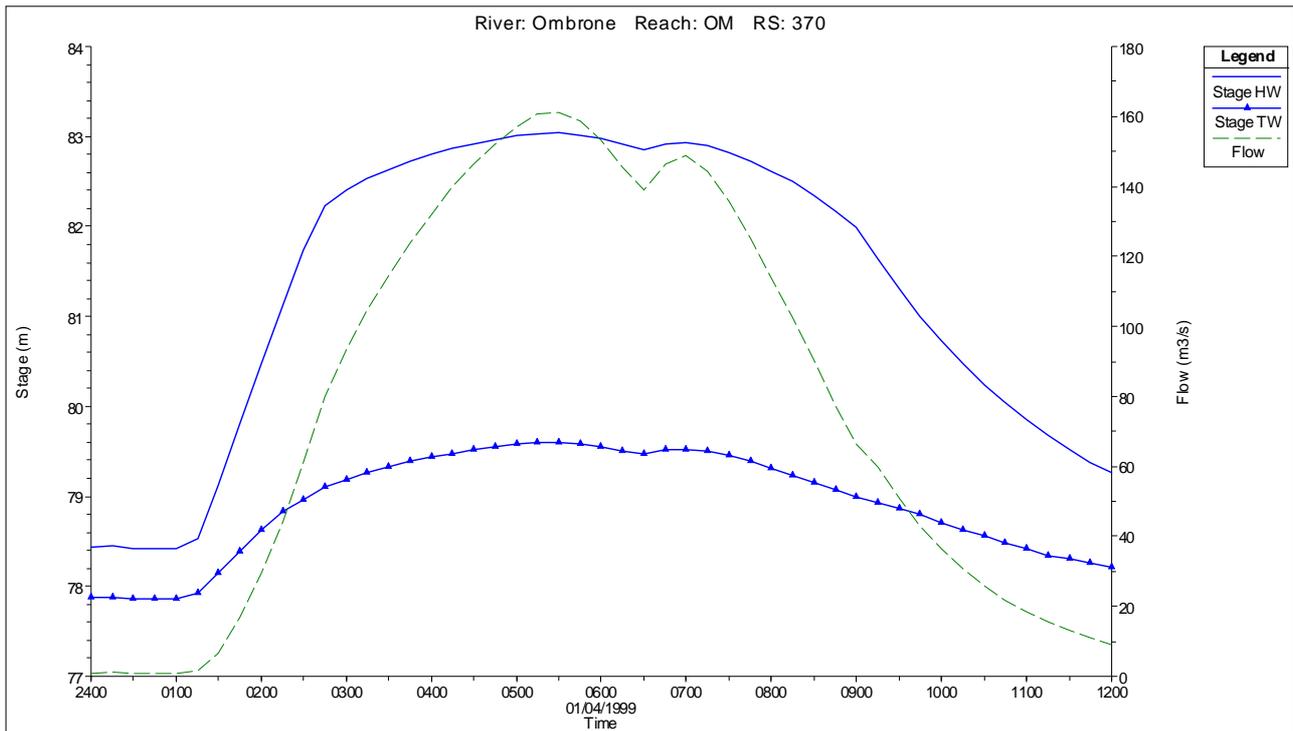


FIGURA 20. GRAFICO TRAVERSA IN ALVEO

Il tirante massimo raggiunto in alveo sopra la traversa è anche pari a **83.03** metri, con un battente di **1.03** metri. La portata in transito sulla traversa, come precedentemente riportato, è pari a **161** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

ELABORATO:

RELAZIONE IDRAULICA

REDATTO:

Ing. David Malossi

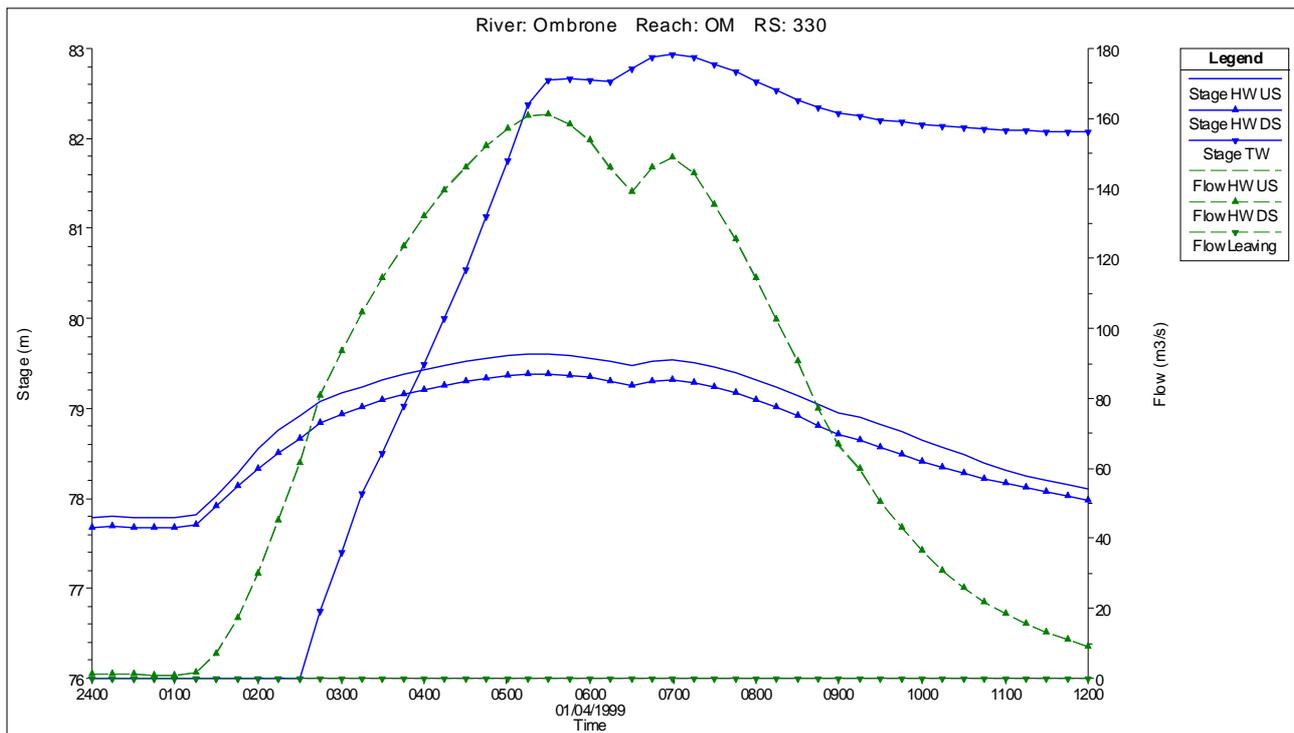


FIGURA 21. GRAFICO SFIORATORE DI SICUREZZA

Lo sfioratore di sicurezza non entra di fatto in funzione in quanto i livelli in cassa si aggirano intorno a 83.00 m s.l.m.. Per quanto riguarda i volumi invasati nei due settori della cassa di espansione, il volume totale invasato è pari a **594.000 mc**.

Per quanto attiene il tirante in alveo, esso, alla sezione 120 (quella più a valle) nello stato di progetto è pari a **70.65 m.s.l.m.** contro i **70.95** dello stato attuale.

Il **rendimento** della cassa risulta pari a:  $\eta = 1 - 161/218 = 26\%$



### 3.3.4 Portata ventennale

Il profilo nella condizione di massimo tirante in alveo risulta sotto riportato.

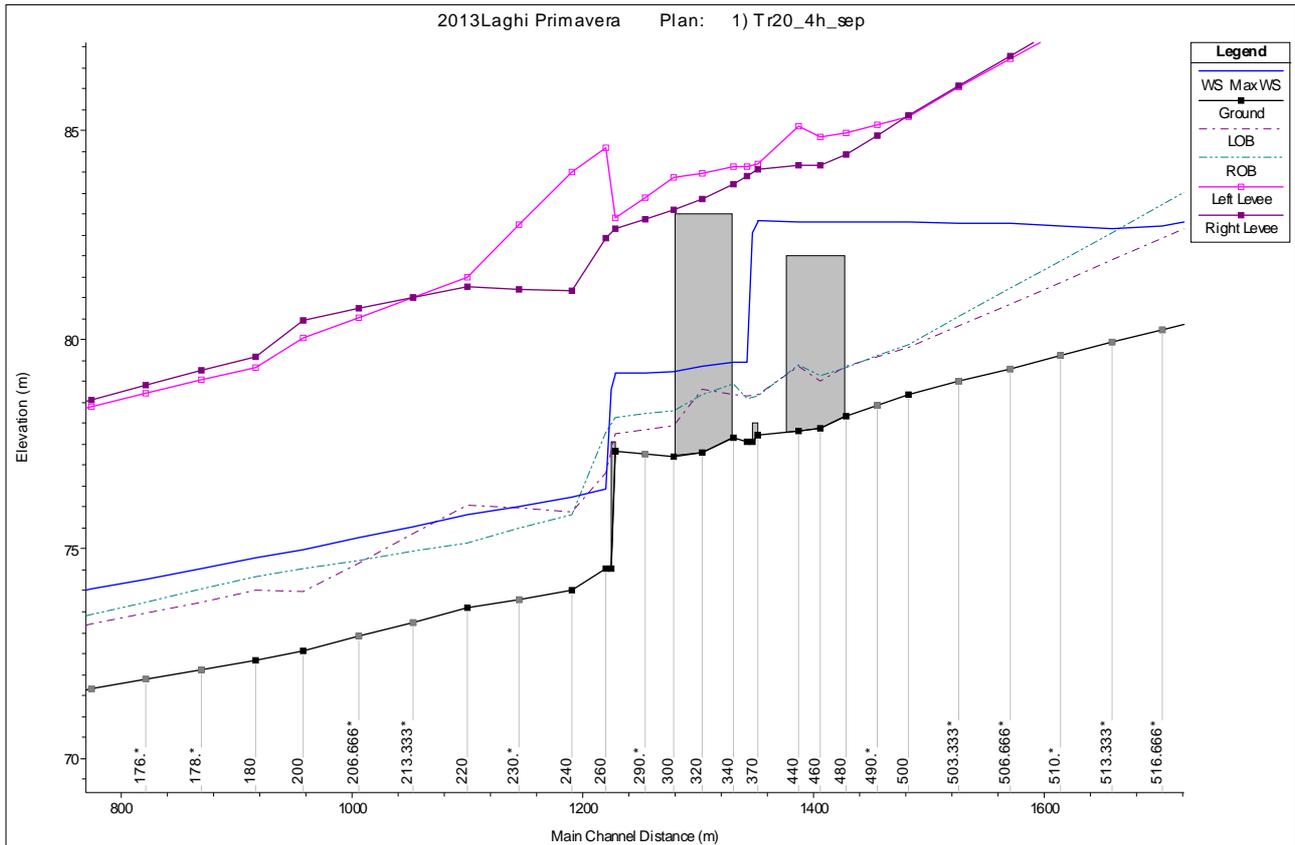


FIGURA 22. PROFILO LONGITUDINALE

I diagrammi relativi allo sfioratore laterale, ed alla traversa in alveo, rispettivamente, risultano sotto riportati. Da tali diagrammi risultano evidenti la riduzione di portata (e di tirante) operata tra monte e valle. La portata in transito scende da **176.5** a **135 mc/sec.**

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

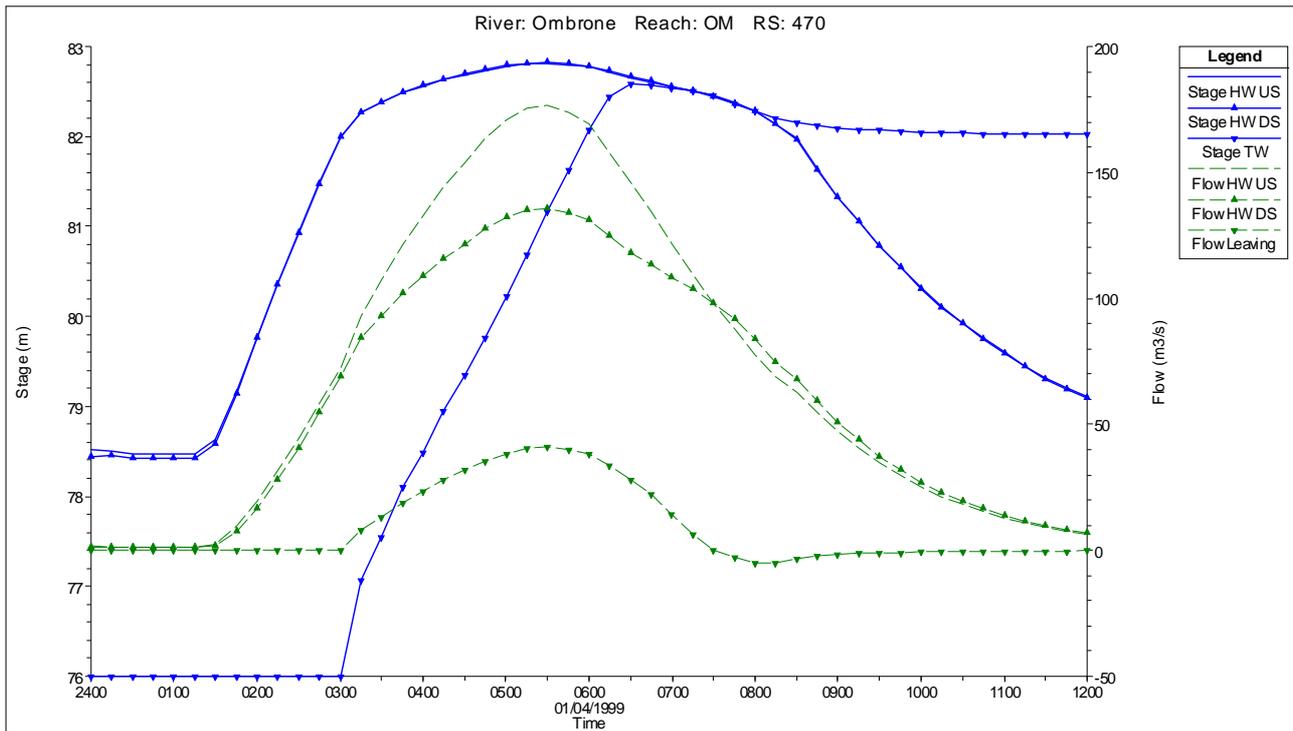


FIGURA 23. GRAFICO SFIORATORE LATERALE

In BLU sono rappresentati i tiranti idraulici, in VERDE le portate. Dall'esame del grafico si vede che il tirante massimo raggiunto si attesta intorno agli **82.58** metri, con un franco di **1.42** metri rispetto alle sommità arginali. L'esame delle curve sopra riportate evidenzia un meccanismo di funzionamento ancora estremamente efficace su tutto l'arco del colmo.

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

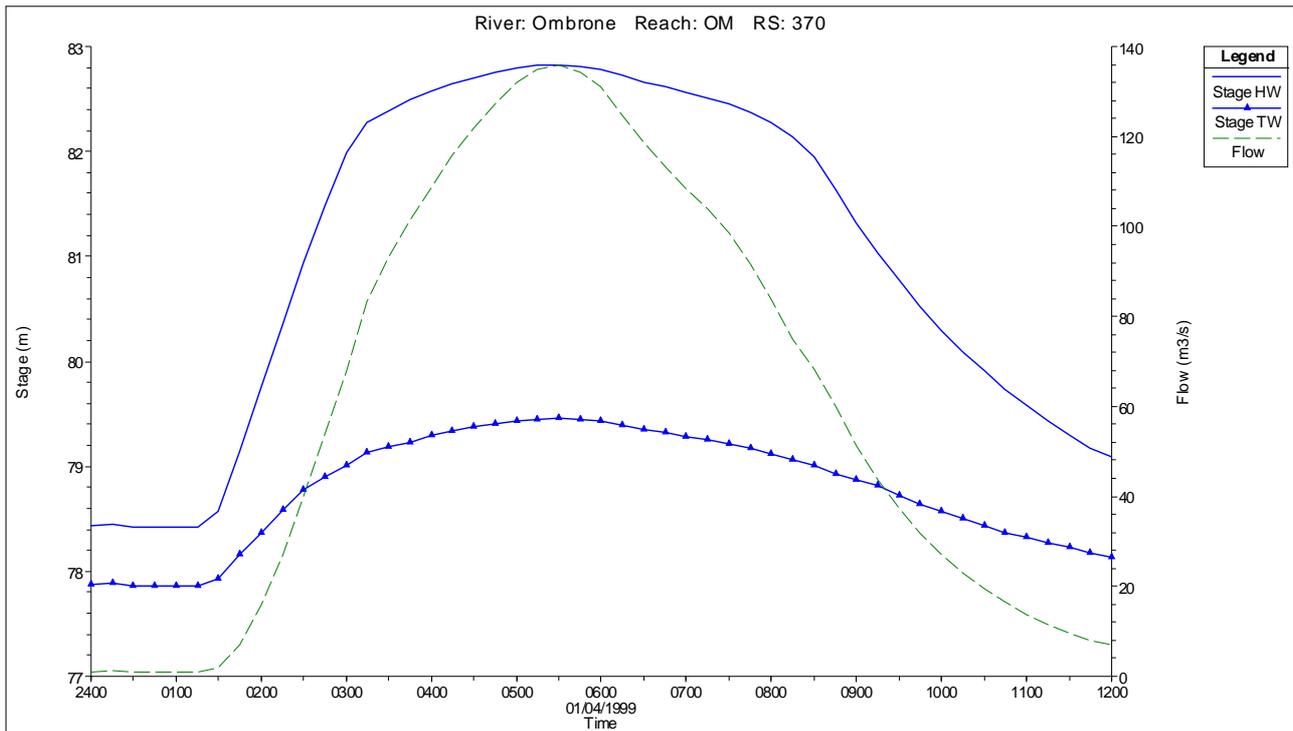


FIGURA 24. GRAFICO TRAVERSA IN ALVEO

Il tirante massimo raggiunto in alveo sopra la traversa è anche pari a **82.82** metri, con un battente di **0.82** metri. La portata in transito sulla traversa, come precedentemente riportato, è pari a **135** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

ELABORATO:

RELAZIONE IDRAULICA

REDATTO:

Ing. David Malossi

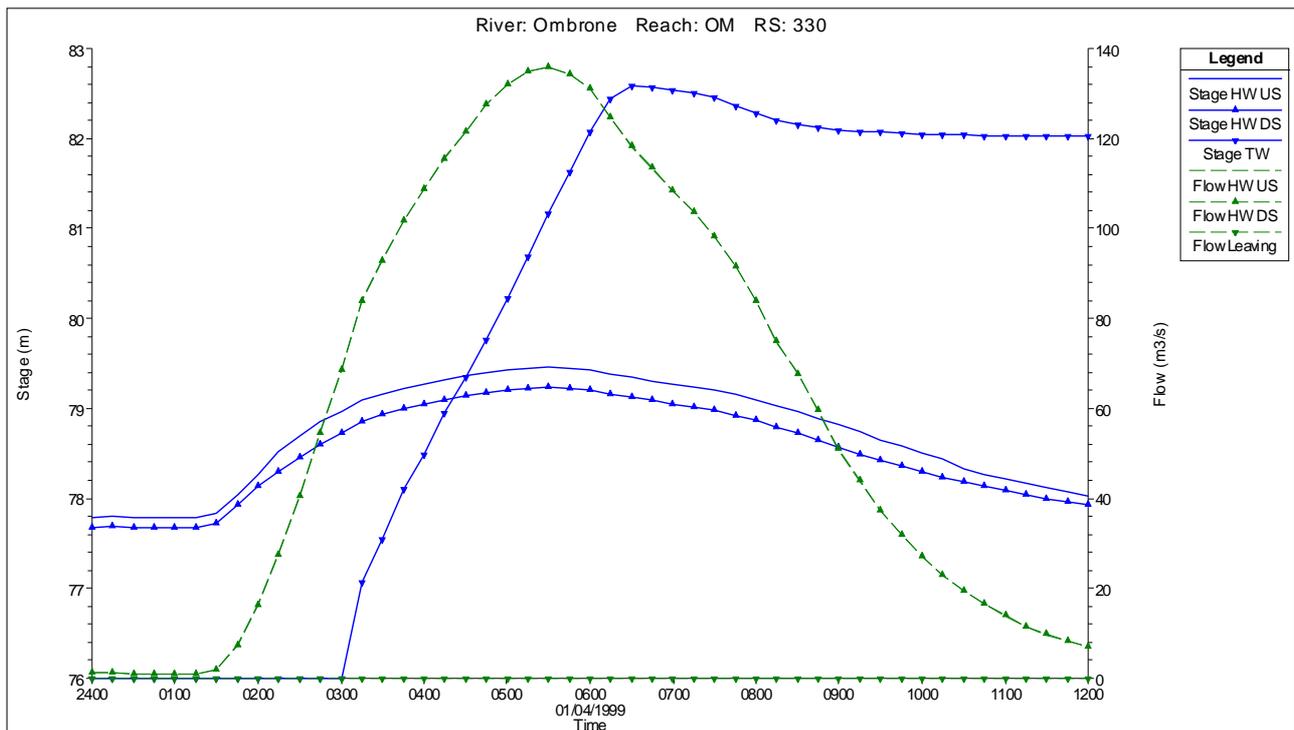


FIGURA 25. GRAFICO SFIORATORE DI SICUREZZA

Lo sfioratore di sicurezza non entra mai in funzione dal momento che il tirante non supera mai la quota di 83 m.s.l.m. Per quanto riguarda i volumi invasati nei due settori della cassa di espansione, il volume totale invasato è pari a **434.000** mc. Da notare che i livelli nei due settori della cassa non sono uguali infatti il riempimento della porzione di monte risulta solo parziale e fino alla quota di **81.19** m s.l.m contro **82.58** m s.l.m. del settore di valle.

Per quanto attiene il tirante in alveo, esso, alla sezione 120 (quella più a valle) nello stato di progetto è pari a **70.50** m.s.l.m. contro i **70.73** dello stato attuale.

Il **rendimento** della cassa risulta pari a:  $\eta = 1 - 135/176.5 = 24\%$



### 3.3.5 Portata decennale

Il profilo nella condizione di massimo tirante in alveo risulta sotto riportato.

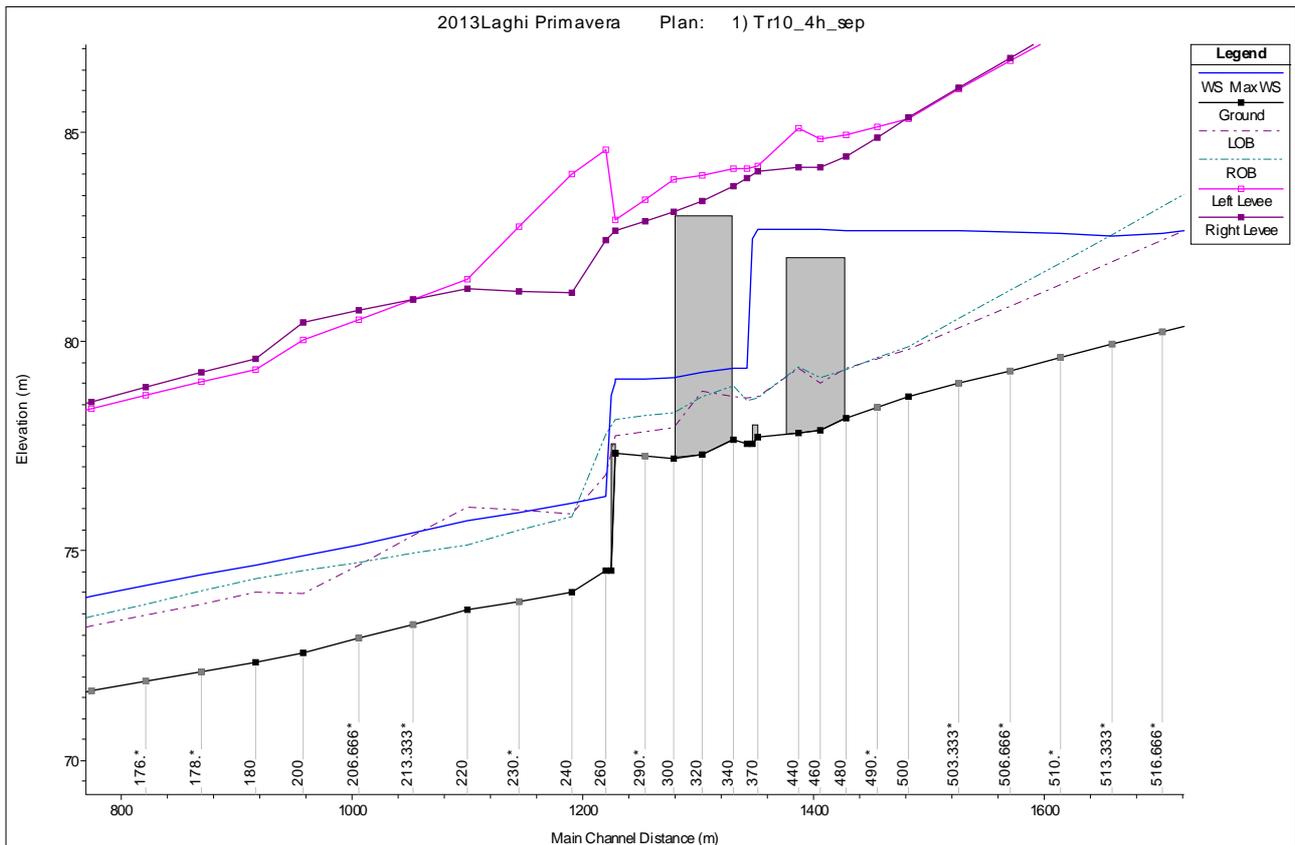


FIGURA 26. PROFILO LONGITUDINALE

I diagrammi relativi allo sfioratore laterale, ed alla traversa in alveo, rispettivamente, risultano sotto riportati. Da tali diagrammi risultano evidenti la riduzione di portata (e di tirante) operata tra monte e valle. La portata in transito scende da **149.5** a **119.5** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

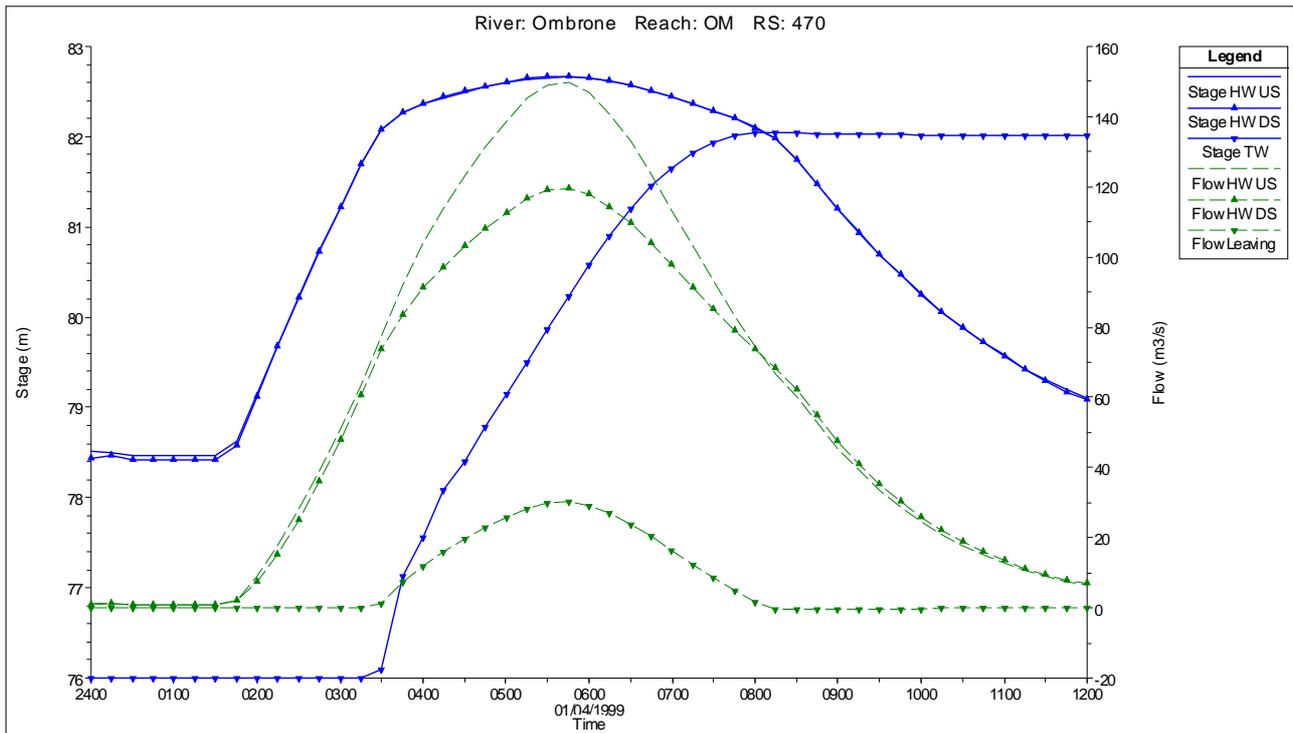


FIGURA 27. GRAFICO SFIORATORE LATERALE

In BLU sono rappresentati i tiranti idraulici, in VERDE le portate. Dall'esame del grafico si vede che il tirante massimo raggiunto si attesta intorno agli **82.04** metri, con un franco di **1.96** metri rispetto alle sommità arginali. L'esame delle curve sopra riportate evidenzia un meccanismo di funzionamento ancora estremamente efficace su tutto l'arco del colmo.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

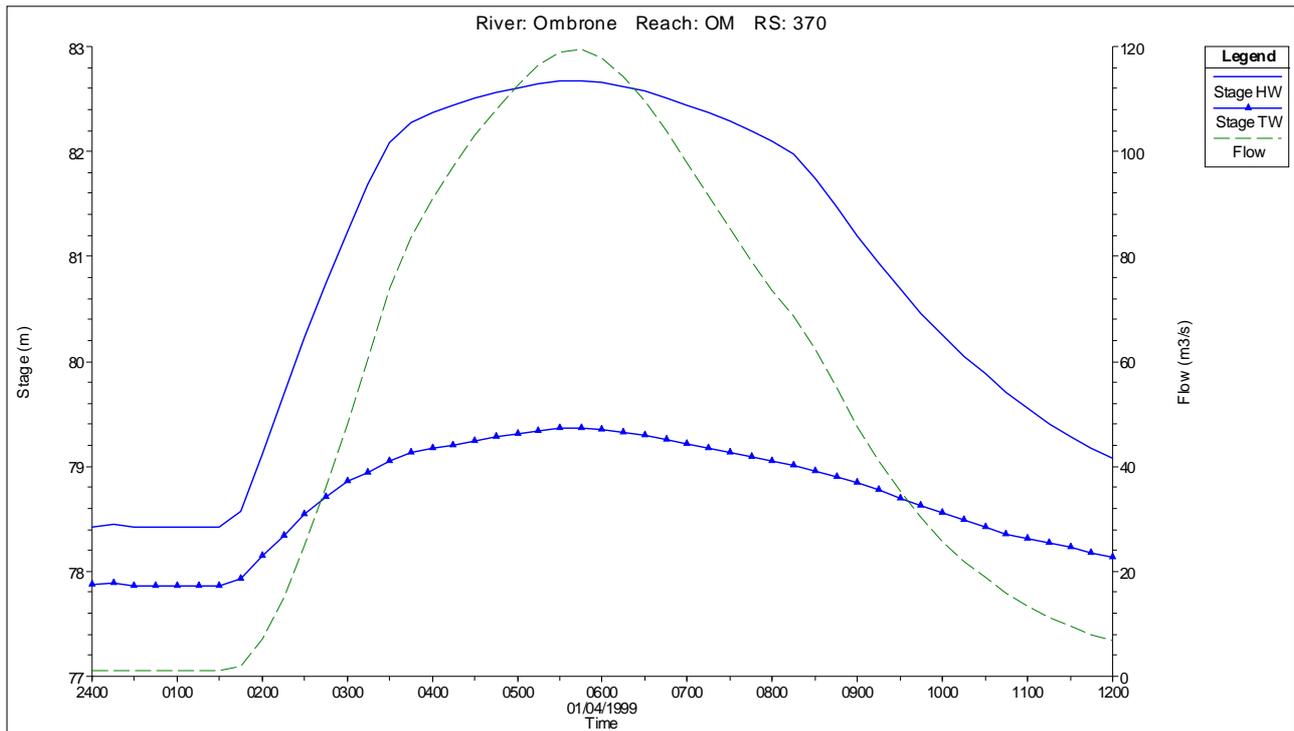


FIGURA 28. GRAFICO TRAVERSA IN ALVEO

Il tirante massimo raggiunto in alveo sopra la traversa è anche pari a **82.67** metri, con un battente di **0.67** metri. La portata in transito sulla traversa, come precedentemente riportato, è pari a **119.5** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

ELABORATO:

RELAZIONE IDRAULICA

REDATTO:

Ing. David Malossi

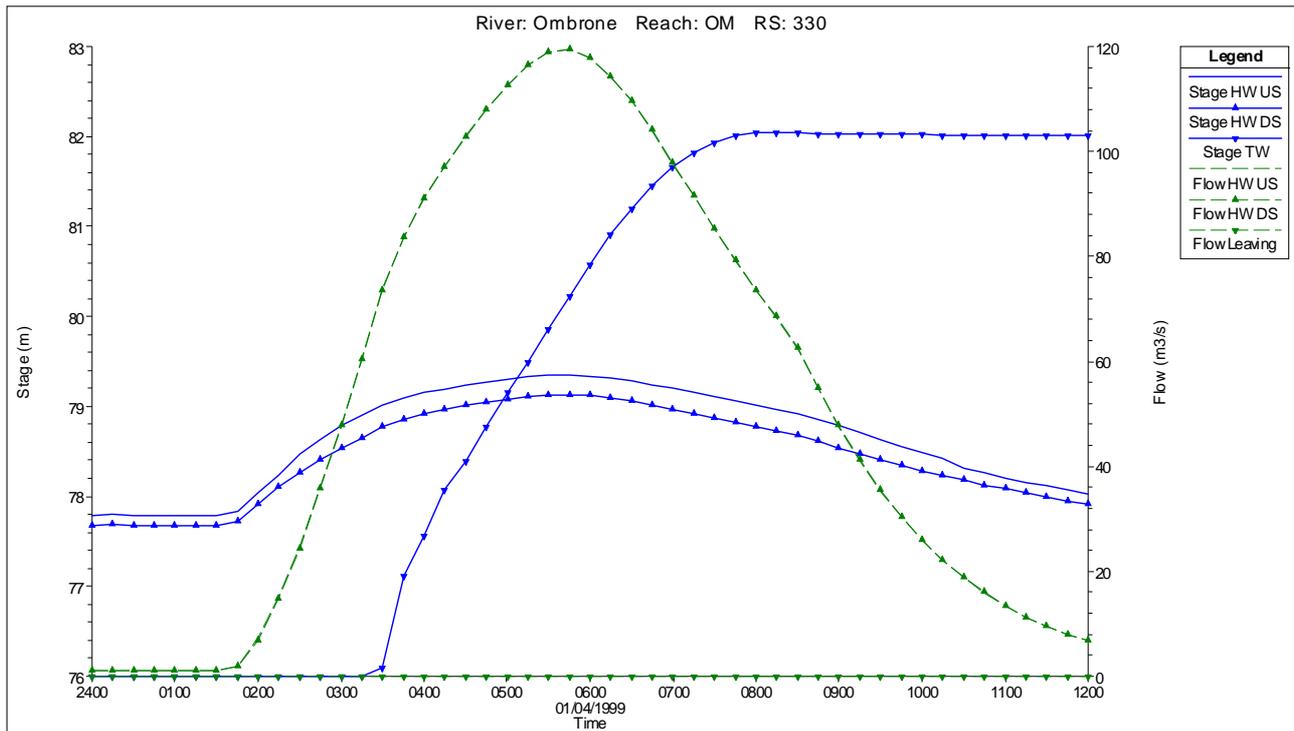


FIGURA 29. GRAFICO SFIORATORE DI SICUREZZA

Lo sfioratore di sicurezza non entra mai in funzione dal momento che il tirante non supera mai la quota di 83 m.s.l.m.

Per quanto riguarda i volumi invasati nei due settori della cassa di espansione, il volume totale invasato è pari a **305.000** mc. Da notare che il settore di monte della cassa non entra in funzione.

Per quanto attiene il tirante in alveo, esso, alla sezione 120 (quella più a valle) nello stato di progetto è pari a **70.40** m.s.l.m. contro i **70.60** dello stato attuale.

Il **rendimento** della cassa risulta pari a:  $\eta = 1 - 119.5/149.5 = 20\%$

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



### 3.3.6 Portata biennale

Il profilo nella condizione di massimo tirante in alveo risulta sotto riportato.

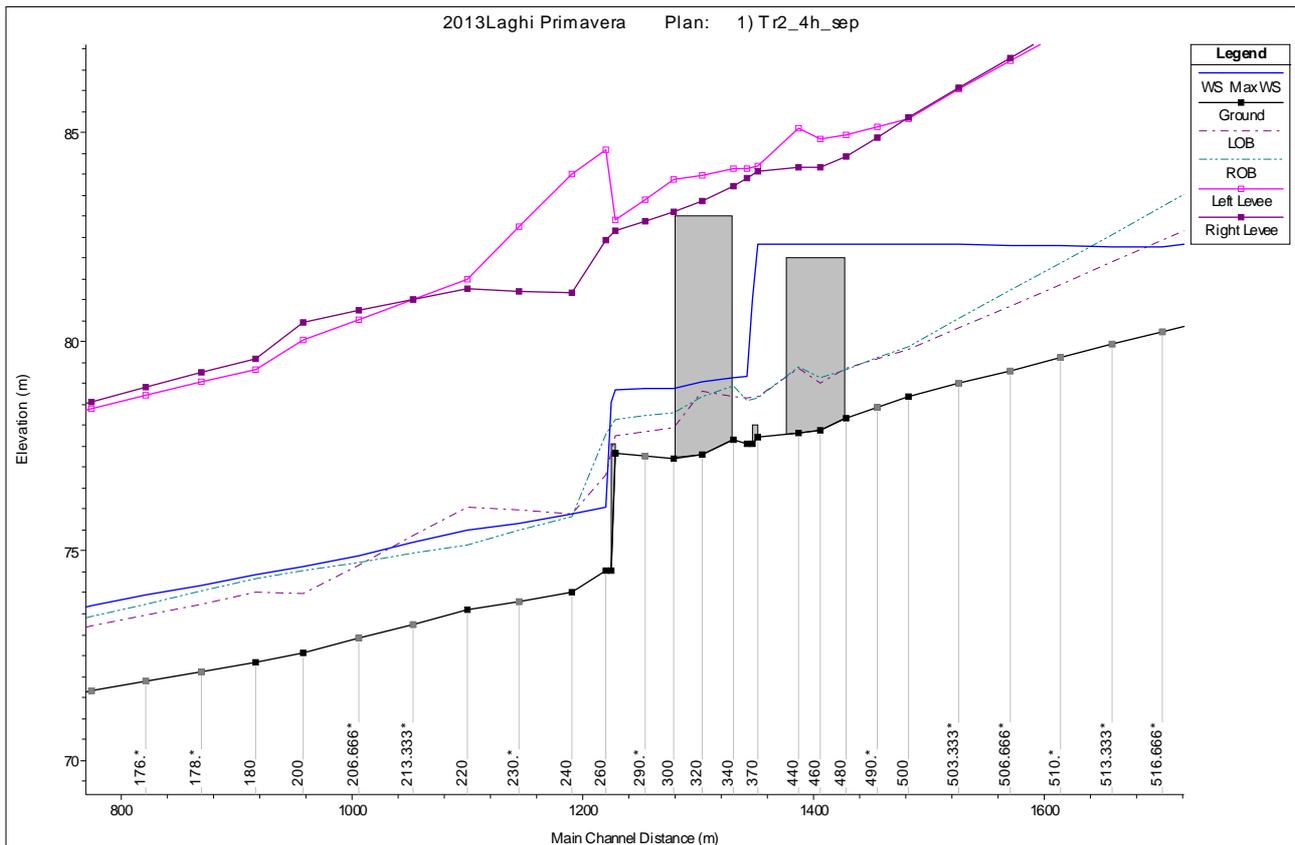


FIGURA 30. PROFILO LONGITUDINALE

I diagrammi relativi allo sfioratore laterale, ed alla traversa in alveo, rispettivamente, risultano sotto riportati. Da tali diagrammi risultano evidenti la riduzione di portata (e di tirante) operata tra monte e valle. La portata in transito scende da **98.77** a **88.59** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

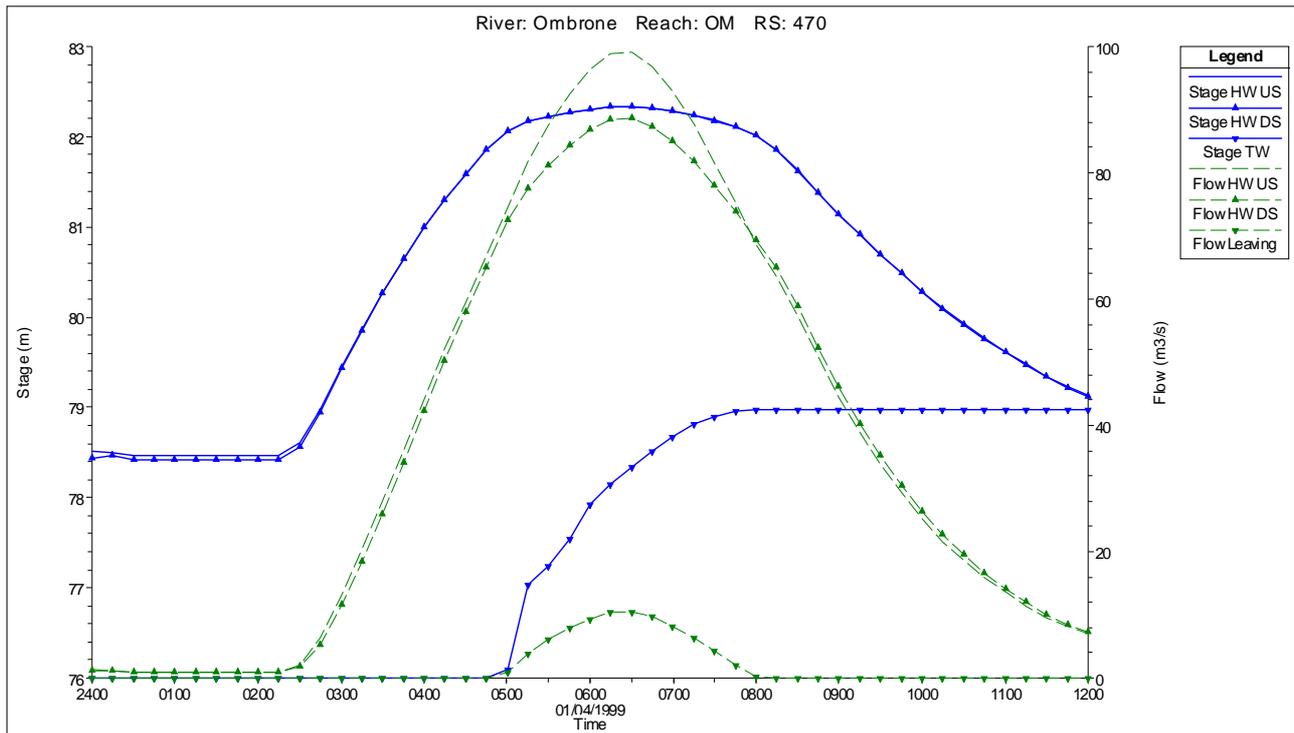


FIGURA 31. GRAFICO SFIORATORE LATERALE

BLU sono rappresentati i tiranti idraulici, in VERDE le portate. Dall'esame del grafico si vede che il tirante massimo raggiunto si attesta intorno ai **78.97** metri, con un franco di **5.03** metri rispetto alle sommità arginali.

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

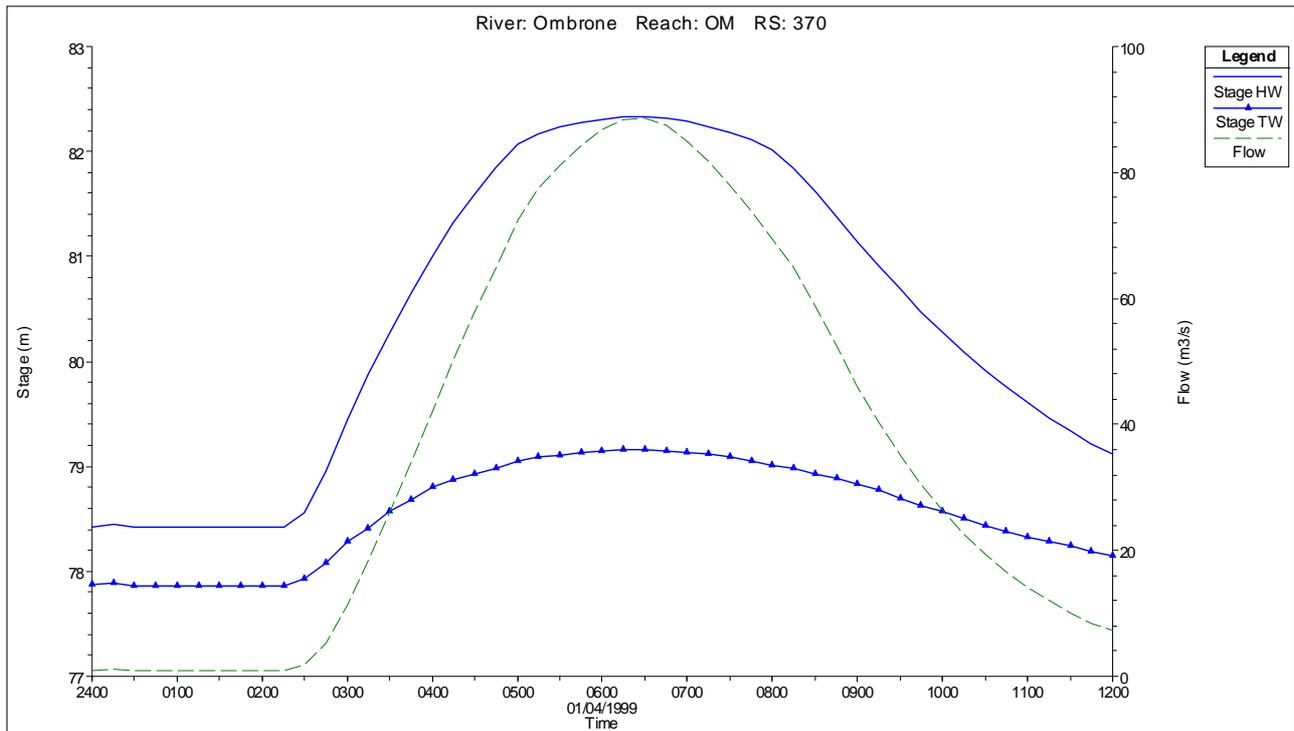


FIGURA 32. GRAFICO TRAVERSA IN ALVEO

Il tirante massimo raggiunto in alveo sopra la traversa è anche pari a **82.33** metri, con un battente di **0.33** metri. La portata in transito sulla traversa, come precedentemente riportato, è pari a **88.59** mc/sec.

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

COD. ELAB.:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

ELABORATO:

RELAZIONE IDRAULICA

REDATTO:

Ing. David Malossi

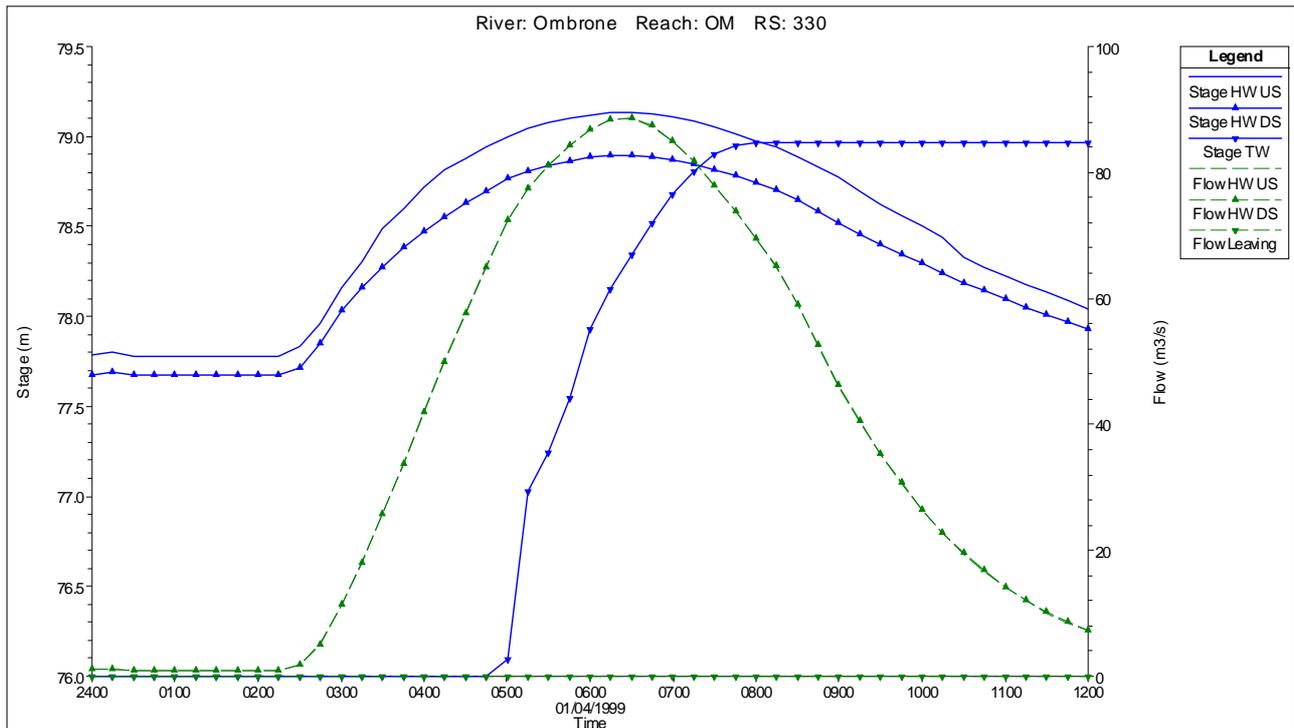


FIGURA 33. GRAFICO SFIORATORE DI SICUREZZA

Lo sfioratore di sicurezza non entra mai in funzione dal momento che il tirante non supera mai la quota di 83 m.s.l.m.

Per quanto riguarda i volumi invasati nei due settori della cassa di espansione, il volume totale invasato è pari a **72.000** mc. Da notare che il settore di monte della cassa non entra in funzione.

Per quanto attiene il tirante in alveo, esso, alla sezione 120 (quella più a valle) nello stato di progetto è pari a **70.19** m.s.l.m. contro i **70.26** dello stato attuale.

Il **rendimento** della cassa risulta pari a:  $\eta = 1 - 88.59/98.77 = 10\%$



## **4 Ponte sul Torbecchia**

### *4.1 CRITERI DI VERIFICA IDRAULICA DELL'INTERVENTO*

Si riportano nel seguito le verifiche idrauliche effettuate per l'adeguamento del manufatto esistente necessario per il superamento del Torrente Torbecchia da parte della strada di collegamento tra Via Gora e Barbatole, il Podere Edilizia, il Podera all'Ombrone e i laghi Primavera sede della nuova cassa di laminazione.

Le verifiche idrauliche, i cui risultati sono allegati in calce alla presente relazione, sono state effettuate con schema di moto vario, utilizzando il software HEC Ras ver. 4.1.0.

In ogni caso il tratto indagato si estende adeguatamente sia a monte che a valle rispetto all'opera di scavalco al fine di individuare problematiche idrauliche legate a singolarità nel fenomeno del moto.

Quale idrogramma di verifica, come meglio in seguito specificato, si è adottata la piena duecentennale.

### *4.2 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA*

La definizione della geometria dell'alveo per la modellazione idraulica del tratto fluviale di interesse è basata su un rilievo topografico realizzato per lo scopo composto da 8 sezioni trasversali.

#### *4.2.1 Condizioni al contorno*

Le condizioni al contorno assegnate alle sezioni di monte e valle del modello idraulico sono rispettivamente l'idrogramma di piena relativo al tempo di ritorno pari a 200 anni e la pendenza di moto uniforme assunta pari alla pendenza del fondo alveo ( $i = 0.8\%$ ).

#### *4.2.2 Scenari di analisi*

Gli scenari indagati per le modellazioni idrauliche sono sinteticamente descritti di seguito:

**1. stato attuale;**

**2. stato modificato:** rappresentativo della situazione modificata dopo l'adeguamento del manufatto di attraversamento del Torrente Torbecchia.

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



#### 4.3 ANALISI IDROLOGICA

##### **Q-ALTO:** Metodo AL.TO (ALLuvioni TOscane)

Come noto questo modello permette la stima della portata di piena al colmo per qualunque tratto di asta fluviale censita nell'elenco della Del. C.R.T. n° 12/2000 (ex. 230/94), adottando, per la trasformazione afflussi-deflussi, la teoria dell'idrogramma istantaneo unitario geomorfologico (G.I.U.H.).

I valori delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica sono definiti in base ad un'analisi regionale delle serie di pioggia registrate in Toscana. Tale analisi è stata applicata ad una piccola percentuale di aste fluviali.

Per le aste escluse è stata stimata la portata adottando ancora il modello ed inserendo quali parametri di ingresso quelli relativi ad aste calcolate dello stesso corso d'acqua ma variando l'area tributaria. Tale approssimazione è accettabile quando l'asta calcolata è vicina alla sezione di chiusura indagata poiché i parametri caratteristici del bacino non si modificano significativamente.

La determinazione è stata effettuata, per le due aste di interesse, dal Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese Bisenzio che, per una portata con tempo di ritorno duecentennale ha fornito i seguenti valori:

##### **Torrente Torbecchia**

<b>Ore</b>	<b>Portata [mc/s]</b>
00:00	0.000
00:15	0.002
00:30	1.156
00:45	10.153
01:00	26.322
01:15	45.043
01:30	63.399
01:45	79.885
02:00	93.909
02:15	105.347
02:30	111.291
02:45	106.491
03:00	94.537
03:15	79.573



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

03:30	64.91
03:45	51.636
04:00	40.291
04:15	30.96
04:30	23.495
04:45	17.646
05:00	13.138
05:15	8.709
05:30	7.129
05:45	5.204
06:00	3.781
06:15	2.719
06:30	1.962
06:45	1.411
07:00	1.011
07:15	0.723
07:30	0.515
07:45	0.366
08:00	0.26
08:15	0.184
08:30	0.13
08:45	0.092
09:00	0.064
09:15	0.045
09:30	0.032
09:45	0.022
10:00	0.016

TABELLA 2. VALORI DI PORTATA DELL'IDROGRAMMA RELATIVO A TR200 ANNI

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

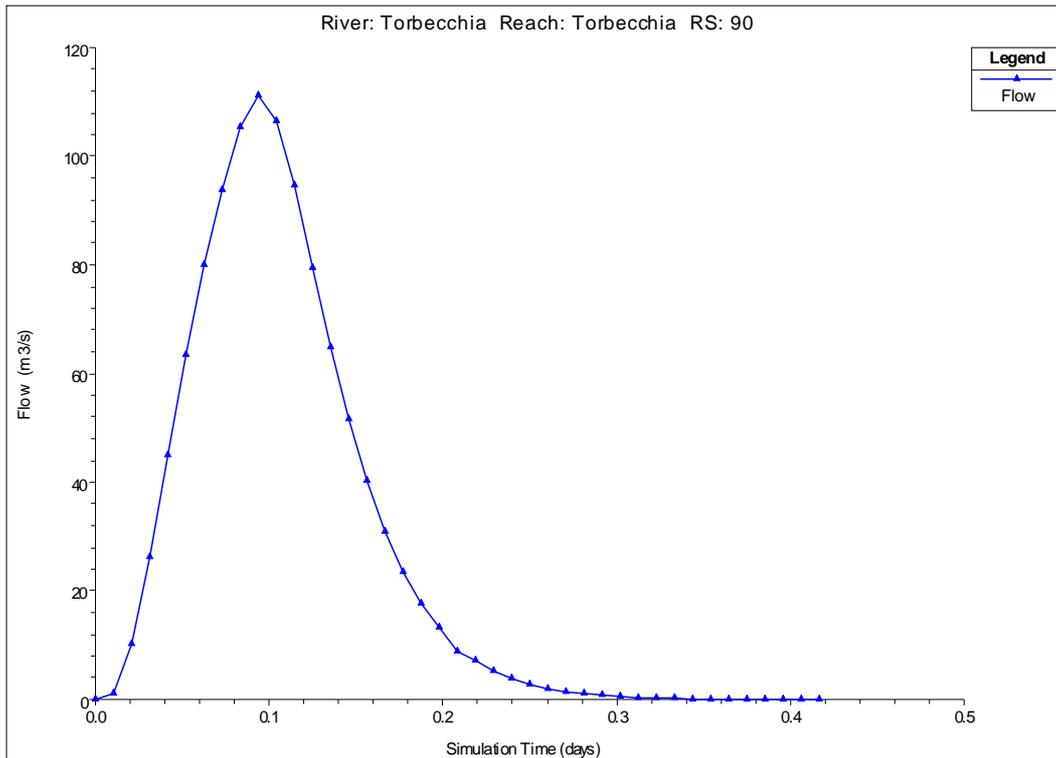


FIGURA 34. IDROGRAMMA DI PIENA RELATIVO A TR 200 ANNI

#### 4.4 ANALISI IDRAULICA

Si riporta di seguito la descrizione dell'opera nonché i risultati delle verifiche idrauliche svolte.

L'attraversamento esistente sul Torrente Torbecchia è necessario a collegare il Podere Edilizia e il Podere all'Ombrone con Via Gora e Barbatole, come è possibile vedere dalla foto aerea riportata di seguito (fonte Google Maps).

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



FIGURA 35. FOTO AEREA DEL TORRENTE TORBECCHIA NEL TRATTO ADIACENTE AI LAGHI PRIMAVERA

L'attraversamento esistente presenta una lunghezza in asse al torrente pari a 2.5 m che viene aumentata a 4.6 m nello stato di progetto. Di seguito si riporta la foto dell'attraversamento sul Torrente Torbeggia oggetto di rifacimento.



FIGURA 36. ATTRAVERSAMENTO SUL TORRENTE TORBECCHIA OGGETTO DI INTERVENTO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

L'intervento di progetto prevede la demolizione dell'attraversamento e il rifacimento dello stesso con scatolare in c.a. gettato in opera la cui luce è pari a 7.6 x 4.3 m; è prevista inoltre la realizzazione di muri d'ala sempre in c.a. che si raccordino con i muri in pietra esistenti.

#### *4.4.1 Verifiche idrauliche*

Le verifiche sono state condotte sia nella condizione attuale che nella configurazione modificata con la realizzazione dell'opera; nelle figure seguenti i risultati delle due modellazioni sono rappresentati affiancati per una più agevole comprensione.

Per descrivere le condizioni d'alveo sono stati adottati due differenti coefficienti di scabrezza:

**$n = 0.030 \text{ s/m}^{1/3}$**  per il fondo alveo attivo

**$n = 0.035 \text{ s/m}^{1/3}$**  per le sponde.

##### *4.4.1.1 Stato attuale*

La prima modellazione indaga il funzionamento dell'asta idraulica nella situazione attuale. Dai risultati della simulazione si osserva che la portata duecentennale risulta contenuta nell'alveo solo sino a un tratto compreso tra le sezioni 7 TO e 8 TO. Viceversa il tirante idrico supera la testa dell'argine in destra idraulica tra le sezioni 8 TO e 9 TO.

Di seguito si riportano le sezioni trasversali e il profilo longitudinale con indicazione del tirante idrico per TR200 anni.

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

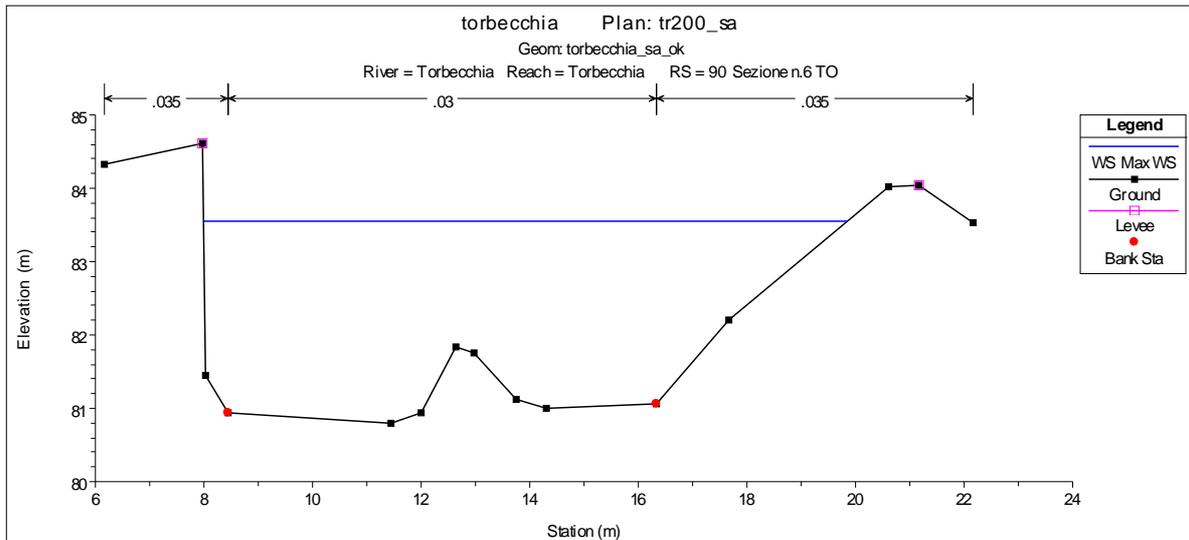


FIGURA 37. SEZIONE 6 TO

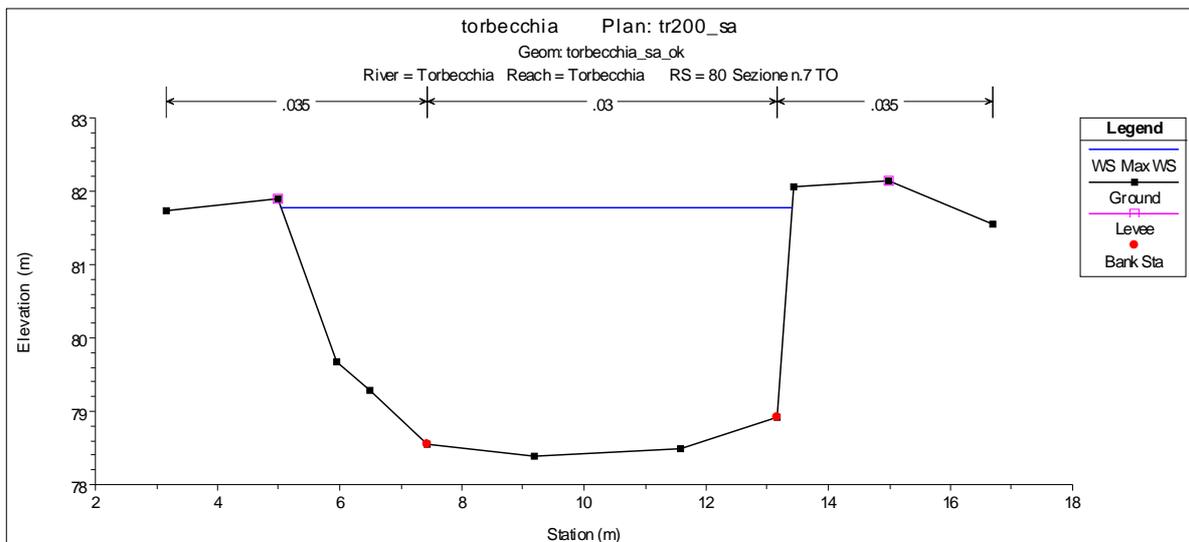


FIGURA 38. SEZIONE 7 TO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

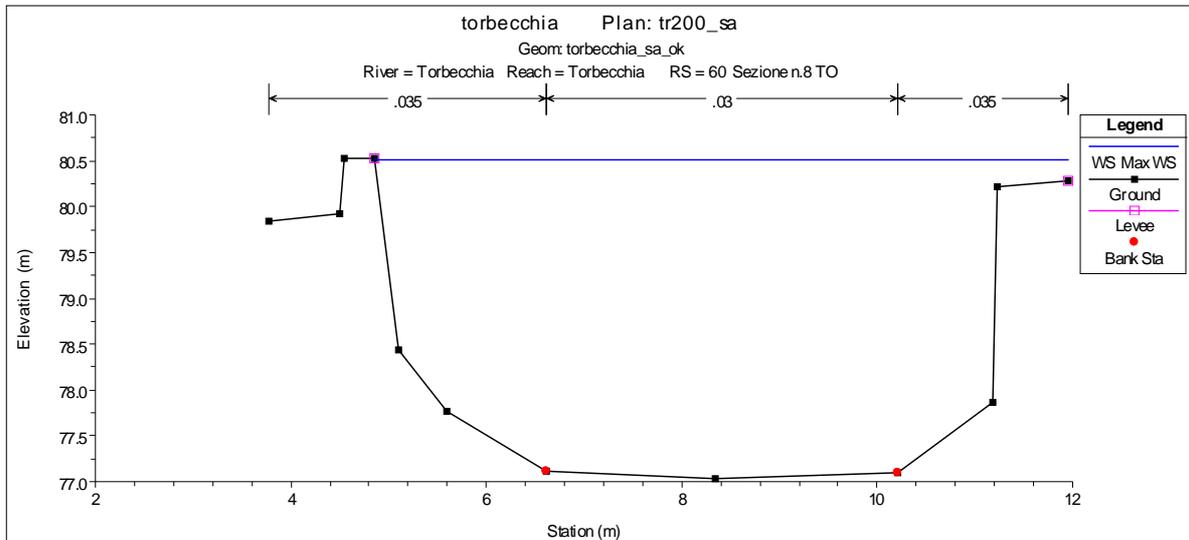


FIGURA 39. SEZIONE 8 TO

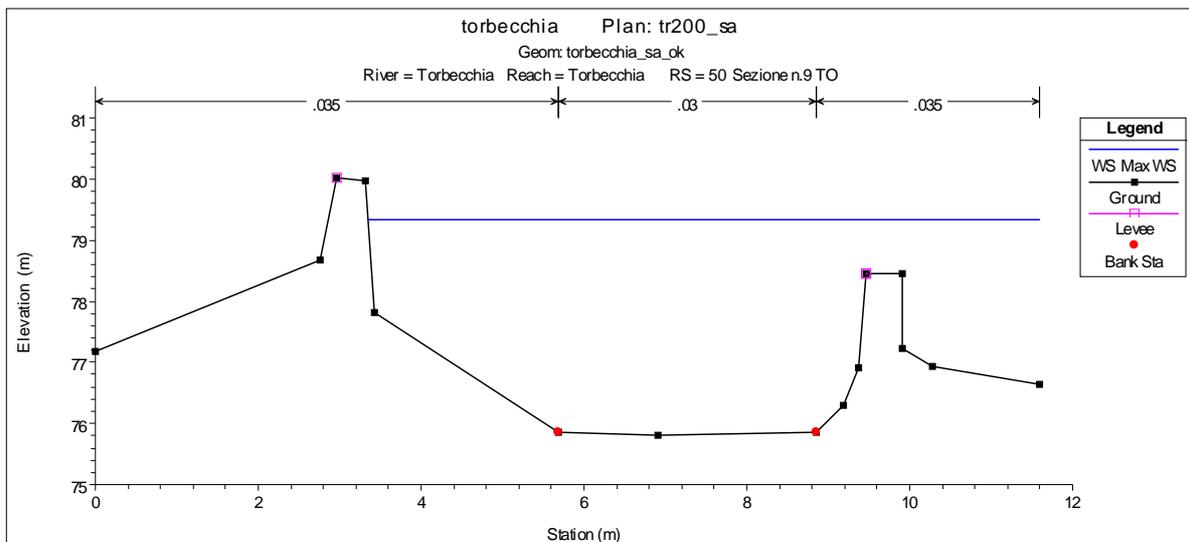


FIGURA 40. SEZIONE 9 TO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

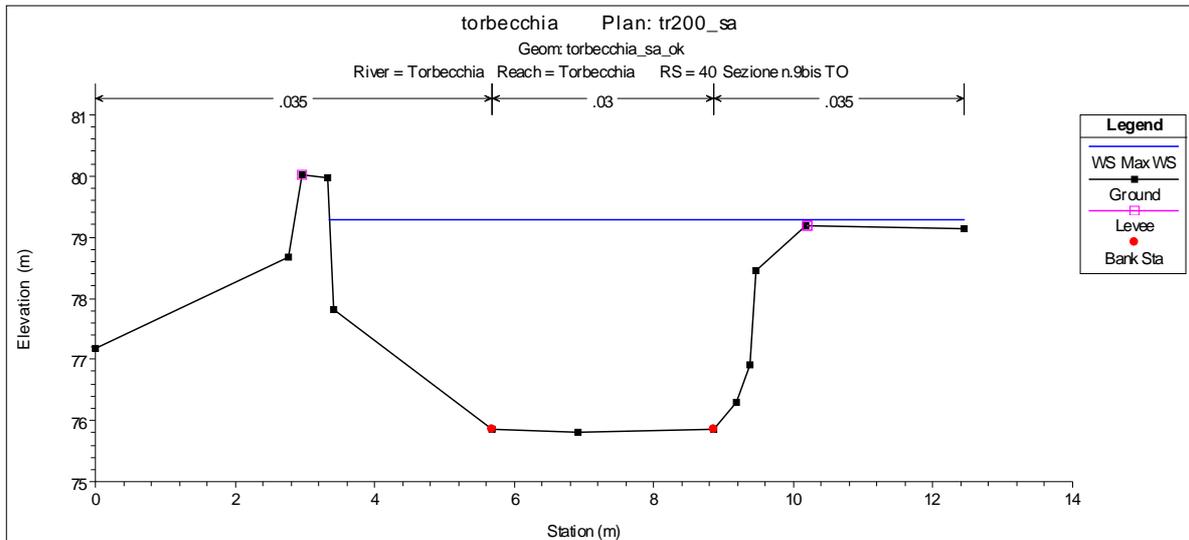


FIGURA 41. SEZIONE 9 BIS TO

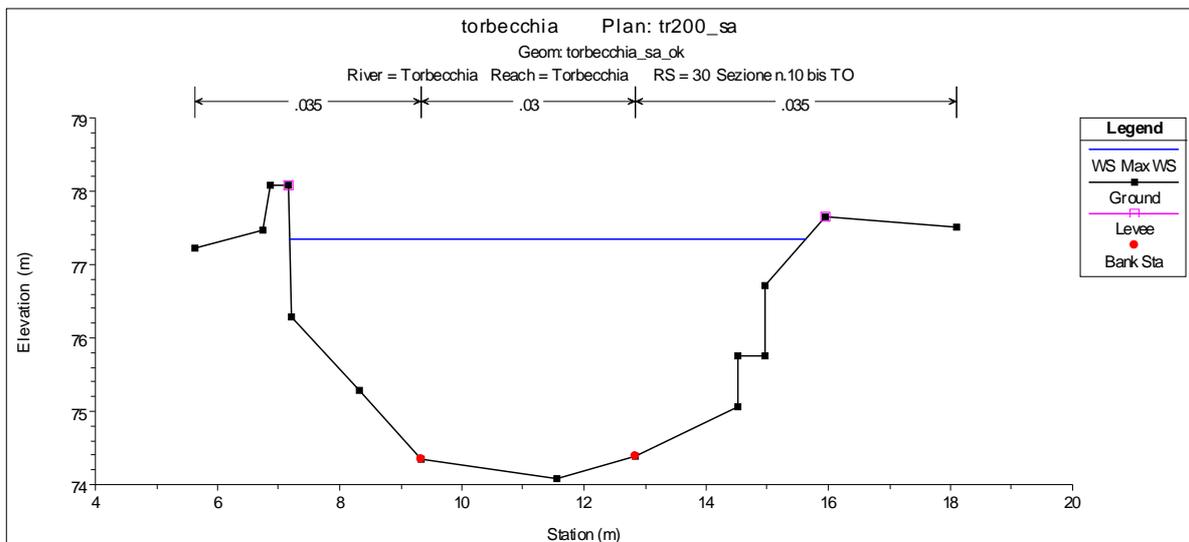


FIGURA 42. SEZIONE 10 BIS TO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

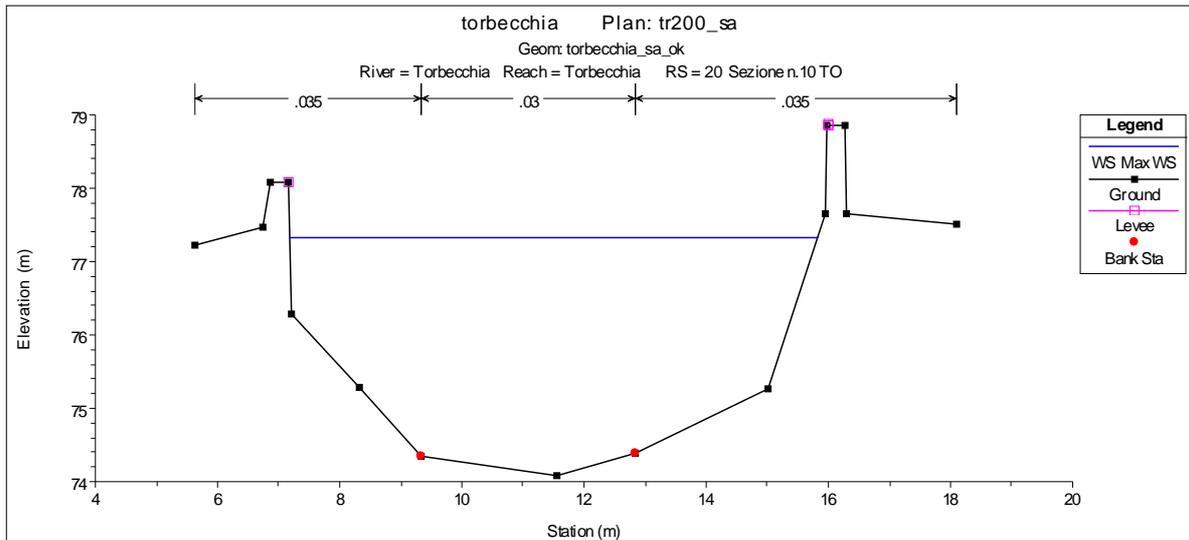


FIGURA 43. SEZIONE 10 TO

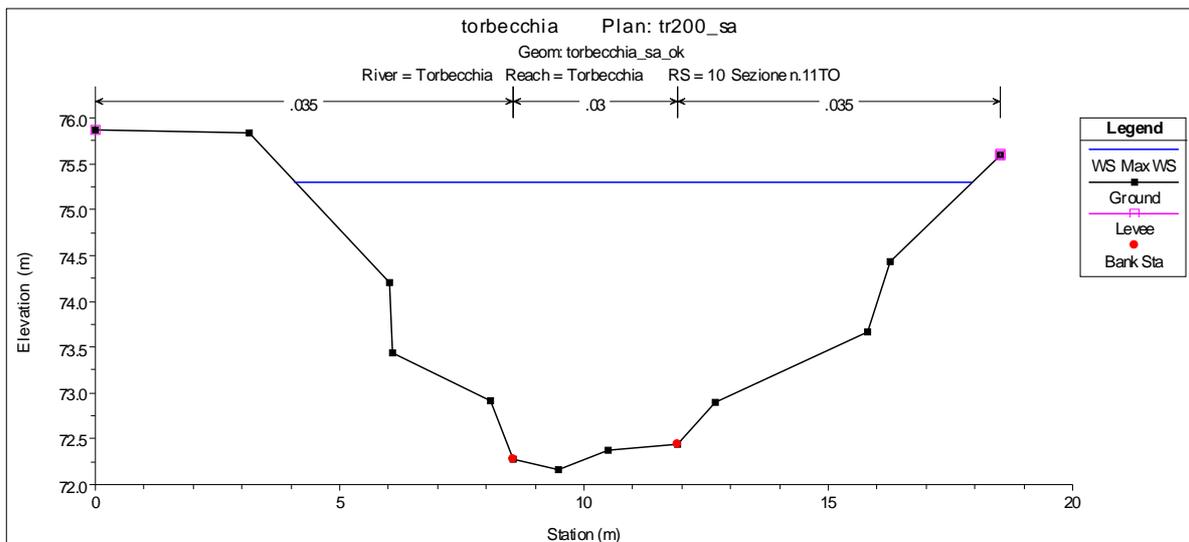


FIGURA 44. SEZIONE 11 TO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

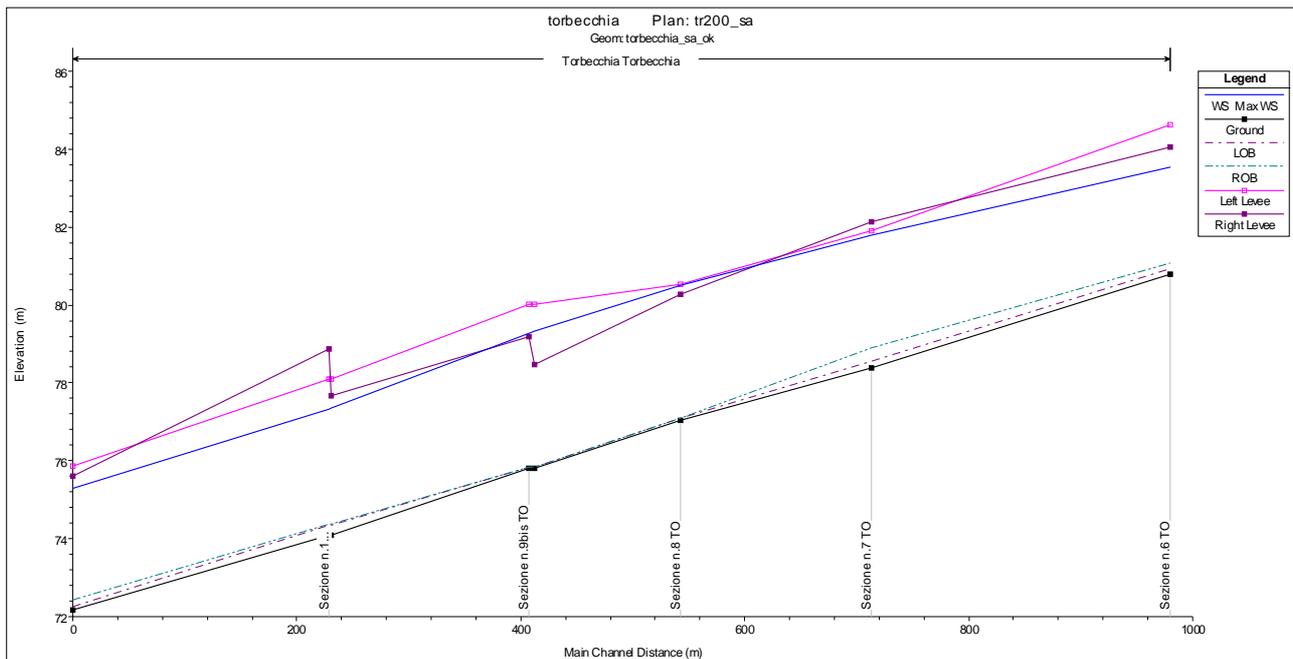


FIGURA 45. PROFILO LONGITUDINALE

#### 4.4.1.2 Stato modificato

La realizzazione dello scatolare tende a migliorare il deflusso della portata di piena grazie alla riprofilatura dell'alveo nel tratto del manufatto, al di sotto del quale la stessa transita interamente contenuta con un franco di 1 m circa.

Di seguito si riportano le sezioni trasversali e il profilo longitudinale con indicazione del tirante idrico per TR200 anni.

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

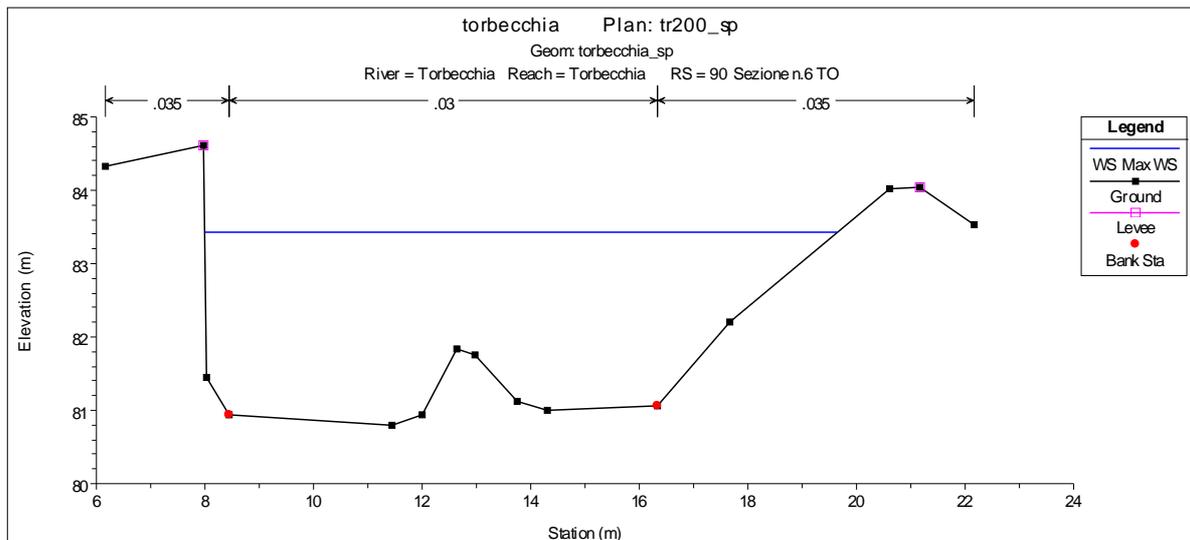


FIGURA 46. SEZIONE 6 TO

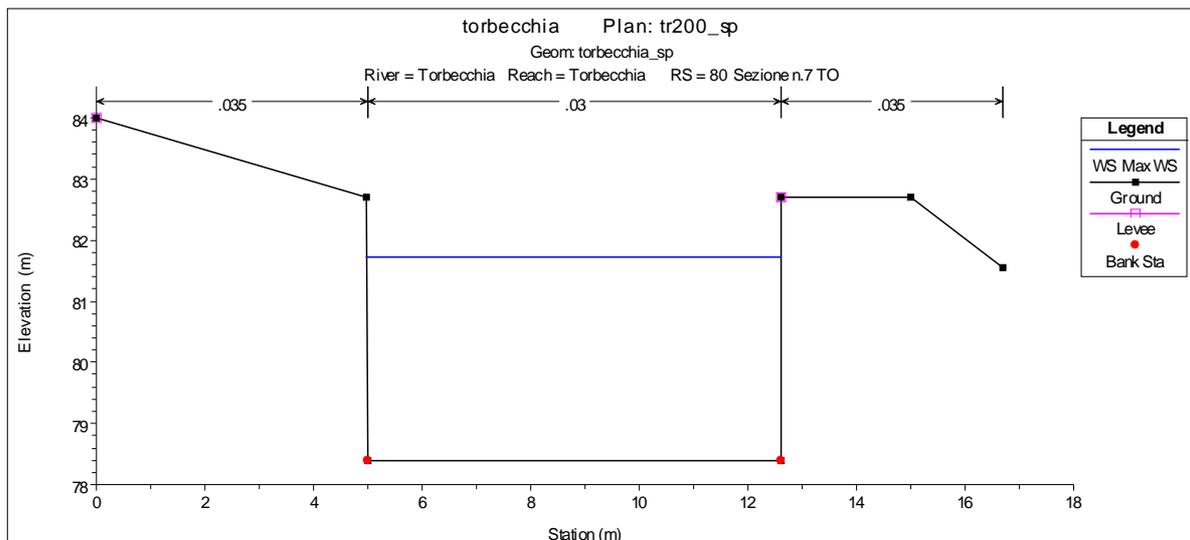


FIGURA 47. SEZIONE 7 TO - MONTE ATTRAVERSAMENTO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

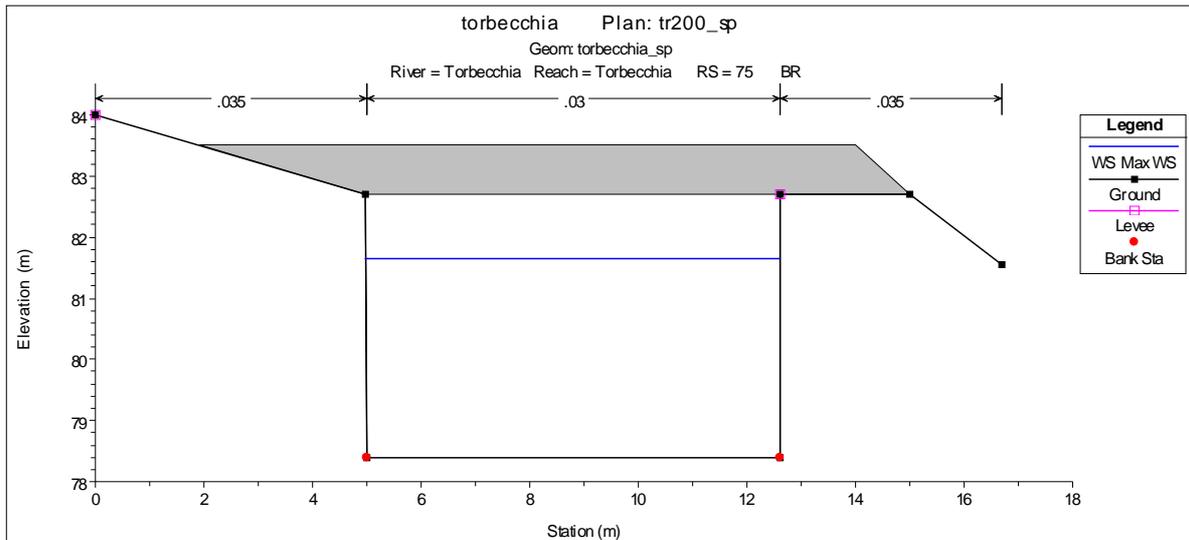


FIGURA 48. SEZIONE ATTRAVERSAMENTO

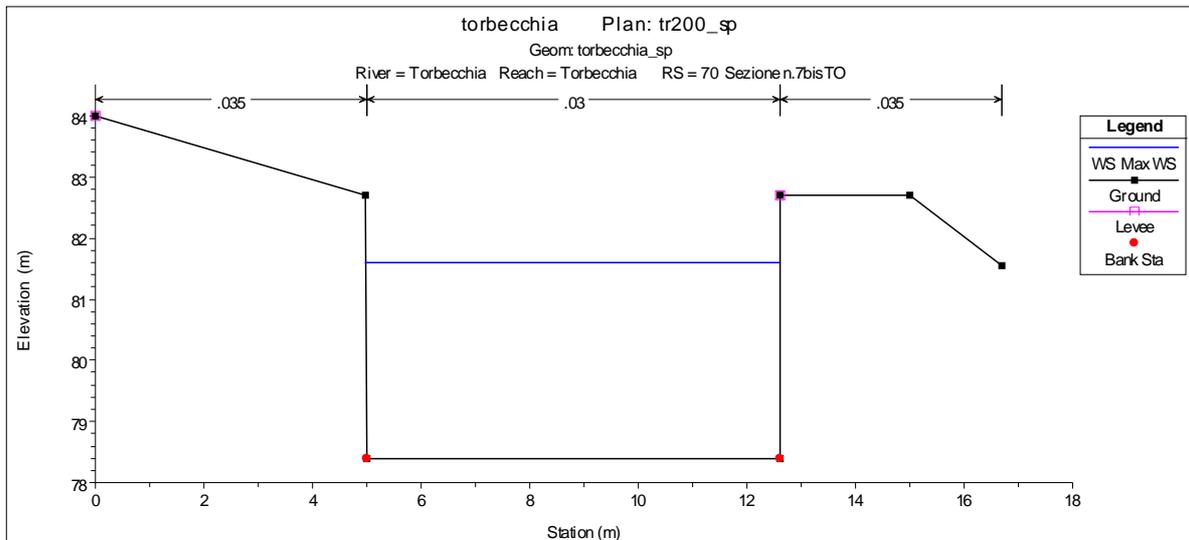


FIGURA 49. SEZIONE 7 TO - VALLE ATTRAVERSAMENTO

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

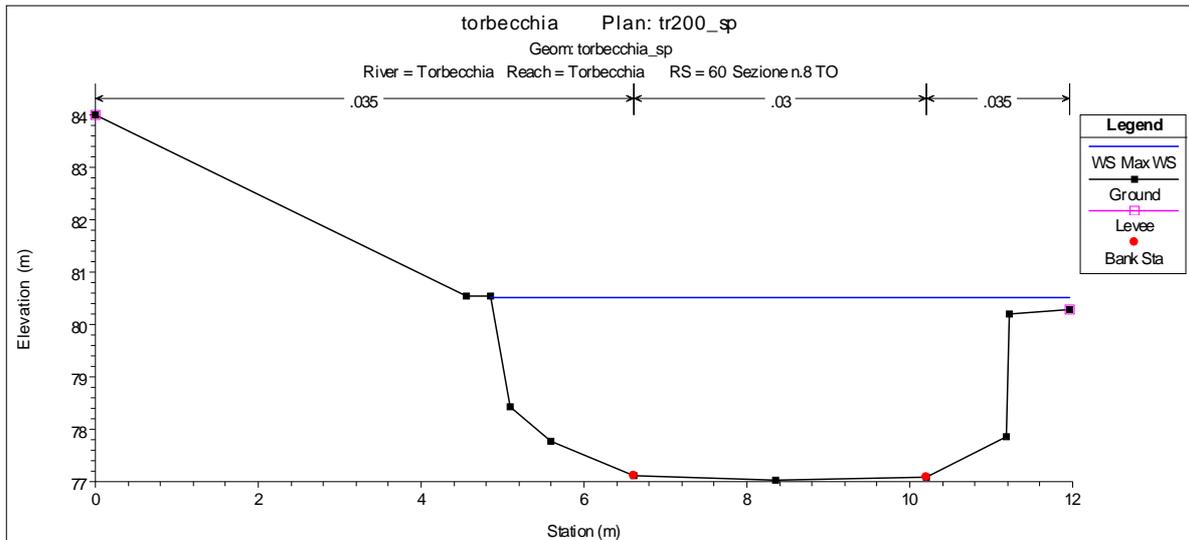


FIGURA 50. SEZIONE 8 TO

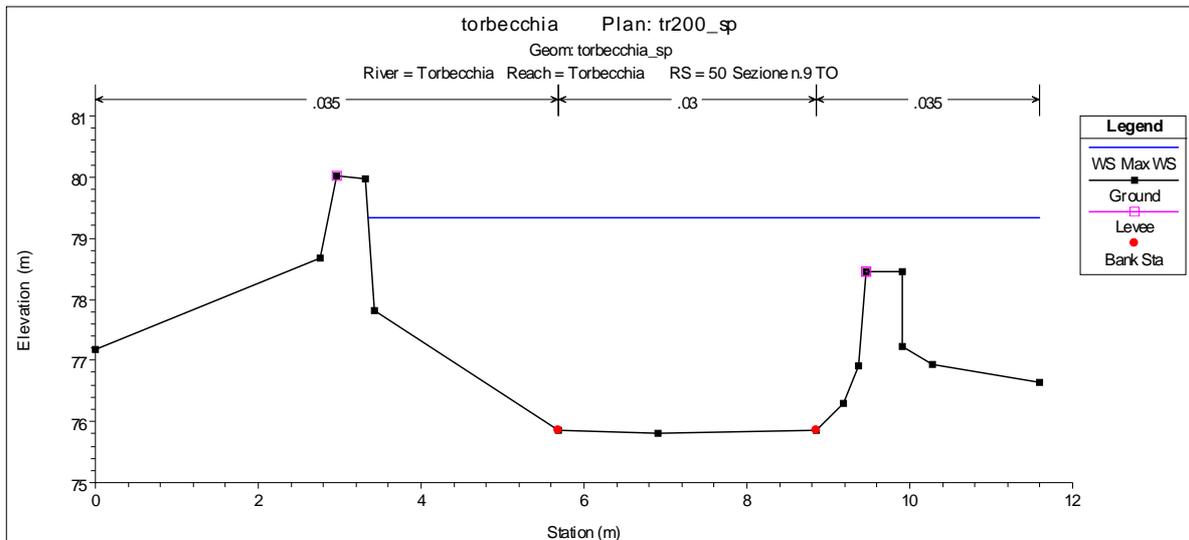


FIGURA 51. SEZIONE 9 TO

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi

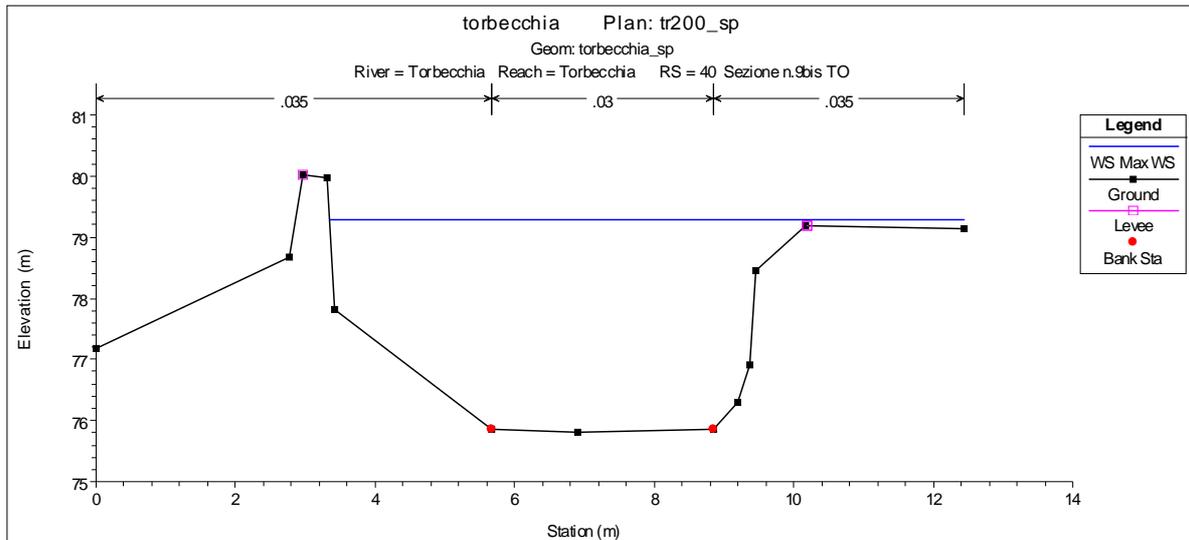


FIGURA 52. SEZIONE 9 BIS TO

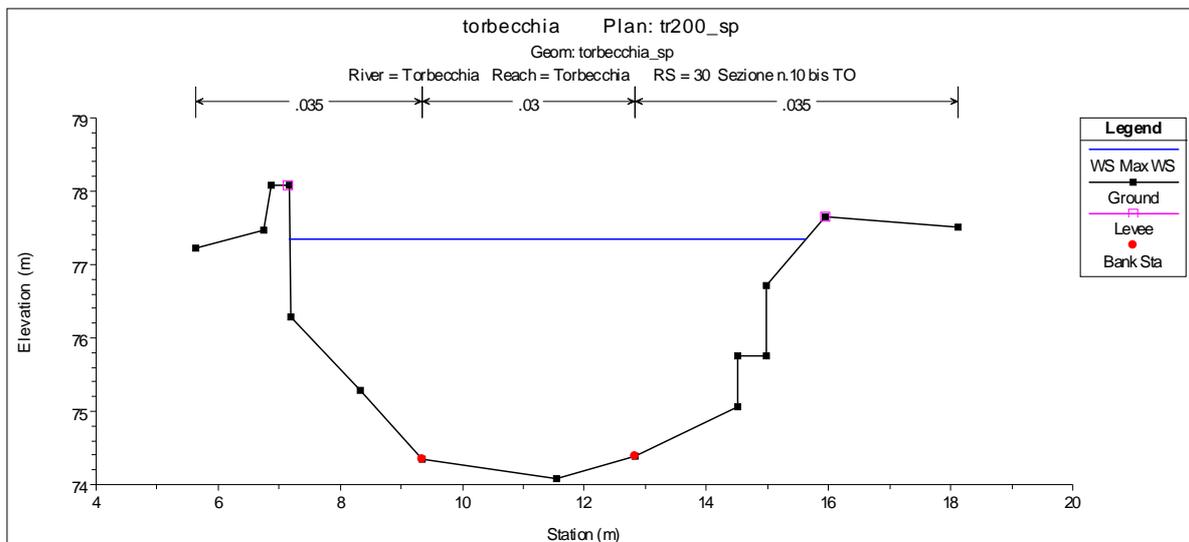


FIGURA 53. SEZIONE 10 BIS TO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

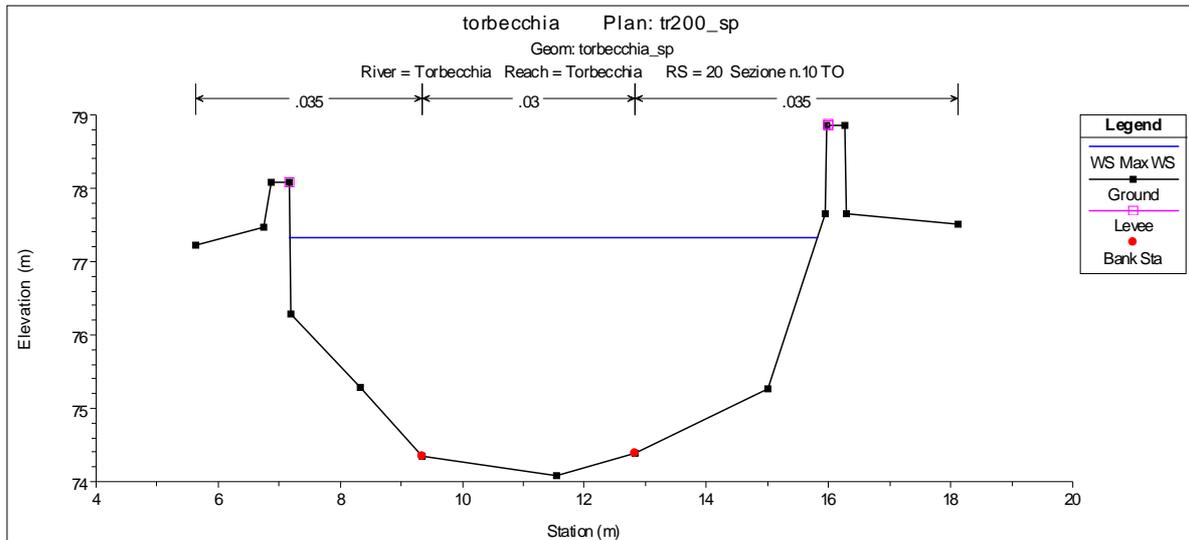


FIGURA 54. SEZIONE 10 TO

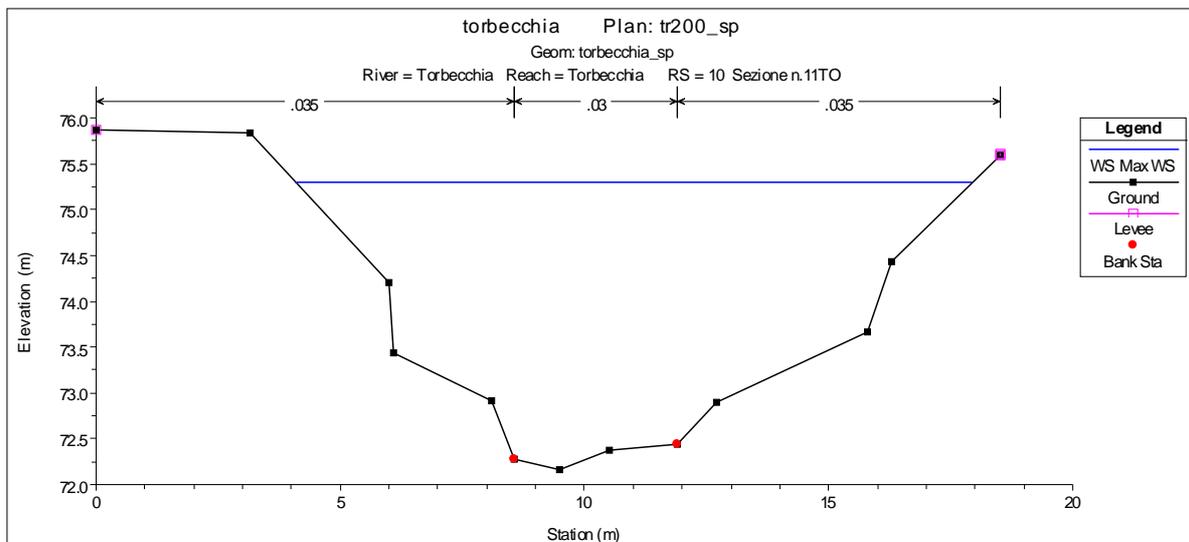


FIGURA 55. SEZIONE 11 TO

PARTE D'OPERA Cassa di espansione in loc. Laghi Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi

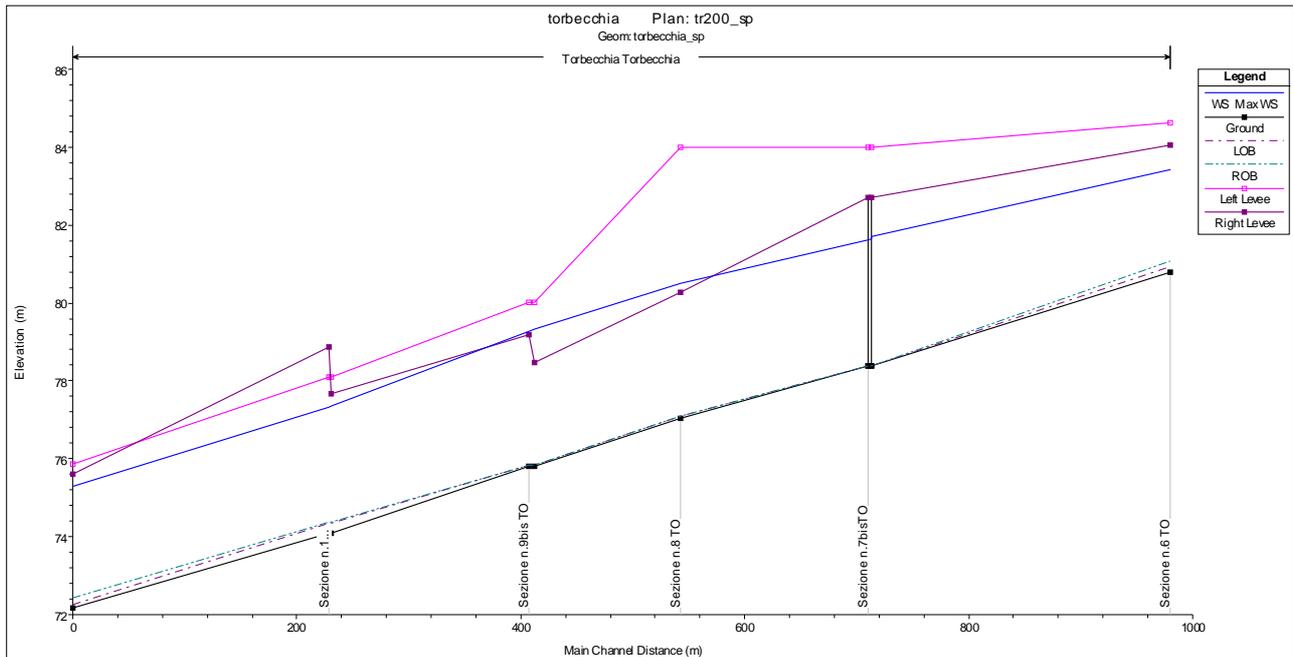


FIGURA 56. PROFILO LONGITUDINALE

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi



## 5 Conclusioni

La cassa di espansione è stata modellata e studiata in tutti i possibili scenari di eventi meteorici, da quelli a minore frequenza, fino a quelli di massima intensità.

I risultati delle simulazioni hanno dimostrato la persistenza di rendimenti piuttosto elevati, tra il 10 ed il 26%. Anche l'abbattimento del tirante risulta molto consistente, e pressoché costante al variare dell'intensità dell'evento meteo con valori intorno al 10/15%.

	Tirante alla sez. 120		Battente alla sez. 120		Abbattimento livelli
	stato attuale	stato di progetto	stato attuale	stato di progetto	
<b>TR200</b>	71.21	70.95	2.41	2.15	11%
<b>TR100</b>	71.12	70.89	2.32	2.09	10%
<b>TR50</b>	70.95	70.65	2.15	1.85	14%
<b>TR20</b>	70.73	70.50	1.93	1.7	12%
<b>TR10</b>	70.60	70.40	1.8	1.6	11%
<b>TR2</b>	70.26	70.19	1.46	1.39	5%

L'efficacia dell'intervento quindi risulta evidente, si sottolinea che una gestione delle paratoie di scarico del modulo di valle potrebbero consentire di non allagare il settore di monte per tempi di ritorno che potrebbero superare i 20 anni.

La verifica idraulica ha condotto al corretto dimensionamento del nuovo attraversamento del Torbecchia per portate duecentennali.



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

## **ALLEGATO 1 – MODELLO AL.TO.**

*(Parte IV – relazione P.A.I.)*

Ha la finalità di generare, per tutte le sezioni di interesse del reticolo idrografico considerato, gli idrogrammi di piena per assegnati tempi di ritorno. L'obiettivo è quello di riprodurre andamenti temporali della portata caratteristici delle diverse aree, ricollegati a diverse forzanti meteorologiche che provocano la risposta critica di bacini e sottobacini di diversi ordini di grandezza.

È noto che il meccanismo di formazione della piena, nella realtà, è sicuramente influenzato dall'evoluzione dinamica dei campi di precipitazione e cioè da come il nucleo principale della precipitazione si sposta all'interno del bacino, coinvolgendo in tempi differenti porzioni diverse del bacino, e influenzando così l'effettiva sovrapposizione dei contributi dei diversi bacini in termini di idrogramma di piena.

Ciò potrebbe essere riprodotto in fase di verifica solo impostando una generazione casuale di eventi di precipitazione, di diversa intensità, durata ed evoluzione temporale. Al di là dell'onere dei calcoli e della non riproducibilità delle condizioni di verifica, tale scenario di analisi, seppur idrologicamente molto sensato, non permetterebbe un'agevole caratterizzazione in termini di tempo di ritorno degli eventi. È, ancora una volta, da ribadire il carattere dello studio in esame che tende a fornire eventi di riferimento sui quali, in fasi di eventuale, successivo approfondimento, è possibile andare ad effettuare analisi con maggiori livelli di approssimazione.

Questo ragionamento riconduce, nella sostanza, ad una ipotesi di apparente isofrequenza tra la forzante meteorica, ritenuta uniforme sull'intero bacino, e la portata in alveo. Di tale argomento sarà tuttavia discusso più avanti, nell'ambito della discussione del modello. Si considerano ietogrammi di durata tale da rendere massime le portate di piena nella parte alta, nella parte intermedia e nella parte finale del bacino.

La modellistica idrologica è stata affidata al codice di calcolo AL.TO (ALLuvioni in TOscana), sviluppato nel 1997 dal PIN, Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze, per conto della Regione Toscana, nell'ambito di un lavoro più ampio finalizzato allo svolgimento di studi e all'individuazione di procedure per la regionalizzazione delle portate di piena nel territorio toscano (Regione Toscana, 1998).

---

PARTE D'OPERA	Cassa di	ELABORATO:
espansione	in loc. Laghi	RELAZIONE IDRAULICA
Primavera		
COD. ELAB.:		REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC		Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

Il modello si basa sulla trasformazione afflussi-deflussi ottenuta tramite la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario o IUH. I parametri dell'IUH possono essere determinati in base alle caratteristiche geomorfologiche del bacino (in particolare la struttura del reticolo idrografico ordinato) ottenendo un cosiddetto idrogramma unitario geomorfologico o GIUH.

La depurazione dell'afflusso lordo a pioggia netta è basata sulla stima dei due parametri relativi alle perdite iniziali e alle perdite per infiltrazione. La perdita iniziale è schematizzata introducendo un volume unitario per unità di area  $I_a$  che assorbe completamente la precipitazione durante i primi momenti dell'evento, mentre la perdita durante l'evento viene schematizzata con un coefficiente di infiltrazione costante a saturazione  $K_s$ .

La forzante data dall'evento meteorico è schematizzata attraverso un istogramma sintetico la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate con l'adattamento della distribuzione TCEV (Two Components Extreme Value). Il modello, come si è detto, è strutturato in modo tale da ricercare, per un dato tempo di ritorno, il valore critico della durata di pioggia che massimizza la portata di piena. La struttura di dettaglio del modello, insieme ad una breve descrizione dei dati utilizzati, è riportata di seguito.

I dati idrologici, idrometrici e territoriali raccolti ed elaborati per la messa a punto del modello AL.TO comprendono gli archivi cartacei e informatici del Servizio Idrografico e Mareografico, la documentazione disponibile presso la Regione Toscana, i dati rilevati presso gli Uffici del Genio Civile. Tutti i dati raccolti sono stati archiviati in una base-dati su supporto informatico e su tabulati cartacei e, insieme ad una relazione tecnica sulla validazione e consistenza dell'archivio sono ora a disposizione della Regione Toscana.

In particolare, i dati pluviometrici si riferiscono alle precipitazioni massime annue con durata inferiore ad 1 ora; tra 1 e 24 ore, tra 1 e 5 giorni, le precipitazioni giornaliere, le precipitazioni ad alta risoluzione (serie disponibili ed eventi significativi utilizzati per le fasi di taratura del modello). Le principali elaborazioni relative alla pluviometria hanno riguardato: l'analisi per l'applicazione della distribuzione a doppia componente TCEV la stima delle curve di possibilità pluviometrica (annuali e stagionali) sia con distribuzione di Gumbel che mediante la TCEV regionale al primo livello per durate inferiori e superiori

---

PARTE D'OPERA	Cassa di	ELABORATO:
espansione	in loc. Laghi	RELAZIONE IDRAULICA
Primavera		
COD. ELAB.:		REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC		Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

all'ora; l'analisi della distribuzione spazio-temporale delle precipitazioni in eventi reali e delle piogge giornaliere.

I dati idrometrici raccolti sono relativi alle portate al colmo, agli idrogrammi di piena in termini di portate per alcuni eventi in cui erano disponibili anche le precipitazioni ad alta risoluzione, agli idrogrammi di piena in termini di livelli idrometrici delle tre piene più significative per le stazioni idrometriche del Servizio Idrografico di Pisa.

Si sono raccolte le portate massime annuali al colmo, registrate nelle 72 stazioni del Servizio Idrografico interne ed esterne alla Regione Toscana, per tutti gli anni disponibili. Inoltre per alcune stazioni di cui erano disponibili le precipitazioni ad alta risoluzione temporale sono stati acquisiti gli idrogrammi di portata significativi. Tali idrogrammi in parte derivano dall'archivio informatico del Servizio Idrografico e Mareografico e in parte sono stati acquisiti dagli Annali Idrologici, Parte seconda, per digitalizzazione dei diagrammi riportati nella sezione dedicata alla monografia dei principali eventi di piena verificatisi durante l'anno. Sono stati inoltre, acquisiti i livelli al colmo e alcuni idrogrammi di piena significativi in alcune sezioni per cui è previsto il servizio di piena dagli Uffici del Genio Civile della Toscana di Arezzo, Firenze, Grosseto e Lucca.

Le principali elaborazioni relative all'idrometria hanno riguardato l'adattamento della distribuzione di Gumbel alle singole serie storiche di portata al colmo, l'adattamento della distribuzione TCEV al primo livello in sei zone del territorio regionale (Magra, Serchio, Appennino, Chianti, Costa, Maremma), l'analisi statistica di alcune serie storiche di livello idrometrico, l'analisi degli idrogrammi di piena acquisiti; Il reticolo idrografico è stato digitalizzato dalla cartografia scala 1:25.000. Le aree pianeggianti e di bonifica, scolanti mediante sistemi di drenaggio tipo acque basse, sono state separate dal reticolo idrografico naturale in quanto non assoggettabili alle procedure di regionalizzazione previste per le acque alte. Tali aree sono state individuate sulla base dei comprensori di bonifica esistenti nonché mediante analisi morfologica dei sistemi drenanti e degli elementi arginali di delimitazione.

Il reticolo idrografico costituisce la base informativa della procedura di regionalizzazione che prevede, per ciascuna asta del reticolo, la caratterizzazione del bacino a monte e la valutazione della portata al colmo per i diversi tempi di ritorno. A tal fine il reticolo è stato gerarchizzato secondo Strahler e sono stati ricavati i principali parametri geomorfologici (Petrucci, Preti, Valanzano et al., 1996).

---

PARTE D'OPERA	Cassa di	ELABORATO:
espansione	in loc. Laghi	RELAZIONE IDRAULICA
Primavera		
COD. ELAB.:		REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC		Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

Sono state acquisite le curve di livello in forma vettoriale prodotte dalla Regione Toscana a partire dalla cartografia scala 1:5.000 e i punti quotati utilizzati per la redazione delle ortofotocarte. Inoltre è stato acquisito il modello digitale del terreno pixel 400x400m della Regione Toscana, l'uso del suolo 400x400m, i limiti di bacino del progetto regionale IFT93 (Inventario Forestale Toscano) e la carta geolitologica scala 1:250'000 in formato vettoriale. Il modello digitale del terreno e lo strato informativo dell'uso del suolo sono stati acquisiti tramite il modulo GRID ARC/INFO. Dalla carta geolitologica in forma vettoriale si è ricavato, sempre con lo stesso modulo GRID, un modello matriciale con passo pari a 400 metri. Sulla base del modello digitale del terreno sono state elaborate la carta delle pendenze e la carta delle esposizioni.

Le stazioni di misura delle precipitazioni con strumento registratore hanno una densità media di circa 1 stazione ogni 75 kmq; la risoluzione spaziale è pertanto dell'ordine di 8.5 Km. La densità sale a circa 1 stazione ogni 40 kmq se si considerano anche le stazioni con pluviometro semplice.

L'uso del suolo e le caratteristiche litologiche dei suoli sono state acquisite con una risoluzione di 400 m da dati in scala 1:250'000. Il modello di piena adottato è stato tarato su una serie di 66 eventi significativi relativi a 16 bacini della Toscana per i quali sono stati acquisiti o elaborati gli ietogrammi delle piogge ragguagliate e le relative portate defluenti.

Il modello di trasferimento adottato è quello dell'idrogramma unitario di tipo  $\Gamma(n, k)$  introdotto da Nash (1959) e caratterizzato dal parametro di forma  $n$  e da quello di scala  $k$ .

La taratura del modello è stata condotta in modalità automatica utilizzando un algoritmo di minimizzazione dello scarto fra le portate calcolate e quelle registrate, basato sul metodo del semplice (Castelli, 1985).

I parametri tarati per ciascun evento risultano quindi i seguenti:

- ✓  $I_a$  volume unitario di perdita iniziale [mm];
- ✓  $K_s$  velocità di infiltrazione a saturazione [mm/h];
- ✓  $n$  parametro di forma dell'idrogramma di Nash [-];
- ✓  $k$  parametro di scala dell'idrogramma di Nash [h].

In particolare, dai risultati ottenuti, emergono le seguenti considerazioni:

---

PARTE D'OPERA	Cassa di	ELABORATO:
espansione	in loc. Laghi	RELAZIONE IDRAULICA
Primavera		
COD. ELAB.:		REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC		Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica  
Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

- ✓ i valori del parametro  $la$  risultano compresi tra 10 mm e 30 mm, in accordo con quanto previsto, ad esempio, dal modello del Curve Number che stima la perdita iniziale nel 20% della capacità di assorbimento del suolo (cfr. Busoni et al., 1995);
- ✓ i valori del parametro  $Ks$ , velocità di infiltrazione a saturazione, sono nella maggior parte dei casi inferiori ad 1 mm/h e possono raggiungere valori di 3.5 mm/h;
- ✓ i parametri  $n$  e  $k$  presentano una certa variabilità, mentre il loro prodotto risulta assai più stabile, al variare dell'evento, per un dato bacino.

Nel seguito si fa cenno alle procedure di regionalizzazione. Per quanto attiene alle precipitazioni si fa riferimento a uno ietogramma sintetico la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità climatica ricavate con l'adattamento della TCEV.

Il codice si basa su un approccio di tipo indiretto-morfologico in grado di schematizzare le principali dinamiche idrologiche del bacino idrografico utilizzando il reticolo idrografico e, sulla base di idonee procedure di regionalizzazione delle informazioni idrologiche e territoriali, consente le seguenti operazioni:

- ✓ calcolo delle caratteristiche geomorfologiche e territoriali del bacino considerato;
- ✓ calcolo dei parametri della trasformazione afflussi-deflussi;
- ✓ valutazione della precipitazione sul bacino;
- ✓ calcolo dell'idrogramma di piena per vari tempi di ritorno.

Per quanto riguarda il coefficiente di ragguglio areale  $Kr$  si è fatto riferimento, in accordo con quanto riportato in Settesoldi et al. (1996) ad un'espressione del tipo seguente (Eagleson, 1970):

$$Kr = 1 - \exp(\alpha t^\beta) + \exp(\alpha t^\beta - \gamma A)$$

dove  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  sono i parametri della formula,  $t$  [h] la durata della precipitazione e  $A$  [km<sup>2</sup>] l'area del bacino.

L'introduzione della dipendenza del parametro  $\alpha$  dal coefficiente  $a$  della curva di possibilità pluviometrica (nella formulazione originaria  $\alpha$  era pari a 1.1, mentre nel presente caso varia da 0.7 a 1.2 al variare di  $a$ ) e quindi dalle caratteristiche delle precipitazioni è in accordo con Eagleson (1970). Il parametro  $\beta$  rimane invariato, mentre il parametro  $\gamma$  è stato stimato pari a 0.01 anziché 0.004 rispetto alla formula classica.

---

PARTE D'OPERA	Cassa di	ELABORATO:
espansione	in loc. Laghi	RELAZIONE IDRAULICA
Primavera		
COD. ELAB.:		REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC		Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

Tali adattamenti sono stati ottenuti sulla base di un confronto fra l'andamento del fattore di riduzione areale così stimato e quelli ricavabili dall'analisi condotta della correlazione spaziale dei dati pluviometrici o dedotti da note formule tecniche (Puppini, Columbo), nonché sulla base delle verifiche dei risultati del modello AL.TO descritte nel seguito.

Sulla base dei risultati della taratura del modello afflussi-deflussi descritta nel capitolo precedente si è proceduto alla regionalizzazione dei parametri dell'IUH di Nash, a partire dallo studio del prodotto  $nk$  che rappresenta la media dell'idrogramma di Nash ovvero il tempo di ritardo del bacino idrografico ( $Tl$ ). È noto che il tempo di ritardo idrologico in un bacino rappresenta la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena, depurato della portata di base che sarebbe defluita nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento, e quello del pluviogramma netto.

Si definisce  $Tl$  caratteristico di un bacino idrografico il valore medio dei tempi di ritardo relativi, per ogni bacino, ad eventi di piena osservati con periodo di ritorno superiore a 20 anni (Copertino e Fiorentino, 1992).

Risultano interessanti, ai fini di ottenerne una regionalizzazione, le espressioni, ricavate da vari autori (Ferrari et al., 1992), che legano il tempo di ritardo alle caratteristiche del bacino e del reticolo idrografico, basate sui parametri geomorfologici come i noti rapporti di biforcazione  $Rb$ , lunghezza  $Rl$  e area  $Ra$ . Fattore comune di queste espressioni è la presenza di un parametro cinematico da tarare, la cui determinazione è ancora oggi oggetto di approfondimento scientifico (Copertino e Fiorentino, 1992).

Considerando, nel caso della Toscana, i dati elaborati per i 42 bacini strumentati dal Servizio Idrografico, la migliore relazione fra i valori di  $Tl$  derivati dalla taratura del modello sopra descritto ed i parametri geomorfologici, si è ottenuta con la formulazione

$$Tl = 0.42 \left( \frac{Rb}{Ra} \right)^{0.3} Rl^{-0.41} \frac{Lmc}{A^{0.075}}$$

dove  $A$  è l'area del bacino espressa in  $km^2$  e  $Lmc$  la lunghezza del reticolo, in km calcolata come cumulata delle lunghezze medie per i vari ordini gerarchici in accordo con Agnese et Al. (1988).

L'equazione ancora vista, caratterizzata da coefficiente di regressione pari a 0.9, fornisce una maggiore varianza spiegata rispetto alla analoga nota espressione di Rosso, (1982 e

---

PARTE D'OPERA	Cassa di	ELABORATO:
espansione	in loc. Laghi	RELAZIONE IDRAULICA
Primavera		
COD. ELAB.:		REDATTO:
002_CAS_REL_IDRA.DOC		Ing. David Malossi



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

1983). Inoltre, a differenza di una semplice relazione lineare di  $Tl$  con un unico parametro geomorfico legato alla dimensione del bacino idrografico, essa consente una migliore regionalizzazione dei parametri del GIUH necessaria per l'implementazione del modello di piena.

Tale espressione del tempo di ritardo, ricavata solo con procedimenti di regressione, risulta di un certo interesse in quanto sembra tenere conto, in modo semplice, oltre che dell'effetto del reticolo idrografico sul trasferimento del deflusso secondo la teoria di Rodriguez-Iturbe e Valdes (1979), anche dell'effetto dell'alveo sullo smaltimento della piena, come viene mostrato in uno studio di approfondimento sull'argomento (Prete, 1996) basandosi sulla teoria del regime e precedenti indagini regionali (White, Paris et al., 1981; Canuti e Moisello, 1980).

I parametri  $la$  e  $Ks$  ottenuti dalle tarature del modello sono stati regionalizzati, come già accennato, in funzione dell'uso del suolo e dalla geologia dei bacini, resi indipendenti dalle dimensioni del bacino idrografico. La regionalizzazione di  $Ks$  sulla base dell'analisi di 22 classi della carta geolitologica (scala 1:250'000) a cui sono stati attribuiti i valori di permeabilità a saturazione corrispondenti, sviluppando studi precedenti (Caporali e Petrucci, 1992; Mazzanti, 1993) e una metodologia basata sui nuovi dati elaborati in questo studio. In Figura 3 si riportano a confronto i valori di  $Ks$  stimati dalla taratura del modello e quelli ricavati rispettivamente con i valori massimo e minimo dei  $Ks$  stimati per ciascun bacino.

È noto come l'incertezza nella valutazione delle funzione di probabilità delle portate al colmo mediante i metodi indiretti di stima dipenda, oltre che dalla schematizzazione delle condizioni di umidità del suolo e della variabilità spaziotemporale delle precipitazioni, anche da distorsioni derivanti da alcune incongruenze teoriche della metodologia dell'evento critico (Bacchi et al., 1993). In tale ottica sono state condotte varie verifiche che, nell'ambito dei limiti dello studio, permettono di valutare il grado di affidabilità dei risultati ottenuti e la robustezza del modello.

A tale scopo sono stati effettuati confronti fra le distribuzioni di probabilità dei colmi di piena derivate dall'analisi statistica e quelle generate dal modello. Ulteriori verifiche sono state condotte comparando alcuni idrogrammi di piena calcolati e registrati, analizzando i dati idrometrici del Genio Civile, e confrontando i risultati del modello con le curve

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



inviluppo. È stata infine condotta un'analisi di sensitività volta a quantificare l'importanza dei parametri del modello sui valori di portata.

La prima verifica dei risultati ottenuti con il modello di piena AL.TO è consistita nel confronto fra le funzioni di distribuzione delle portate al colmo calcolate con quelle derivate dalle procedure di inferenza statistica sulle serie di dati delle stazioni idrometriche (in 44 sezioni corrispondenti alle 42 del Servizio Idrografico più 2 sezioni del Genio Civile per cui erano disponibili serie storiche di portate al colmo).

I risultati ottenuti mostrano in generale un soddisfacente accordo con le statistiche puntuali. Risulta interessante osservare l'andamento della distribuzione statistica delle portate fornita dal modello di piena AL.TO caratterizzato da una spiccata asimmetria analoga a quella della distribuzione TCEV.

La robustezza del modello è stata confermata dalla verifica effettuata su alcuni bacini non utilizzati nella fase di regionalizzazione dei parametri e validazione. Gli scostamenti maggiori fra i valori delle distribuzioni e quelli del modello sono relativi alle stazioni con serie storiche disponibili limitate (in genere bacini di ridotte dimensioni) e caratterizzate da apparenti anomalie nella serie storica oppure ai bacini in cui sono presenti notevoli capacità di invaso.

La sensitività del modello è stata indagata studiando due bacini campione di aree sensibilmente diverse (Sieve a Fornacina di 863 km<sup>2</sup> e il Terzolle alle Masse di 13 km<sup>2</sup>).

La valutazione della sensitività si è basata sull'analisi della variazione della portata con tempo di ritorno 100 anni al variare dei seguenti parametri ( $\pm 50\%$  rispetto al valore di taratura): perdita iniziale  $I_a$ , velocità di infiltrazione  $K_s$  e parametri del fattore di riduzione areale  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

Si possono trarre alcune osservazioni preliminari. La perdita iniziale,  $I_a$ , appare significativa per il bacino di ridotte dimensioni (10% di variazione della portata calcolata) mentre perde di importanza per la valutazione delle piene nei bacini maggiori, il che risulta giustificato dal fatto che i bacini grandi sono maggiormente cimentati da piogge di lunga durata rispetto alle quali la perdita iniziale risulta trascurabile. Viceversa il parametro di infiltrazione  $K_s$  risulta più significativo per il bacino maggiore (15% di variazione della portata calcolata) mentre è praticamente ininfluenza per i piccoli bacini ove le intensità di precipitazione degli eventi critici risultano assai maggiori della velocità di infiltrazione. Per

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:

REDATTO:

002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

Ing. David Malossi



quanto riguarda i parametri connessi al fattore di riduzione areale, si ha che essi sono influenti solo per i bacini di grande estensione ove la variabilità spaziale è significativa (fino al 35% di variazione della portata calcolata).

Infine, un'analisi comparativa è stata condotta osservando che i valori del modello, per tempo di ritorno uguale a 100 anni, tendono ad essere inferiori a quelli delle curve inviluppo per bacini fino a 1000 km<sup>2</sup> della Toscana (da Bendini, 1969).

Per i problemi idrologici ove sia necessaria la conoscenza della distribuzione dei contributi di piena laterali prodotti dagli affluenti, in funzione di preassegnati eventi meteorici, occorre stimare l'idrogramma di piena per ciascun affluente imponendo una durata di pioggia pari a quella considerata per l'asta principale. La procedura AL.TO non consente tale applicazione poiché, come già descritto, valuta l'evento critico che, per un determinato tempo di ritorno, massimizza la portata nella sezione considerata del reticolo idrografico.

A tale scopo è stata messa a punto nell'ambito del presente studio una procedura che, utilizzando la base informativa e operativa di AL.TO, permette il calcolo dei contributi laterali per assegnati valori del tempo di ritorno e della durata di pioggia.

In particolare, per i contributi laterali per i corsi d'acqua non processabili con AL.TO si assumono gli stessi parametri geomorfologici disponibili per i bacini limitrofi. Se non sono disponibili i parametri dei bacini limitrofi si può assumere per  $N$  (parametro di Nash) il valore medio di 2.5 (Rossi e Villani, 1994; Bacchi, 1998), e provvedendo alla stima del parametro  $K$  tramite la relazione (Bacchi et Al. 1989)

$$K = \frac{(N-1)^{N-1} e^{-(n-1)}}{2\Gamma(N)} Tc$$

dove  $\Gamma(N)$  è la funzione gamma generalizzata,  $Tc$  è il tempo di corrivazione del bacino stimabile con la formula di Giandotti, oppure per via indiretta tramite la stima del tempo di ritardo  $TI$  [ore] in funzione dell'area  $A$  espressa in chilometri quadrati Regione Toscana, 1997

$$TI = 0.32A^{0.5}$$

Tenendo presente la relazione:

$$TI = nk$$



**Consorzio di Bonifica**  
**Ombrone P.se – Bisenzio**

**AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO 2013**

*Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed  
approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera*

$k$ , il secondo parametro di Nash può essere ricavato di conseguenza.

Nel caso di aree non urbanizzate di pianura o di bonifica, ove AL.TO non dispone del reticolo idrografico, si può fare riferimento a risultati sperimentali che conducono a valori indicativi (Bacchi, 1998) dei contributi di piena dell'ordine di 4-6 l/s ha corrispondenti a tempi di ritorno dell'ordine di 20-30 anni. Tuttavia la necessità di disporre di idrogrammi di piena e del corrispondente tempo di ritorno, induce a utilizzare un modello di piena analogo a quello impiegato per le aree di collina e di montagna.

In via speditiva si può ricorrere al modello dell'invaso lineare che corrisponde ad un modello di Nash con  $n$  pari all'unità, mentre il parametro  $k$  può essere stimato dalle relazioni già citate che diventano, per  $n$  pari ad uno

$$k = Tl = 0.32A^{0.5}$$

---

PARTE D'OPERA Cassa di  
espansione in loc. Laghi  
Primavera

ELABORATO:  
RELAZIONE IDRAULICA

COD. ELAB.:  
002\_CAS\_REL\_IDRA.DOC

REDATTO:  
Ing. David Malossi