

AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA

Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma

MO-E-1357 – ADEGUAMENTO DEI MANUFATTI DI REGOLAZIONE E SFIORO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA COMPRESIVO DELLA PREDISPOSIZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI REGOLAZIONE IN SITUAZIONI EMERGENZIALI ANCHE PER PIENE ORDINARIE IN RELAZIONE ALLA CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEL TRATTO ARGINATO (EX CODICE 10969) E AVVIO DELL'ADEGUAMENTO IN QUOTA E POTENZIAMENTO STRUTTURALE DEI RILEVATI ARGINALI DEL SISTEMA CASSA ESPANSIONE ESISTENTE

**MO-E-1273 – LAVORI DI AMPLIAMENTO E ADEGUAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA NEL COMUNE DI RUBIERA (RE)
(ACCORDO DI PROGRAMMA MINISTERO – RER – PARTE A)**

PROGETTO DEFINITIVO

R.03 – RELAZIONE IDRAULICA

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

CAPOGRUPPO MANDATARIA
PROGETTAZIONE GENERALE – INGEGNERIA IDRAULICA E STRUTTURALE



ING. FULVIO BERNABEI
ING. STEFANO ADAMI
ING. LAURA GRILLI
ING. GIANLUIGI SEVINI
ING. PAOLO SANAVA

MANDANTE
RAPPORTI CON ENTI TERZI – MODELLISTICA IDROLOGICA E
IDRAULICA – IDROGEOLOGIA



ING. DENIS CERLINI
ING. MARCO BELICCHI
ING. NICOLA PESSARELLI (CSP)
ING. MICHELE FERRARI

MANDANTE
INGEGNERIA STRUTTURALE



ING. MARCO G. P. BRAGHINI
ING. DANIELE L. GIOMETTI

MANDANTE
GEOLOGIA



GEOL. CARLO CALEFFI
GEOL. FRANCESCO CERUTTI

MANDANTE
ASPETTI AMBIENTALI



ING. MASSIMO SARTORELLI
ING. BENIAMINO BARENGHI
DOTT. AGR. ALESSIA MANICONE
DOTT.SSA CHIARA LUVIE'

MANDANTE
ASPETTI PAESAGGISTICI



ARCH. ANGELO DAL SASSO

PER IL R.T.P.:

IL PROGETTISTA GENERALE
DOTT. ING. FULVIO BERNABEI

IL RUP:

DOTT. ING.
FEDERICA PELLEGRINI

CONSULENTE
INGEGNERIA GEOTECNICA



PROF. ING. FRANCESCO COLLESELLI
ING. GIUSEPPE COLLESELLI

CONSULENTE
PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO

GEOM. MARCO SOZZE'

CONSULENTE
VALUTAZIONI ARCHEOLOGICHE

DOTT.SSA IVANA VENTURINI

DATA: LUGLIO 2019

Mod.7.3 F – Rev.01

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.
01	NOVEMBRE 2019	REPERIMENTO MATERIALE RILEVATI LOTTO 3			
02	LUGLIO 2020	MODIFICA ESPROPRI, MODELLO FISICO, DAMBREAK			

INDICE

1	Finalità dell'incarico	5
2	Inquadramento dell'ambito progettuale	9
2.1	Il fiume Secchia	9
2.2	La cassa d'espansione di Rubiera	13
3	Sintesi delle conoscenze e degli studi pregressi	19
3.1	Progetto "Magistrato per il Po"	19
3.2	Studio di fattibilità "Autorità di Bacino del Fiume Po"	21
3.3	Aggiornamento dello studio di fattibilità AdB	22
3.4	Progetto di adeguamento delle arginature di valle	24
3.5	Progetto di fattibilità tecnico economica ottobre 2017	27
3.6	Parere dell'Ufficio Tecnico per le Dighe	32
4	Descrizione delle opere in progetto	35
4.1	Opere inerenti il LOTTO 1	38
4.1.1	<i>Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione</i>	38
4.1.2	<i>Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale</i>	43
4.1.3	<i>Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea</i>	46
4.1.4	<i>Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti</i>	47
4.1.5	<i>Arginatura secondaria a valle dello sbarramento</i>	48
4.2	Opere inerenti il LOTTO 2	50

4.2.1	<i>Adeguamento delle arginature della cassa di espansione</i>	50
4.2.2	<i>Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea</i>	53
4.3	Opere inerenti il LOTTO 3	56
4.3.1	<i>Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento</i>	56
4.3.2	<i>Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento</i>	56
4.3.3	<i>Opere di mitigazione</i>	58
5	Scenari di funzionamento dell'opera	64
5.1	Scenario 1	64
5.2	Scenario 2	65
6	Sintesi idrologica: piene di riferimento	66
7	Criteri progettuali	72
7.1	Normativa di riferimento	72
7.2	Classificazione e definizioni	73
7.3	Portate di progetto e dispositivi di scarico	77
8	Modalità di funzionamento dell'invaso	80
8.1	Procedura automatica di attivazione dell'invaso	81
8.1.1	<i>Procedura da adottarsi a seguito della realizzazione dell'intero intervento</i>	81
8.1.2	<i>Procedura da adottarsi a seguito della realizzazione del solo 1° lotto funzionale</i>	82
8.2	Procedura di svuotamento dell'invaso	84
8.3	Organi meccanici e strumentazione di campo	86
9	Dimensionamento degli organi idraulici	89

9.1	Organi di regolazione della traversa	89
9.2	Organi di scarico della traversa	93
9.3	Luci di fondo del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale	96
10	Effetto dell'opera sugli eventi di piena	101
10.1	Modello di calcolo utilizzato	103
10.2	Simulazione di eventi reali di piena	106
	<i>10.2.1 Evento di piena dicembre 2009</i>	<i>106</i>
	<i>10.2.2 Evento di piena dicembre 2017</i>	<i>109</i>
	<i>10.2.3 Evento di piena maggio 2019</i>	<i>112</i>
10.3	Simulazione di eventi sintetici di piena	115
	<i>10.3.1 Evento di piena T20 (durata 12 ore – fonte AdB)</i>	<i>115</i>
	<i>10.3.2 Evento di piena T20 (durata 24 ore – fonte AdB)</i>	<i>118</i>
	<i>10.3.3 Evento di piena T50 (durata 12 h – fonte AdB)</i>	<i>121</i>
	<i>10.3.4 Evento di piena T100 (durata 12 h – fonte AdB)</i>	<i>123</i>
	<i>10.3.5 Evento di piena T200 (durata 12 h – fonte AdB)</i>	<i>125</i>
	<i>10.3.6 Evento di piena T200 (durata 24 h – fonte AdB)</i>	<i>127</i>
	<i>10.3.7 Evento di piena T100 (fonte: “progetto Magistrato per il Po”)</i>	<i>129</i>
11	Effetto dell'opera sull'area golenale a valle dello sbarramento	131
12	Effetto dell'opera sull'asta di valle	135
12.1	Modello di calcolo	137
12.2	Simulazione degli eventi di piena reali	138
	<i>12.2.1 Evento dicembre 2009</i>	<i>138</i>
	<i>12.2.2 Evento dicembre 2017</i>	<i>140</i>
	<i>12.2.3 Evento maggio 2019</i>	<i>143</i>

12.3 Simulazione degli eventi di piena di progetto	145
12.3.1 Evento di piena T20 (durata 12 ore)	145
12.3.2 Evento di piena T20 (durata 24 ore)	149
12.3.3 Evento di piena T50 (durata 12 ore)	152
12.3.4 Evento di piena T100 (durata 12 ore)	154
12.3.5 Evento di piena T200 (durata 12 ore)	156
12.3.6 Evento di piena T100 (fonte: “progetto Magistrato per il Po”)	158
13 Conclusioni	161
14 ALLEGATI	164
14.1 Parere dell’Ufficio Tecnico per le Dighe	165
14.2 Modello Fisico – Progetto e Prove Sperimentali	166
14.3 Studi di propagazione delle onde di piena relativi alla cassa di espansione sul fiume Secchia, con riferimento al collasso dello sbarramento e alla manovra degli organi di scarico	167

1 FINALITÀ DELL'INCARICO

Il presente documento costituisce la relazione idraulica del progetto definitivo degli interventi:

- *“MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia, comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente.”*
- *“MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A).”*

originati dallo progetto di fattibilità tecnico economica, sviluppato dallo scrivente RTP ed approvato in linea tecnica con determina dirigenziale n.3 del 7 gennaio 2019, relativo agli *“Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del Fiume Secchia (provincia di Modena) (MO-E-1357) (finanziati con ordinanza commissariale 7 e 8/2015 e modificati dall'ordinanza 2/2016 e successiva ordinanza 1/2018) ed ai “Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE)” (finanziati con le risorse di cui all'Accordo di programma ministero - RER - Parte A (MO-E-1273).* Tale progetto di fattibilità tecnico-economica individuava lavori per un totale di 28.788.800,00 euro ed un finanziamento necessario di 45.300.000,00 euro, solo in parte coperti dalle suddette fonti di finanziamento come meglio illustrato in seguito.

Nel proprio documento preliminare alla progettazione, le criticità a cui l'Ente Appaltante chiedeva soluzione attraverso il suddetto progetto di fattibilità riguardavano:

- L'insufficienza dell'invaso nel fornire un grado di laminazione adeguato rispetto all'evento di riferimento, con tempo di ritorno $T=200$ anni.

- L'inadeguatezza dei manufatti di sbarramento e di sfioro laterale nell'ottimizzare l'efficienza dell'invaso, anche per eventi di piena di minore entità.
- L'inadeguatezza normativa dell'opera, rispetto previsioni del DPR 1363/59, con particolare riferimento all'entità del franco idraulico in concomitanza con il passaggio dell'evento di progetto.

La soluzione a tali criticità veniva proposta, sempre all'interno di tale documento, attraverso l'attuazione dei seguenti quattro interventi:

1. Adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali costituenti il perimetro della cassa di espansione esistente (ordinanza commissariale 7 e 8/2015)
2. Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione, compresa la possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato di valle (ordinanza commissariale 7 e 8/2015).
3. Adeguamento del sistema difensivo immediatamente a valle della cassa (ordinanza commissariale 7 e 8/2015).
4. Ampliamento della cassa espansione (*Accordo di programma ministero - RER - Parte A*).

A seguito della successiva ordinanza commissariale n.1/2018 del 07.11.2018, gli interventi 2 e 3 subirono la seguente ridefinizione funzionale:

2. Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema Cassa di Espansione esistente (importo finanziato € 16'872'000.00 -codice intervento 11779-11780);

3. Adeguamento del sistema difensivo immediatamente a valle della cassa - canale Canalazzo (importo finanziato € 850'000.00 - codice intervento 14199).

L'intervento 4 (MO-E-1273), il cui progetto di fattibilità tecnico-economica è stato approvato da AIPO con atto n. 423 del 24/04/2016 e successivamente integrato con atto n. 3 del 07/01/2019, risultava finanziato, per un importo di € 4.340.000,00, con le risorse del "Piano attuativo dell'Accordo di Programma – Parte A – "Stralcio del Piano degli interventi urgenti riguardante il territorio della Regione Emilia-Romagna, colpita dagli eccezionali eventi meteorologici avvenuti nell'ultima decade del mese di dicembre 2009 e nei primi giorni del mese di gennaio 2010, ai sensi dell'art.6, commi 4 e 5, dell'O.P.C.M. n.3925 del 23 febbraio 2011" (Tab. C1, cod. int. RER n. 7ER1078).

Al termine dell'elaborazione del progetto di fattibilità, la soluzione progettuale individuata per risolvere le sopra citate criticità venne suddivisa in quattro lotti così definiti:

1. **LOTTO A** - Adeguamento manufatti di regolazione della cassa di espansione del fiume Secchia ed opere connesse (ex interventi 2 e 3, con parziale copertura finanziaria per un valore di € 17.722.000,00).
2. **LOTTO B** - Adeguamento in quota delle arginature della cassa di espansione del fiume Secchia (ex intervento 1, senza copertura finanziaria).
3. **LOTTO C** - Ampliamento della cassa di espansione del fiume Secchia (ex intervento 4, con parziale copertura finanziaria per un importo di € 4.340.000,00).
4. **LOTTO D** - Realizzazione seconda cassa di espansione del fiume Secchia e ricalibratura dell'alveo del fiume a valle (intervento non previsto nel documento preliminare alla progettazione, senza copertura finanziaria).

La progettazione definitiva, di cui si dà qui atto, riguarda l'elaborazione, in forma complessiva, degli interventi contenuti nei lotti **A, B e C** del progetto di fattibilità

tecnico economico, con esclusione dell'intervento 3: Adeguamento del sistema difensivo immediatamente a valle della cassa: canale Canalazzo, (importo finanziato € 850'000.00 - codice intervento 14199) che è oggetto di separata progettazione da parte di questa ATI.

In particolare, poi, all'interno del presente progetto definitivo, si è proposto di suddividere l'insieme delle opere previste in tre possibili lotti funzionali, generati sulla base delle attuali disponibilità economiche, ciascuno comprendente più interventi; precisamente:

LOTTO 1 – *“Adeguamento dei manufatti di regolazione e derivazione della cassa di espansione del fiume Secchia ed avvio dell'adeguamento dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente”* (importo finanziato € 16'872'000.00).

- Intervento A: Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso.
- Intervento B: Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale.
- Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea finalizzate al recupero del materiale necessario per l'adeguamento dei tratti arginali di cui al successivo punto D.
- Intervento D: Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti.
- Intervento E: Arginatura secondaria a valle dello sbarramento

LOTTO 2 – *“Adeguamento in quota delle arginature della cassa di espansione esistente”* (non finanziato).

- Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione
- Intervento I: Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea

LOTTO 3 – *“Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE)”* (importo in parte finanziato € 4.340'000.00).

- Intervento L: Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento
- Intervento M: Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento
- Intervento N: Opere di mitigazione

2 INQUADRAMENTO DELL'AMBITO PROGETTUALE

2.1 Il fiume Secchia

Il fiume Secchia è un affluente di destra del Po che nasce dall'Alpe di Succiso sull'Appennino tosco-emiliano, nel comune di Collagna, in provincia di Reggio Emilia e, per gran parte del suo sviluppo (fino all'abitato di Rubiera), segna il confine tra le province di Reggio Emilia e Modena.



Figura 2.1: Foto riproduzione aerea del corso del fiume Secchia

Il suo corso – anche ai fini della presente trattazione – può essere suddiviso in due macro-tratti: monte e valle dell'esistente cassa d'espansione di Rubiera, realizzata dopo gli eventi alluvionali del 1972 e la cui ubicazione è indicata nella precedente figura 2.1. La zona a monte della cassa può a sua volta essere suddivisa in due tratti: il primo a monte della traversa di Castellarano (rappresentativo dell'alto corso del fiume Secchia) e il secondo da Castellarano a Rubiera (indicativo del medio corso del fiume). Il bacino a monte di Castellarano (e chiuso alla traversa omonima) ha un'estensione di 976 Km² e risulta costituito dai seguenti principali sottobacini (vedi seguente figura 2.2):

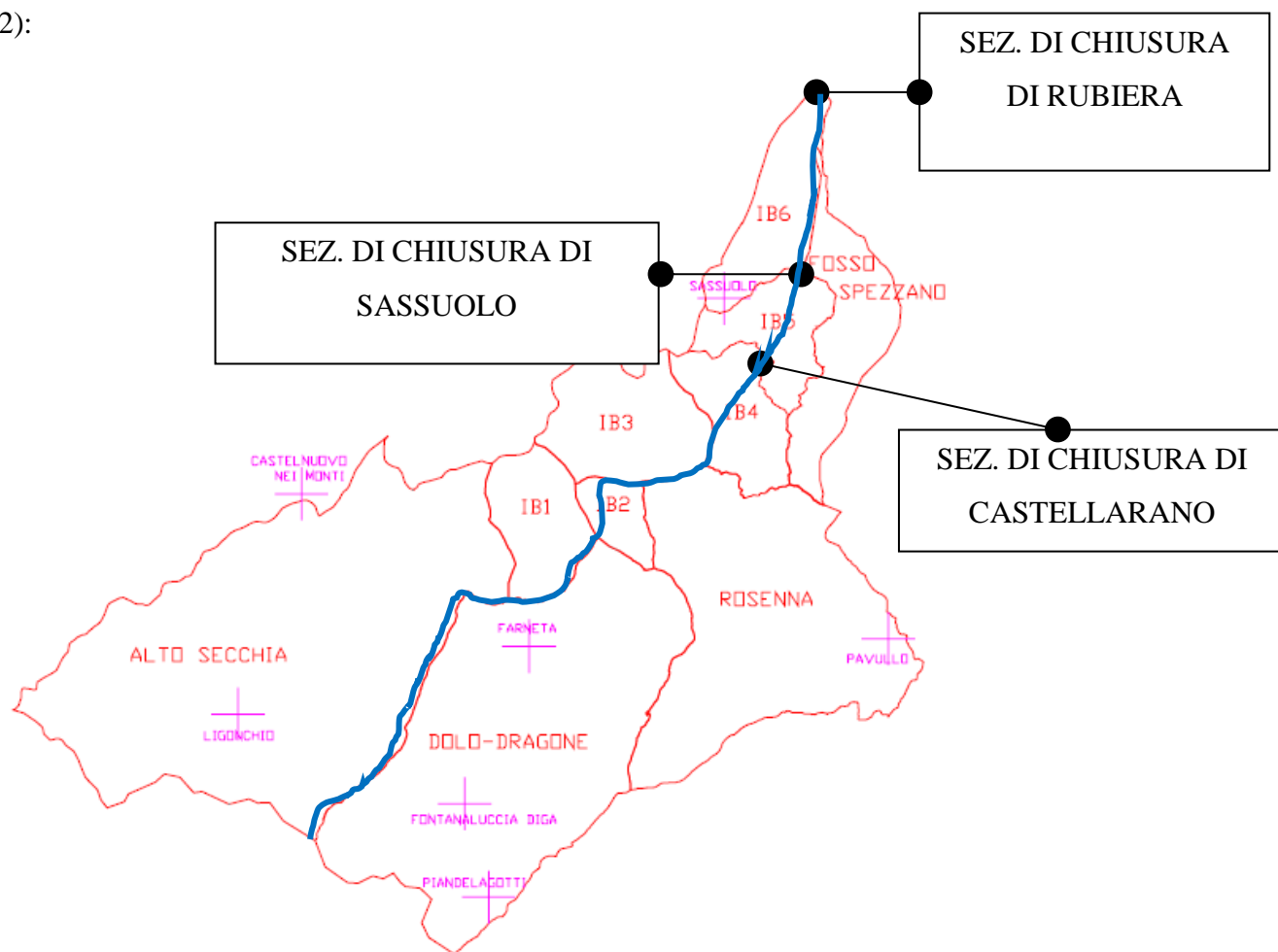


Figura 2.2: Sottobacini del corso del fiume Secchia a monte di Rubiera

- Alto bacino del fiume Secchia: chiuso alla sezione di Ponte Cavola, presenta superficie di 358.9 Km²; è limitato dal crinale appenninico compreso tra l'Alpe di Succiso (2017 m s.l.m.) ed il M. Castellino a Sud (1918 m s.l.m.) in corrispondenza del passo del Cerreto, a Nord dal subcrinale Alpe di Succiso-Castelnuovo Monti che lo separa dal bacino del torrente Enza e a Sud-Est dal subcrinale che per i Monti Cusna e Surano tocca Toano e Cerredolo che lo separa dal contiguo sottobacino dei torrenti Dolo e Dragone.
- Sottobacini dei torrenti Dolo e Dragone: affluenti in destra Secchia in località Cerredolo, presentano superficie complessiva pari a 271 Km²; il sottobacino è limitato a Sud-Ovest dal crinale appenninico (limite dai Monti Castellino e Prato all'Alpe di S. Pellegrino), a Nord-Est dal citato subcrinale del M. Cusna che lo separa dall'alto Secchia, a Sud-Est dal subcrinale Alpe S. Pellegrino - M. Cantiere, che lo separa dal bacino del torrente Scoltenna e a Est dal displuvio Polinago- Pugnago che lo separa dal sottobacino del torrente Rossenna.
- Sottobacino del torrente Rossenna: affluente in destra Secchia in località Lugo, di superficie complessiva di 186 Km², limitato a Ovest dal sottobacino Dolo-Dragone, a Sud dal displuvio col bacino del torrente Scoltenna e a Est dai rilievi collinari di Serramazzoni che lo separano dai bacini del torrente Tiepido oltre che dall'interbacino vallivo del fiume Secchia.
- Interbacino: si estende prevalentemente in sinistra idrografica a valle di Ponte Cavola, limitato a Nord da una linea displuviale che lo separa dal bacino del torrente Tresinaro (affluente in sinistra Secchia a Rubiera). La superficie complessiva dell'interbacino del Secchia, nel tratto Ponte Cavola-Castellarano, al netto di quanto attribuito ai precedenti sottobacini, assomma ad un totale di 159.9 km² che nel proseguo della trattazione (con particolare riferimento a quanto riportato nello Studio di Fattibilità del 2007, poi ripresa anche dal progetto AIPO 2017) per schematizzazione modellistica è stato suddiviso in

quattro interbacini, identificati con le sigle IB1, IB2, IB3 e IB4 di superficie rispettivamente pari a 38.8, 16.8, 65.3 e 39 km² (vedi sempre figura 2.2).

Per quanto riguarda il medio tratto del fiume Secchia tra Castellarano e Rubiera il bacino sotteso può essere suddiviso in due parti:

- Tra Castellarano e Sassuolo, indicato con la sigla IB5, estensione 35.8 km²;
- A valle di Sassuolo, indicato con IB6, posizionato in sinistra idrografica di superficie pari a 44.45 km² ed il sottobacino del Fosso di Spezzano ubicato in destra Secchia di superficie complessiva pari a 55.87 km².

Proprio a monte della sezione di chiusura di Rubiera, si immette il torrente Tresinaro (estensione totale del bacino del 229 km²); che ha origine dal M. Fosola (987 m s.l.m.) tra Castelnovo ne' Monti e Carpineti e dopo un lungo percorso di circa 40 Km parallelo al Secchia, vi confluisce, come detto, in sinistra all'altezza di Rubiera.

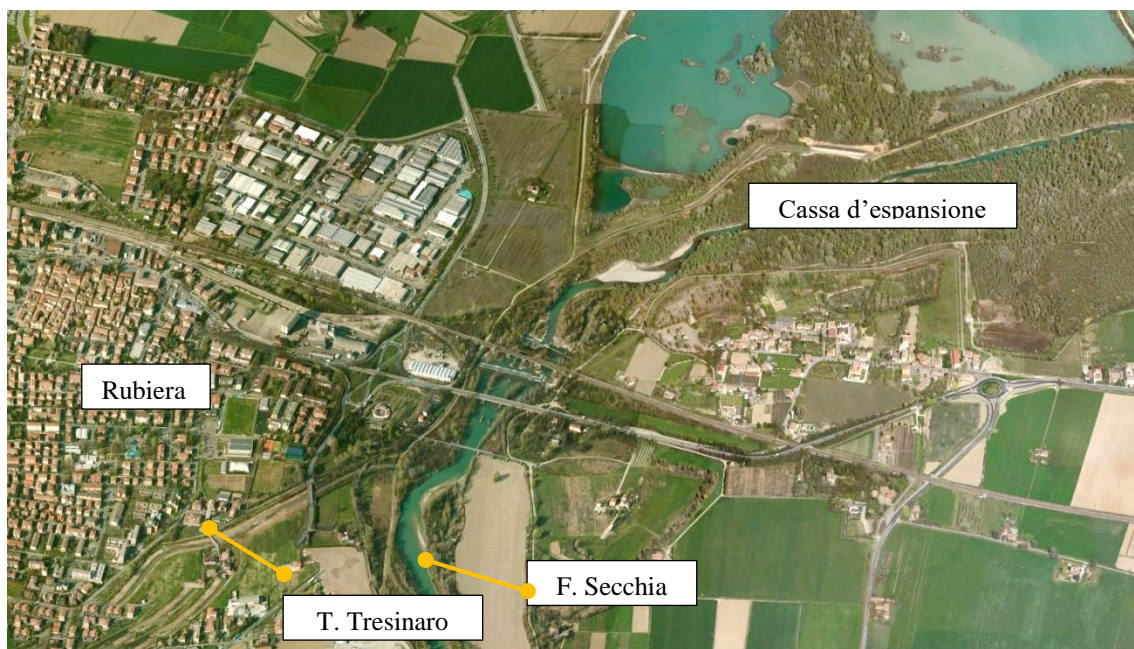


Figura 2.3: Particolare della zona di immissione del Tresinaro in Secchia, a Rubiera.

Il basso corso del fiume Secchia - da valle della cassa di espansione fino alla confluenza in Po - risulta caratterizzato da arginature di 4÷10 m sui piani di campagna,

non riceve contributi in fase di piena (i pochi colatori conferenti sono dotati di apparecchiature meccaniche per la loro esclusione in condizioni di prevalenti livelli idrici del recipiente) con la sola eccezione, nel tratto terminale, degli impianti elevatori di Mondine e San Siro che, in condizioni di piena, recapitano meccanicamente gli apporti del vasto comprensorio colante in sinistra Secchia, (gestione Consorzio Parmigiana-Moglia).

2.2 La cassa d'espansione di Rubiera

La cassa d'espansione esistente (definita di Rubiera vedi figura 2.4 seguente) risulta ubicata circa 500 m a valle dell'esistente viadotto della via Emilia (vedi figura 2.5) ed è costituita da una parte in linea, che interessa propriamente l'alveo del corso d'acqua per una lunghezza di circa 1.400 m (con leggera espansione in destra in aree interessate da attività di cava), sbarrata da un manufatto regolatore in alveo (vedi figura 2.6) e da una parte in derivazione, in sinistra idrografica, alimentata da uno sfioratore laterale posto sull'argine di separazione tra le due casse con ciglio sfiorante a quota **45.40 m s.l.m** e lunghezza pari a **120 m** (vedi figura 2.7).

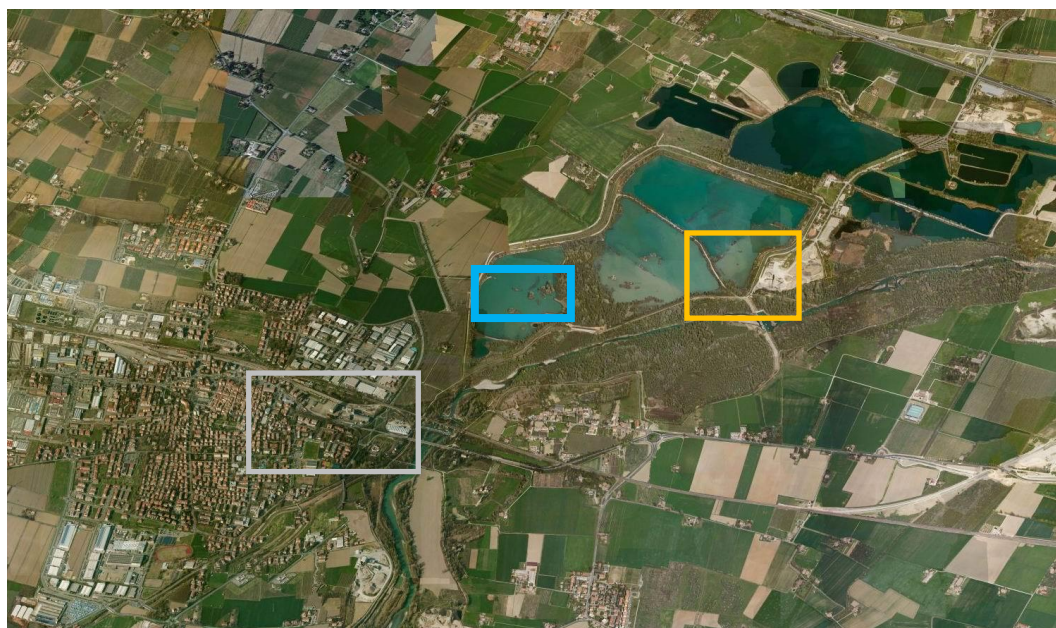


Figura 2.4: Area della casse di espansione di Rubiera.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

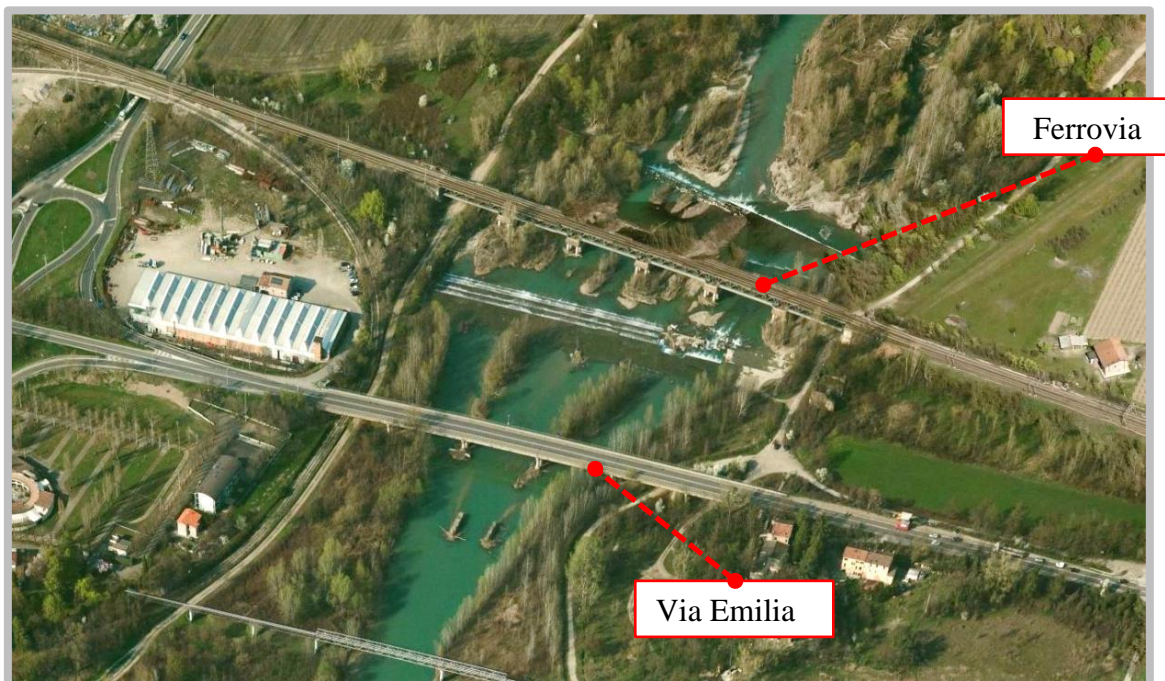


Figura 2.5: Area della cassa di espansione di Rubiera: ponte via Emilia.



Figura 2.6: Area della cassa di espansione di Rubiera: traversa di regolazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

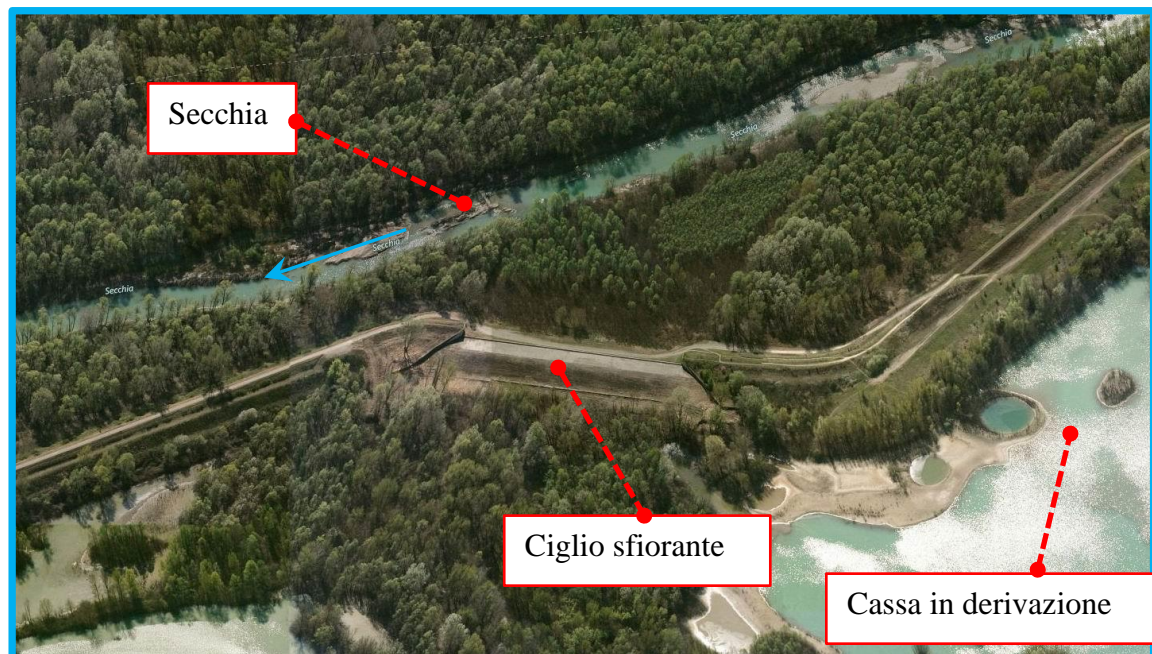


Figura 2.7: Area della cassa di espansione di Rubiera: manufatto di immissione nell'invaso laterale.

Complessivamente la superficie impegnata è pari a circa 200 ha, con volume invasabile dell'ordine di circa 13.4 milioni di m³ complessivi. La curva d'invaso dell'attuale cassa di espansione, calcolata elaborando l'informazione topografica desumibile dal modello digitale del terreno - DTM 2015 passo 0,5 m, considerando un livello di massimo riempimento pari a circa **48.25 m slm** (ossia imponendo un metro di franco rispetto all'attuale quota di ciglio delle arginature pari a **49.25 m slm**) è riportata nella sottostante tabella 2.1

Livello d'acqua	Volume vasca laterale	Volume vasca in linea	Volume totale
m s.l.m.	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³
38.0	0	2	2
38.5	0	15	15
39.0	0	27	27
39.5	187	52	239
40.0	572	82	654
40.5	1052	102	1154
41.0	1554	147	1701

Livello d'acqua	Volume vasca laterale	Volume vasca in linea	Volume totale
m s.l.m.	10³m³	10³m³	10³m³
41.5	2084	187	2271
42.0	2626	227	2853
42.50	3185	288	3473
43.0	3747	349	4096
43.5	4319	488	4807
44.0	4890	674	5564
44.5	5471	890	6361
45.0	6056	1196	7252
45.5	6642	1497	8139
46.0	7234	1820	9054
46.25	7471	1994	9465
46.5	7826	2165	9991
47.0	8428	2560	10988
47.5	9039	2904	11943
48.0	9654	3285	12939
48.5	10275	3630	13905

Tabella2.1: curva di invaso della attuale cassa di espansione di Rubiera.

La vasca di laminazione è caratterizzata da un sistema arginale della lunghezza complessiva di circa 7,5 km, con argini perimetrali ed argini interni (alla cassa) paralleli all'alveo ed è composta dalle seguenti opere:

1. Opera di sbarramento trasversale al corso d'acqua, tracimabile e con quattro luci di fondo rettangolari delle dimensioni di 5.00 x 2.50 metri, con vasca di dissipazione a valle munita di "denti" dissipatori.
2. Vasca in linea di accumulo temporaneo a monte della traversa, delimitata da rilevati arginali perimetrali che, si sviluppa lungo l'asta fluviale sia in destra, sia in sinistra orografica.

3. Sfiatore laterale di immissione di alimentazione della vasca in derivazione ubicato in fregio all'argine sinistro della vasca in linea, a monte del manufatto regolatore, della lunghezza di 150 metri e ciglio posto a quota 45.40 metri slm.
4. Vasca in derivazione di accumulo temporaneo in sinistra orografica del fiume Secchia, delimitata da rilevati arginati perimetrali, alimentata attraverso il suddetto sfiatore laterale e dotata di scarico di fondo per la vuotatura (cessato l'evento di piena).
5. Scarico di fondo per lo svuotamento della vasca in derivazione ubicato nell'argine destro, poco più a valle dello sbarramento trasversale, delle dimensioni 2.20 x 2.20 metri.

Completano la cassa di espansione:

1. Briglia a pettine con finzione di trattenuta del materiale flottante posta a circa 5 km a monte del manufatto regolatore.
2. Soglia di stabilizzazione di fondo alveo posta circa 700 m a valle dello scarico di fondo.

L'opera di sbarramento principale è in calcestruzzo ed è completamente tracimabile con ciglio sfiorante a quota **46.25 m s.l.m.**, è alta 12 m ai sensi della L. 584/94, (con riferimento alla quota del punto più depresso del paramento di valle di 34,25 m s.l.m.), ha una lunghezza di 150 metri (escluse le spalle), luci di efflusso libere di dimensioni 5.00x2.50 m, con soglia posta alla quota di **37.25 m s.l.m.**, coincidente con la quota della vasca di dissipazione. I tronchi di raccordo del manufatto agli argini perimetrali della vasca in linea sono argini in terra con sommità minima a quota **49.25 m s.l.m.**, con paramento di monte parzialmente rivestito in conglomerato cementizio.

Come detto, lo sfiatore laterale ha una lunghezza di **120 m** ed è posto a quota **45.40 in s.l.m.** Lo scarico di fondo della vasca in derivazione è un tombino a sezione quadrata di dimensioni 2.20 x 2.20 m che ne consente lo svuotamento nell'alveo a valle. I rilevati arginali, in corrispondenza della zona perimetrale prossima al manufatto regolatore, hanno larghezza pari a circa 4 m in sommità e 68 m alla base, e sono caratterizzate dalla presenza di banche e sottobanche collegate tra loro da tratti inclinati a differente pendenza. La porzione superiore degli argini, realizzata in rilevato, e di altezza

variabile fino ad un massimo di circa 7 m, è costituita da materiali limo argillosi provenienti dagli scarti dell'attività estrattiva; per gli argini di altezza maggiore, la porzione inferiore, realizzata in scavo, è invece costituita dai terreni alluvionali a grana grossa presenti in fondazione fino ad una quota di circa **35 m s.l.m.**, al di sotto della quale si trova una formazione impermeabile di terreni limo-argillosi.

Nella zona adiacente al manufatto regolatore e nella porzione NE della cassa in corrispondenza delle altezze maggiori, i rilevati arginali sono dotati di un diaframma di intercettazione e tenuta dei flussi di filtrazione, realizzato in calcestruzzo e ammorsato nello strato impermeabile di fondazione. In particolare, nella zona adiacente al manufatto il diaframma si ammorsa per una lunghezza di circa 3 m nel materiale impermeabile che costituisce il corpo arginale, mentre nella restante parte il diaframma risulta realizzato verso il lato cassa con una copertura molto ridotta di materiale impermeabile.

3 SINTESI DELLE CONOSCENZE E DEGLI STUDI PREGRESSI

Nel presente capitolo è riportato il quadro complessivo delle conoscenze e dei pareri, che hanno costituito la base per lo sviluppo del presente progetto definitivo, con particolare riferimento a quanto contenuto nel progetto di fattibilità tecnico economica precedentemente redatto e nel parere espresso per quest'ultimo da parte dall'Ufficio Territoriale Dighe.

3.1 Progetto “Magistrato per il Po”

L'ideazione e la costruzione della cassa di Rubiera risale ai primi anni '70, nel quadro dei provvedimenti presi per affrontare le ricorrenti esondazioni del fiume Secchia.

La progettazione iniziale dell'invaso fu sviluppata senza un preciso inquadramento idrologico che determinasse la piena di riferimento da sottoporre a laminazione ed escludendo per l'intervento qualsiasi collegamento normativo con il Regolamento Dighe, in quanto si ritenne che l'episodicità degli invasi e la loro limitata durata nel tempo non facessero rientrare l'opera nella classica categoria dei serbatoi.

Successivamente, nel corso degli anni novanta, permanendo un quadro di criticità idraulica, l'allora Magistrato per il Po ritenne indispensabile l'individuazione urgente di una soluzione definitiva per il raggiungimento della salvaguardia idraulica dei territori modenesi lungo il fiume Secchia, da ottenersi attraverso una approfondita analisi delle necessità idrauliche di laminazione delle piene del corso d'acqua ed una conseguente proposta progettuale per il miglioramento dell'opera esistente.

Lo studio, che venne prodotto, si sviluppò secondo la seguente metodologia:

- Organica ricostruzione idrologica delle onde di piena in arrivo nella sezione di Rubiera e definizione dell'evento di riferimento con cui commisurare i franchi di sicurezza.

- Definizione della massima capacità di portata da assegnare all'alveo del fiume Secchia, a valle della cassa di espansione.
- Individuazione delle carenze di funzionamento dell'invaso esistente, in relazione alle norme che regolavano all'epoca la costruzione e la gestione dei grandi serbatoi.
- Individuazione delle carenze strutturali da imputare ai manufatti ed ai rilevati arginali esistenti.

In particolare, dallo studio emerse che l'opera esistente risultava correttamente dimensionata fino ad eventi con tempo di ritorno non superiori a venti anni, presentando viceversa, gravi insufficienze nei franchi di sicurezza per piene con tempi di ritorno superiori. Si individuò, inoltre, come portata ammissibile del fiume Secchia a valle della cassa (ossia la portata a cui corrispondeva un franco di almeno un metro lungo le arginature) un valore pari a circa 700 - 750 m³/s, mentre la capacità limite dell'asta di valle (ossia con passaggio lungo le arginature a franco zero) fu stimata in circa di 900 m³/s. L'incremento della capacità di invaso della vasca, assunto di convogliare verso valle la portata limite di 900 m³/s, fu stimata in circa cinque milioni di metri cubi.

Le proposte progettuali previste nello studio si concretizzarono, sostanzialmente, in due ipotesi alternative:

IPOTESI A)

- Ampliamento della cassa esistente verso nord per una superficie di circa 55 ha, con il mantenimento della esistente quota del ciglio di sfioro del manufatto di sbarramento esistente.
- Adeguamento al Regolamento dighe della sagoma arginale e sovrizzo della stessa di 1.40 m, al fine di ottenere il prescritto franco di sicurezza rispetto alla piena di progetto.
- Edificazione nuovo sfioro di ingresso alla cassa laterale
- Ampliamento luci dello scarico di fondo

IPOTESI B)

- Ampliamento della cassa esistente verso nord per una superficie di circa 55 ha, con il mantenimento della esistente quota del ciglio di sfioro del manufatto di sbarramento esistente.
- Edificazione nuovo sfioro di ingresso alla cassa laterale.
- Ampliamento luci dello scarico di fondo.
- Realizzazione di una ulteriore cassa di espansione, separata da quella esistente e posta a valle della stessa, della superficie di circa 100 ha.

Quest'ultima soluzione evitava il rialzo delle arginature della cassa esistente.

3.2 Studio di fattibilità “Autorità di Bacino del Fiume Po”

Lo studio di fattibilità redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'anno 2003 schematizzò il sistema fiume Secchia – Cassa di Rubiera all'interno dell'ambiente modellistico Sobek Rural Overland channel flow e il relativo funzionamento dei manufatti fu testato e confrontato con gli algoritmi utilizzati nello studio idrologico del Politecnico di Milano del 1999.

Dallo studio emerse, confermando quanto già noto, che, pur in presenza di una contrazione del colmo di piena, si registrava una insufficienza della cassa di Rubiera a far fronte da eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno maggiori di 20 anni.

Per sopperire a tale carenza, sempre in analogia a quanto previsto dallo studio idrologico del Politecnico di Milano, vennero previsti i seguenti interventi di adeguamento e potenziamento della cassa di espansione:

- Ampliamento della lunghezza dello sfioratore laterale tra le casse.
- Ampliamento delle luci di fondo del manufatto limitatore principale.
- Innalzamento del ciglio sfiorante del manufatto limitatore.
- Ampliamento della cassa fuori linea con aumento del volume invasabile.

- Realizzazione di nuova cassa fuori linea e connessi interventi di alimentazione e sfioro.

Inoltre, lo studio di fattibilità propose, in aggiunta o in parziale sovrapposizione a quanto sopra, una ulteriore ipotesi di intervento finalizzata ad impedire la necessità di sfioro all'interno della cassa fuori linea, e quindi un eventuale incremento delle portate rilasciate verso valle. Tale ipotesi comportava l'aggiunta dei seguenti interventi:

- La costruzione di una ulteriore cassa fuori linea in destra alimentata da uno sfioratore laterale con ciglio alla stessa quota di quello a servizio della cassa fuori linea in sinistra
- La scelta tra due alternative, la prima che comportava l'innalzamento del ciglio del manufatto limitatore, la seconda che comportava l'adeguamento dell'esistente sfioratore laterale tra le casse, mediante l'introduzione di paratoie regolabili, al fine di impedire il precoce impegno dell'invaso laterale.

Sulla base delle precedenti valutazioni, nell'ipotesi di portate ammissibili a valle pari a $750 \text{ m}^3/\text{s}$ e $900 \text{ m}^3/\text{s}$, le capacità di accumulo necessarie, per fronteggiare eventi con tempo di ritorno bisecolare, erano rispettivamente di 41 e di 34 milioni di metri cubi. Questo aumento di volume veniva soddisfatto ipotizzando una estensione della superficie della cassa fuori linea pari a circa 50 ha.

3.3 Aggiornamento dello studio di fattibilità AdB

Nel febbraio 2014 fu predisposta da parte dell'Autorità di Bacino una revisione (ai sensi della Direttiva 2007/60/CE) dei contenuti progettuali dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia" (tratto "cassa di Rubiera" – "loc tre Olmi"), redatto sulla base di più aggiornate analisi sul rischio di alluvione.

La nuova proposta, pur mantenendo comunque la prospettiva di un adeguamento del sistema difensivo del fiume Secchia rispetto alla piena di tempo di ritorno di 200 anni, si prefiggeva, come obiettivo principale, il controllo delle modalità e delle frequenze

di allagamento di territori aventi vocazione naturale all'espansione delle piene, salvaguardandone e valorizzandone, inoltre, la naturalità.

L'ipotesi progettuale prefigurava, in primo luogo, l'ampliamento della cassa di espansione di Rubiera e, nel contempo, la riorganizzazione dal punto di vista idraulico delle aree golenali esistenti a valle della cassa stessa, con specifico riferimento all'ampia area golenale in sinistra idrografica, dell'estensione di circa 330 ettari, allagabile per buona parte con tempi di ritorno non superiori a 20 anni e, per la restante parte, con ricorrenza da 50 a 200 anni.

Dunque, sulla base di dati topografici ed idrometrici aggiornati, la revisione dello studio di fattibilità, innanzitutto, confermò l'insufficienza della cassa di espansione di Rubiera e del tratto arginato vallivo per eventi di piena con tempi di ritorno maggiori di 20 anni e, in secondo luogo, indicò come soluzione ottimale da perseguire quella che permettesse di ridurre i colmi delle piene al fine di minimizzare la necessità di rialzo delle quote arginali di valle, rispetto a quanto originariamente proposto nello Studio di fattibilità (interventi 3-4-2_1_4 "Tratto arginato vallivo").

In particolare, rispetto a tale insieme di interventi, la soluzione proposta nella revisione permetteva di raggiungere lo stesso obiettivo di protezione mediante una più elevata laminazione e, di conseguenza, con un inferiore adeguamento in quota dei tratti arginati, che venne verificato mediante opportune analisi idrauliche, sempre a partire dall'ipotesi che fosse già stato realizzato l'intervento prioritario di ampliamento della cassa di Rubiera.

La configurazione della nuova area di laminazione a valle di Rubiera veniva ipotizzata suddivisa in alcuni comparti:

Area 1 (della superficie di circa 150 ha): collegata all'attuale cassa di espansione da un dispositivo idraulico previsto in corrispondenza dell'argine Nord della cassa, e delimitata da nuovo sistema arginale.

Area 2 (della superficie di circa 100 ha): suddivisa in un'area principale (2A) ed un'area minore (2B) e delimitata, da nuovo sistema arginale, di altezza inferiore a quello dell'area 1 per la parte non adiacente.

Area 3 (della superficie di circa 70 ha): collegata all'area 2 da dispositivi idraulici sottopassanti l'Autostrada A1 e collegata al fiume Secchia, a valle del ponte dell'A1, da manufatti idraulici già esistenti, sottopassanti l'Autostrada A22.

Area 4 (della superficie di circa 20 ha): limitrofa all'area 2, ma esterna all'area allagabile che, avrebbe costituito l'ampliamento dell'attuale bosco ripariale presente lungo il fiume Secchia, incrementando il valore naturalistico del corridoio ecologico esistente.

Area 5 (della superficie di circa 70 ha): lotto di completamento esterno all'arginatura sinistra a valle del ponte dell'A1, unica area esterna al sistema difensivo attuale e funzionale allo scolmo dell'eccesso di portata ancora presente a seguito della realizzazione delle altre aree.

3.4 Progetto di adeguamento delle arginature di valle

Negli anni 2017 – 2018 fu predisposto ed appaltato in più stralci il progetto dei lavori di adeguamento strutturale e funzionale del sistema arginale del fiume Secchia a valle di Rubiera, con la finalità di conseguire un assetto difensivo adeguato ad una piena con tempo di ritorno di 20 anni. Lo studio di fattibilità, da cui si era originato il suddetto progetto, fu sviluppato sulla base di una preliminare valutazione delle criticità presenti lungo il tratto arginato del f. Secchia, con riferimento alle seguenti problematiche (riferite all'orizzonte temporale TR20 anni):

- Sormonto arginale.
- Frane, scoscendimenti e corrosione del rilevato arginale.
- Sfiancamento.
- Sifonamento.
- Presenza di tane di animali.
- Sisma.

In tale studio, l'ambito territoriale d'intervento venne suddiviso in sei tratti più o meno omogenei dal punto di vista idro-morfologico. A tale tratti venne associato, un "grado

di vulnerabilità” sulla base del quale individuare le priorità d’intervento (vedi tabella che segue).

	VULNERABILITÀ						VULNERABILITÀ COMPLESSIVA
	[=ASSENTE : X=BASSA : XX=MEDIO-BASSA : XXX=MEDIA : XXXX: MEDIO-ALTA : XXXXX=ALTA]						
TRATTO	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.5	
	SORMONTO	FRANA	SFIANCAMENTO	SIFONAMENTO	TANE	SISMA	
1	XXXXXX	X		XX	XX	X	11
2	XXXXXX	XXX	XX	XXXX	XXX	X	18
3	XXX	XX	XX	XXXX	XXX	X	15
4	XXX	XXX	XXX	XX	XX	XX	15
5	XXXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	18
6	XXXX	XXX	XXX	XX	XX	XXXX	18

Tabella 3.1: Vulnerabilità tratto arginato del fiume Secchia

Venne quindi assunto il rischio di sormonto come il rischio più grave e diffuso; individuando di conseguenza una priorità cronologica riguardo alle zone ed alle fasi d’intervento. In particolare, venne stabilita una priorità d’intervento sul rischio di sormonto per la piena con tempo di ritorno 20 anni, attribuendo a tale tipologia la dicitura **I fase**, e vennero in seguito individuate ulteriori due fasi operative: la prima, definita in base alle caratteristiche di vulnerabilità di tipo geologico-geotecnico e strutturale legate a problemi di filtrazione nel corpo arginale e nei terreni di fondazione ed instabilità al piede, a cui venne attribuita la dicitura **II fase** ed una seconda, a cui venne attribuita la dicitura **III fase**, legata alle problematiche di instabilità al sisma ed allo sfiancamento arginale.

Nel progetto le verifiche di adeguatezza in quota dei rilevati arginali furono condotte riferendosi a diversi scenari:

- SCENARIO 3: configurazione di stato di fatto con evento di piena TR 20 anni e durata critica 12 ore;
- SCENARIO 4: configurazione di stato di fatto con evento di piena TR 20 anni e durata critica 24 ore;

- **SCENARIO 5:** configurazione di progetto con evento di piena TR 20 anni e durata critica 12 ore.

Analizzando i costi e i benefici ottenibili dall'assumere i vari scenari come eventi di progetto delle arginature, nonché sulla base del finanziamento disponibile, venne deciso di utilizzare come scenario di progetto lo scenario n.5, relativo all'evento TR20 anni e durata 12h, con un franco pari ad un metro, ricalibratura dell'alveo, intervento di riprofilatura a monte di ponte Alto e golene chiuse.

La configurazione prevedeva che la piena defluente a valle della via Emilia venisse laminata dalla cassa di espansione esistente, in termini di valore al colmo, di circa il 19%, passando da 1.350 a 1.096 m³/s; che nel tratto compreso tra la cassa di Rubiera e l'autostrada A1, il colmo subisse un'ulteriore laminazione di circa il 32%, passando da circa 1.096 a 742 m³/s, mentre nel successivo tratto fino al ponte dell'Uccellino la laminazione si riducesse ulteriormente di un valore pari al 12%, e corrispondente a un colmo di piena di circa 650 m³/s (vedi tabelle che seguono).

Sezione	Portata al colmo (m ³ /s)
SS9 SC_166-00	1350
Manufatto regolatore SC_159-00	1096
Sfioro laterale SC_163-00	583
Ponte autostrada A1 SC_153-00	742
Ponte Alto SC_142-00	652
Ponte dell'Uccellino SC_130-00	650

Tabella 3.2: Portate al colmo previsioni progetto di arginatura

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Attraversamento	Quota intradosso (m s.m.)	Livello SDF (m s.m.)	Franco (m)	Livello PRI (m s.m.)	Franco (m)
PONTE A1	42,17	41,58	0,59	41,31	0,86
PONTE DELLA BARCHETTA	41,78	41,29	0,49	40,85	0,93
PONTE ALTO	36,87	40,21	-3,34	39,87	-3,00
PONTE SP413	39,89	39,73	0,16	39,46	0,43
PONTE FF.SS MO-MN	40,05	39,21	0,84	38,97	1,08
PONTE PEDONALE	40,41	38,96	1,45	38,70	1,71
PONTE MONTE TAV	38,55	37,94	0,61	37,91	0,64
PONTE TAV	39,42	37,89	1,53	37,80	1,62
PONTE DELL'UCCELLINO	37,46	37,19	0,27	37,11	0,35

Tabella 3.3: Livelli TR20 previsioni progetto arginature

3.5 Progetto di fattibilità tecnico economica ottobre 2017

Come già richiamato nel primo capitolo della presente relazione il progetto di fattibilità tecnico economica redatto dallo scrivente RTP era relativo agli “Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del Fiume Secchia (provincia di Modena) (MO-E-1357) (finanziati con ordinanza commissariale 7 e 8/2015 e modificati dall'ordinanza 2/2016 e successiva ordinanza 1/2018) ed ai “Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE)” (finanziati con le risorse di cui all'Accordo di programma ministero - RER - Parte A (MO-E-1273).

Tale progettazione aveva l'obiettivo di risolvere le seguenti criticità:

- L'insufficienza dell'invaso nel fornire un grado di laminazione adeguato rispetto all'evento di riferimento con tempo di ritorno $T=200$ anni;
- L'inadeguatezza dei manufatti di sbarramento e di sfioro laterale nell'ottimizzare l'efficienza dell'invaso, anche per eventi di piena di minore entità;
- L'inadeguatezza normativa dell'opera, rispetto previsioni del DPR 1363/59, con particolare riferimento all'entità del franco idraulico in concomitanza con il passaggio dell'evento di progetto.

La soluzione a tali criticità veniva suggerita, all'interno del documento preliminare alla progettazione, attraverso l'attuazione dei seguenti quattro interventi:

- Adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali costituenti il perimetro della cassa di espansione esistente (ordinanza commissariale 7 e 8/2015);
- Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione, compresa la possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato di valle (ordinanza commissariale 7 e 8/2015);
- Adeguamento del sistema difensivo immediatamente a valle della cassa (ordinanza commissariale 7 e 8/2015);
- Ampliamento della cassa espansione (Accordo di programma ministero - RER - Parte A).

La prima attività svolta dallo scrivente RTP nell'ambito della progettazione di fattibilità è stata quella di individuare le effettive potenzialità del sistema di casse di espansione del Secchia con l'obiettivo di adeguare il sistema all'evento di riferimento con tempo di ritorno $T=200$ anni.

Le analisi svolte hanno portato alla presa atto dell'impossibilità di adeguamento della cassa all'evento di progetto. Tale impossibilità deriva dall'insufficiente volume d'invaso ottenibile con il rialzo delle arginature e l'ampliamento della cassa a fronte del volume in eccedenza delle onde di piena da laminare.

Considerando, infatti, che la portata di regolazione compatibile con l'asta di valle è risultata valutabile tra un minimo di $750 \text{ m}^3/\text{s}$ e un massimo di $900 \text{ m}^3/\text{s}$ (portata compatibile nell'ipotesi di significativi interventi atti al miglioramento della sezione di deflusso del tratto arginato vallivo), il volume minimo necessario - in condizioni di massima efficienza del sistema di laminazione e non tenendo conto della capacità naturale di laminazione dell'alveo tra il ponte A1 e ponte Alto - è quello riportato nella tabella seguente, a fronte di un volume massimo ottenibile dalla ristrutturazione della cassa di Rubiera pari a circa 23 Mm^3 .

Portata massima rilasciata a valle	Volume mancante TR200 12h	Volume mancante TR200 24h
$Q_{\max \text{ valle}} = \sim 750 \text{ m}^3/\text{s}$	38.4 Mm ³	50.8 Mm ³
$Q_{\max \text{ valle}} = \sim 900 \text{ m}^3/\text{s}$	33.8 Mm ³	43.8 Mm ³

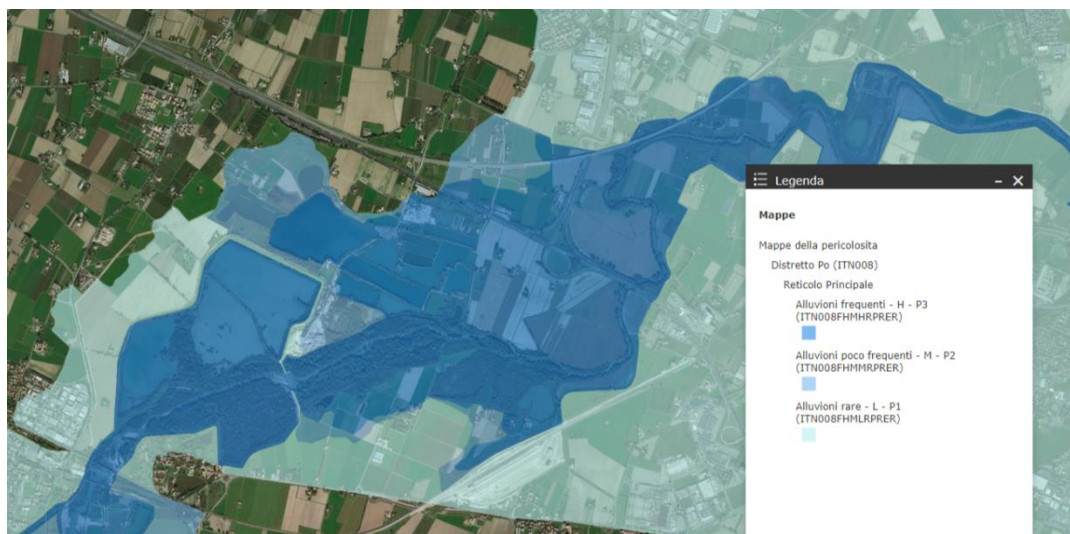
Tabella 3.4: Ulteriore capacità di invaso necessaria per la copertura del rischio idraulico

E' risultato evidente, quindi, che il perseguimento del primo obiettivo della progettazione, cioè la risoluzione dell'insufficienza dell'invaso nel fornire un grado di laminazione adeguato rispetto all'evento di riferimento con tempo di ritorno TR=200 anni, risultava irrealizzabile tramite la sola attuazione degli interventi individuati nel documento preliminare alla progettazione ed oggetto dell'incarico.

A seguito di tale presa atto lo scrivente RTP ha analizzato scenari di intervento che comprendessero la realizzazione di una seconda vasca di laminazione nell'area di valle compresa tra lo sbarramento e l'autostrada A1. Tale area, che ha una dimensione pari a circa 350 ha risulta allo stato di fatto inondabile per una porzione significativa per tempi di ritorno inferiori a 20 anni e già svolge un effetto considerevole nella riduzione dei colmi delle onde di piena che fuoriescono dalla cassa prima del loro ingresso nel tratto arginato a valle del ponte A1. Nella figura seguente si riporta stralcio della mappa di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) dove si vede come l'area in oggetto rientra nella classifica Alluvioni Frequenti H- P3.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Si riporta di seguito la tabella degli scenari prodotta nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico economica che sintetizza l'analisi svolta e ha portato ad identificare come intervento aggiuntivo per l'adeguamento del sistema di laminazione all'evento di riferimento TR 200, la realizzazione di una seconda vasca di laminazione. Tale intervento, come riportato nel capitolo 1 della presente relazione, è stato inserito nel Lotto D del progetto di fattibilità tecnico economica.

Come conseguenza delle analisi sopra sinteticamente riportate il prosieguo della progettazione preliminare è stato svolto perseguendo l'obiettivo di massimizzare l'efficienza del sistema in rapporto alla portata compatibile a valle e ai volumi di invaso disponibili comprendendo anche l'ampliamento della cassa esistente.

Tale obiettivo è stato perseguito imponendo in uscita alla cassa esistente una portata di regolazione di 750 m³/s, compatibile con il sistema difensivo arginale di valle, a seguito dell'intervento descritto nel precedente paragrafo.

Inoltre, poiché il raggiungimento della massima efficienza della cassa esistente necessitava dell'intervento di ampliamento della stessa, l'iter progettuale e autorizzativo originariamente distinto di tale intervento è stato unito a quello degli altri interventi e integrato nell'incarico assegnato allo scrivente RTP per le successive fasi di progettazione definitiva.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Portate al colmo (mc/s)							Descrizione aree di intervento							Descrizione scenari di intervento												
Qmax monte							A1 A2 B C							SDF 1 2 3												
							Cassa in linea Cassa fuori linea Ampliamento cassa fuori linea lato ovest Area golenale a valle manufatto esistente							Stato di fatto attuale con cassa in linea A1 e fuori linea A2 regolate ad un massimo invaso di 49,50 m s.l.m. A1+A2+B con massimo invaso a 50 m s.l.m. C con massimo invaso a 42,50 m s.l.m. (limite intradosso autostrada) Scenario 1 con ripristino volume sedimentato in vasca in linea A1 Scenario 2 con sovrizzo massimo invaso area di intervento C tale per cui si annullino i deficit per le piene di progetto												
Volume in eccedenza necessario alla riduzione delle piene																										
V per Q= 750																										
V per Q= 848																										
V per Q= 1066																										
V per Q= 1136																										

Tabella 3.5: Sintesi della stima circa la copertura del rischio idraulico all’aumentare della capacità di invaso e al variare della portata massima rilasciata a valle

3.6 Parere dell'Ufficio Tecnico per le Dighe

Nel mese di maggio del 2019 l'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, competente per territorio, nella relazione istruttoria redatta per l'emissione del parere tecnico sullo progetto di fattibilità tecnico economica dell'ottobre 2017, rappresentava alcune osservazioni ed indicazioni da adempiere nello sviluppo delle successive fasi di progettazione (Vedi allegato 1).

Le suddette raccomandazioni, che hanno trovato pieno accoglimento nella presente progettazione definitiva, sono di seguito sinteticamente riportate:

- A- “Devono essere precisati gli obiettivi raggiungibili con la soluzione prescelta al termine di ciascun lotto, precisando per ciascuna fase le portate sostenibili a valle e il relativo Tempo di ritorno.”
- B- “L'intervento di adeguamento della cassa di laminazione prevede la gestione dell'evento di piena mediante “regolazione” con paratoie piane sul manufatto principale e su quello in derivazione. Questa modalità di gestione comporta operazioni da eseguirsi su entrambi i manufatti dallo stesso edificio di comando, in che richiede affidabili e ridondanti automatismi e un controllo operativo dettagliato da attuare con rigore da parte di operatori addestrati allo scopo, onde evitare di vanificare gli effetti di laminazione”
- C- “Il manufatto regolatore è stato progettato anche per consentire il deflusso della portata di piena millenaria anche solo dal ciglio di sfioro, quindi con luci completamente ostruite, stimando una quota di invaso pari a 50.45 m s.l.m. inferiore però di soli 35 cm alla quota dell'intradosso della passerella carrabile del coronamento fissata in 50.8 m s.l.m. che pertanto dovrebbe innalzarsi. Non sono, quindi, garantiti i margini di sicurezza di cui al regolamento di progettazione dighe”
- D- “Deve essere presa in attenta considerazione l'ipotesi di semplificare le operazioni di regolazione in corso di piena e la possibilità che le paratoie, con

relativa struttura di sostegno e movimentazione, siano installate in posizione più protetta e meno suscettibile a rischi di danneggiamento o ostruzione ad opera del materiale flottante, tenendo anche presente l'accessibilità alle componenti dell'impianto di movimentazione per l'esecuzione degli interventi manutentivi, per limitare quanto più possibile danneggiamenti delle aste di manovra, delle gargamature ed inceppamenti dovuti all'impatto e deposito del materiale trasportato in abbondanza dal corso d'acqua durante gli eventi di piena.”

- E- “Deve essere meglio illustrato il funzionamento della cassa in linea e in derivazione e la sequenza delle movimentazioni degli organi di regolazione nelle fasi di incremento e successivo decremento dei livelli di invaso.”
- F- “L'installazione, in alveo a monte della traversa, di un sistema a protezione dell'opera di sbarramento per evitare l'occlusione delle luci di fondo dall'accumulo di materiale trasportato dal corso d'acqua durante le piene.”
- G- “Definire gli schemi a livello definitivo delle paratoie ed impianto elettromeccanico di movimentazione, prevedendo ridondanze nelle fonti di energia per la movimentazione in accordo con le NTD e comunque la possibilità di manovre volontarie e manuali.”
- H- “Proposta di piano di laminazione compatibile con le nuove opere risultanti dall'attuazione di quanto previsto nonché un “Protocollo Operativo” che disciplini la gestione dell'invaso durante l'evento di piena con la regolazione idraulica affidata al sistema di paratoie installate sul manufatto di regolazione e sul manufatto di sfioro.”
- I- “Acquisizione, sulle portate e sugli idrogrammi di piena di assegnato Tr, del parere del competente Servizio idrografico regionale, opportuno trattandosi di intervento di sostanziale innovazione della cassa esistente e trattandosi di sbarramento per la laminazione delle piene.”
- J- “Innalzamento dell'impalcato sui manufatti per il rispetto del franco netto minimo e del franco rispetto all'intradosso secondo le NTD dighe e definizione degli eventuali elementi di tenuta in fondazione”

- K- “Deve essere previsto un edificio per l’espletamento della vigilanza dello sbarramento ai sensi dell’art. 15 del D.P.R. 1363/59, con possibilità di guardiania continuativa durante gli eventi di piena. Si potrebbe a tal fine ampliare il locale di servizio previsto. In conduzioni di casse vuote la vigilanza dello sbarramento può intendersi assicurata con sistemi di telecontrollo secondo quanto potrà stabilirsi con il FCEM.”
- L- “A seguito di una consultazione della banca dati ITACHA dell’ISPRA è stata individuata una faglia attiva e capace proprio nella zona interessata dalla cassa di laminazione immediatamente a monte della traversa e sotto le due vasche, identificata con il codice 90508 Rubiera- Reggio Emilia. Si tenga conto di detta individuazione nella redazione dello studio sismotettonico previsto dalle NTD.”
- M- “Dal momento che le condizioni di esercizio del serbatoio si modificano, il progetto definitivo dovrà contemplare la determinazione delle caratteristiche dell’onda di piena conseguente all’ipotetico collasso dello sbarramento e l’individuazione delle aree soggette ad allagamento ai fini della protezione civile.”
- N- “Il progetto prevede luci presidiate da paratoie per cui in sede di progetto definitivo dovrà essere allegato ai sensi della Circolare M.LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352 “l’allegato relativo al calcolo dell’onda di piena artificiale conseguente a manovre degli organi di scarico, secondo quanto previsto dalla circolare ministeriale 28 agosto 1986, n. 112”.
- O- “Proposta di modello idraulico per verificare il funzionamento dell’opera trasversale e della vasca di dissipazione a valle, alle condizioni di progetto”.

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nel seguito del presente capitolo vengono descritte le opere previste dal progetto definitivo, che per chiarezza di esposizione, sono state già compendiate all'interno dei lotti funzionali all'interno dei quali verranno realizzate.

Quanto qui previsto ripercorre con sostanziale fedeltà le linee progettuali rappresentate nel progetto di fattibilità tecnico economica e se ne discosta solo per dare recepimento alle osservazioni della Direzione Generale Dighe del MIT ovvero a seguito degli approfondimenti e del maggior livello di dettaglio progettuale tipico della presente fase definitiva.

A tal proposito, alle osservazioni riportate nel precedente paragrafo 3.6, si è così data risposta:

punto A Gli obiettivi raggiungibili dalla soluzione prescelta (nei vari gradi di sviluppo) sono stati analizzati e riportati nei capitoli 5 10 e 11 della relazione idraulica, a cui si rimanda per ogni dettaglio.

punto B Il sistema di regolazione e controllo della vasca è stato dotato di ridondanti automatismi di misura e controllo delle operazioni di regolazione, oltre ad aver semplificato il complesso delle operazioni necessarie per l'intera procedura di attuazione. A tal proposito si rimanda al capitolo 8 della relazione idraulica ed alla relazione “sugli impianti e sulle modalità di regolazione” per ogni dettaglio.

punto C La quota dell'intradosso dell'impalcato di coronamento del manufatto di regolazione è stata innalzata a 51.50 m slm (rispetto ai precedenti 50.80 slm), realizzando così i margini di sicurezza previsti dal regolamento di progettazione dighe.

punto D Oltre a quanto già riportato al punto B, come può desumersi dalle tavole di progetto, le paratoie, con relativa struttura di sostegno e movimentazione, sono state installate in posizione più protetta e meno suscettibile a rischi di danneggiamento o ostruzione ad opera del materiale flottante. Come può

evincersi dalla lettura delle tavole grafiche e dalla seguente descrizione dell'opera, si è anche tenuta presente l'accessibilità alle componenti dell'impianto di movimentazione per l'esecuzione degli interventi manutentivi.

punto E Il funzionamento della cassa in linea e in derivazione e la sequenza delle movimentazioni degli organi di regolazione nelle fasi di incremento e successivo decremento dei livelli di invaso è riportata nel dettaglio nel capitolo 8 della relazione idraulica.

punto F La geometria delle luci di fondo della traversa è stata modificata per ridurre ulteriormente la possibilità d'occlusione a causa dell'accumulo di materiale trasportato dal corso d'acqua durante le piene.

punto G Gli schemi a livello definitivo delle paratoie ed dell'impianto elettromeccanico di movimentazione sono riportati nella relazione "sugli impianti e sulle modalità di regolazione" a cui si rimanda per ogni dettaglio.

punto H Lo specifico protocollo operativo che disciplinerà la gestione dell'invaso durante l'evento di piena con la regolazione idraulica affidata al sistema di paratoie installate sul manufatto di regolazione e sul manufatto di sfioro verrà predisposto in sede di progettazione esecutiva ed aggiornato a seguito di collaudo dell'opera.

punto I Le stime dell'idrologia ordinaria (TR20 – TR500) sono aggiornate a seguito della predisposizione del piano alluvioni (vedi precedente paragrafo 3.3); la richiesta di verifica delle stime fatte nel presente progetto sulle portate di progetto (piena millenaria e tri-millenaria) è stata presentata dal RUP al competente Servizio idrografico regionale.

punto J Vale quanto detto al precedente punto C.

punto K Sono stati previsti i locali per l'espletamento della vigilanza dello sbarramento ai sensi dell'art. 15 del D.P.R. 1363/59, con possibilità di guardiania continuativa durante gli eventi di piena, ampliando l'edificio di servizio già previsto per altre funzioni.

punto L Per quanto attiene alla redazione dello studio sismo tettonico previsto dalle NTD, si rimanda alla relazione geologica e relativi allegati, facente parte del presente progetto definitivo.

punto M L'espletamento dell'incarico per la determinazione delle caratteristiche dell'onda di piena conseguente all'ipotetico collasso dello sbarramento e l'individuazione delle aree soggette ad allagamento ai fini della predisposizione del piano di emergenza (PED - "Indirizzi operativi inerenti all'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe", direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri del 8 luglio 2014) è stato affidato dal RUP all'Università degli Studi di Bologna (responsabile scientifico prof. Armando Brath). I relativi risultati sono riportati in allegato n.3 alla presente relazione.

punto N L'espletamento dell'incarico relativo al calcolo dell'onda di piena artificiale conseguente a manovre degli organi di scarico, secondo quanto previsto dalla circolare ministeriale 28 agosto 1986, n. 112 è stato affidato dal RUP all'Università degli Studi di Bologna (si veda il punto precedente). Gli scenari di cui al punto N ed M sono stati sviluppati sulla base degli indirizzi contenuti nella nota della Direzione Generale per le Dighe del 19/12/2018 e in relazione alla peculiarità e specificità dell'opera. I relativi risultati sono riportati in allegato n.3 alla presente relazione.

punto O Il modello fisico del manufatto regolatore, nella sua configurazione di adeguamento, è stato realizzato presso il laboratorio del Politecnico di Milano, (Vedi Allegato 2 della presente relazione idraulica che riporta la relazione del progetto del modello e i risultati delle prime prove sperimentali eseguite). Si specifica che verranno eseguite ulteriori prove finalizzate a dettagliare il funzionamento del manufatto conseguente alle manovre di azionamento delle paratoie in fase di regolazione. Le stesse saranno eventualmente integrate anche sulla base di ulteriori richieste nel corso dell'istruttoria tecnica del progetto da parte della Direzione generale per le Dighe.

4.1 Opere inerenti il LOTTO 1

Come già accennato le opere che costituiranno il LOTTO 1 dei lavori di cui al presente progetto definitivo avranno come scopo: “l'adeguamento dei manufatti di regolazione e derivazione della cassa di espansione del fiume Secchia ed avvio dell'adeguamento dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente” (importo finanziato € 16'872'000.00).

In particolare i principali interventi in cui può essere identificato il lavoro - e di cui si dà descrizione nel seguito - sono:

- Intervento A: Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso.
- Intervento B: Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale.
- Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea finalizzate al recupero del materiale necessario per l'adeguamento dei tratti arginali.
- Intervento D: Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti.
- Intervento E: Arginatura secondaria a valle dello sbarramento

4.1.1 Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione

L'intervento è descritto nelle tavole grafiche Tav. A.1 alla A.12, mentre i principali aspetti tecnici di verifica e dimensionamento dell'opera sono riportati nelle relazioni di seguito elencate:

R.03 - Relazione idraulica;

R.04 - Relazione geologica;

R.05 - Relazione geotecnica;

R.06 - Relazione sismo-tettonica e sismica;

R.08 - Relazione sulle verifiche globali di stabilità dei manufatti;

R.09 - Relazione sul dimensionamento delle strutture in c.a. e metalliche;

R.10 - Relazione sugli impianti e sulle modalità di regolazione;

R.11 - Studio di impatto ambientale.

L'adeguamento dell'opera si articola in tre parti: la prima riguardante la ristrutturazione da svolgere sul manufatto di sbarramento esistente, la seconda riguardante la realizzazione di un nuovo corpo in continuità con l'esistente che conterrà gli elementi per la regolazione delle portate e la terza riguardante la realizzazione di un ponte di servizio, in grado di raccordare l'accessibilità con le arginature contigue, anch'esse soggette ad adeguamento (rialzo e ringrosso arginale).

In particolare, la prima parte dell'intervento riguarderà la parziale demolizione della sezione centrale della traversa esistente comprendente due delle 4 luci di fondo esistenti. La porzione di manufatto esistente "scapitozzata" fino a quota 39.75 m s.l.m. per un tratto di lunghezza di 44.60 m andrà a costituire la soglia della sezione terminale della vasca di dissipazione del nuovo corpo di regolazione dello sbarramento.

Le due luci di fondo laterali al di fuori del tratto interessato dalla parziale demolizione verranno chiuse tramite panconi metallici estraibili. La soglia sfiorante nei tratti laterali non interessati dalla demolizione rimarrà funzionale alla quota attuale pari a 46.25 m slm, per uno sviluppo complessivo di 96 metri.

La seconda parte dell'intervento consisterà nella realizzazione - a monte della traversa esistente - di un corpo aggiuntivo, con pianta a "U" (lunghezza pari a circa 84 metri e larghezza pari a circa 54 metri) avente l'estremità aperta in corrispondenza della porzione demolita dello sbarramento esistente (vedi figura seguente).

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

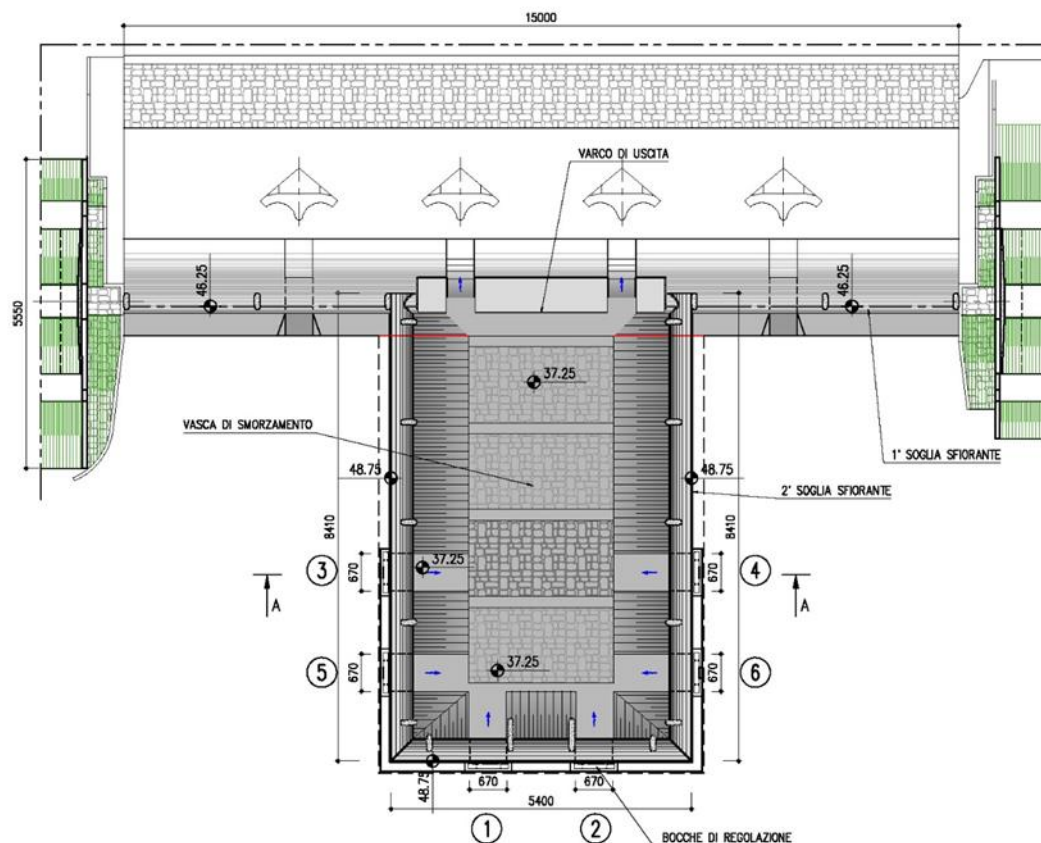


Figura 4.1: Pianta del manufatto regolatore.

I muri perimetrali del nuovo corpo (di altezza complessiva rispetto al piano di fondazione pari a 13,50 metri) costituiranno, in sommità, il secondo sfioratore di superficie della traversa posto a quota 48.75 m slm, e conterranno, alla loro base, le sei nuove luci di regolazione, aventi dimensioni pari a 6.70 metri alla base e 4.50 metri d'altezza.

La struttura, da un punto di vista costruttivo, si configurerà come un muro a gravità massiccio, avente uno spessore di circa 4 metri alla base ed una fondazione di larghezza pari a circa 16 metri (vedi figura seguente).

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

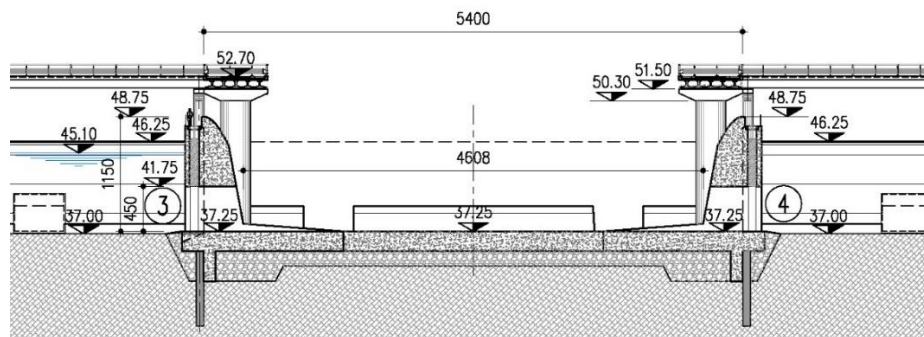


Figura 4.2: Sezione trasversale del manufatto regolatore.

La parte interna del manufatto (vedi sempre figura in alto) costituirà la vasca di smorzamento. Il fondo verrà realizzato con una platea in massi squadri di volume almeno pari a 2 m³, interrotta per tutta la sezione trasversale da travi di contrasto di sezione 200 x 200 cm, collocate ad un interasse di 13.60 metri. La testa del muro sarà sagomata con un profilo Creager - Scimeni con soglia sfiorante posta a quota 48.75 m slm.

Come detto, il nuovo sbarramento sarà dotato di 6 bocche di regolazione, due per ogni lato della “U”, di dimensioni pari a 6.70 x 4.50 metri e quota di scorrimento pari 37.25 m s.l.m. Le bocche saranno dotate di paratoie piane a comando oleodinamico. Il complesso scudo, gargami e cilindro oleodinamico delle paratoie sarà alloggiato in una struttura di protezione in c.a., in aggetto alla nuova muratura.

Per garantire facilità di ispezione delle paratoie e del circuito oleodinamico verrà realizzata una passerella di servizio a sbalzo, posta a quota 47.55 m slm, raggiungibile, mediante scala metallica, dal ponte di servizio di seguito descritto.

La terza e ultima parte delle operazioni di adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione riguarderanno la realizzazione del ponte di servizio che si svilupperà sopra le soglie sfioranti del manufatto unendo di fatto sponda destra e sinistra del Secchia.

L'impalcato carrabile sarà composto da una soletta in c.a. di spessore 20 cm pavimentata con pacchetto stradale così composto: strato di 7 cm di binder compatto

più 3 cm di tappeto di usura; la pavimentazione è contenuta entro cordoli lato strada di altezza 20 cm su cui verrà installato il guard-rail classe H2 bordo ponte. La larghezza corrente lorda dell'impalcato sarà pari a 6.40 metri, tranne in corrispondenza della porzione mediana dove verrà realizzata una piazzola di larghezza 9.40 m per la costruzione dell'edificio servizi.

La quota piano strada del ponte di servizio sarà pari a 52,70 m s.l.m. e la quota intradosso sarà pari a 51.60 m s.l.m. L'impalcato verrà realizzato con travi prefabbricate precomprese, appoggiate su pulvini, sorretti da pile di sostegno delle dimensione 3.0 x 1.0 metri, collocate ad interasse di 23.50 m, limitatamente ai tratti sopra la traversa esistente, e ad interasse di 18.00 metri e 14.60 metri rispettivamente sui lati lunghi e sul lato corto del nuovo corpo traversa.

All'interno dell'edificio servizi saranno alloggiati i principali impianti elettrici connessi al funzionamento degli organi di regolazione, compresi quelli del manufatto di derivazione nell'invaso laterale di cui al capitolo successivo, che saranno sinteticamente composti da:

- Accessori di cabina;
- Quadro elettrico generale di BT;
- Quadro elettrico di automazione e centro di controllo con PC;
- Centralina oleodinamica per funzionamento paratoie
- Gruppo elettrogeno.

Per il raccordo tra l'impalcato di servizio e le arginature in corrispondenza di entrambe le spalle dello sbarramento esistente è prevista la realizzazione di muri di sponda di sostegno. Tali muri, collocati 6 m a tergo degli esistenti, saranno sagomati secondo la sezione arginale di progetto che, rispetto all'esistente, prevede un rialzo in sommità di circa 2.50 metri fino alla quota di 51.75 m s.l.m. Il raccordo altimetrico tra questa quota e il piano strada dell'impalcato di servizio (52,70 m s.l.m.) verrà realizzato con una rampa in c.a. di lunghezza pari a circa 6,5 m e pendenza 15%. Sotto il piano fondazione dei nuovi muri di sponda è prevista la realizzazione di una diaframmatura in c.a. di spessore pari a 80.00 cm fino alla profondità di 33.70 m s.l.m. La porzione di argine

esistente rimanente tra i muri di spalla nuovi ed esistenti il cui coronamento si mantiene pari all'attuale quota di 49.25 m s.l.m. e risulta tracimabile per l'evento di riferimento T200 anni, verrà protetto con un rivestimento in massi regolarizzati.

Da un punto di vista strutturale il manufatto di sbarramento sarà così identificabile:

1. Nuovo corpo traversa (in analogia alla traversa esistente): struttura a gravità massiccia in calcestruzzo non armato – Rck 25.
2. Muri d'ala di collegamento, pile e pulvini del ponte di servizio: strutture in calcestruzzo Rck 30, debolmente/normalmente armato.
3. Impalcato ponte di servizio: struttura in calcestruzzo armato precompresso con getto di completamento Rck 35, fortemente armato.

4.1.2 Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale

L'intervento è descritto nelle tavole grafiche Tav. B.1 alla B.9, mentre i principali aspetti tecnici di verifica e dimensionamento dell'opera sono riportati nelle relazioni di seguito elencate:

- R.03 - Relazione idraulica;
- R.04 - Relazione geologica;
- R.05 - Relazione geotecnica;
- R.06 - Relazione sismo-tettonica e sismica;
- R.08 - Relazione sulle verifiche globali di stabilità dei manufatti;
- R.09 - Relazione sul dimensionamento delle strutture in c.a. e metalliche;
- R.10 - Relazione sugli impianti e sulle modalità di regolazione;
- R.11 - Studio di impatto ambientale.

Attualmente la derivazione nell'invaso laterale, localizzato in sinistra orografica circa 900 metri a monte del manufatto di sbarramento e regolazione, avviene tramite una soglia in calcestruzzo di spessore pari a 3.00 metri, ricavata nel corpo arginale, di lunghezza pari a 120 m e ciglio sfiorante posto a quota 45.40 m s.l.m. La soglia è

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

innestata tra due muri laterali sagomati seguendo la sezione trasversali del rilevato arginale esistente.

L'adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale prevede la demolizione di parte dell'esistente soglia e la realizzazione di una nuova opera.

Il nuovo manufatto (vedi figure seguenti) sarà costituito da una batteria di 8 bocche di regolazione di luce netta pari a 7.60 x 5.40 metri dotate di paratoie piane a ruote a comando oleodinamico; le bocche di regolazione avranno una quota di scorrimento pari a 41.00 m slm e saranno intervallate da muri sagomati di spessore pari a 1,50 metri e lunghezza 9.50 metri.

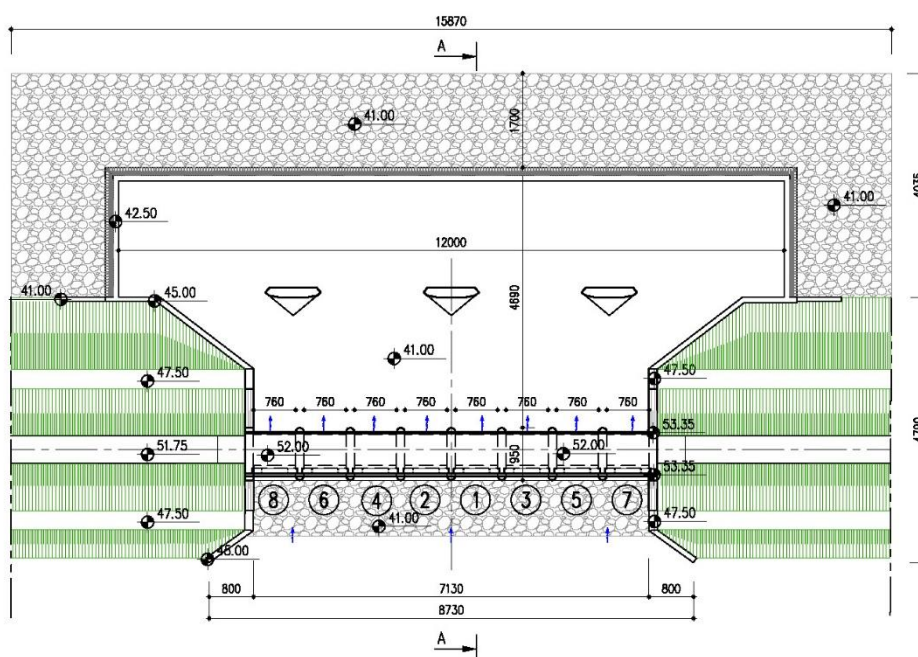


Figura 4.3: Pianta del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

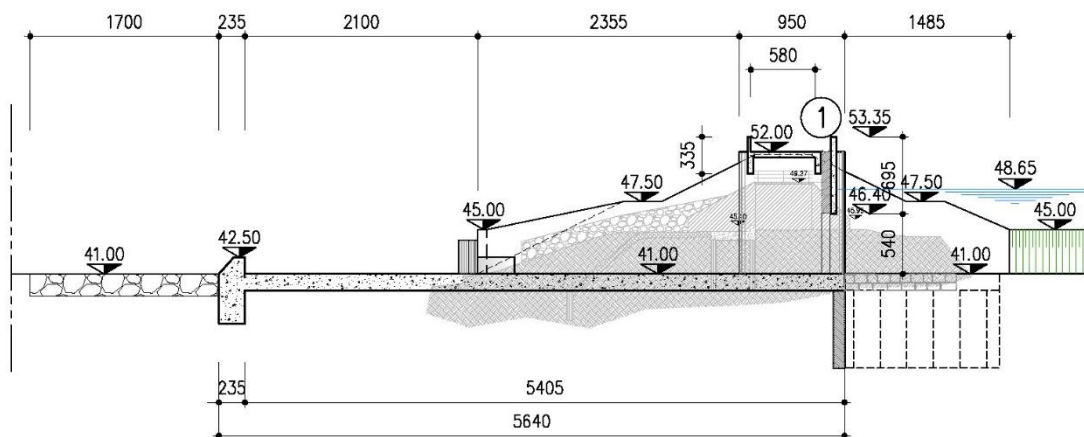


Figura 4.4: Sezione trasversale del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale.

L'asse trasversale del nuovo manufatto coinciderà con l'asse della soglia esistente e pertanto quest'ultima verrà demolita completamente nella porzione centrale. Le rimanenti porzioni esterne verranno demolite parzialmente: i muri laterali fino a quota 46.00 dagli attuali 49.25 m s.l.m e la soglia in calcestruzzo fino a circa quota 44.00 m rispetto ai 45.40 m s.l.m. dell'esistente. Sui tratti laterali del manufatto esistente così preparati verranno realizzate, secondo le sagome di progetto, le arginature di contenimento degli invasi.

Ai lati del nuovo manufatto verranno realizzati dei muri di sponda sagomati a delimitare i tratti di imbocco e sbocco per il convogliamento della portata derivata. In quota i muri seguiranno il profilo dell'argine rialzato in progetto.

Lato fiume il fondo del tratto di imbocco per uno sviluppo di 10 m sarà rinforzato da una platea in massi intasati in cls di spessore 1.5 m.

Lato invaso verrà realizzata una vasca di dissipazione costituita da una platea in calcestruzzo di spessore pari a 1.50 m, da 3 blocchi prismatici di dissipazione e da una soglia perimetrale di controbattente di altezza pari a 1,50 metri.

Il nuovo manufatto sarà sormontata, lungo l'intera estensione, da una strada di servizio, carrabile, pavimentata, di larghezza pari a larga 6.40 metri con piano stradale posto a quota 52.00 m slm.

Le apparecchiature per la movimentazione delle paratoie verranno alloggiate in un edificio servizi realizzato sulla arginatura a valle del manufatto. Tale edificio conterrà la centralina oleodinamica ed un quadro locale di comando, mentre PLC, quadro elettrico di automazione e centro di controllo, quadro elettrico generale di BT saranno localizzati nell'edificio servizi presso il manufatto di sbarramento e regolazione.

Da un punto di vista strutturale il manufatto di sbarramento sarà così identificabile:

1. Nuovo nuova struttura di derivazione: strutture in calcestruzzo Rck 30, debolmente armato.
2. Muri d'ala di collegamento, blocchi di smorzamento, soglia di controbattente: strutture in calcestruzzo Rck 30, debolmente/normalmente armato.
3. Platea di smorzamento: struttura a gravità massiccia in calcestruzzo non armato – Rck 25.
4. Impalcato ponte di servizio: struttura in calcestruzzo armato Rck 30, normalmente armato.

4.1.3 Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea

L'intervento è descritto nelle tavole grafiche Tav. C.1 e C.2, mentre i principali aspetti tecnici di verifica e dimensionamento dell'opera sono riportati nelle relazioni di seguito elencate:

- R.03 - Relazione idraulica;
- R.04 - Relazione geologica;
- R.05 - Relazione geotecnica;
- R.06 - Relazione sismo-tettonica e sismica;
- R.08 - Relazione sulle verifiche globali di stabilità dei manufatti;
- R.09 - Relazione sul dimensionamento delle strutture in c.a. e metalliche;
- R.11 - Studio di impatto ambientale.

L'intervento consiste nella realizzazione di scavi e movimenti terra minimi finalizzati all'esecuzione e alla funzionalità dei due manufatti: di sbarramento e regolazione e di

derivazione nell'invaso laterale. Al fine, infatti, di rendere funzionali le nuove opere è necessario garantire la pervietà delle luci di fondo, per tale motivo l'intervento di svasso riguarderà la ricalibratura del fondo alveo per una fascia di circa 15 m nell'intorno del manufatto di sbarramento e regolazione fino a quota 37.00 m s.l.m e nello sbancamento fino a quota 41.00 m s.l.m. dell'area prospiciente il manufatto di derivazione nell'invaso laterale per una fascia di circa 30 m.

4.1.4 Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti

L'intervento di seguito descritto è compreso nel Lotto 1, "Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso, del manufatto di derivazione verso l'invaso laterale e dei tratti arginali contigui assoggettati alla vigilanza della Direzione Generale Dighe e realizzazione arginature secondarie a valle dello sbarramento".

L'intervento descritto nelle tavole grafiche Tav. D.1 e D.2, costituisce un primo stralcio funzionale del più ampio "Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione" per il quale si rimanda alle Tavv. Da H.1 a H.7 e i cui principali aspetti tecnici di verifica e dimensionamento dell'opera sono riportati nelle rispettive relazioni di seguito elencate:

R.03 - Relazione idraulica;

R.04 - Relazione geologica;

R.05 - Relazione geotecnica;

R.06 - Relazione sismo-tettonica e sismica;

R.07 - Relazione sulle verifiche di stabilità delle arginature;

R.11 - Studio di impatto ambientale.

L'intervento da realizzarsi con il materiale di scavo proveniente dal cantiere nell'ambito della realizzazione degli interventi descritti nei paragrafi precedenti consiste nell'adeguamento delle arginature della cassa d'espansione limitatamente ai tratti contigui ai manufatti; in particolare per il manufatto di sbarramento e regolazione l'intervento riguarda gli argini di sbarramento della cassa in linea assoggettati alla

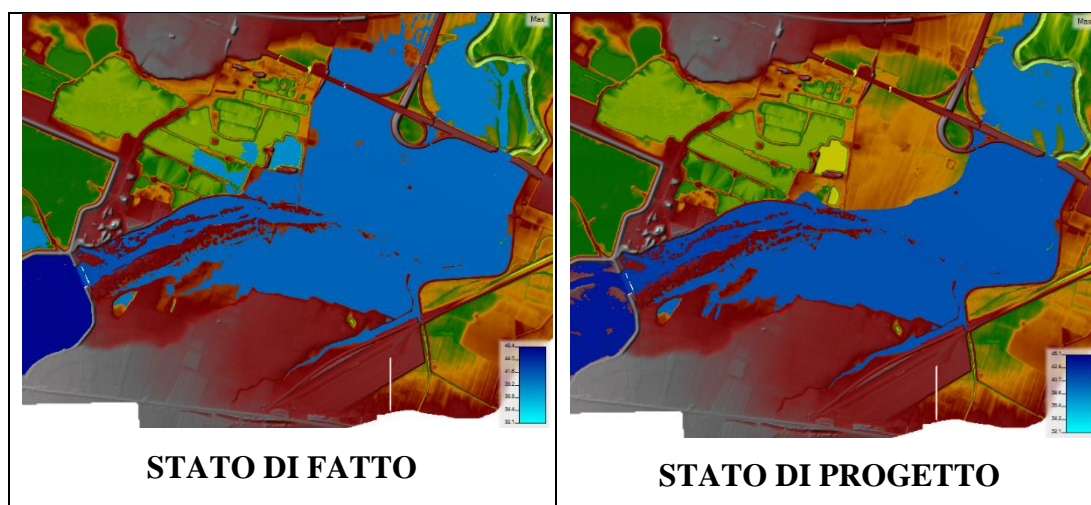
vigilanza della Direzione Generale Dighe che si sviluppano per 130 m in sinistra e 170 m in destra.

Per quanto riguarda il manufatto di derivazione nell'invaso laterale l'intervento riguarderà il ripristino della continuità arginale con la realizzazione di due tronconi di rilevato di 35 m per lato di sviluppo, in corrispondenza delle due porzioni laterali della soglia di derivazione esistente parzialmente demolita. Un ulteriore tratto di circa 320 m della linea arginale compresa tra i due manufatti verrà adeguato con il materiale in esubero.

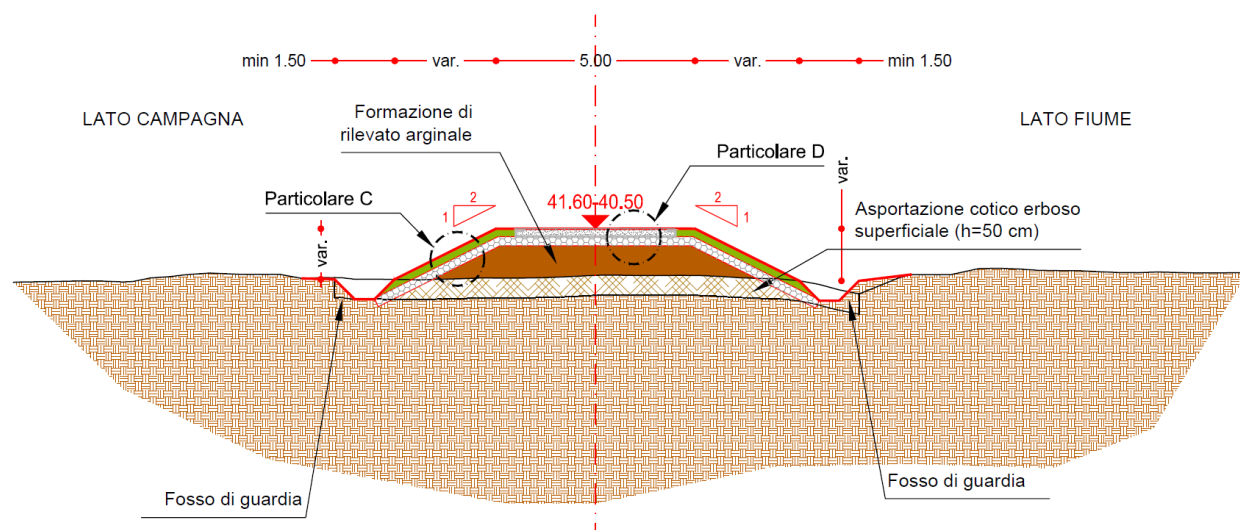
4.1.5 Arginatura secondaria a valle dello sbarramento

L'area compresa tra il manufatto in alveo e l'autostrada A1 è oggetto di esondazioni frequenti. Tale frequenza è attualmente ridotta dall'anomalo funzionamento del manufatto in alveo che lamina significativamente idrogrammi di picco pari a 200-400 mc/s impedendo l'allagamento di tale areale. Il nuovo manufatto, trasparente per idrogrammi con picco fino a 750 mc/s, modificherebbe, in peggio, l'attuale frequenza di allagamento.

Il modello 2D sotto rappresentato mostra come un idrogramma con picco pari a 500 mc/s determina l'allagamento nello stato attuale mentre, con l'arginatura secondaria di progetto (argine golenale), si ottiene il contenimento di tale portata.



L'argine golenale, già previsto nella precedente fase progettuale, si sviluppa con un'unica sezione tipo, caratterizzata da un rilevato di modesta altezza sul piano campagna (da 0.80 m a 1.79 m) e di lunghezza 725 m circa (dalla fine dell'area dei laghi di Campogalliano sino al rilevato del nuovo svincolo in progetto della Campogalliano – Sassuolo), protetto da un "Materasso Reno" a tutta larghezza al fine di garantirne la stabilità anche in caso di sormonto. E' prevista una pista di servizio in sommità della larghezza di 4 metri (rispetto ad una larghezza del coronamento di 5 m). L'immagine proposta di seguito rappresenta la sezione tipologica dell'argine.



Durante gli approfondimenti della presente fase progettuale si è avuto modo di costatare il prossimo inizio delle attività di cantiere della nuova arteria viabilistica denominata Campogalliano-Sassuolo che, per un tratto significativo dalla A1 verso monte, interferisce con l'argine golenale sopra descritto e ne farebbe altresì le veci. Durante gli incontri con i tecnici della suddetta arteria viabilistica si è quindi convenuto di limitare l'argine golenale di progetto al primo tratto fino in prossimità dell'inizio del prossimo rilevato arginale, peraltro di competenza Autobrennero, secondo gli elaborati grafici allegati (tavole E) e quindi per una lunghezza complessiva dell'intervento pari a ca. 725 m (rispetto ai 1'260 m previsti nel progetto di fattibilità tecnica ed economica).

4.2 Opere inerenti il LOTTO 2

Come già accennato le opere che costituiranno il LOTTO 2 dei lavori di cui al presente progetto definitivo avranno come scopo: *“L'adeguamento in quota delle arginature della cassa di espansione esistente”*

In particolare i principali interventi in cui può essere identificato il lavoro - e di cui si dà descrizione nel seguito - sono:

- Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione
- Intervento I: Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea

4.2.1 Adeguamento delle arginature della cassa di espansione

L'intervento prevede l'adeguamento in quota dei rilevati esistenti sia della cassa in linea sia di quella fuori linea o sussidiaria.

In particolare:

- Gli argini (destro e sinistro) dell'invaso in linea sono progettati alla quota di 51.75 m s.l.m. al fine di garantire un franco di sicurezza di 1.75 m rispetto alla quota di massimo invaso della piena T_R 1000 anni;
- gli argini dell'invaso fuori linea, a differenza di quanto previsto nella precedente fase progettuale (dove era stato previsto 1.00 m di franco sulla piena T_R 1000 anni), sono stati in questa sede alzati alla quota di 51.75 m s.l.m. al fine di garantire anche per questo invaso un franco di sicurezza di 1.75 m rispetto alla quota di massimo invaso della piena T_R 1000 anni.

Sono previste 9 sezioni tipo denominate A, C, D1, D2, F, G1, G2, G3, H per far fronte a diversi tratti omogenei per caratteristiche geotecniche, di assetto invaso/campagna, di attuale geometria.

Di seguito una tabella riassuntiva di tutte le tipologie con le principali caratteristiche:

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

sezione tipo	tipo intervento	scarpata inferiore			profilo	Tratto (Sezioni)		Sezioni di computo		quota base taglione [m s.l.m.]	pista al piede lato fiume [m s.l.m.]	diaframma (in grassetto quelli esistenti)				SEZIONE Già CALCOLATA nel Progetto di Fatt. Tecnico o Economica	SEZIONE CALCOLATA nel Progetto Definitivo	Corrisponde nte sezione di computo
		lato campagna	lato cassa	lato fiume		da	a	da	a			quota sommità [m s.l.m.]	quota base [m s.l.m.]	h [m]				
A	ex novo	-	-	-	1	S59	F5	P1-3	P1-5	47.00	49.00	-	-	-		-	39-1	P1.11
					1	F5	39-1	P1-7	P1-11	46.00	49.00	-	-	-				
					1	39-1	38+80m	P1-11	P1-21	43.00	46.00-47.75	-	-	-				
					2-3-4	18-7	profilo 7	P2-1	P2-19	-	47.75-50.50	-	-	-				
C (ex C1)	adeguamento	-	esistente/2:1	3:1	2-3-4	25+85m	26-1+20m	P2-49	P2-55	-	43.75-44.25	-	-	-		26	-	P2.52
		esistente / 2:1	-	3:1	1	31	34-80m	P1-39	P1-53	-	44.50-46.00	-	-	-				
D1 (ex D)	adeguamento	-	esistente / 2:1	3:1	2-3-4	profilo 7	profilo 5	P2-19	P2-22	-	46.00-49.00	47.00	42.00	5.00		-	25	P2.47
					2-3-4	profilo 5	21	P2-22	P2-30	-	45.50-46.00	47.00	42.00	5.00				
					2-3-4	21	21+100m	P2-30	P2-32	-	45.50	47.00	40.00	7.00				
					2-3-4	21+100m	sfioratore	P2-32	P2-37	-	45.00-45.50	47.49	37.00	-				
					2-3-4	sfioratore	24-80m	P2-38	P2-40	-	45.00	46.00	38.00	8.00				
					2-3-4	24-80m	25+85m	P2-40	P2-49	-	44.25-45.00	46.00	34.00	12.00				
D2 (ex D)	adeguamento	esistente / 2:1	-	3:1	1	30-135m	31	P1-53	P1-62	-	43.75-44.50	43.00	32.00	11.00		36	-	P1.26
					1	33+105m	37+65m	P1-21	P1-39	-	44.50-46.00	44.50	38.50	6.00				
F	adeguamento	2:1	-	2:1	1	28-1+20m	30-135m	P1-62	P1-68	-	43.75	43.00	34.00	9.00		29	-	P1.64
		2:1	2:1	2:1	2-3-4	26-1+20m	0-1+20m	P2-55	P2-60	-	43.75-44.25	43.00	34.00	9.00				
G1 (ex G)	adeguamento	2:1	esistente/2:1	-	6	4+70m	8+50m	P6-16	P6-34	-	-	39.50	30.00	9.50		5	-	P6.30
G3 (ex G)	adeguamento	2:1	esistente/2:1	-	6	8+50m	profilo 7	P6-1	P6-16	-	-	47.75	31.75	16.00		-	9	P6.11
sostituzione ghiaia fino a quota 47 e sotto aggiungere diaframma:												-	-	-				
G2 (ex G)	adeguamento	2:1	esistente/2:1	-	6	profilo 2-3-4	2-20m	P6-46	P6-52	-	-	39.50	30.00	9.50		2	-	P6.46
H	adeguamento	esistente / 2:1	esistente/2:1	-	6	2-20m	4+70m	P6-34	P6-46	-	-	39.50	30.00	9.50		4	-	P6.36
Diaframma+muro in c.a.												51.75	30.25	21.50				

Ferma restando l'impostazione data nella precedente fase progettuale, nel presente progetto definitivo si sono apportati alcuni affinamenti della geometria arginale finalizzata ad ottimizzare i volumi in gioco, meglio adattarsi alle attuali condizioni delle arginature presenti, sottoservizi, manufatti ecc.. I corpi arginali di progetto hanno quindi **sempre quota di sommità a 51.75 m s.l.m.** e pendenza delle scarpate 2:1 nella porzione superiore al di sopra della bancata intermedia a quota 47.75 m s.l.m., sia lato campagna che lato fiume/invaso; nella porzione inferiore invece le arginature hanno sempre una scarpa 2:1 lato campagna, 3:1 lato fiume ad esclusione dei tratti in corrispondenza dei raccordi con il manufatto regolatore dove sono previste con pendenza 2:1 anche lato fiume, ma con rivestimento in calcestruzzo (solo lato fiume). Come già detto sono previste bancate intermedie con distanza massima in quota di 4 m.

Come si può rilevare dalla suddetta tabella nonché dagli elaborati grafici del presente progetto definitivo, in particolare le tavole H.6, alcune sezioni tipologiche sono dotate di taglione al piede (sezione tipo A), altre di diaframature plastiche (esistenti e/o di

progetto – sezione tipo D1, D2, F, G1, G2 e G3) per il controllo dei fenomeni di filtrazione.

La **pista di coronamento** è sempre larga 5 m con banchine da 0.50 m per lato e sarà realizzata con 25 cm di stabilizzato posato su uno strato di 30 cm preventivamente trattato a calce; **le piste sulle bancate intermedie** hanno invece una larghezza di 3.50 m con banchine da 0.25 m per lato e saranno realizzate con 25 cm di stabilizzato posato su uno strato di 30 cm preventivamente trattato a calce; **la pista al piede**, sempre presente ove possibile, ha una larghezza di 4.50 m con banchina da 0.50 m lato campagna, canaletta di guardia in cls (drenante) lato argine, e sarà realizzata con 25 cm di stabilizzato posato su geotessuto. I percorsi di accesso al manufatto principale e sfioratore, sia dalla rotonda di Marzaglia Vecchia (accesso “1”) sia dalla strada comunale da Campogalliano (accesso “3”) saranno superficialmente asfaltati (30 cm trattamento a calce, 15 cm di stabilizzato, 7 cm di binder e 3 cm di tappeto d’usura) nonché attrezzati con illuminazione pubblica.

L’adeguamento dei rilevati esistenti viene ricavato:

- per l’invaso in linea: lato fiume nelle sezioni tipo C e D1, lato campagna la sezione tipo D2, pressoché in asse nelle sezioni tipo F ed H;
- per la cassa sussidiaria: lato campagna (sezioni tipo G1, G2 e G3).

La sezione tipo “H” (valida per un tratto di circa 550 m prevede), a differenza delle altre, un muro/diaframma di contenimento in c.a., alto complessivamente 21.50 m per salvaguardare le infrastrutture ed immobili presenti al piede dell’arginatura lato campagna (capannoni, maneggio, ecc.); al fine di ridurre le tensioni e le opere in questo tratto la pista di sommità è abbassata di 1.20 m in modo tale che il muro stesso costituisca oltre che elemento di tenuta idraulica anche parapetto/barriera.

Le chiusure degli argini a monte dell’attuale vaso in linea sono in destra contro il rilevato della SS9 a monte dal quale la linea di fascia B risulta già essere ad una quota sufficiente al livello di massimo vaso di progetto. In sinistra idraulica invece il rilevato arginale viene esteso fino al rilevato ferroviario per Sassuolo, sul Torrente Tresinaro. La quota di quest’ultimo, a partire a monte del ponte SS9, sale uniformemente fino a quota 53.00 in corrispondenza del rilevato delle ferrovie per

Sassuolo. Ciò per contenere, con un minimo di franco, anche i diversi profili di piena T200 secondo i diversi studi tuttora in corso (giugno 2019) e realizzati alla confluenza Tresinaro-Secchia.

Il materiale utilizzato per la realizzazione delle arginature è quello proveniente dagli scavi di cui all'intervento "I", previa lavorazione e preparazione in loco finalizzata ad eliminare il materiale vegetale presente.

Tutti i paramenti arginali saranno rinverditi con idrosemina di essenze autoctone previa stesa di uno strato di almeno 20 cm di terreno vegetale ovvero previa concimazione e relativa lavorazione della coltre superficiale del rilevato arginale di nuova realizzazione.

Lungo il corso delle arginature saranno presenti diverse rampe di salita e discesa come indicato negli elaborati grafici del progetto definitivo.

4.2.2 Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea

Gli interventi di progetto (intervento I) hanno lo scopo di intervenire su vegetazione e sedimenti per ripristinare, migliorare e riparare la funzionalità dei manufatti che costituiscono l'opera idraulica.

L'intervento I prevede l'asportazione di sedimenti dall'interno della cassa, con la finalità principale di liberare e mantenere libero nel tempo il deflusso delle acque. Il materiale rimosso proveniente dagli scavi, previa lavorazione e preparazione in loco finalizzata ad eliminare il materiale vegetale presente viene utilizzato per la realizzazione delle arginature (Si rimanda all'elaborato *R.16 Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti* per il bilancio delle materie). Le zone di escavazione comprendono sia quelle a ridosso dei manufatti (in parte già previsti nell'intervento C, per una superficie di circa 10.000 mq), che quelle occupate un tempo dai rami laterali del fiume (per una superficie di circa 230.000 mq), per una superficie complessiva di scavo di circa 240.000 mq.

Il fiume Secchia presentava questa conformazione morfologica multicorsale già in epoca passata, ma gli interventi antropici legati alla realizzazione del manufatto

regolatore hanno contribuito, insieme alla dinamiche fluviale, al progressivo deposito di materiali nell'area di progetto, che è stata poi colonizzata dall'habitat 92A0.

Si tratta quindi di un tratto di alveo, in cui probabilmente erano presenti in passato habitat di interesse comunitario di tipo fluviale o legati comunque alla dinamica fluviale e alla relativa formazione di aree di deposito ed erosione, successivamente colonizzato, per progressivo deposito di sedimento, dall'habitat forestale 92A0 "Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba*".

Il contesto paesaggistico che caratterizza le Casse del Fiume Secchia è il risultato dell'interazione tra l'evoluzione morfologica del fiume (processi di erosione e di sedimentazione) e gli interventi antropici svolti in passato e quelli periodici di manutenzione (come quelli in progetto) necessari al mantenimento della funzionalità dell'opera idraulica. Trattasi di un sistema naturalmente e intrinsecamente dinamico che porta per sua natura a modificazioni continue legate al progressivo accumulo e deposizione del materiale eroso e trasportato dal corso d'acqua.

L'intervento implica il taglio e l'eradicazione della vegetazione che attualmente caratterizza buona parte della cassa in linea e che ostruisce parzialmente il regolare deflusso della acque verso il manufatto di regolazione.

La risagomatura e la rimozione dei sedimenti nella vasca in linea permetterà di diversificare l'assetto paesaggistico del fiume a monte del manufatto derivatore, permettendo di ripristinare la conformazione multicorsale del fiume, con la creazione di un ramo secondario e terziario e 6 isolotti vegetati.

Per quanto concerne la movimentazione di materiale in alveo, impatto conseguente alle operazioni di scavo, verranno realizzate (come misura di compensazione) ampie zone a canneto e nuove aree caratterizzate da habitat di interesse comunitario di tipologia analoga a quelli già presenti in loco.

Di fatto, la sottrazione delle superfici di tali habitat verrà dunque compensata mediante l'attuazione di interventi di miglioramento ambientale, che verranno localizzati all'interno della vasca in linea e in parte nella vasca in parallelo.

Anche l'ampliamento della cassa in parallelo permetterà un incremento delle superfici naturali, che saranno destinate a diventare vere e proprie aree umide. Le quote di scavo

saranno pertanto compatibili con le esigenze di sicurezza idraulica e allo stesso tempo permetteranno la realizzazione di un canneto in grado di migliorare la qualità delle acque e che costituirà anche un habitat estremamente importante, in special modo per le specie ornitiche. A questa misura si aggiunge la posa di ceppaie all'interno della cassa in parallelo (si rimanda a tal proposito al capitolo delle misure di compensazione) che rappresentano habitat sommersi per le specie ittiche.

Per dettagli inerenti le sezioni di progetto si rimanda agli elaborati cartografici specialistici.

Per convogliare l'acqua nei nuovi rami creati è stata prevista la realizzazione di una doppia soglia di ripartizione, che si innesta su un tratto di scogliera previsto sul primo isolotto a monte; tale soluzione permetterà alle acque di divagare all'interno delle aree di divagazione ricreate: se non si realizzasse la soglia in pietrame tutta la portata verrebbe convogliata all'interno dell'attuale alveo del fiume Secchia, vanificando così l'idea di ripristinare l'andamento multicorsale.

Gli isolotti che saranno creati a monte del manufatto di regolazione saranno piantumati con piantine forestali di salice arbustivo, mediante l'adozione di un sesto d'impianto a file sfalsate di 3 x 3 m.

4.3 Opere inerenti il LOTTO 3

Come già accennato le opere che costituiranno il LOTTO 3 dei lavori di cui al presente progetto definitivo avranno come scopo: *“i lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE)”* (importo finanziato € 4.340'000.00).

In particolare i principali interventi in cui può essere identificato il lavoro - e di cui si dà descrizione nel seguito - sono:

- Intervento L: Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento
- Intervento M: Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento
- Intervento N: Opere di mitigazione

4.3.1 Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento

Per realizzare il collegamento tra la vasca esistente e l'ampliamento verrà realizzata una soglia tracimabile di lunghezza pari a circa 95 m e quota di scorrimento pari a 42,00 m s.l.m, rivestita con massi di seconda III categoria. I due laghi, quello esistente e quello di futura realizzazione, verranno tenuti in comunicazione tramite la posa di due condotte DN 1000 mm, poste al di sotto della soglia, per favorire lo scambio e il ricircolo delle acque.

4.3.2 Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento

Il tracciato degli argini per la realizzazione dell'ampliamento della cassa (area “B”) prende origine dalla configurazione già definita nel progetto preliminare approvato nel 2016 e nell'ambito del *“Protocollo d'intesa tra la Regione Emilia-Romagna, l'Agenzia Interregionale per il fiume Po, la Provincia di Reggio Emilia, la Provincia di Modena e il Comune di Rubiera per la realizzazione dell'ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del fiume Secchia (art.15 della Legge 241/1990), repertorio RPI/2016/373 del 26/09/2016”*, fatte salve alcune modifiche locali per far fronte al

rispetto dei franchi dai conduttori delle linee elettriche ad AT a servizio della linea Alta Velocità, o per consentire di mantenerne i sostegni in area non allagabile e quindi esterna alla cassa stessa, ovvero per mantenere idonee distanze dal gasdotto SNAM. In tal senso, la configurazione planimetrica della cassa è stata estesa verso nord di circa 100 m rispetto al tracciato del progetto preliminare 2016, al fine di migliorare il più possibile il volume d'invaso disponibile e garantire contestualmente l'equilibrio dei volumi in gioco nell'ambito del PAE che altrimenti sarebbero stati compromessi dal rispetto dei vincoli territoriali di cui sopra.

Anche per questo lotto di interventi, fermo restando l'impostazione data nella precedente fase progettuale, nel presente progetto definitivo si sono apportati alcuni affinamenti della geometria arginale finalizzata ad ottimizzare i volumi in gioco, meglio adattarsi alle attuali condizioni delle arginature presenti, sottoservizi, manufatti. I corpi arginali di progetto hanno quindi **sempre quota di sommità a 51.75 m s.l.m.** e pendenza delle scarpate 2:1 nella porzione superiore al di sopra della bancata intermedia a quota 47.75 m s.l.m., sia lato campagna sia lato invaso. Sono state adottate due sezioni tipologiche (tipo B ed E) che si differenziano innanzitutto per le altezze dei rilevati e le pendenze delle scarpate: la sezione tipo E si applica agli argini con altezza superiore a circa 6 m e prevede, al di sotto della bancata intermedia a 47.75 m s.l.m., scarpate 2:1 lato campagna e 3:1 lato invaso, mentre la sezione tipo B si applica ad argini di altezza inferiore alla precedente e quindi entrambe le scarpate giungono fino al piano campagna con scarpa 2:1. La sezione tipo E è dotata di diaframma plastico di lunghezza pari a 5-10 m al piede del paramento lato invaso adottata anche al fine di garantire, oltre ad idonee condizioni di stabilità, il rispetto idrogeologico dal campo pozzi di Bosco Fontana.

Finiture dei paramenti, piste di sommità, intermedie ed al piede, hanno le medesime caratteristiche già descritte al paragrafo 4.2.1. Lungo il corso delle arginature saranno presenti rampe di salita e discesa come indicato negli elaborati grafici del presente progetto definitivo. Il materiale utilizzato per la realizzazione delle arginature è quello proveniente dagli scavi di cui all'intervento "I", previa lavorazione e preparazione in loco finalizzata ad eliminare il materiale vegetale presente. (Si rimanda all'elaborato

R.16 Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti per il bilancio delle materie).

Di seguito una tabella riassuntiva con le principali caratteristiche:

		scarpata inferiore			profilo	Tratto (Sezioni)		sezioni di comp		diaframma			SEZIONE Già CALCOLATA nel Progetto di Fatt.Tecnic o Economica	SEZIONE CALCOLATA nel Progetto Definitivo	Corrispondenti sezioni di computo
sezione tipo	tipo intervento	lato campagna	lato cassa	lato fiume		da	a	da	a	quota sommità [m s.l.m.]	quota base [m s.l.m.]	h [m]			
B	ex novo	2:1	2:1	-	7	profilo 2-3-4	B12+55m	P7-1	P7-42	-	-	-	B9	B12	P7.28 e P7.41
E (ex O)	ex novo	2:1	3:1	-	7	B12+55m	B14+30m	P7-42	P7-50	44.00	39.00	5.00	B14		P7.49
					7	B14+30m	profilo 6	P7-50	P7-60	44.00	34.00	10.00		B15	P7.54

4.3.3 Opere di mitigazione

All'interno del Progetto Definitivo sono presenti una categoria di opere a corredo delle opere principali di natura idraulica e che rivestono un ruolo importante quali interventi che **mitigano e compensano** da un punto di vista ambientale l'alterazione dei luoghi in considerazione della presenza di habitat naturali di pregio che in parte verranno coinvolti dagli interventi.

Il taglio della vegetazione previsto nell'ambito dell'intervento I rappresenta l'operazione potenzialmente più delicata dal punto di vista ambientale. Sarà nella maggior parte dei casi coinvolto l'habitat di interesse comunitario 92A0 "Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba*", estremamente diffuso all'interno della casse di espansione del Fiume Secchia, oltre a specie esotiche quali *Acer negundo* e *Amorpha fruticosa*.

La rimozione del sedimento di fronte alle bocche del manufatto regolatore coinvolge un altro habitat di interesse comunitario, il 3270 - *Chenopodietum rubri dei fiumi submontani*" e una stazione Pa - "*Habitat di rilevanza naturalistica nell'ambito locale: Canneti palustri: fragmiteti, tifeti e scirpeti d'acqua dolce (Phragmition)*", nonché alcune strette fasce caratterizzate dall'habitat 6430 "Praterie di megaforie eutorfiche".

La sottrazione di tali habitat verrà dunque compensata mediante l'attuazione di interventi ambientali localizzati in tutta l'area di cantiere, consistenti nelle seguenti soluzioni di **compensazione**.

- Ripristino della morfologia fluviale originaria (multicorsale) a monte del manufatto regolatore, in particolare la ramificazione del corso d'acqua in **aree di divagazione naturale** delle acque con conseguente sviluppo di una dinamica fluviale che si andrà a costituire ed evolvere; tale soluzione favorirà l'insediamento spontaneo dell'Habitat 3270 - *Chenopodietum rubri dei fiumi submontani*, che per sua natura non possiede una localizzazione e una quantificazione stabile, poiché la vegetazione propria di tale ambiente colonizza e si insedia periodicamente sulle temporanee spiagge di sedimento che il fiume crea e modifica e che sono dunque in continua evoluzione.
- L'habitat di interesse comunitario 3270 "*Chenopodietum rubri dei fiumi submontani*" sopra citato sarà favorito anche dalla realizzazione di cinque **isolotti vegetati** con vegetazione esclusivamente arbustiva.
- Posa di **isolotti galleggianti**, ossia elementi artificiali di forma triangolare che permetteranno di arricchire i due specchi d'acqua esistenti e fornire un punto di sosta temporanea e anche di nidificazione a diverse specie ornitiche. Gli elementi, descritti nella specifica tavola di progetto (ALL(SIA).1 "Mitigazioni e/o compensazioni"), saranno aggregati in 6 gruppi, ognuno composto da 4 singole unità.
- Posa di **ceppaie**, da realizzare all'interno della cassa in parallelo; le ceppaie, posate sul fondale saranno formate da 10 unità per ogni nucleo; sono previsti 20 nuclei distribuiti omogeneamente all'interno dei 3 bacini della cassa in parallelo. Le ceppaie, reperite tra il materiale di scavo nell'ambito dell'intervento I e C, rappresentano elementi di diversificazione del fondale e costituiranno, grazie ai loro intrecci, habitat sommersi di primaria importanza per numerose specie ittiche.

- Creazione di un'estesa **area a canneto** (con quota del fondo a 39,5 m s.l.m.) nella parte settentrionale dell'invaso B inframezzata da una serie di canali ("chiari") che favoriranno le dinamiche trofiche e incrementeranno la biodiversità all'interno della zona umida; l'area a canneto sarà creata alla stessa quota rispetto ad interventi analoghi già realizzati recentemente (anche se con superfici più contenute) all'interno della cassa in parallelo. L'intervento sarà utile per la formazione di habitat Pa, dunque fasce a canneto, che oltre al valore ecologico, andranno ad ampliare habitat che attualmente hanno solo una rara e puntuale rappresentatività all'interno della Riserva, ricreando inoltre un habitat paesaggistico tipico delle zone umide. Il canneto, oltre ad assolvere a importanti funzioni di consolidamento delle rive dei bacini, svolge una funzione di produzione primaria, fornendo cibo e rifugio a invertebrati, pesci e uccelli acquatici. Oltre alla funzione energetica, le aree di canneto offrono habitat idonei alla deposizione delle uova e realizzano vera e propria nursery per il novellame di alcune specie ittiche e anfibi, nonché allo sviluppo dei primi stadi vitali di quasi tutte le specie ittiche litorali e alla nidificazione di numerosi uccelli acquatici, tra cui anche specie ornitiche di interesse comunitario presenti nella ZSC/ZPS. Infine, il canneto svolge anche una naturale depurazione delle acque, mediante la filtrazione e l'assorbimento a livello radicale, dei nutrienti e degli altri potenziali inquinanti contenuti nelle acque.
- Creazione di una **zona allagata più profonda nell'invaso B**, a sud della sopracitata area a canneto; tale zona più profonda sarà collegata idraulicamente alla cassa in parallelo. L'ampliamento della cassa in parallelo (invaso B) permetterà un incremento delle superfici naturali, che saranno destinate a diventare vere e proprie aree umide; le quote di scavo saranno pertanto compatibili con le esigenze di sicurezza idraulica.

Si sottolinea inoltre che l'adeguamento degli argini, almeno per la maggior parte, interesserà il lato campagna e non il lato cassa di laminazione: l'ingrossamento dei rilevati sarà sviluppato perciò in modo da salvaguardare e preservare gli habitat interni

alle casse di laminazione (aree umide). Tutte le sponde, quindi, verranno tutelate, ad eccezione dei soli brevi tratti interessati dalle lavorazioni sui manufatti (intervento A, intervento B, intervento L).

Per quanto concerne le **misure di mitigazione**, si faccia riferimento allo Studio di Incidenza e ai seguenti accorgimenti, in parte riprese dal suddetto studio.

- Propagazione di polveri
 - Bagnatura periodica delle superfici di cantiere in relazione al passaggio dei mezzi e delle operazioni di carico/scarico, con aumento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva.
 - Bagnatura periodica (laddove se ne ravvisasse la necessità) delle aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei materiali, o loro copertura al fine di evitare il sollevamento delle polveri.
 - I mezzi pesanti e, in generale, tutti i mezzi in transito da e per il cantiere dovranno adottare una velocità ridotta.
 - I mezzi pesanti di trasporto del materiale di costruzione dovranno essere dotati di cassoni coperti con teli, in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri.
- Emissioni sonore
 - Devono essere utilizzati i necessari accorgimenti al fine di contenere l'inquinamento acustico, così da arrecare minor disturbo possibile alle specie faunistiche presenti nell'area e ai residenti. A tal proposito si indica l'installazione di barriere antirumore nel tratto a ridosso dell'accesso 1 "Marzaglia Vecchia" (localizzato nei pressi della rotonda di Marzaglia); ulteriori tratti potranno essere valutati in fase di cantiere.
- Emissioni di inquinanti liquidi
 - Sarà predisposto in fase esecutiva un piano di emergenza per la gestione di eventuali sversamenti.

- Lo stoccaggio, la manipolazione e il rifornimento di carburante, lubrificanti e fluidi idraulici dei mezzi dovranno avvenire in un opportuno luogo. L'alimentazione del carburante ed il rabbocco dei lubrificanti dovranno avvenire con estrema attenzione, per non disperdere i liquidi inquinanti. Tali operazioni devono avvenire a distanza di sicurezza dal corso d'acqua (almeno 4 m) e le aree di sosta devono essere dotate di tutti gli appositi sistemi di raccolta dei liquidi provenienti da sversamento accidentale.
- Adeguate prassi gestionali ed operative andranno adottate in merito allo stoccaggio ed all'impiego di sostanze potenzialmente inquinanti.
- Produzione di rifiuti
 - Al termine dei lavori i cantieri devono essere tempestivamente smantellati e deve essere effettuato lo sgombero e lo smaltimento dei materiali utilizzati e dei rifiuti prodotti per la realizzazione delle opere, evitando la creazione di accumuli permanenti in loco; nell'occasione devono essere allontanati anche i rifiuti di altra origine eventualmente presenti nell'area.
- Costipamento del terreno
 - Dovrà essere effettuata, dopo la rimozione del cantiere, una lavorazione superficiale del suolo atta a ripristinare gli interstizi per la circolazione di aria ed acqua nel terreno.
 - Successivamente alla rimozione del cantiere, dovranno essere effettuate la sistemazione, il rinterro e la regolarizzazione del terreno.

Oltre a ciò, i lavori dovranno essere effettuati, per quanto possibile, nei periodi di minor portata del fiume, evitando di mettere in asciutta completa il corso d'acqua: lo sbarramento sarà attivo in ogni fase di realizzazione degli interventi e la portata continuerà a defluire in alveo. Durante la modifica del manufatto regolatore (intervento A) si dovrà procedere, in accordo con gli enti ambientali competenti, allo spostamento a monte o a valle della fauna ittica eventualmente presente.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



In definitiva, gli interventi progettati continueranno in futuro a far vivere le aree naturalistiche, estendendone la superficie ed aumentandone la qualità ecosistemica. Sono dunque interventi che non impoveriscono il paesaggio esistente, ma ne migliorano di fatto le opportunità dai diversi punti di vista.



5 SCENARI DI FUNZIONAMENTO DELL'OPERA

Come più volte ricordato, lo sviluppo di adeguamento dell'opera avverrà per successivi lotti funzionali, sulla base delle disponibilità finanziarie che si verranno a creare nel tempo. In particolare, con il finanziamento ad oggi disponibile, potrà essere realizzato un primo lotto esecutivo (LOTTO 1) che riguarderà, di fatto, solo la ristrutturazione e messa a norma del manufatto di sbarramento e regolazione e di quello di derivazione verso l'invaso laterale. Successivamente, in tempi ragionevolmente brevi, avverrà l'ammodernamento della restante parte costituente l'invaso (LOTTI 2 e 3).

Da un punto di vista squisitamente idraulico (e quindi funzionale), invece, l'opera potrà essere semplicemente gestita sulla base dei **due scenari** progressivi, di seguito rappresentati.

5.1 Scenario 1

Lo scenario 1 riguarda l'analisi del funzionamento dell'invaso a seguito dei lavori del LOTTO 1 ed in particolare:

- Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso e dei tratti arginali contigui assoggettati alla vigilanza della direzione generale dighe.
- Adeguamento del manufatto di derivazione verso l'invaso laterale e dei tratti arginali contigui.
- Formazione dell'arginatura secondaria a valle dello sbarramento.

In questa configurazione l'opera è stata pensata, affinché possa sempre funzionare con un grado di sicurezza ed efficienza pari o superiore a quello oggi presente.

In particolare si rimanda al capitolo otto per la descrizione delle modalità di regolazione da adottate durante questa fase, al capitolo nove per i risultati delle

verifiche di sicurezza idraulica esperite ed al capitolo 10 per la definizione del grado di efficienza ottenuto dall'invaso sempre in questa fase.

5.2 Scenario 2

Lo scenario due riguarda, invece, il funzionamento dell'invaso a seguito del completamento degli interventi di adeguamento previsti e solo parzialmente ad oggi finanziati. In particolare si tratta:

- Ampliamento dell'estensione dell'invaso laterale.
- Rialzo e ringrosso delle rimanenti arginature di contenimento dell'invaso.

Come detto, solo i lavori relativi al ampliamento dell'invaso laterale risultano ad oggi finanziati (con l'esclusione della formazione della parte di opera al di sotto dell'attuale piano campagna la quale rientra nell'attuazione del Piano Attività Estrattive del comune di Rubiera approvato con deliberazione del C.C. n. 23 del 09/04/2019), mentre le restanti parti devono ancora trovare una idonea copertura finanziaria.

Per quanto sopra, dunque, le rimanenti opere probabilmente verranno sviluppate in più lotti, aventi tempistiche differenti; tuttavia, da un punto di vista gestionale, la modifica dello scenario di funzionamento dell'invaso avrà un solo punto di svolta, ottenuto con l'adeguamento in quota di tutte le arginature.

Infatti, da tale momento in avanti, la conduzione dell'invaso potrà avvenire secondo le modalità previste dallo SCENARIO 2, indipendentemente dall'entità dello stato di avanzamento dei lavori relativi all'ampliamento dell'invaso laterale.

Analogamente a quanto indicato per lo scenario 1, si rimanda al capitolo otto per la descrizione delle modalità di regolazione da adottate durante questa fase due, al capitolo nove per i risultati delle verifiche di sicurezza idraulica esperite ed al capitolo 10 per la definizione del grado di efficienza ottenuto dall'invaso sempre in questa fase due.

6 SINTESI IDROLOGICA: PIENE DI RIFERIMENTO

Gli idrogrammi di riferimento per la progettazione sono quelli definiti nell'ambito dello Studio di fattibilità, redatto, nell'anno 2007, per conto dell'Autorità di Bacino. Tali idrogrammi (relativi ad eventi con tempo di ritorno pari a 20, 50, 100, 200 e 500 anni e per durata di precipitazione pari a 12 ore e 20 e 200 per durata pari a 24 ore) sono riportati, sia in forma tabellare che grafica, nel seguito.

Le due durate di pioggia (a parità di tempo di ritorno) sono state considerate in quanto la prima tende a produrre un evento che massimizza il colmo di piena, mentre la seconda tende a produrre un evento che ne massimizza il volume.

	PRECIPITAZIONE 12 ore - PORTATA (m³/s)				
t (ore)	T=20 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
0.00	0.00	34.39	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	77.47	0.00	0.00	0.00
2.00	15.61	122.94	18.98	22.22	26.60
3.00	24.69	154.28	35.97	40.23	45.23
4.00	34.10	183.07	46.72	55.45	74.12
5.00	44.23	223.68	76.21	119.01	154.93
6.00	63.79	275.22	149.24	177.56	207.49
7.00	102.89	352.98	201.20	230.70	245.89
8.00	161.16	519.58	265.23	288.72	302.63
9.00	199.47	693.97	405.34	509.28	574.18
10.00	333.94	904.6	668.21	780.18	1'012.45
11.00	527.05	1082.19	1'006.98	1'130.89	1'338.42
12.00	665.08	1217	1'248.32	1'483.36	1'742.46
13.00	926.69	1369.54	1'551.28	1'805.02	2'165.12
14.00	1'109.87	1474.2	1'798.56	1'978.45	2'322.37
15.00	1'254.74	1549.38	1'879.33	2'068.00	2'385.34
16.00	1'301.45	1558	1'926.01	2'097.52	2'362.17
17.00	1'328.92	1525.05	1'854.52	2'012.54	2'274.38
18.00	1'293.95	1430.68	1'733.43	1'869.78	2'146.74
19.00	1'197.66	1317.49	1'642.49	1'722.59	1'971.92
20.00	1'073.28	1155.71	1'480.27	1'566.84	1'767.72
21.00	919.91	989.56	1'247.69	1'369.63	1'536.81

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

t (ore)	PRECIPITAZIONE 12 ore - PORTATA (m ³ /s)				
	T=20 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
22.00	768.13	813.57	1'033.06	1'131.57	1'294.52
23.00	658.40	683.79	818.49	903.89	1'050.95
24.00	599.78	620.1	694.81	728.86	817.63
25.00	567.71	583.5	629.63	646.91	696.12
26.00	540.75	552.73	595.07	609.48	643.74
27.00	514.37	524.57	567.60	581.97	610.29
28.00	489.60	498.17	540.96	554.86	581.31
29.00	465.97	473.34	514.77	528.56	553.43
30.00	443.29	451.18	489.62	502.76	526.74
31.00	422.31	425.61	465.61	478.05	500.51
32.00	401.78	404.47	443.19	454.83	475.68
33.00	381.22	386.95	422.12	433.19	452.64
34.00	362.69	368.56	401.15	412.25	430.75
35.00	345.45	350.18	380.79	391.66	409.56
36.00	330.94	331.8	363.23	372.32	389.47
37.00	315.67	316.75	345.68	355.10	370.73
38.00	300.45	302.18	330.75	337.87	352.90
39.00	285.51	287.62	315.68	323.62	336.19
40.00	271.02	273.06	301.14	309.04	322.05
41.00	257.57	260.52	285.78	294.33	307.45
42.00	244.07	248.07	271.26	278.91	291.98
43.00	231.91	235.63	256.94	264.14	276.94
44.00	221.62		243.66	250.55	261.79
45.00	209.16		232.33	237.75	248.50
46.00	198.07		221.89	227.70	236.05
47.00	189.17		209.60	216.11	226.42
48.00	180.36		198.81	204.49	214.27

Tabella 6-1: Scansione oraria delle portate per T=20, 50, 100, 200 e 500 anni, per una durata di pioggia pari a 12 ore (la campitura colorata indica il valore di portata di picco).

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



	PRECIPITAZIONE 24 ore - PORTATA (m³/s)	
t (ore)	T=20 anni	T=200 anni
0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	0.00
2.00	22.19	22.24
3.00	40.22	40.23
4.00	55.49	55.47
5.00	117.29	117.28
6.00	168.81	168.81
7.00	200.39	200.40
8.00	215.84	215.77
9.00	226.37	226.39
10.00	227.58	257.68
11.00	216.96	388.55
12.00	324.23	459.27
13.00	395.29	656.70
14.00	435.44	811.55
15.00	540.64	966.03
16.00	664.01	1077.33
17.00	725.91	1200.38
18.00	828.63	1340.54
19.00	956.88	1510.74
20.00	1044.01	1624.66
21.00	1104.42	1716.33
22.00	1168.39	1837.13
23.00	1220.06	1877.96
24.00	1233.69	1882.81
25.00	1236.47	1846.64
26.00	1237.66	1814.26
27.00	1220.04	1751.35
28.00	1185.17	1733.00
29.00	1128.17	1636.70
30.00	1050.46	1491.01
31.00	956.19	1309.70
32.00	844.54	1138.82
33.00	727.38	978.40
34.00	637.97	812.20
35.00	586.71	669.54
36.00	558.33	597.62



MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

	PRECIPITAZIONE 24 ore - PORTATA (m³/s)	
t (ore)	T=20 anni	T=200 anni
37.00	532.16	566.04
38.00	506.37	539.65
39.00	482.09	513.39
40.00	458.72	488.84
41.00	436.46	465.25
42.00	415.89	442.62
43.00	395.57	421.70
44.00	375.18	401.35
45.00	357.18	380.90
46.00	340.01	362.35
47.00	326.49	345.08
48.00	311.11	331.04

Tabella 6-2: Scansione oraria delle portate per T=20, 50, 100, 200 e 500 anni, per una durata di pioggia pari a 24 ore (la campitura colorata indica il valore di portata di picco).

	Portata (m³/s)	
T(anni)	d=12 ore	d=24 ore
20	1.329	1.238
200	2.098	1.883

Tabella 6-3: Valori delle portate al colmo per i tempi di ritorno di riferimento scelti e per le due durate di precipitazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

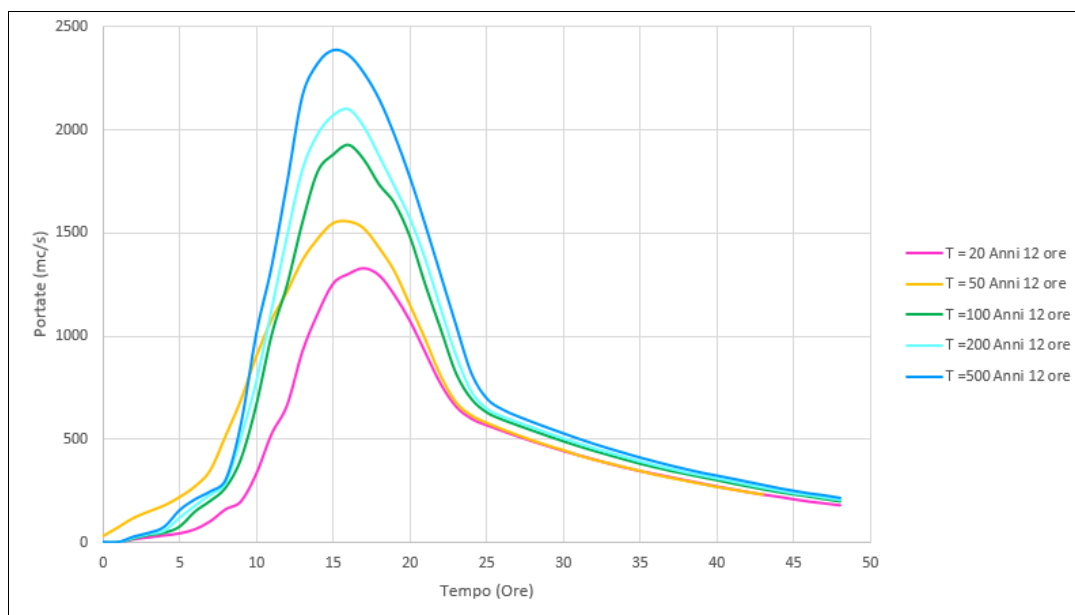


Figura 6.1: Onde di piena nella sezione di Rubiera per $T=20, 50, 100, 200$ e 500 anni e durata di pioggia pari a **12 ore**

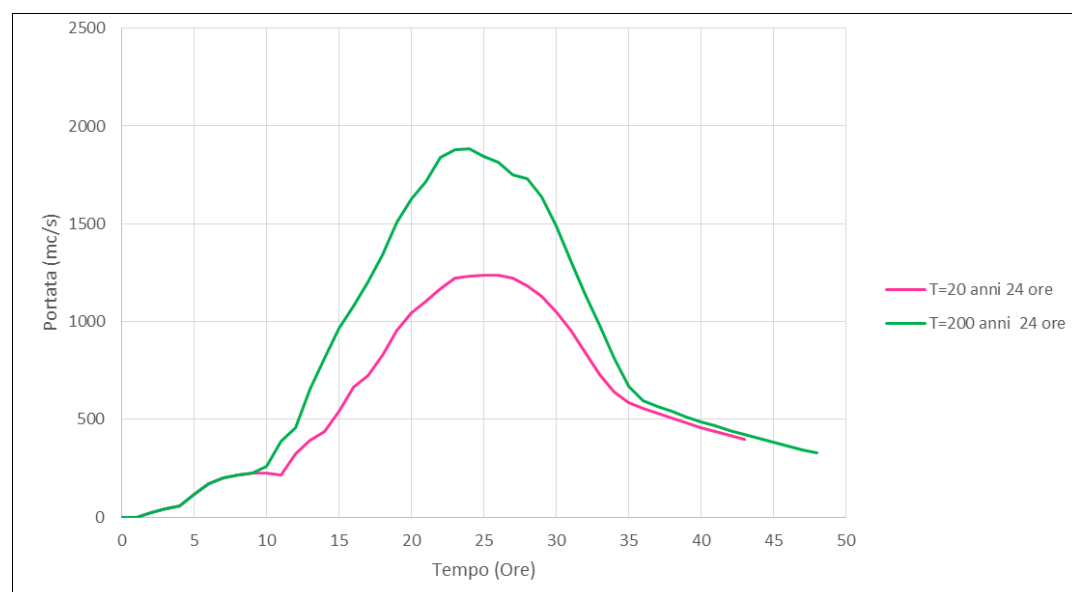


Figura 6.2: Onde di piena nella sezione di Rubiera per $T=20, 50, 100, 200$ e 500 anni e durata di pioggia pari a **24 ore**.

Per completezza di analisi, a partire dai valori delle portate di picco riportate nelle tabelle precedenti, si è provveduto a determinare il valore della portata millenaria e trimillenaria del Secchia a Rubiera (sia per $d=12$ che per $d=24$ ore), previa verifica che

i dati di picco per le portate considerate fossero ben rappresentabili dalla distribuzione statistica di Gumbel.

I valori così ottenuti per le suddette portate sono indicati in Tabella 6.4

T(anni)	Portata (mc/s)	
	d=12 ore	d=24 ore
1000	2.601	2.369
3000	2.956	2.683

Tabella 6-4: Valori della portata di picco millenaria e trimillenaria.

Gli idrogrammi sintetici di progetto di cui sopra, aventi tempo di ritorno pari a 20, 50, 100 e 200 anni, sono quindi stati utilizzati per la verifica dell'efficienza dell'invaso.

Come riportato nel prossimo Capitolo 8, propagando tali eventi in corrispondenza dell'invaso (ipotizzato sia nella configurazione attuale, che in quella di progetto) si è potuto accertare l'entità del beneficio ottenibile, in termini di riduzione del colmo e di volume dell'onda di piena, attuando quanto previsto.

Per quanto riguarda poi la verifica di compatibilità lungo l'asta del fiume Secchia a valle della traversa di regolazione (con particolare riguardo al tratto canalizzato ed arginato), si è fatto riferimento all'idrogramma di progetto utilizzato per la ristrutturazione delle suddette arginature e corrispondente *“all'evento ventennale prodotto da una pioggia di 12 ore e propagato verso valle in assenza di interventi all'invaso di Rubiera”*.

Come si vedrà nel successivo Capitolo 9, comparando tale evento in corrispondenza delle sezioni del ponte dell'Autostrada A1 e di Ponte Alto con gli eventi di progetto (così come modificati dall'intervento in esame), si è potuto accertare il beneficio prodotto dall'opera prevista in termini di incremento del tempo di ritorno dell'evento compatibile con il sistema di valle.

7 CRITERI PROGETTUALI

7.1 Normativa di riferimento

L'opera di sbarramento della cassa di espansione del fiume Secchia ha le caratteristiche dimensionali di cui all'art.1 del D.L. 507/94, convertito con L. 584/94, e, pertanto, rientra nell'ambito di applicazione delle medesima L. 584/94, secondo quanto indicato dalla circolare P.C.M. DSTN/2/7311 del 7 aprile 1999; nello specifico è identificata come "Diga di Rubiera", n. arch. 1477, attualmente non collaudata ai sensi dell'ex art. 14 del D.P.R. 1363/59.

Per quest'opera, dunque, l'attività di vigilanza della *Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche*, è disciplinata dal "Protocollo d'Intesa tra il *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici — Direzione Generale per le Dighe, le infrastrutture Idriche ed Elettriche* e l'*Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO)*" sottoscritto in data 25 novembre 2015, ai sensi dell'art. 15 della Legge 241/90 (e circolare PCM 7231111999).

In particolare il suddetto accordo recita:

- "La realizzazione di grandi dighe di ritenuta o traverse, oggetto del presente accordo è soggetta, ai fini della tutela dell'incolumità pubblica, all'approvazione tecnica del progetto da parte della DG Dighe ai sensi del D.L. 507/94, convertito con L. 584/94".
- "L'approvazione tecnica riguarda esclusivamente lo sbarramento di ritenuta (diga o traversa) e dei rilevati arginali strettamente funzionali all'esercizio dello sbarramento (rilevati di spalla), mentre resta di esclusiva competenza dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po l'approvazione tecnica del progetto e la vigilanza sulla costruzione delle altre arginature fluviali, delle opere di stabilizzazione dell'alveo a monte e/o a valle e delle arginature costituenti

eventuali casse di espansione laterali con le relative opere accessorie (manufatti di imbocco e di scarico)."

In base a ciò, il riferimento normativo portante della presente progettazione è stato il **Decreto ministeriale 26 giugno 2014: “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”**, e relativi riferimenti e rimandi al **“Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”**, così come modificato dal **Decreto Ministeriale 27 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”**.

In particolare i lavori previsti in progetto per la traversa sono inquadrabili, ai sensi del DM 26/06/2014 (vedi punto H.2 e H.2.1), come: "Intervento di adeguamento della diga esistente, atto a conseguire i livelli di sicurezza e funzionalità previsti dalle presenti norme per le nuove realizzazioni".

7.2 Classificazione e definizioni

Tenuto conto di quanto riportato nel precedente paragrafo, per lo sviluppo della presente progettazione si sono fatte le seguenti assunzioni:

Classificazione dello sbarramento

Con riferimento al Documento di Protezione Civile (DIRETTIVA P.C.M. 8 LUGLIO 2014), redatto 10/08/2017 dal MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Ufficio Tecnico Dighe di MILANO, l'opera di sbarramento è stata classificata come una **“DIGA DI TIPO MISTO d (a1+b2)”**, (punto B.2 - DM 26/06/2014).

Altezza della diga

Definita come differenza tra la quota del coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti, risulta pari **52.70 m slm – 37.25 m slm = 15.45 m**. per lo sbarramento in calcestruzzo, mentre risulta pari **51.75 m slm – 37.25 m slm = 14.50 m**, per la parte dei rilevati di spalla.

Altezza di massima ritenuta

Definita come differenza tra la quota di massimo invaso e quella del punto più depresso dei paramenti, risulta pari **50.00 m slm – 37.25 m slm = 12.75 m**.

Fetch

Definito come la massima lunghezza, in linea retta, dello specchio liquido del serbatoio, è stato valutato in **circa 1000 metri**.

Altezza di massima ritenuta

Definita come differenza tra la quota di massimo invaso e quella del punto più depresso dei paramenti, risulta pari a **50.00 m slm – 37.25 m slm = 12.75 m**.

Quota di massimo invaso

Definita come la quota massima a cui può giungere l'invaso durante il più gravoso evento di piena previsto in progetto (vedi successivo paragrafo 7.5), è stata assunta pari **50.00 m slm**.

Quota di massima regolazione

Definita come la quota alla quale ha inizio lo sfioro dei dispositivi di scarico, è stata assunta pari **46.25 slm**.

Volume di laminazione

Definito come il volume compreso tra la quota di massimo invaso (**50.00 m slm**) e quella della soglia dei dispositivi di scarico (**37.25 m slm**) è risultato pari a circa **17.000.000** di m³, nello scenario in assenza di ampliamento dell'invaso (vedi scenario 1 del precedente capitolo 5) e pari a circa **22.250.000** m³, nella configurazione finale dell'opera (vedi scenario 2 del precedente capitolo 5).

Le due curve di invaso, nelle due configurazioni e determinate sulla base della fotogrammetria esistente, sono riportate nelle seguenti tabelle 7.1 e 7.2.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

Livello d'acqua	Volume vasca laterale	Volume vasca in linea	Volume totale
m s.l.m.	10³m³	10³m³	10³m³
38.0	0	2	2
38.5	0	15	15
39.0	0	27	27
39.5	187	52	239
40.0	572	82	654
40.5	1052	102	1154
41.0	1554	147	1701
41.5	2084	187	2271
42.0	2626	227	2853
42.50	3185	288	3473
43.0	3747	349	4096
43.5	4319	488	4807
44.0	4890	674	5564
44.5	5471	890	6361
45.0	6056	1196	7252
45.5	6642	1497	8139
46.0	7234	1820	9054
46.25	7471	1994	9465
46.5	7826	2165	9991
47.0	8428	2560	10988
47.5	9039	2904	11943
48.0	9654	3285	12939
48.5	10275	3630	13905
49.0	10896	4027	14923
49.5	11529	4440	15969
50.0	12162	4830	16992

Tabella 7.1: curva di invaso della di espansione di Rubiera nello scenario 1.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Livello d'acqua	Volume vasca laterale	Volume vasca in linea	Volume totale
m s.l.m.	V 10 ³ m ³	V 10 ³ m ³	V 10 ³ m ³
38.0	0	2	2
38.5	0	15	15
39.0	0	27	27
39.5	187	52	239
40.0	575	82	657
40.5	1091	102	1193
41.0	1683	147	1830
41.5	2339	187	2526
42.0	3027	227	3254
42.50	3754	288	4042
43.0	4514	349	4863
43.5	5300	488	5788
44.0	6106	674	6780
44.5	6926	890	7816
45.0	7753	1196	8949
45.5	8665	1497	10162
46.0	9617	1820	11437
46.25	9998	1994	11992
46.5	10569	2165	12734
47.0	11530	2560	14090
47.5	12500	2904	15404
48.0	13476	3285	16761
48.5	14456	3630	18086
49.0	15436	4027	19463
49.5	16429	4440	20869
50.0	17421	4830	22251

Tabella 7.2: curva di invaso della di espansione di Rubiera nello scenario 2.

Franco netto

Definito come differenza tra la quota del piano di coronamento (**52.70 m slm** per la traversa e **51.75 m slm** per i rilevati di spalla) e quella di massimo invaso (**50.00 m slm**), incrementato della semi altezza dell'onda generata dal vento, è stato determinato sulla base di quanto riportato nel successivo paragrafo 7.3.

Inoltre, osservata l'importanza e consistenza dell'opera e la sua complessità, la normativa tecnica del DM 26/06/2014, (per gli aspetti inerenti i franchi di sicurezza e le verifiche di stabilità) è stata presa a riferimento, non solo per le parti specificatamente soggette alla vigilanza della Direzione generale per le Dighe, ma per tutte le componenti dell'invaso.

7.3 Portate di progetto e dispositivi di scarico

Eventi di progetto per la verifica della capacità di invaso

Gli idrogrammi sintetici di progetto, utilizzati per la verifica dell'efficienza dell'invaso, sono quelli riportati nel precedente capitolo 6 e corrispondenti agli eventi di piena, calcolati nella sezione della traversa di Rubiera, aventi tempo di ritorno pari a 20, 50, 100 e 200 anni.

Come riportato nel prossimo capitolo 10, propagando tali eventi in corrispondenza dell'invaso (ipotizzato sia nella configurazione attuale, che in quella di progetto) si è potuto accertare l'entità del beneficio ottenibile, in termini di riduzione del colmo e di volume dell'onda di piena, attuando quanto previsto.

Per quanto ha riguardato poi la verifica di compatibilità lungo l'asta del fiume Secchia a valle della traversa di regolazione (con particolare riguardo al tratto canalizzato ed arginato), si è fatto riferimento all'idrogramma di progetto utilizzato per la ristrutturazione delle suddette arginature e corrispondente *“all'evento ventennale prodotto da una pioggia di 12 ore e propagato verso valle in assenza di interventi all'invaso di Rubiera”*.

Come si vedrà nel successivo capitolo 11, comparando tale evento in corrispondenza delle sezioni del ponte dell'Autostrada A1 e di Ponte Alto con gli eventi di progetto

(così come modificati dall'intervento in esame), si è potuto accertare il beneficio prodotto dall'opera prevista in termini di incremento del tempo di ritorno dell'evento compatibile con il sistema di valle.

Portate al colmo per la verifica degli organi di scarico

In primo luogo si è definito l'evento massimo di dimensionamento degli organi di scarico di superficie (vedi punto C.1 del Decreto ministeriale 26 giugno 2014).

Da un punto di vista strettamente formale, in base alla classificazione della struttura, l'evento di riferimento risulterebbe: *“l'onda con portata al colmo di piena corrispondente al periodo di 3000 anni, tenendo conto dell'effetto di laminazione dell'invaso”*.

Tuttavia, per un'opera del tutto analoga (cassa di laminazione del “Baganza”), l'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, nell'esprimere il proprio Parere nel gennaio 2016, osservava (vedi pagina 20 capitolo 7: Osservazioni dell'Ufficio Istruttore): *“Circa il tempo di ritorno dell'idrogramma di piena di riferimento, data la tipologia di opera e il contesto territoriale, si ritiene possa farsi riferimento a quello millenario valido per le dighe in calcestruzzo; data la presenza di un rilevato di sbarramento trasversale alla cassa di espansione di materiali sciolti, appare comunque opportuno acquisire anche una valutazione dell'entità del franco residuo, prendendo a riferimento la piena trimillennaria, secondo le Norme tecniche di cui al DM 26.06.2014. Lo scarico di superficie potrà comunque essere dimensionato con riferimento all'evento di piena con tempo di ritorno millenario”*.

Sulla base di questo presupposto si è ipotizzato di procedere in modo del tutto analogo, assumendo come evento di riferimento la piena millenaria, senza prevedere ad alcuna riduzione del colmo di piena, in quanto (come evidenziato nel successivo capitolo 10), già per l'evento TR200, il picco della piena non risulta più modificabile, per effetto della presenza dell'invaso.

Per quanto riguarda, dunque, l'entità del franco netto, si è così assunto un valore minimo, rispetto all'evento millenario, pari a 1.75 metri derivante dalla somma del franco minimo pari a 1.50 metri richiesto dalla normativa per le dighe in materiali

sciolti e del valore di 0.25 metri dovuto all'effetto del vento e del sisma nel serbatoio (vedi punto c.2, Decreto ministeriale 26 giugno 2014).

I valori delle portate al colmo utilizzati per il dimensionamento degli organi di scarico, sia superficiali che di fondo, sono riportati nella tabella che segue; per la loro giustificazione si rimanda al capitolo 6 per i valori delle portate presso Rubiera ed al capitolo 10 per la stima del colmo di piena per effetto dell'invaso.

T(anni)	Portata di picco (m ³ /s)	
	Rubiera	Traversa
20 (h12)	1.328	816
50 (h12)	1.558	1.166
100 (h12)	1.926	1.558
200 (h24)	1.883	1.859
1000	2.601	2.601
3000	2.956	2.683

Tabella 7.3: Valori delle portate al colmo valutati alla traversa di Rubiera.

Le verifiche relative all'entità dei franchi, rispetto ai diversi eventi di piena ed alle corrispondenti –diverse- modalità di scarico, sono riportate nel successivo capitolo 9

8 MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DELL'INVASO

Nel seguito del capitolo sono descritte le procedure che andranno eseguite per la gestione dell'invaso, in rapporto allo stato di costruzione dell'intervento (vedi scenario 1 e scenario n 2 descritti nel precedente capitolo 5), nonché la strumentazione di comando e controllo necessaria per la loro attivazione. Nelle figure 8.1 e 8.2, di seguito riportate, sono rappresentate le piante dei due manufatti, per una migliore comprensione di quanto spiegato nel proseguo del capitolo.

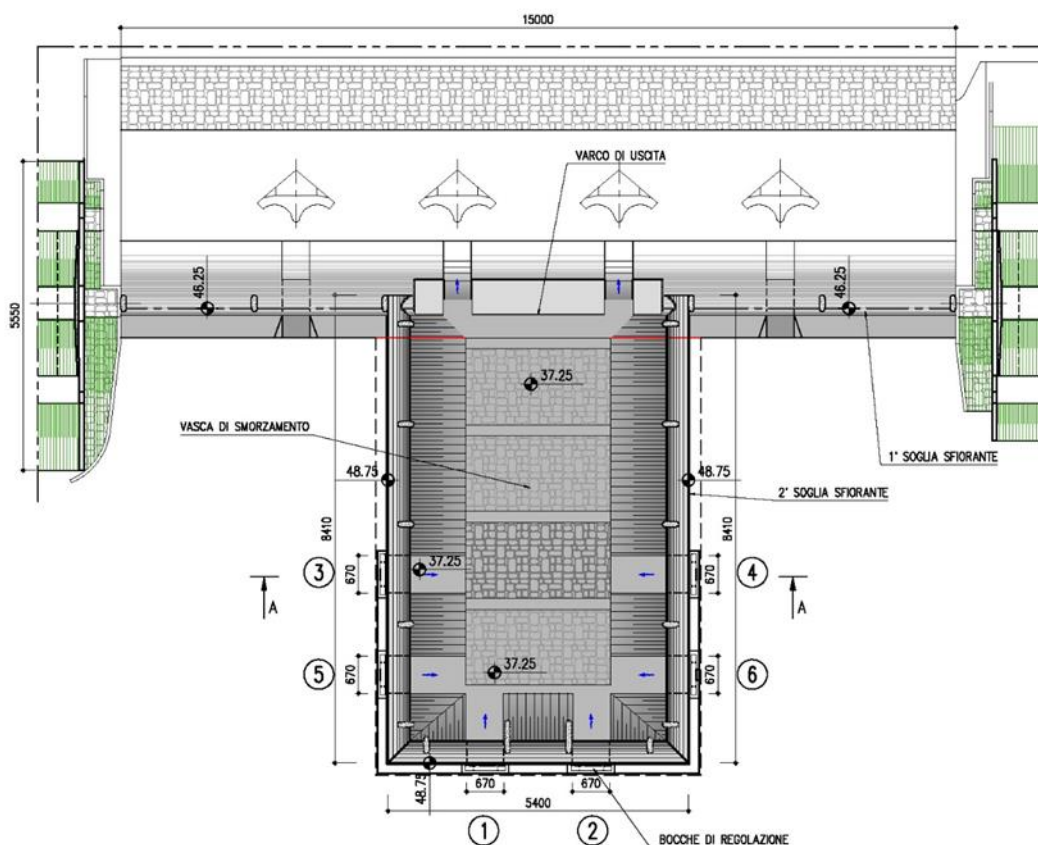


Figura 8.1: Pianta del manufatto regolatore.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

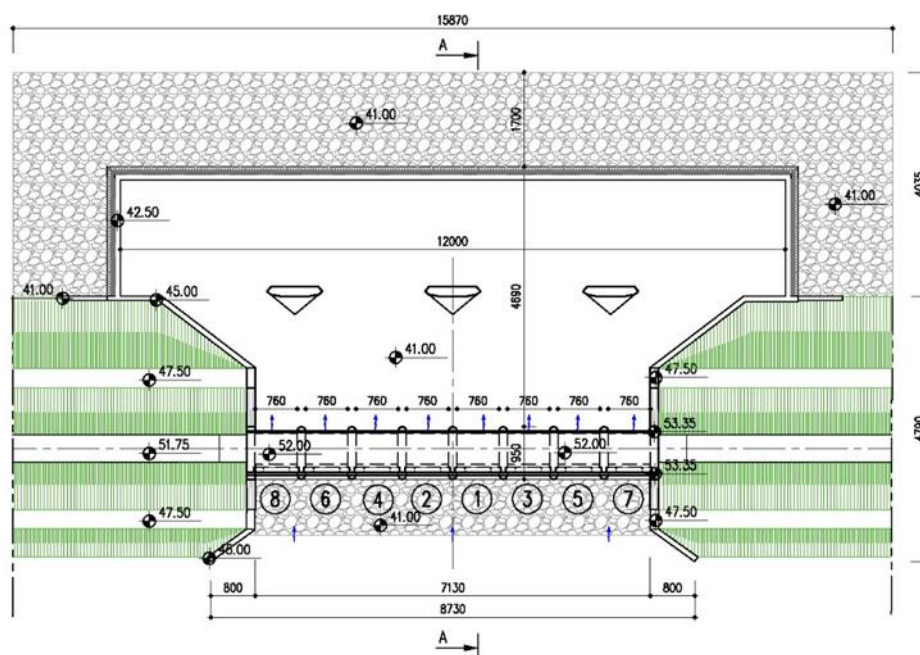


Figura 8.2: Pianta del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale.

8.1 Procedura automatica di attivazione dell'invaso

8.1.1 Procedura da adottarsi a seguito della realizzazione dell'intero intervento

La procedura automatica di attivazione della regolazione dell'invaso avrà inizio a partire dalle seguenti condizioni:

1. Bocche di regolazione presso la traversa in posizione **“totalmente aperta”**;
2. Bocche di derivazione presso il manufatto di alimentazione dell'invaso laterale in posizione **“totalmente chiusa”**.

Con il precedere dell'evento di piena, il livello d'acqua in corrispondenza della traversa di regolazione andrà aumentando fino a raggiungere il livello di **45.10 m slm**, in concomitanza con il passaggio di una portata pari a $750 \text{ m}^3/\text{s}$ (vedi verifiche successivo capitolo).

Da tale momento inizierà, **in automatico**, la chiusura a coppie delle bocche del manufatto di regolazione, secondo la sequenza: bocca 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6. Lo schema di chiusura (identico per tutte le coppie) avverrà per *intervalli di discesa* successivi di altezza pari a 90 cm ciascuno (velocità di discesa 30 cm/minuto), seguiti ogni volta da una sosta pari a 3 minuti e dalla verifica che il livello presso la traversa prosegua la sua crescita.

La procedura di discesa riprenderà automaticamente solo dopo la verifica positiva della suddetta condizione.

Qualora il livello della piena dovesse raggiungere, sempre presso la traversa di regolazione, la quota di **48.75 m slm**, corrispondente ad un valore della portata defluente sulla 1° soglia sfiorante pari a 750 m³/s, **in modo automatico**, si attiverà la procedura di apertura delle bocche di alimentazione dell'invaso laterale.

La sequenza avverrà partendo dalla apertura contemporanea di una prima coppia di bocche (bocche 4 e 5) e successivamente continuando con l'apertura di singole bocche secondo lo schema alternato: 3,6,2,7,1,8.

Lo schema di apertura (identico per tutte le bocche) avverrà per *intervalli di salita* successivi di altezza pari a 90 cm ciascuno (velocità di salita 30 cm/minuto), seguiti ogni volta da una sosta pari a 3 minuti e dalla verifica che il livello presso la traversa continui a crescere. La procedura di apertura riprenderà automaticamente solo dopo la verifica positiva della suddetta condizione.

8.1.2 Procedura da adottarsi a seguito della realizzazione del solo 1° lotto funzionale

Nella prima fase di realizzazione dei lavori di ristrutturazione (vedi scenario 1 di paragrafo 7.1) la regolazione dell'opera dovrà tenere conto della limitazione dovuta al non ancora avvenuto rialzo delle arginature della vasca, con conseguente riduzione della capacità di invaso. Per poter comunque operare, mantenendo franchi idraulici adeguati (vedi successivo capitolo 9), si dovrà dunque procedere nel modo indicato nel seguito.

L'attivazione della regolazione dell'invaso avrà inizio a partire dalle seguenti condizioni:

1. Bocche di regolazione presso la traversa totalmente aperte;
2. Bocche di derivazione presso il manufatto di alimentazione dell'invaso laterale totalmente chiuse.

Con il raggiungimento del livello di **45.10 m slm**, concomitante con il passaggio di una portata pari a 750 m³/s, **inizierà, in automatico, la chiusura a coppie delle bocche 1 e 2, 3 e 4, mentre le bocche 5 e 6 rimarranno sempre in posizione aperta.**

Lo schema di chiusura (identico per tutte le coppie) avverrà per intervalli di discesa successivi di altezza pari a 90 cm ciascuno (velocità di discesa 30 cm/minuto), seguiti ogni volta da una sosta pari a 3 minuti e dalla verifica che il livello presso la traversa continui a crescere.

La procedura di discesa riprenderà automaticamente solo dopo la verifica positiva della suddetta condizione.

Qualora il livello della piena dovesse raggiungere, presso la traversa, la quota di **47.25 m slm**, corrispondente ad un valore della portata defluente complessiva (bocche e 1° soglia sfiorante) pari a 750 m³/s, in modo automatico, si attiverà la procedura di apertura delle bocche di alimentazione dell'invaso laterale.

La sequenza avverrà partendo dalla apertura contemporanea di una prima coppia di bocche (bocche 4 e 5) e successivamente continuando con l'apertura di singole bocche secondo lo schema alternato: 3,6,2,7,1,8 (vedi sempre figura seguente).

Lo schema di apertura (identico per tutte le bocche) avverrà per intervalli di salita successivi di altezza pari a 90 cm ciascuno (velocità di salita 0.3 cm/minuto), seguiti ogni volta da una sosta pari a 3 minuti e dalla verifica che il livello presso la traversa continui a crescere. La procedura di apertura riprenderà automaticamente solo dopo la verifica positiva della suddetta condizione.

8.2 Procedura di svuotamento dell'invaso

Al termine del ramo crescente della piena, l'invaso, inteso come somma di quello in linea e quello in derivazione in quanto le 8 paratoie del Manufatto di derivazione sono tutte aperte, tenderà a svuotarsi autonomamente, in base al ramo decrescente dell'evento, mantenendo un valore massimo del flusso a valle inferiore a $750 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quando il livello degli invasi sarà sceso fino al valore di **47.50 m s.l.m.**, potrà avvenire l'avvio della procedura di apertura delle bocche di regolazione del Manufatto principale di regolazione, che si attuerà per "intervalli" successivi, in modo da impedire che il flusso verso valle superi il limite di portata sopra indicato.

Così facendo, il livello della cassa laterale potrà essere ridotto fino alla quota di **41.00 m s.l.m.** (livello della soglia d'ingresso alla cassa in derivazione), mentre l'invaso della cassa in linea potrà essere svuotato fino a circa quota **40.00 m s.l.m.**

La procedura di apertura delle luci di fondo del Manufatto di regolazione avverrà in maniera automatica sulla base della portata soglia prefissata. Si descrive nel seguito la procedura per mantenere un valore massimo del flusso a valle inferiore a $750 \text{ m}^3/\text{s}$, ma resta ovviamente inteso che tale procedura potrà essere anche modificata in relazione a specifiche necessità da parte del Gestore dell'invaso (valori diversi di portata soglia da rilasciare a valle, ovvero ritardo nell'apertura delle luci del Manufatto di regolazione, ecc.).

Pur trattandosi di un processo automatico, la procedura di apertura delle bocche, al contrario di quelle relative all'attivazione, si ritiene possa essere opportuno che avvenga solo a seguito di esplicito comando del gestore. Ciò in quanto:

- l'avvio autonomo da parte della centralina di controllo della fase di svuotamento non è indispensabile; trattasi di una manovra da effettuarsi ad evento in fase calante quando il gestore ha piena contezza del monitoraggio della situazione di valle. Potrebbe risultare più problematico valutare tempestivamente se impedire un automatismo in atto piuttosto che attivarlo con la dovuta sicurezza una volta completate le verifiche necessarie;

- la decisione di permettere lo svuotamento dell'invaso deve essere vincolata principalmente alla verifica che a valle ci siano le condizioni per ricevere l'incremento di flusso di portata rilasciato; cosa non scontata se l'evento è stato particolarmente gravoso e si sono create situazioni per cui sia meglio ritardare il rilascio verso valle dei volumi d'acqua immagazzinati;
- se le verifiche risultano positive si può attivare la procedura il cui automatismo è finalizzato a contenere comunque il rilascio di portata entro i limiti compatibili.

Nel dettaglio, la procedura di apertura delle bocche del Manufatto di regolazione dovrà avvenire secondo il seguente “modus operandi”:

1. livello presso la traversa pari a **47.50 m s.l.m.**: apertura della **prima bocca (bocca 6)**; alla fine di tale operazione la portata defluente avrà raggiunto il valore massimo di circa $489 \text{ m}^3/\text{s}$, di cui circa $267 \text{ m}^3/\text{s}$ sopra la soglia sfiorante e la restante quota di $202 \text{ m}^3/\text{s}$ attraverso la luce di fondo;
2. livello presso la traversa pari a **47.00 m s.l.m.**: apertura della **seconda bocca (bocca 5)**; alla fine di tale operazione la portata defluente avrà raggiunto il valore massimo di circa $502 \text{ m}^3/\text{s}$, di cui circa $124 \text{ m}^3/\text{s}$ sopra la soglia sfiorante e la restante quota di $378 \text{ m}^3/\text{s}$ attraverso le due luci di fondo (**nello scenario 1 tale attivazione non sarà necessaria in quanto le due bocche 5 e 6 saranno già aperte**).
3. livello presso la traversa pari a **45.10 m s.l.m.**: apertura in successione delle **restanti quattro bocche (con l'ordine inverso con le quali erano state aperte)**; alla fine di tale operazione la portata defluente avrà raggiunto il valore massimo di $748 \text{ m}^3/\text{s}$. (**nello scenario 1 la suddetta procedura di apertura verrà utilizzata per le quattro paratoie funzionanti: 1, 2, 3 e 4**)

Da tale momento l'invaso si svuoterà, con portate decrescenti, secondo le previsioni riportate nella seguente Tabella 8-1, giustificata sulla base delle considerazioni riportate nel successivo Capitolo 9.

Si prevede che l'operazione di svuotamento avvenga in un tempo complessivo compreso **tra le 12 e le 18 ore**.

Raggiunto il livello di **41.00 m s.l.m.**, al fine di riportare l'impianto alle condizioni iniziali, si attiverà la procedura per riportare le bocche di derivazione presso il manufatto di alimentazione dell'invaso laterale in posizione **“totalmente chiusa”**.

Lo svuotamento dell'invaso in derivazione, al di sotto di tale quota, prosegue senza necessità di intervento grazie all'apertura della valvola a clapet posta in corrispondenza della sezione di sbocco del canale di scarico.

Il tutto a meno di necessità di pulizie e manutenzioni straordinari (es. rimozione del materiale flottante) talvolta necessari a seguito di eventi di piena, attraverso manovre manuali del Gestore sulle paratoie.

Sezione varco d'uscita			Vasca di dissipazione	Sezione a monte delle bocche di regolazione
<i>Livello d'acqua</i>	<i>Energia</i>	<i>Portata ($q^2/g = A^3/b$)</i>	<i>Livello medio d'acqua</i>	<i>Livello d'acqua</i>
m	m	m ³	m	m
40,00	40,41	102	40.40	40.43
40,50	41,16	210	41.15	41.17
41,00	41,91	340	41.89	41.98
41,50	42,66	491	42.63	43.21
42,00	43,41	658	43.37	44.42
42,25	43,78	748	43.74	45.10

Tabella 8-1: Scala di deflusso delle bocche di regolazione.

8.3 Organi meccanici e strumentazione di campo

Nel seguito si riporta la sintesi di quanto descritto nella Relazione sugli impianti e sulle modalità di regolazione, a cui si rimanda per ogni dettaglio.

Per quanto riguarda gli organi meccanici sono previsti:

1. Traversa di regolazione

Le bocche della traversa saranno regolate tramite **6 luci di fondo**, in cui verranno installate **paratoie piane a ruote (teflon)**, con movimentazione **oleodinamica**, aventi le seguenti caratteristiche:

- Larghezza netta della luce = 6.70 m;
- Altezza netta della luce = 4.50 m;
- Battente massimo di ritenuta = 12.75 m di colonna d'acqua;
- Tenuta: verso monte, con guarnizioni in neoprene a nota musicale;
- Movimentazione: a mezzo cilindro oleodinamico
- Struttura in acciaio al carbonio EN 10025 S275 JR; doppia mano di antiruggine e doppia verniciatura a smalto.

2. Manufatto di alimentazione dell'invaso laterale

Le bocche del manufatto saranno regolate tramite **8 luci di fondo**, in cui verranno installate **paratoie piane a ruote (teflon)**, con movimentazione **oleodinamica**, aventi le seguenti caratteristiche:

- Larghezza netta della luce = 7.60 m;
- Altezza netta della luce = 5.40 m;
- Battente massimo di ritenuta = 9.00 m di colonna d'acqua;
- Tenuta: verso monte, con guarnizioni in neoprene a nota musicale;
- Movimentazione: a mezzo cilindro oleodinamico;
- Struttura in acciaio al carbonio EN 10025 S275 JR; doppia mano di antiruggine e doppia verniciatura a smalto.

Per quanto riguarda la **strumentazione di misura in campo** da associare al comando e controllo delle procedure di regolazione, saranno da prevedersi:

1. Due sensori di livello ad ultrasuoni per la valutazione in continuo dei livelli all'interno della vasca di smorzamento (misura mediata); da posizionarsi sui due lati del ponte di servizio, una decina di metri a monte del varco di uscita;

2. Due sensori di livello ad ultrasuoni per la valutazione in continuo del livelli all'esterno del manufatto di regolazione (misura mediata), da posizionarsi sui due lati del ponte di servizio, una decina di metri a valle dell'ultima bocca di regolazione;
3. Due sensori di livello ad ultrasuoni per la valutazione in continuo del livelli all'esterno ed all'interno del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale, da posizionarsi sui due lati del ponte di servizio;
4. Sensori di movimento di tutte le paratoie presenti nei due manufatti, per la valutazione del loro grado di apertura;
5. Quadro elettrico di controllo, comando e trasmissione a distanza dei seguenti dati: temperatura esterna, stato paratoie (grado di apertura), misure di livello, immagini video-lento a monte ed a valle della traversa e del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale, situazione delle centraline oleodinamiche (livello olio, scatto termico, allarme max-pressione), situazione dei gruppi elettrogeni (in marcia, in avaria, avaria del sistema automatico di controllo, livello carburante, carica delle batterie), allarme intrusione nei locali, allarme fuori scala dei sensori di livello a ultrasuoni.

9 DIMENSIONAMENTO DEGLI ORGANI IDRAULICI

Nel presente capitolo si riportano, in sintesi, le elaborazioni numeriche condotte per il dimensionamento degli organi di regolazione dell'invaso ed implementate nel modello di calcolo descritto nel successivo capitolo 10.

9.1 Organi di regolazione della traversa

Come già detto, la modifica della struttura della traversa di regolazione (vedi figura 9.1 seguente) è stata pensata per ottimizzare l'entrata in funzione dell'invaso.

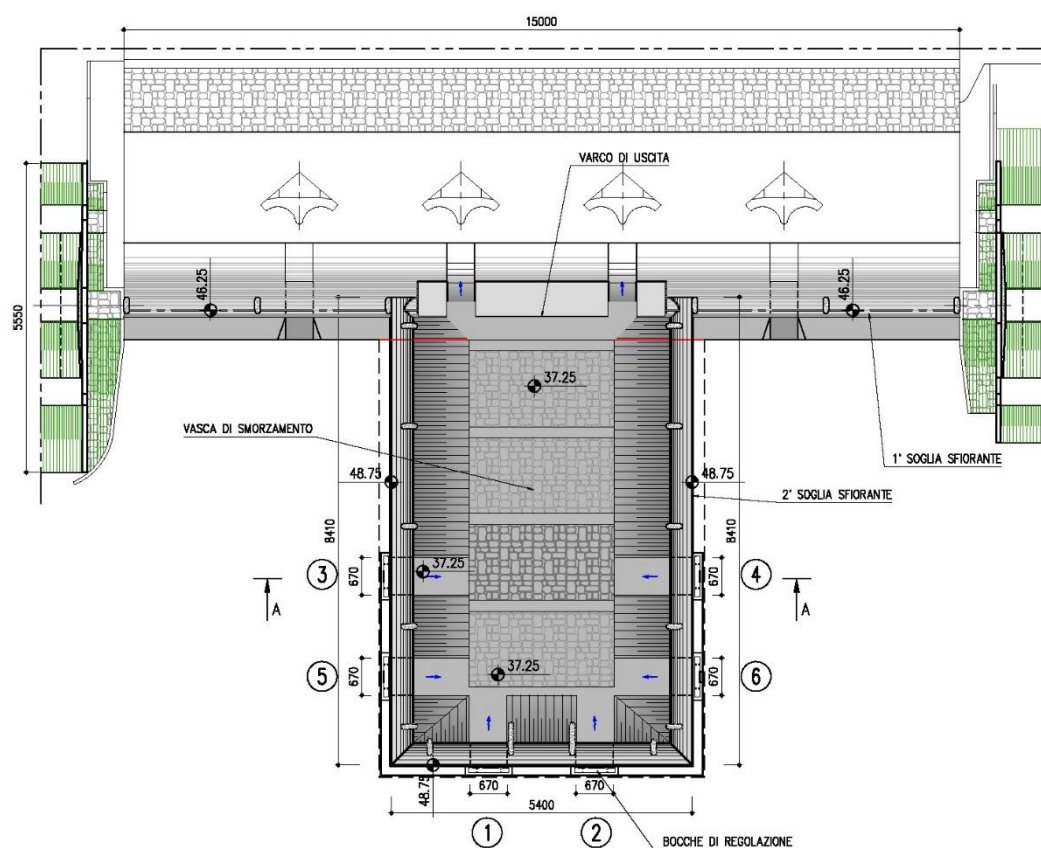


Figura 9.1: Pianta del manufatto regolatore.

Technical drawing of a bridge cross-section showing two piers (3 and 4) with various elevation and dimension labels. The drawing includes a total width of 5400 and a central span of 4608. Elevation points are marked at 52.70, 48.75, 46.25, 45.10, 41.75, 37.25, 50.30, 51.50, and 37.00. Dimensions include 1150, 450, 57.25, and 37.00. The drawing also shows a dashed line representing the water level and a solid line representing the bridge deck.

La procedura di dimensionamento dell'opera è stata condotta a partire dalla verifica delle condizioni di moto attraverso della sezione di uscita dalla vasca di smorzamento, posta a valle delle bocche di regolazione (varco rettangolare di larghezza pari 44.00 metri, con quota di fondo variabile tra 37.25 e 39.75 m slm– vedi sempre fig. 9.1). La tabella n. 9.1 sottostante (vedi a tal proposito anche figura 9.3) mostra come, nel campo delle portate interessate dal funzionamento delle bocche, il moto della corrente avvenga generalmente in condizioni di efflusso libero, ossia con passaggio attraverso il cosiddetto stato critico (condizioni di energia minima a parità di portata defluente). Assunta tale condizione al contorno nella sezione di valle, lo stato di moto all'interno della vasca di dissipazione è stato calcolato imponendo l'equilibrio dinamico del volume di liquido a portata crescente, compreso tra la prima e l'ultima sezione della suddetta vasca. La tabella n.9.2 seguente riporta i livelli d'acqua così calcolati.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Sezione varco d'uscita					Sezione di valle	
Livello d'acqua	Larghezza	Area	Portata ($q^2/g = A^3/b$)	Energia	Livello d'acqua	Rapporto di sommergenza
m	m	m ²	m ³ /s	m	m	
40,00	44,60	36,15	101,94	40,41	38,64	-0,45
40,50	44,60	58,45	209,58	41,16	39,75	0,29
41,00	44,60	80,75	340,31	41,91	41,12	0,71
41,50	44,60	103,05	490,61	42,66	42,25	0,88
42,00	44,60	125,35	658,19	43,41	42,77	0,85
42,25	44,60	136,50	747,94	43,78	42,95	0,82
42,50	44,60	147,65	841,43	44,16	43,10	0,79
42,75	44,60	158,80	938,52	44,53	43,24	0,76
43,00	44,60	169,95	1039,08	44,91	43,39	0,73
43,50	44,60	192,25	1250,16	45,66	43,68	0,69
44,50	44,60	236,85	1709,53	47,16	44,25	0,64

Tabella 9.1: Condizioni di moto in uscita dal manufatto regolatore.

Sezione varco d'uscita			Sezione di valle		Sezione di monte	
Livello d'acqua	Energia	Portata ($q^2/g = A^3/b$)	Livello d'acqua	Spinta totale	Livello d'acqua	Spinta totale
m	m	m ³ /s	m	Kgp	m	Kgp
40,00	40,41	101,94	40,37	197560	40,41	197560
40,50	41,16	209,58	41,07	319352	41,22	319352
41,00	41,91	340,31	41,75	473743	42,02	473743
41,50	42,66	490,61	42,41	661157	42,83	661157
42,00	43,41	658,19	43,07	881833	43,65	881833
42,25	43,78	747,94	43,39	1004693	44,06	1004693
42,50	44,16	841,43	43,71	1135919	44,47	1135919
42,75	44,53	938,52	44,03	1275522	44,88	1275522
43,00	44,91	1039,08	44,35	1423514	45,29	1423514
43,50	45,66	1250,16	44,98	1744688	46,12	1744688
44,50	47,16	1709,53	46,22	2487971	47,77	2487971

Tabella 9.2: Livelli d'acqua nella vasca di dissipazione.

I livelli di carico a monte delle bocche di regolazione sono stati poi determinati, a partire **dai valori medi** delle quote determinate nella vasca di dissipazione (vedi sempre tabella n.9.2), attraverso le **formule di efflusso** di seguito riportate ed applicate, di caso in caso, in funzione delle condizioni di **sommergenza** della corrente transitante

a) Condizione di efflusso libero

La condizione, valida fino ad un valore della sommergenza (rapporto altezza di valle/carico di monte) pari a 0.67, è espressa dalla formula

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot (H - C_c \cdot a)} \quad (1)$$

Dove:

- Q portata defluente (m³/s);
μ coefficiente di efflusso assunto pari a 0.60;
A area della luce (m²);
H carico rispetto al fondo della luce (m);
a altezza della luce;
Cc coefficiente di contrazione assunto pari a 0.61.

b) Condizione di transizione

La condizione, valida per un valore della sommergenza compreso tra pari 0.67 e 0.8, è espressa dalla formula

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot (3\Delta h)} \quad (2)$$

Dove:

- Δh differenza tra livello di valle e carico di monte

c) Condizione di flusso totalmente rigurgitato

La condizione, valida per un valore della sommergenza superiori a 0.8, è espressa dalla formula

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot (\Delta h)} \quad (3)$$

Dove:

Δh differenza tra livello di valle e carico di monte

La teorica **scala di efflusso delle sei bocche**, così stimata, è riportata nella seguente tabella n. 9.3.

Sezione varco d'uscita			Vasca di dissipazione	Sezione a monte delle bocche di regolazione
Livello d'acqua	Energia	Portata ($q^2/g = A^3/b$)	Livello medio d'acqua	Livello d'acqua
m	m	m ³ /s	m	m
40,00	40,41	101,94	40.40	40.43
40,50	41,16	209,58	41.15	41.17
41,00	41,91	340,31	41.89	41.98
41,50	42,66	490,61	42.63	43.21
42,00	43,41	658,19	43.37	44.42
42,25	43,78	747,94	43.74	45.10
42,50	44,16	841,43	44.11	45.82

Tabella 9.3: Scala di deflusso delle sei bocche di regolazione.

9.2 Organi di scarico della traversa

Per il dimensionamento della lunghezza degli sfioratori di superficie della traversa di regolazione si è fatto riferimento alla espressione seguente, relativa agli stramazzi non rigurgitati.

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

Dove:

Q Portata defluente (m³/s).

μ Coefficiente di efflusso.

L Lunghezza della soglia (m).

h Carico misurato rispetto al ciglio sulla soglia (m).

Il valore del coefficiente di efflusso “ μ ” è stato assunto pari a **0.48**, coerentemente con il profilo “Creager - Scimeni” assegnato alle strutture.

Per le verifiche si è assunto un primo sfioratore di superficie (posta a quota **46.25 m slm**) dello sviluppo complessivo di **96.00 m** ed un secondo sfioratore di superficie (posto a quota **48.75 m slm**) dello sviluppo complessivo di **216 m**.

Nelle tabelle che seguono sono riportate le condizioni di funzionamento degli sfioratori di superficie dell'opera, in concomitanza con eventi di piena ordinari, straordinari ed eccezionali, sia per la configurazione corrispondente allo scenario di costruzione A, che allo scenario di costruzione B (vedi quanto già raccontato nel precedente capitolo 5).

I valori del franco netto riportati in tabella sono stati calcolati come differenza tra la quota del ciglio delle arginature di raccordo al manufatto regolatore (**51.75 m slm** nella configurazione di scenario 2 e **49,25 m slm** nella configurazione di scenario 1) e la quota piezometrica del carico necessario per far defluire attraverso gli organi di scarico la portata di picco dell'evento considerato.

Le condizioni di piena considerate sono così riassumibili:

1. Portate di piena $< T = 200$ anni: bocche di regolazione chiuse nello Scenario 2 e 2 bocche di regolazione aperte nello Scenario 1.
2. Portata di piena $T = 200$ anni: bocche di regolazione chiuse nello Scenario 2 e 100% delle bocche di regolazione aperte nello Scenario 1.
3. Portata $T = 1000$ e 3000 anni: 50% delle bocche di regolazione aperte nello Scenario 2.
4. Portata $T = 1000$ e 3000 anni: 100% delle bocche di regolazione chiuse nello Scenario 2.

La portata scaricata dalle bocche di regolazione è stata calcolata in modo analogo a quanto riportato nel precedente paragrafo 9.1 a partire da una scala di deflusso nella

sezione di valle della traversa ottenuta tramite il modello di calcolo descritto nel successivo capitolo 10 e rappresentata nel grafico di seguito riportato.

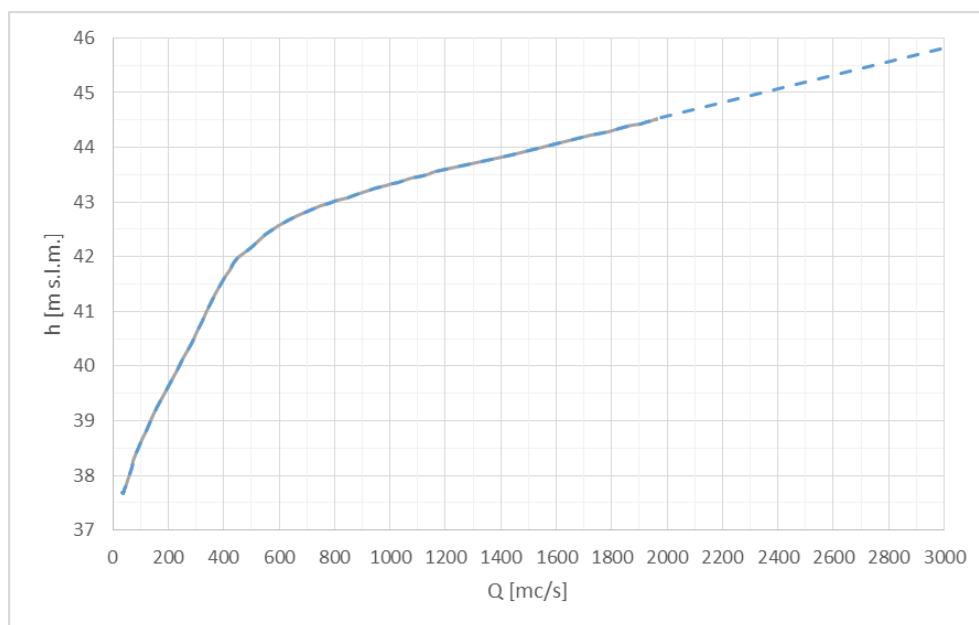


Figura 9.3: Scala di deflusso a valle della traversa di regolazione

Scenario 2					
Evento	Portata totale	Portata sfioratori di superficie	Portata bocche di regolazione	Livello idrico in cassa	Franco netto
anni	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m
TR20 (h12)	816	816	0	48,77	2,98
TR50 (h12)	1.166	1.166	0	49,19	2,56
TR100 (h12)	1.558	1.558	0	49,58	2,17
TR200 (h24)	1.859	1.859	0	49,80	1,95
TR1000	2.601	2083	518	49,97	1,78
TR3000	2.956	2491	509	50,23	1,52
TR1000	2.601	2083	0	50,34	1,44
TR3000	2.956	2491	0	50,57	1,18

Tabella 9.4: Scenario 2: valutazione franco netto.

Scenario 1					
<i>Evento</i>	<i>Portata totale</i>	<i>Portata sfioratori di superficie</i>	<i>Portata bocche di regolazione</i>	<i>Livello idrico in cassa</i>	<i>Franco netto</i>
anni	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m
20 (h12)	993	468	526	48,13	1.12
200 (h24)	1.859	806	1.053	48,75	0,50
max	2.250	1.223	1.0270	49,25	0.0

Tabella 9.5: Scenario 1: valutazione franco netto.

Al fine di verificare che la condizione di scarico nella configurazione di costruzione A non risultasse meno sicura che nella attuale configurazione, le medesime portate della tabella 9.5 sono state verificate nella attuale condizione, ottenendo i risultati della sottostante tabella 9.6.

Scenario stato di fatto					
<i>Evento</i>	<i>Portata totale</i>	<i>Portata sfioratori di superficie</i>	<i>Portata bocche di regolazione</i>	<i>Livello idrico in cassa</i>	<i>Franco netto</i>
anni	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m
20 (h12)	993	543	450	47,70	1,55
200 (h24)	1.859	1.459	450	48,95	0,30
max	2.107	1.657	450	49,25	0.0

Tabella 9.6: Scenario stato di fatto: valutazione franco netto.

9.3 Luci di fondo del manufatto di alimentazione dell'invaso laterale

Le modalità di funzionamento delle bocche di derivazione nell'invaso laterale sono state stimate con le medesime formulazioni adottate nel precedente paragrafo 9.1 relativamente alle bocche di regolazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Ovviamente, a parità di regola generale di derivazione, l'entità della portata derivata da ciascuna bocca risulterà variabile (anche se non fortemente) in rapporto alle caratteristiche dell'onda di piena in arrivo e del conseguente gradiente di riempimento dell'invaso.

A titolo di esempio, si riporta nel seguito la tabella rappresentativa delle portate addotte da ciascuna bocca durante l'evento TR 200 12 h, in corrispondenza dei set di aperura delle paratoie (vedi precedente capitolo 8).

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



altezza a monte m	altezza a valle m	altezza in vasca m	portata a monte m³/s	portata a valle m³/s	portata in vasca m³/s	bocca 1		bocca 2		bocca 3		bocca 4		bocca 5		bocca 6		bocca 7		bocca 8	
						portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m
48,39	48,37	38	1221	1158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48,58	48,57	39,1	1258	1099	100	50	0,9	50	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48,83	48,82	39,23	1315	1064	203	102	1,8	102	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48,99	48,99	39,46	1411	1077	308	154	2,7	154	2,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,07	49,07	39,64	1483	1061	413	207	3,6	207	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,09	49,1	39,84	1540	1024	517	259	4,5	259	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,09	49,1	40,28	1618	996	621	310	5,4	310	5,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,09	49,11	40,85	1696	1021	673	310	5,4	310	5,4	52	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,1	49,12	41,33	1759	1032	725	311	5,4	311	5,4	104	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,11	49,13	41,88	1821	1042	777	311	5,4	311	5,4	156	2,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,12	49,14	42,41	1888	1057	830	311	5,4	311	5,4	208	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,15	49,17	43,32	1959	1077	883	312	5,4	312	5,4	260	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,17	49,2	44,82	2033	1097	937	312	5,4	312	5,4	312	5,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49,18	49,2	46,71	2031	1128	897	283	5,4	283	5,4	284	5,4	47	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
49,19	49,21	46,88	2029	1142	883	264	5,4	265	5,4	265	5,4	89	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0
49,2	49,23	47,04	2024	1155	865	247	5,4	247	5,4	248	5,4	124	2,7	0	0	0	0	0	0	0	0
49,22	49,24	47,2	2019	1169	845	230	5,4	230	5,4	231	5,4	154	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0
49,23	49,25	47,35	2013	1186	823	214	5,4	214	5,4	215	5,4	180	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0
49,25	49,27	47,5	2008	1204	799	199	5,4	200	5,4	200	5,4	201	5,4	0	0	0	0	0	0	0	0
49,27	49,29	47,65	2003	1223	777	186	5,4	186	5,4	187	5,4	187	5,4	31	0,9	0	0	0	0	0	0



MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



altezza a monte m	altezza a valle m	altezza in vasca m	portata a monte m³/s	portata a valle m³/s	portata in vasca m³/s	bocca 1		bocca 2		bocca 3		bocca 4		bocca 5		bocca 6		bocca 7		bocca 8	
						portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m
49,28	49,3	47,79	2001	1224	775	178	5,4	179	5,4	179	5,4	179	5,4	60	1,8	0	0	0	0	0	0
49,3	49,32	48,02	1991	1243	746	165	5,4	166	5,4	166	5,4	166	5,4	83	2,7	0	0	0	0	0	0
49,32	49,33	48,22	1977	1258	717	153	5,4	153	5,4	154	5,4	154	5,4	103	3,6	0	0	0	0	0	0
49,34	49,35	48,41	1961	1278	682	141	5,4	141	5,4	141	5,4	141	5,4	118	4,5	0	0	0	0	0	0
49,35	49,36	48,53	1952	1289	662	132	5,4	132	5,4	132	5,4	133	5,4	133	5,4	0	0	0	0	0	0
49,36	49,37	48,67	1938	1305	631	122	5,4	122	5,4	122	5,4	122	5,4	122	5,4	20	0,9	0	0	0	0
49,38	49,38	48,78	1927	1321	603	113	5,4	113	5,4	113	5,4	113	5,4	113	5,4	38	1,8	0	0	0	0
49,39	49,4	48,89	1916	1340	573	104	5,4	104	5,4	104	5,4	104	5,4	104	5,4	52	2,7	0	0	0	0
49,41	49,41	48,99	1905	1361	540	95	5,4	95	5,4	95	5,4	95	5,4	96	5,4	64	3,6	0	0	0	0
49,43	49,43	49,09	1894	1384	505	86	5,4	86	5,4	87	5,4	87	5,4	87	5,4	72	4,5	0	0	0	0
49,46	49,45	49,17	1882	1409	469	78	5,4	78	5,4	78	5,4	78	5,4	78	5,4	78	5,4	0	0	0	0
49,48	49,47	49,25	1866	1432	430	70	5,4	70	5,4	70	5,4	70	5,4	70	5,4	70	5,4	12	0,9	0	0
49,5	49,5	49,33	1850	1456	389	61	5,4	61	5,4	62	5,4	62	5,4	62	5,4	61	5,4	20	1,8	0	0
49,53	49,52	49,39	1834	1482	348	54	5,4	54	5,4	54	5,4	54	5,4	54	5,4	53	5,4	26	2,7	0	0
49,55	49,54	49,45	1819	1508	306	46	5,4	46	5,4	46	5,4	46	5,4	46	5,4	46	5,4	30	3,6	0	0
49,58	49,56	49,51	1803	1533	266	39	5,4	39	5,4	39	5,4	39	5,4	39	5,4	38	5,4	31	4,5	0	0
49,6	49,59	49,55	1788	1557	227	33	5,4	33	5,4	33	5,4	33	5,4	33	5,4	32	5,4	31	5,4	0	0
49,63	49,61	49,59	1774	1579	191	28	5,4	28	5,4	27	5,4	27	5,4	27	5,4	26	5,4	24	5,4	4	0,9
49,65	49,62	49,62	1759	1598	157	23	5,4	23	5,4	23	5,4	22	5,4	22	5,4	20	5,4	18	5,4	6	1,8
49,66	49,64	49,64	1745	1615	126	19	5,4	19	5,4	19	5,4	18	5,4	17	5,4	15	5,4	13	5,4	5	2,7



MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



altezza a monte m	altezza a valle m	altezza in vasca m	portata a monte m³/s	portata a valle m³/s	portata in vasca m³/s	bocca 1		bocca 2		bocca 3		bocca 4		bocca 5		bocca 6		bocca 7		bocca 8	
						portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m	portata m³/s	apertura m
49,68	49,66	49,66	1729	1630	97	17	5,4	16	5,4	16	5,4	15	5,4	14	5,4	11	5,4	8	5,4	0	3,6
49,69	49,67	49,68	1710	1638	68	15	5,4	15	5,4	14	5,4	13	5,4	12	5,4	8	5,4	-3	5,4	-7	4,5



10 EFFETTO DELL'OPERA SUGLI EVENTI DI PIENA

Nel presente capitolo si riportano le simulazioni svolte per determinare gli effetti prodotti dalle opere previste nel presente progetto nei confronti di eventi di piena di varia entità indicati nei paragrafi successivi.

Per consentire a chi legge una più rapida e chiara comprensione del risultato della specifica simulazione, si anticipa, nel seguito, il modello della figura e della tabella attraverso le quali si è ritenuto di condensare il complesso dei risultati ottenuti dalla procedure di modellazione.

In particolare, nella figura sono rappresentati i seguenti elementi di sintesi:

1. L'idrogramma di piena nella sezione della traversa di Rubiera (linea azzurra).
2. L'idrogramma di piena uscente a valle della traversa di regolazione in assenza di intervento (linea continua nera).
3. L'idrogramma di piena uscente a valle della traversa di regolazione con la presenza dell'intervento (linea rossa).
4. L'idrogramma di riferimento (linea tratteggiata nera), ossia l'idrogramma delle portate utilizzato per il dimensionamento delle linee arginali a valle dell'invaso e corrispondente all'evento ventennale di durata 12 ore, propagato in assenza di intervento (vedi successivo paragrafo 10.1).

La tabella, a sua volta, contiene i seguenti dati riassuntivi (relativi alle configurazioni con e senza intervento).

1. Portata massima in ingresso alla traversa di Rubiera.
2. Portata massima in uscita dalla traversa di regolazione.
3. Livello massimo in corrispondenza del manufatto di regolazione (monte e valle).
4. Livello massimo a monte del manufatto di ingresso all'invaso laterale.
5. Livello massimo all'interno dell'invaso laterale.
6. Volume invasato.
7. Grado di riempimento dell'invaso rispetto alla sua massima potenzialità.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

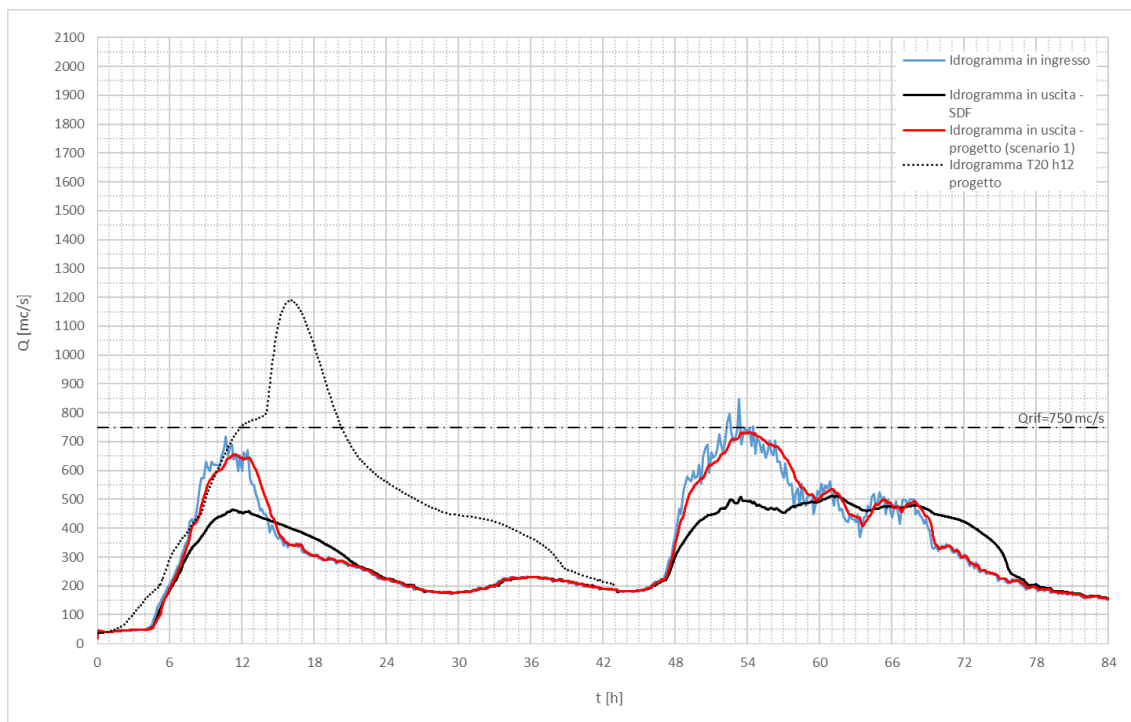


Figura 10.1: Modello figure successive.

	Q _{max}		Traversa		Invaso laterale			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2009 (SDF)								
Evento 2009 (progetto)								

Tabella 10.1: Modello tabelle successive.

10.1 Modello di calcolo utilizzato

La procedura di calcolo è stata sviluppata a partire da un modello monodimensionale in moto vario dell'asta del fiume Secchia (*basato sul software HEC-RAS dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers*) avente come dominio il tratto compreso tra la traversa di Rubiera e la sezione subito a valle della traversa di regolazione dell'invaso (vedi sintetica figura seguente).

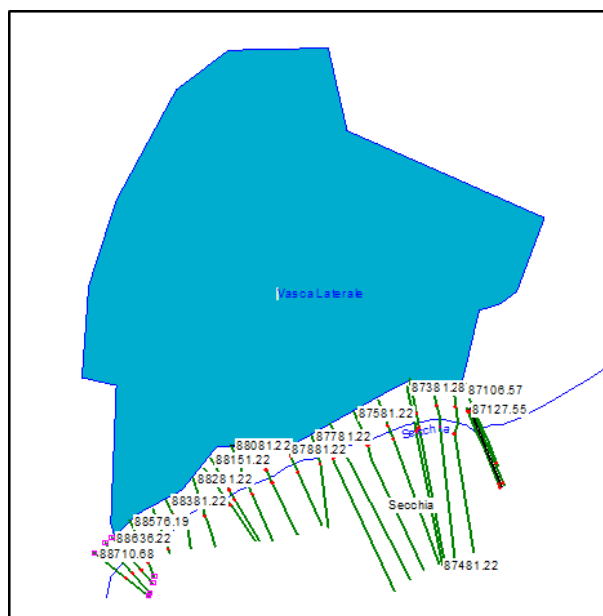


Figura 10.2: Dominio del modello di simulazione

Il modello nella versione “configurazione di progetto” è stato dotato di due strutture: la prima identificativa del manufatto di regolazione definita da due soglie sfioranti a quote differenti (46,25 m slm e 48,75 m slm) e da sei luci di fondo (6,70 x 4,50 m), la seconda identificativa del manufatto di deviazione nell'invaso laterale definita da 8 luci di fondo (7,60 x 5,40 m). Attraverso una opportuna programmazione del software, alle luci di fondo delle due strutture sono state assegnate le regole di chiusura descritte nel precedente capitolo 8.

Analogamente, il modello nella versione “configurazione stato di fatto” è stato dotato di due strutture: la prima identificativa del manufatto di regolazione definita da una soglia sfiorante a quota 46.25 m s.l.m e da quattro luci di fondo (5,20 x 2,50 m), la seconda identificativa del manufatto di deviazione nell'invaso laterale definita da

La condizione al contorno di valle nella configurazione di progetto è stata assunta pari a quella di minima energia (vedi precedente capitolo 9) attraverso il varco a valle delle bocche di regolazione e poi quella necessaria al passaggio non rigurgitato sulle soglie di sfioro. La condizione al contorno di valle nella configurazione stato di fatto è stata assunta pari a quella ottenibile dal modello “mono - bidimensionale” redatto con codice di calcolo HecRas dalla società ART per la predisposizione del progetto delle arginature di valle e di nuovo riportata nel seguito.

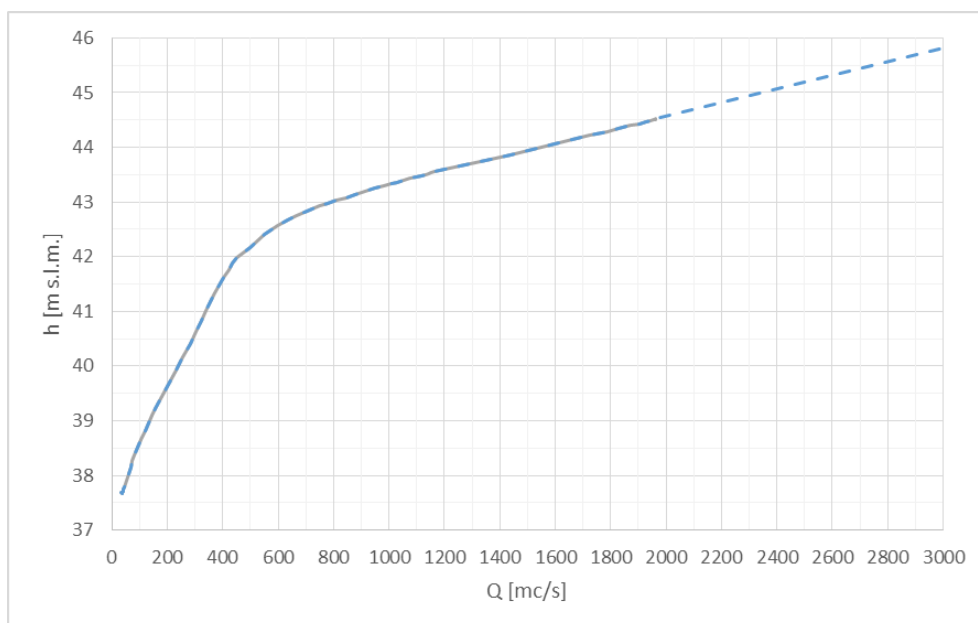


Figura 10.3: Scala di deflusso a valle della attuale traversa di regolazione

Sempre dal medesimo modello sono stati desunti i valori da assegnare alla macro scabrezza dell'alveo ed ai coefficienti rappresentativi delle perdite localizzate nel deflusso attraverso le quattro bocche esistenti della traversa.

Nella figura che segue è riportato il confronto tra gli idrogrammi ottenuti, utilizzando il modello monodimensionale e quello mono-bidimensionale, a valle della traversa di regolazione (configurazione stato di fatto), propagando la piena ventennale di progetto

(T20 anni 12 ore). Osservando la figura si può notare una maggiore valutazione delle portate uscenti (circa un 3%) del modello monodimensionale prodotto dagli scriventi, rispetto alla stima generata dal modello mono – bidimensionale della società ART. Questa differenza trova ragione nel fatto che nel modello mono bidimensionale (modello ART) si è adottata coerentemente con l'ultimo rilievo del manufatto disponibile una quota del ciglio della traversa pari a 46,27 m slm ed un coefficiente di efflusso dello sfioratore tipo “Creager” pari a 0,45, mentre nel modello monodimensionale degli scriventi il ciglio della traversa è stato posto cautelativamente a 46,25 m slm ed il coefficiente di efflusso dello sfioratore è stato assunto pari al valore “usuale” del Creager di 0,48 (valore teorico 0,496). Poiché le previsioni del modello monodimensionali comportavano condizioni meno cautelative verso valle, si è ritenuto di non modificare tali assunzioni per le simulazione di seguito esposte.

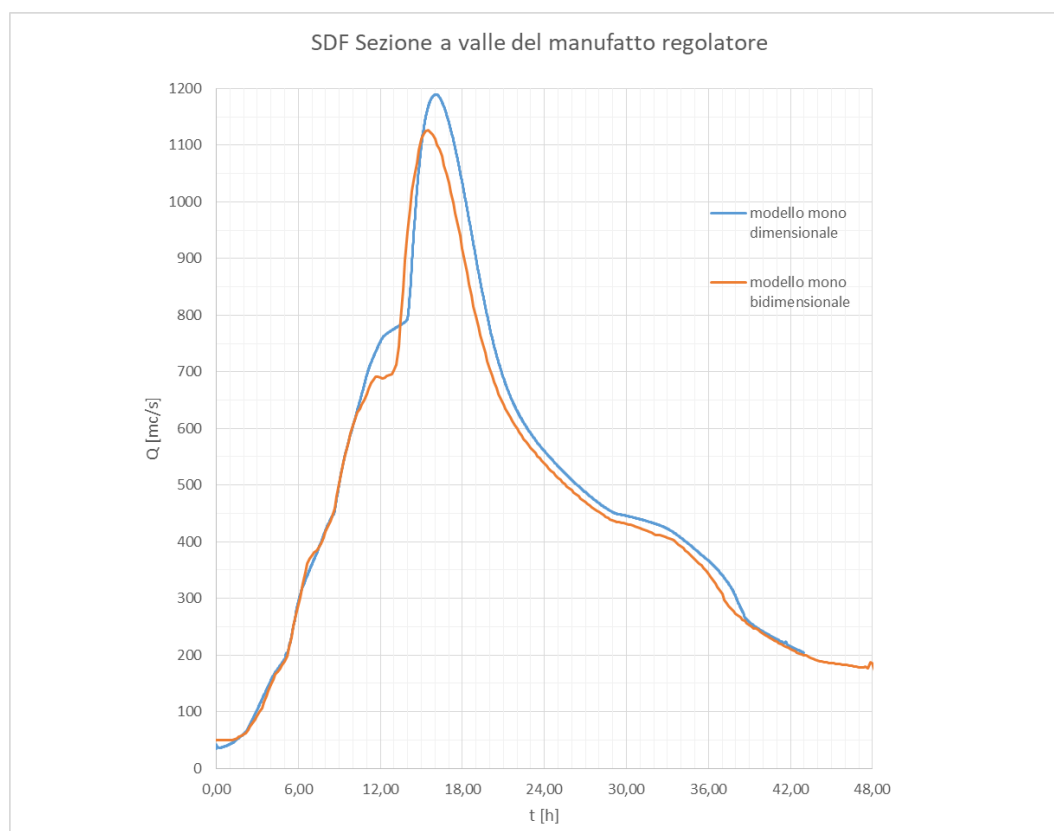


Figura 10.4: Confronto tra gli idrogrammi di piena ottenuti a valle della traversa

10.2 Simulazione di eventi reali di piena

Nel presente paragrafo si riportano le simulazioni svolte per determinare gli effetti, in termini di idrogramma in uscita dal manufatto principale, che le opere previste avrebbero avuto, qualora realizzate, nel modificare la configurazione di alcuni eventi reali.

10.2.1 Evento di piena dicembre 2009

Il primo evento considerato consiste in una modesta piena, caratterizzata però da due colmi consecutivi, con un valore del picco inferiore alla soglia di attivazione della regolazione dell'invaso.

I risultati della ricostruzione dell'evento del dicembre 2009 sia considerando lo scenario 1 che lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nelle Figure 10.5 e 10.6, nonché nelle tabelle 10.2 e 10.3.

Come può osservarsi dalle suddette figure e tabelle, poiché come detto il valore delle portata al colmo dell'evento non ha superato mai la soglia dei $750 \text{ m}^3/\text{s}$, la regolazione dell'invaso non si è attivata e l'onda di piena passa indisturbata attraverso l'opera, mantenendo una configurazione sostanzialmente coincidente a quella in ingresso a Rubiera, se non per l'eliminazione di oscillazioni puntuali.

Viceversa, mantenendo l'opera nelle attuale configurazione, l'evento provoca l'attivazione dell'invaso, con un abbattimento del colmo in ingresso.

Peraltro, come si dimostrerà nel successivo capitolo 11, nonostante la mancata attivazione dell'invaso (condizione che caratterizzerà questa tipologia di eventi minori), la piena non avrà significativi comportamenti peggiorativi nel defluire verso valle, poiché l'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto" ricondurrà le caratteristiche dimensionali

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

del suddetto idrogramma di piena quasi a coincidere con quello ottenuto simulando l'opera nella attuale configurazione.

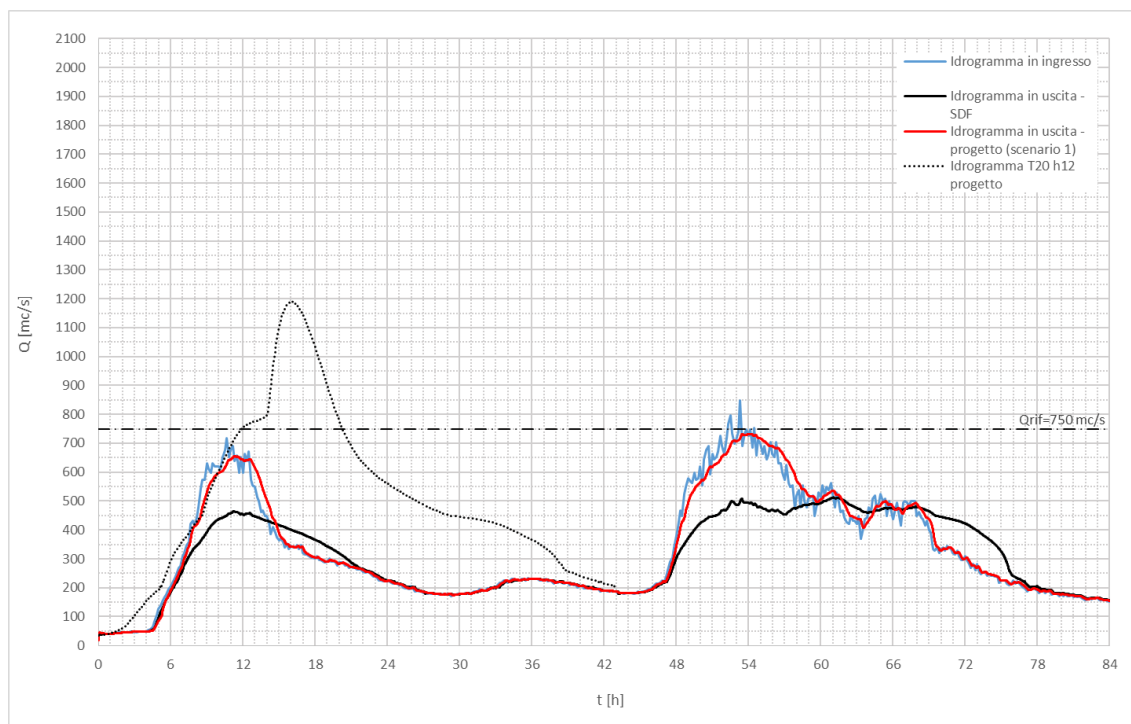
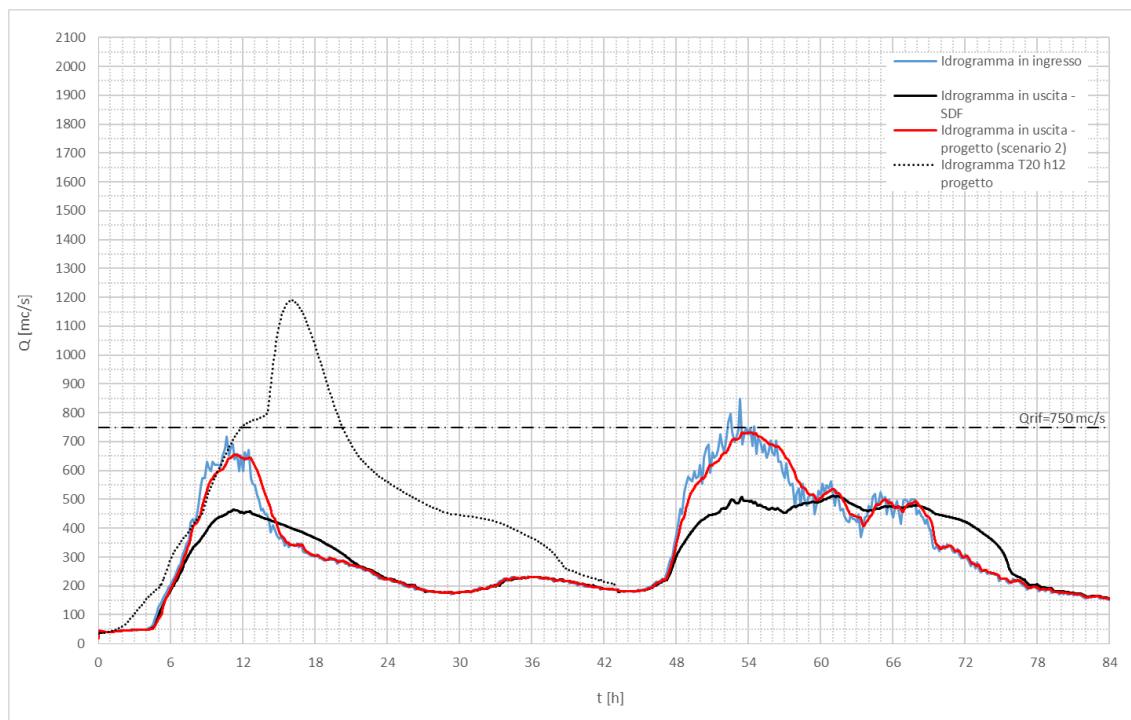


Figura 10.5: Evento dicembre 2009 (scenario 1) - idrogrammi riassuntivi



MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Figura 10.6: Evento dicembre 2009 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2009 (SDF)	848	512	46,57	42,30	46,62	46,61	8.948	64.2
Evento 2009 (progetto)	848	732	44,96	43,67	45,36	38,00	120	0.9

Tabella 10.2: Evento dicembre 2009 (scenario 1) - dati riassuntivi

	Q _{max}		Traversa		Invaso laterale			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2009 (SDF)	848	512	46,57	42,30	46,62	46,61	8.948	64.2
Evento 2009 (progetto)	848	732	44,96	43,67	45,36	38,00	120	0.5

Tabella 10.3: Evento dicembre 2009 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.2.2 Evento di piena dicembre 2017

Il secondo evento considerato consiste in una altra piena ordinaria, con un valore del colmo questa volta superiore alla soglia di attivazione della regolazione dell'invaso.

I risultati della ricostruzione dell'evento del dicembre 2017 sia considerando lo scenario 1 che lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nelle Figure 10.7 e 10.8, nonché nelle tabelle 10.4 e 10.5.

Come può osservarsi dalle suddette figure e tabelle, poiché come detto il valore delle portata al colmo dell'evento supera la soglia dei $750 \text{ m}^3/\text{s}$, la regolazione dell'invaso si attiva e l'onda di piena viene significativamente modificata, sia nello scenario 1 che nello scenario 2 di sviluppo dell'opera, con una forte riduzione del colmo di piena.

Inoltre, come si dimostrerà nel successivo capitolo 11, l'attivazione dell'invaso porterà a un buon miglioramento del defluire verso valle della piena, sempre a causa dell'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto", con una ulteriore riduzione delle durate di piena con alti valori di colmo, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

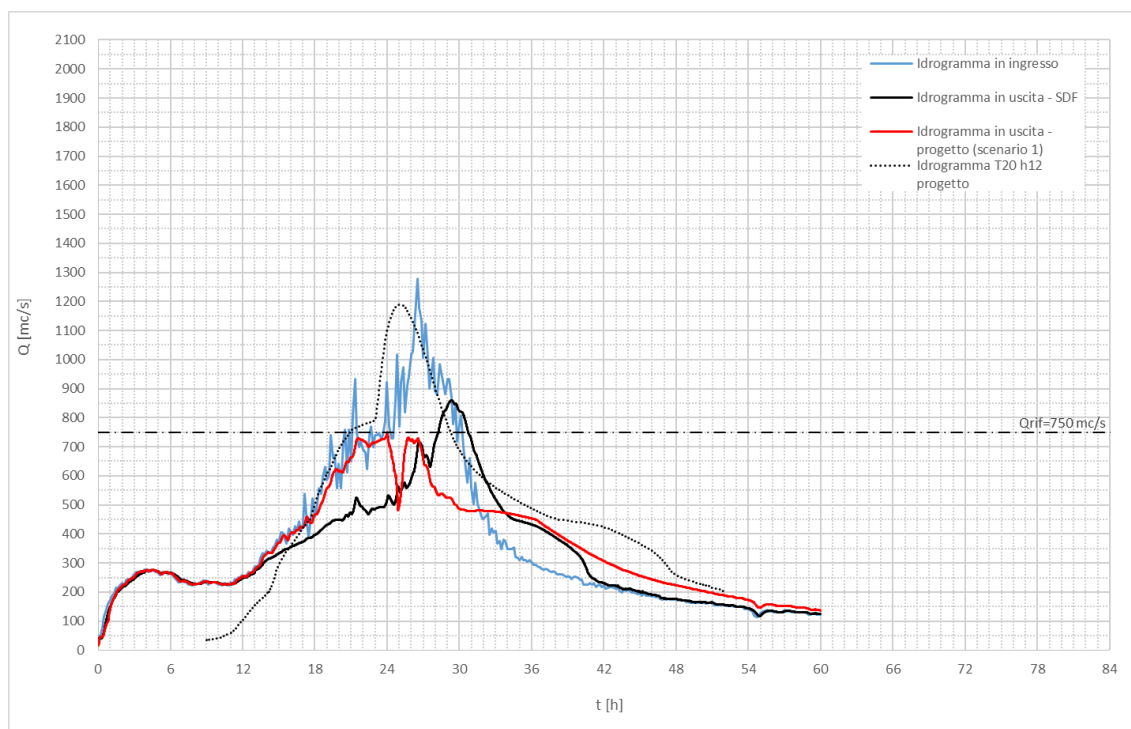


Figura 10.7: Evento dicembre 2017 (scenario 1) - idrogrammi riassuntivi

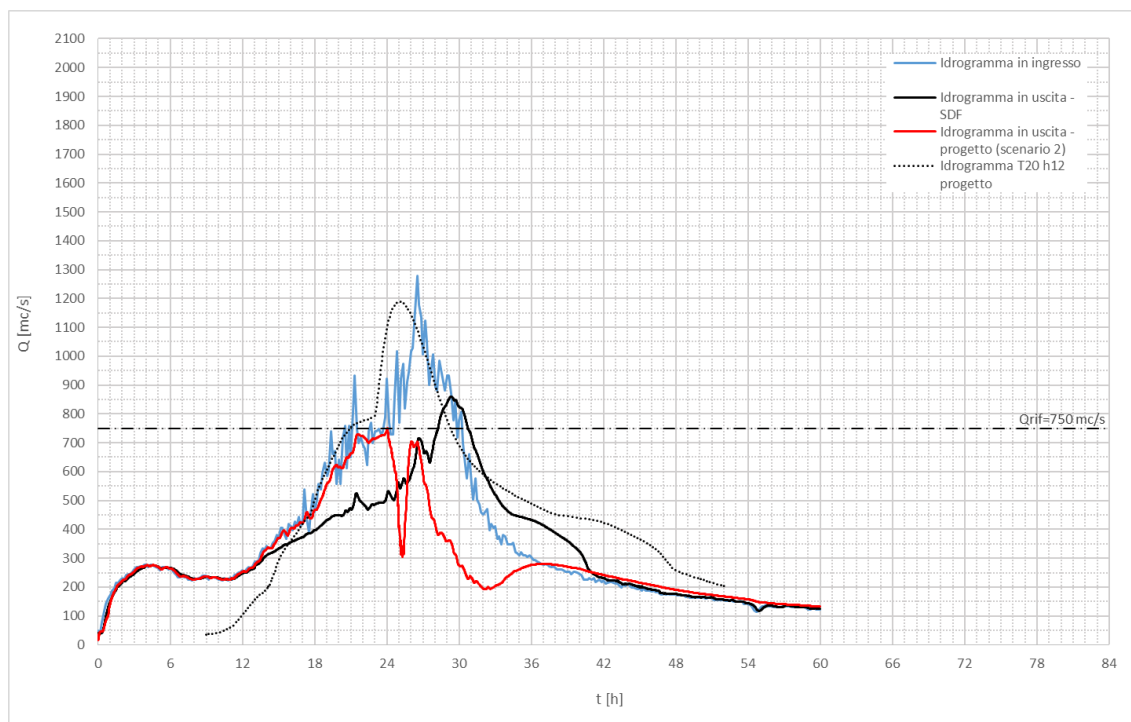


Figura 10.8: Evento dicembre 2017 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2017 (SDF)	1.278	860	47,40	43,15	47,47	47,46	10.584	75.9
Evento 2017 (progetto)	1.278	749	47,33	43,74	47,37	46,14	8.951	64.2

Tabella 10.4: Evento dicembre 2017 (scenario 1) - dati riassuntivi

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2017 (SDF)	1.278	860	47,40	43,15	47,47	47,46	10.584	75.9
Evento 2017 (progetto)	1.278	749	48,61	43,74	48,61	47,52	15.034	67.6

Tabella 10.5: Evento dicembre 2017 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.2.3 Evento di piena maggio 2019

Il terzo evento considerato consiste in una altra modesta piena ordinaria, caratterizzata da più picchi, con un valore massimo del colmo anche questa volta superiore alla soglia di attivazione della regolazione dell'invaso.

I risultati della ricostruzione dell'evento del maggio 2109 sia considerando lo scenario 1 che lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nelle Figure 10.9 e 10.10, nonché nelle tabelle 10.6 e 10.7.

Come può osservarsi dalle suddette figure e tabelle, poiché come detto il valore delle portata al colmo dell'evento supera la soglia dei $750 \text{ m}^3/\text{s}$, la regolazione dell'invaso si attiva e l'onda di piena viene significativamente modificata, sia nello scenario 1 che nello scenario 2 di modifica dell'opera, con una forte riduzione del colmo di piena.

Inoltre, come si dimostrerà nel successivo capitolo 11, l'attivazione dell'invaso porterà a un buon miglioramento del defluire verso valle della piena, sempre a causa dell'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto", con una ulteriore riduzione delle durate di piena con alti valori di colmo, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

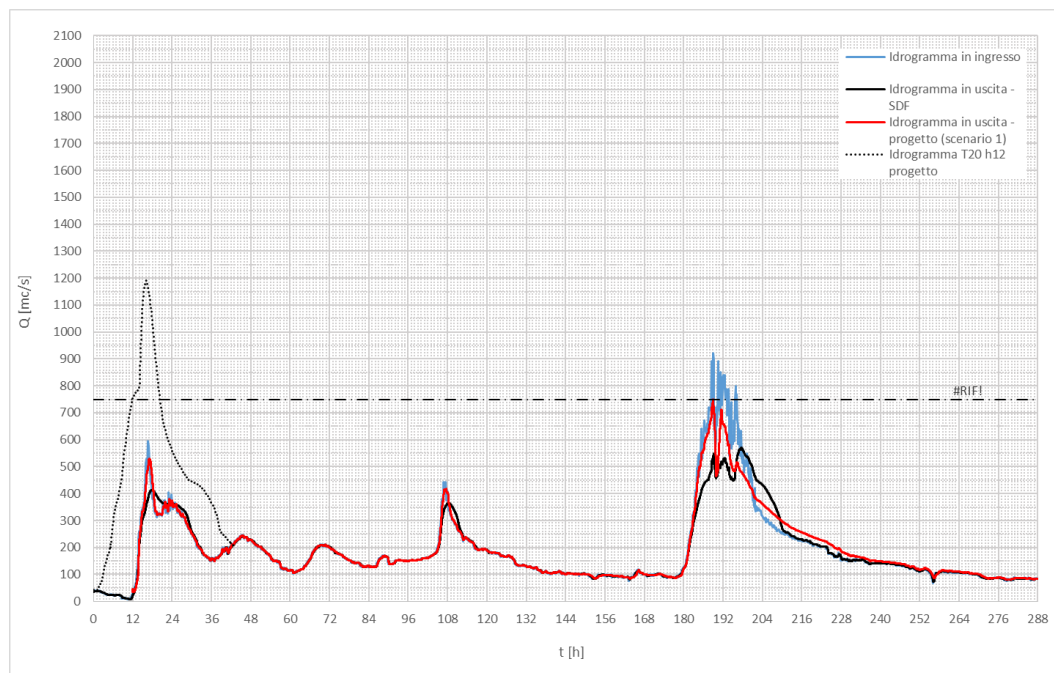


Figura 10.9: Evento maggio 2019 (scenario 1) - idrogrammi riassuntivi

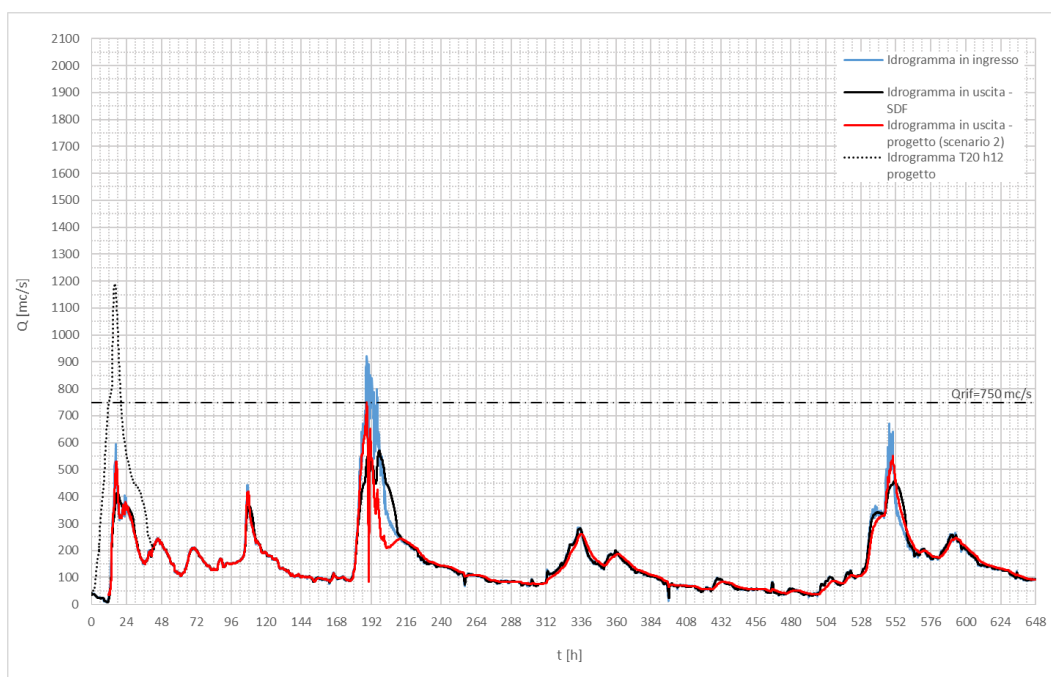


Figura 10.10: Evento maggio 2019 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2019 (SDF)	922	571	46,76	42,53	46,80	46,80	9.316	66.8
Evento 2019 (progetto)	922	750	47,27	43,74	47,29	44,40	6.861	49.2

Tabella 10.6: Evento maggio 2019 (scenario 1) - dati riassuntivi

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento 2019 (SDF)	922	571	46,76	42,53	46,80	46,80	9.316	66.8
Evento 2019 (progetto)	922	750	48,49	43,74	48,49	48,49	16.231	72.9

Tabella 10.7: Evento maggio 2019 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.3 Simulazione di eventi sintetici di piena

In questo paragrafo si riportano le simulazioni svolte per determinare gli effetti che le opere previste avranno, nel modificare la configurazione degli eventi sintetici di piena, con diverso tempo di ritorno e sviluppati con diverse metodologie idrologiche.

In particolare, oltre agli idrogrammi di piena stimati nell'ambito del progetto di fattibilità, redatto, nell'anno 2007, per conto dell'Autorità di Bacino (vedi precedente paragrafo 4), è stato considerato anche l'idrogramma di dimensionamento utilizzato nell'ambito del progetto "AIPO" (vedi precedente paragrafo 3.1).

10.3.1 Evento di piena T20 (durata 12 ore –fonte AdB)

I risultati della simulazione dell'evento con tempo di ritorno 20 anni e durata 12 ore (derivante dall'analisi idrologica sviluppata dall'Autorità di Bacino -vedi precedente capitolo 6 -), ottenuti sia considerando lo scenario 1 che lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nelle Figure 10.11 e 10.12, nonché nelle tabelle 10.8 e 10.9.

Volendo dare una valutazione d'assieme al risultato ottenuto, si osserva come la piena venga adeguatamente laminata già nello scenario 1, e ampiamente nello scenario 2, dove la portata al colmo in uscita dalla vasca è di poco superiore ai 750 m³/s di riferimento, con un indice di laminazione del picco eccedente pari al 95%.

Ampio appare il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso rispetto alla condizione attuale, in particolare nella configurazione dello scenario 2.

Inoltre, come si dimostrerà nel successivo capitolo 11, la realizzazione delle opere in progetto porterà a un significativo miglioramento del defluire verso valle della piena, sempre a causa dell'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto", con una ulteriore riduzione dei valori di colmo, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

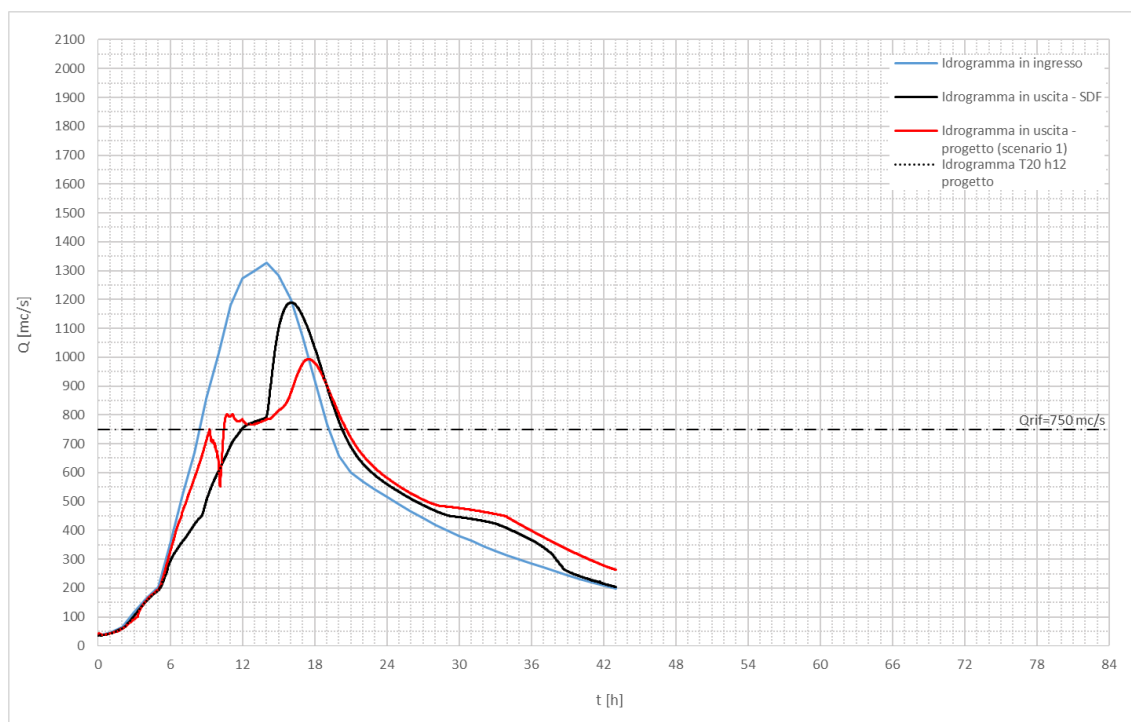


Figura 10.11: Evento sintetico T20 h12 (scenario 1) - idrogrammi riassuntivi

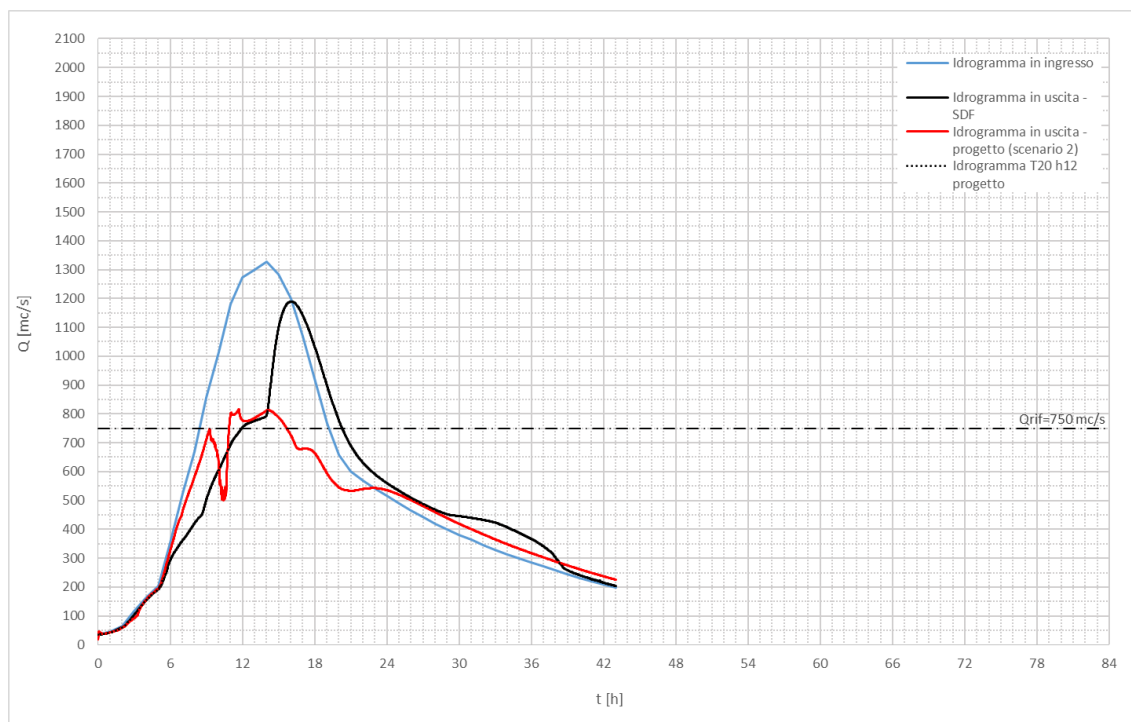


Figura 10.12: Evento sintetico T20 h12 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T20 h12 (SDF)	1.328	1.190	47,94	43,61	48,04	48,03	11.744	84.2
Evento T20 h12 (progetto)	1.328	993	48,03	43,91	48,08	48,08	11.836	84.9

Tabella 10.8: Evento sintetico T20 h12 (scenario 1) - dati riassuntivi

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T20 h12 (SDF)	1.328	1.190	47,94	43,61	48,04	48,03	11.744	84.2
Evento T20 h12 (progetto)	1.328	816	48,83	43,79	48,83	48,24	16.619	74.7

Tabella 10.9: Evento sintetico T20 h12 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.3.2 Evento di piena T20 (durata 24 ore – fonte AdB)

I risultati della simulazione dell'evento con tempo di ritorno 20 anni e durata 24 ore (derivante dall'analisi idrologica sviluppata dall'AdB), ottenuti sia considerando lo scenario 1 che lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nelle Figure 10.15 e 10.16, nonché nelle tabelle 10.10 e 10.11.

Volendo dare una valutazione d'assieme al risultato ottenuto, si osserva come la piena venga adeguatamente laminata già nello scenario 1 ed ampiamente nello scenario 2, dove la portata al colmo in uscita dalla vasca è di poco inferiore ai $750 \text{ m}^3/\text{s}$ di riferimento, con un indice di laminazione del picco eccedente pari al 100%.

Ampio appare il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso rispetto alla condizione attuale, in particolare nella configurazione dello scenario 2.

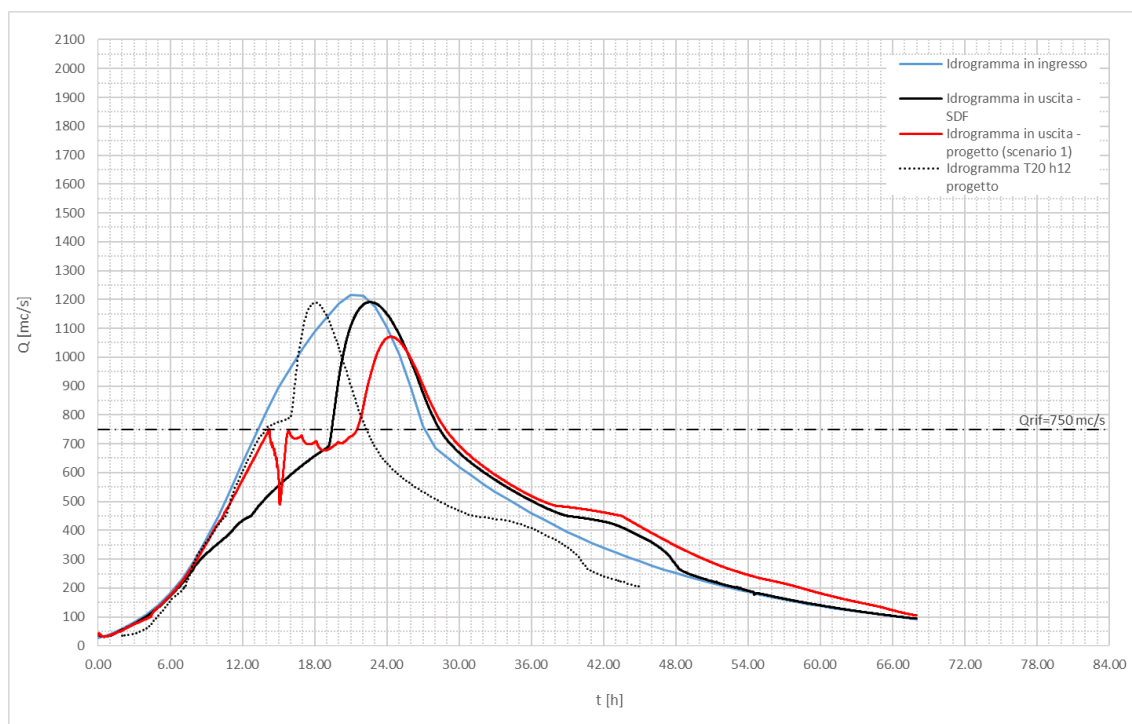


Figura 10.13: Evento sintetico T20 h24 (scenario 1) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

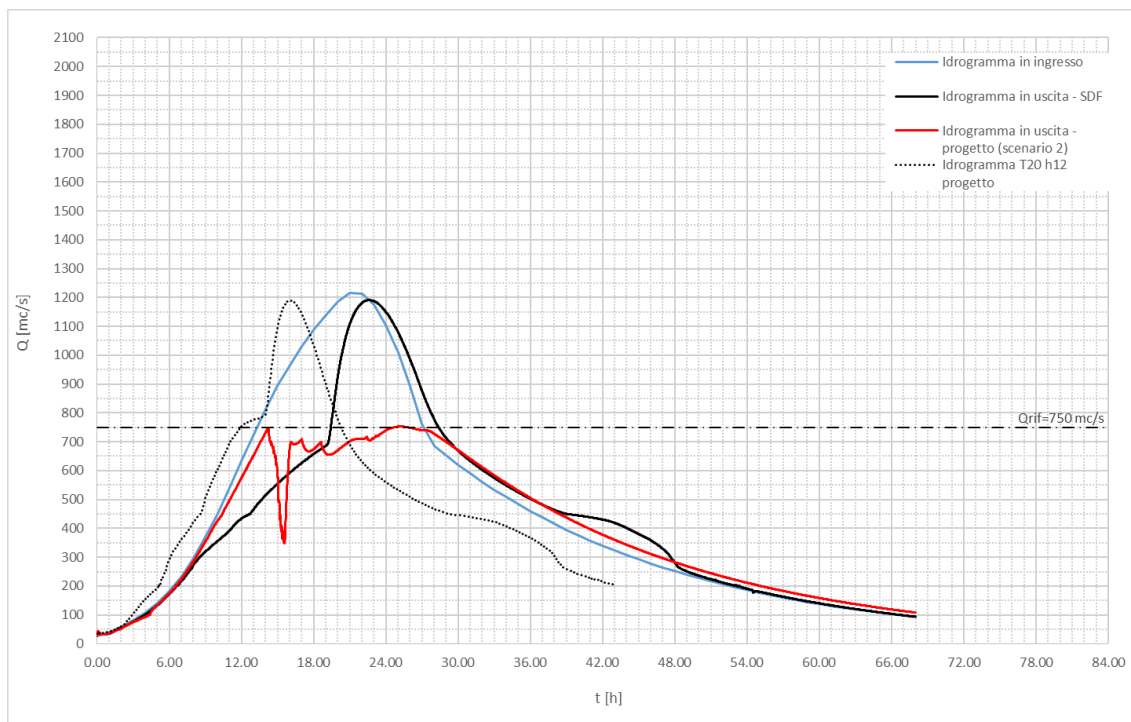


Figura 10.14: Evento sintetico T20 h24 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

	Q_{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T20 h24 (SDF)	1.215	1.191	47,94	43,61	48,04	48,03	11.744	84.2
Evento T20 h24 (progetto)	1.215	1.071	48,22	43,97	48,27	48,26	12.204	87.5

Tabella 10.10: Evento sintetico T20 h24 (scenario 1) - dati riassuntivi

	Q_{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T20 h24 (SDF)	1.215	1.191	47,94	43,61	48,04	48,03	11.744	84.2
Evento T20 h24 (progetto)	1.215	753	48,72	43,74	48,73	48,70	17.436	78.4

Tabella 10.11: Evento sintetico T20 h24 (scenario 2) - dati riassuntivi

Inoltre, come si dimostrerà nel successivo capitolo 11, la realizzazione delle opere in progetto porterà a un significativo miglioramento del defluire verso valle della piena, sempre a causa dell'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto", con una ulteriore riduzione dei valori di colmo, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione e, in particolare, rendendo l'evento comparabile con l'evento di progetto delle arginature di valle.

10.3.3 Evento di piena T50 (durata 12 h – fonte AdB)

I risultati della simulazione dell'evento con tempo di ritorno 50 anni e durata 12 ore (derivante dall'analisi idrologica sviluppata dall'AdB), ottenuti considerando lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nella Figura 10.17, nonché nella tabella 10.12.

Volendo dare una valutazione d'assieme al risultato ottenuto, si osserva come la piena venga adeguatamente laminata, seppur senza raggiungere il rapporto ottimale di decapitazione del colmo: ampio appare, infatti, il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso nell'abbattimento del colmo di piena rispetto alla condizione attuale.

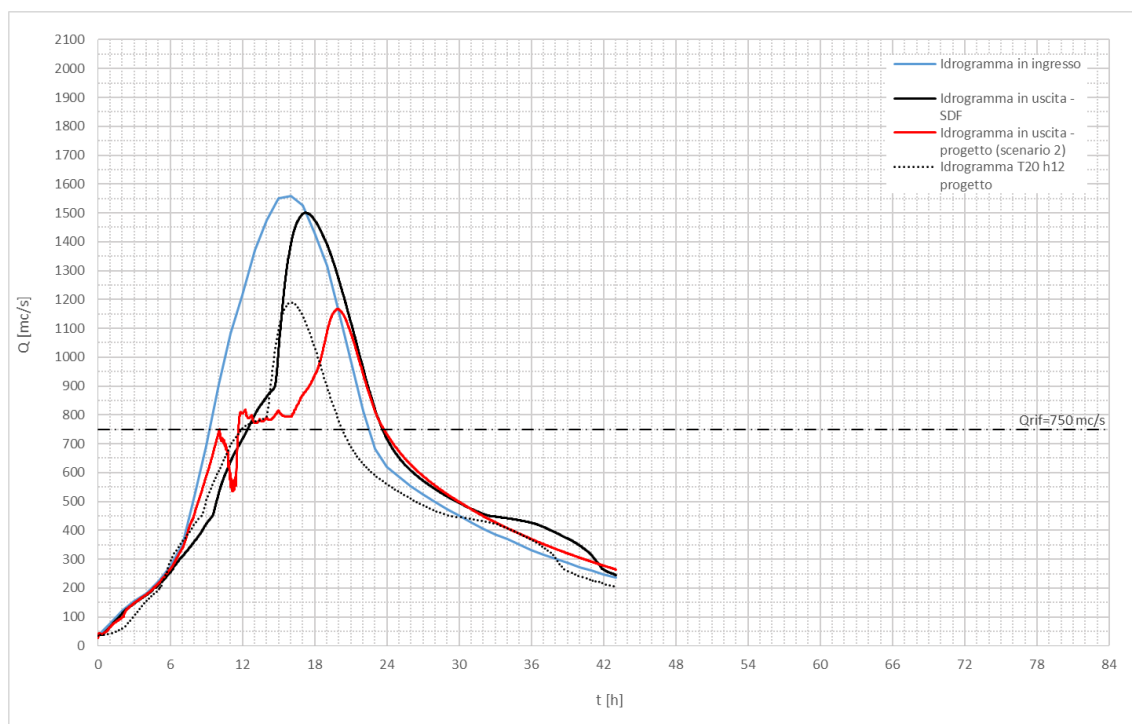


Figura 10.17: Evento sintetico T50 h12 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T50 h12 (SDF)	1.558	1.500	48,38	43,99	48,51	48,49	12.665	90.8
Evento T50 h12 (progetto)	1.558	1.166	49,24	44,04	49,27	49,26	18.951	85.2

Tabella 10.12: Evento sintetico T50 h 12 (scenario 2) - dati riassuntivi

Inoltre, come si dimostrerà nel successivo capitolo 11, la realizzazione delle opere in progetto porterà a un significativo miglioramento del defluire verso valle della piena, sempre a causa dell'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto", con una ulteriore riduzione dei valori di colmo, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione e, in particolare, rendendo l'evento quasi comparabile con l'evento di progetto delle arginature di valle.

10.3.4 Evento di piena T100 (durata 12 h – fonte AdB)

I risultati della simulazione dell'evento con tempo di ritorno 100 anni e durata 12 ore (derivante dall'analisi idrologica sviluppata dall'AdB), ottenuti considerando lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nella Figura 10.18, nonché nella tabella 10.13.

Si osserva come l'intervento tende a perdere efficacia, pur comportando un significativo effetto di riduzione del colmo e, soprattutto del volume di piena.

Rispetto all'attuale condizione di funzionamento, il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso nei confronti della riduzione dell'entità dell'evento di piena resta, comunque, di notevole entità.

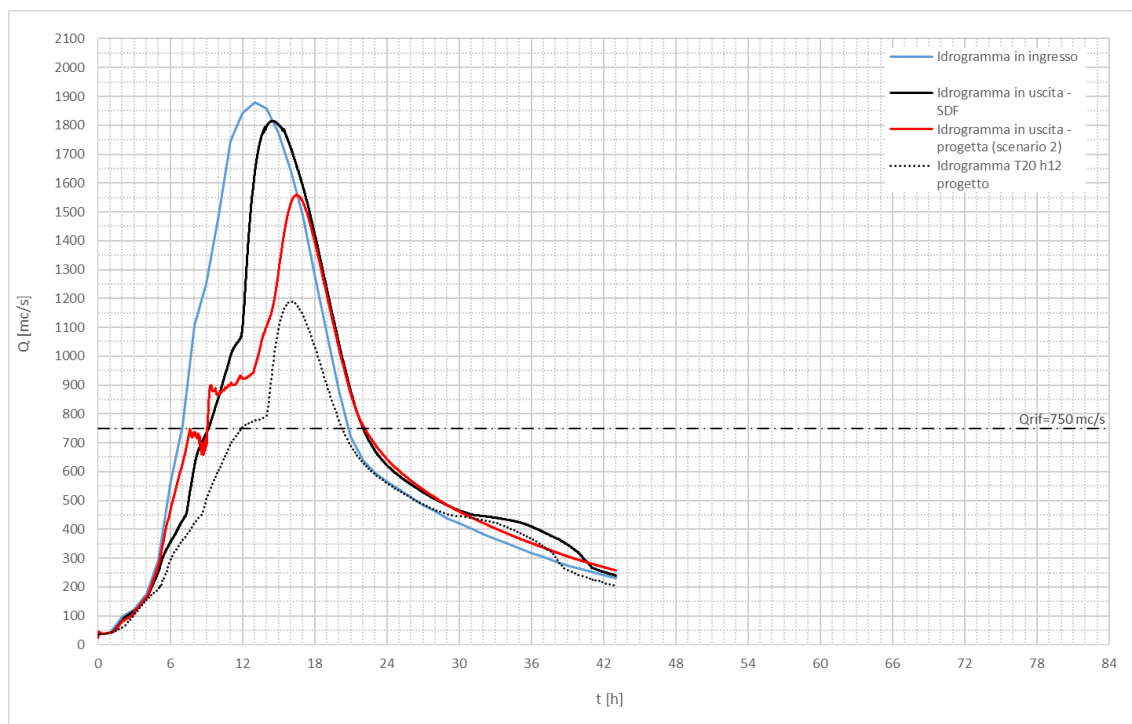


Figura 10.18: Evento sintetico T100 h12 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T100 h12 (SDF)	1.926	1.814	48,80	44,39	48,95	48,93	13.552	97.2
Evento T100 h12 (progetto)	1.926	1.558	49,59	44,32	49,64	49,63	19.972	89.8

Tabella 10.13: Evento sintetico T100 h 12 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.3.5 Evento di piena T200 (durata 12 h – fonte AdB)

I risultati della simulazione dell'evento con tempo di ritorno 200 anni e durata 12 ore (derivante dall'analisi idrologica sviluppata dall'AdB), ottenuti considerando lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nella Figura 10.19, nonché nella tabella 10.14.

Si osserva come l'intervento ha perso gran parte della sua efficacia, pur comportando ancora una buona riduzione del colmo e del volume di piena.

Rispetto all'attuale condizione di funzionamento, il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso nei confronti della riduzione dell'entità dell'evento di piena resta, comunque, ampio.

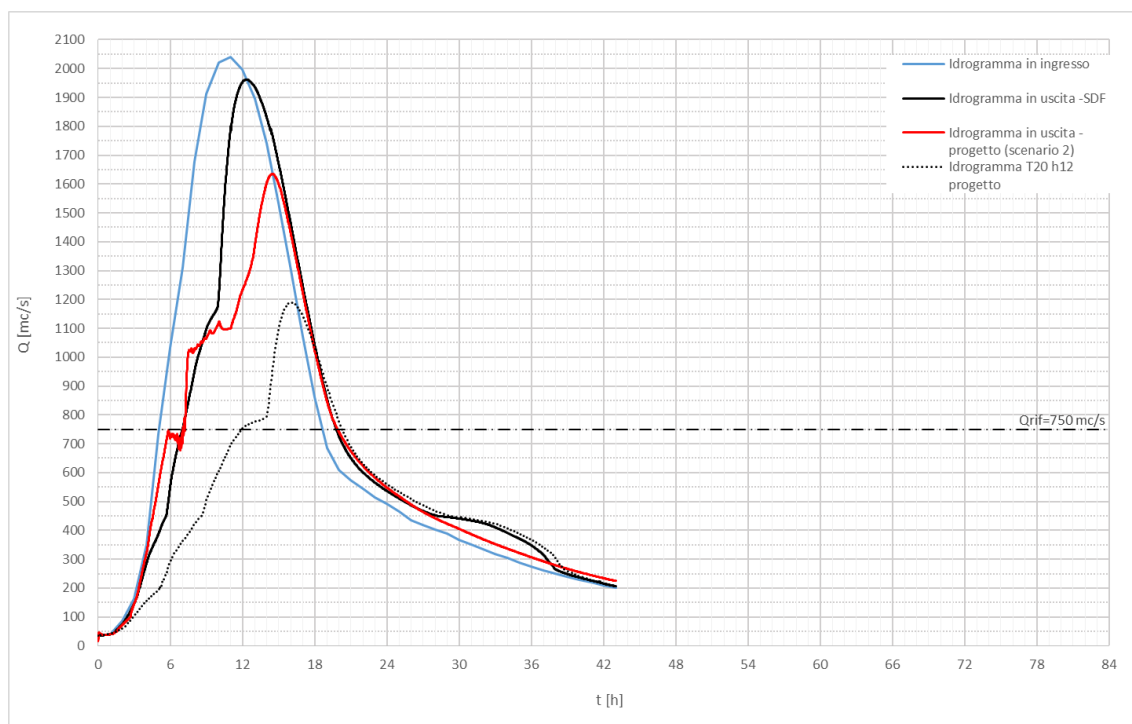


Figura 10.19: Evento sintetico T200 h12 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T200 h12 (SDF)	2098	1.962	48,98	44,61	49,14	49,12	13.930	99.9
Evento T200 h12 (progetto)	2.098	1.634	49,65	44,37	49,70	49,70	20.158	90.6

Tabella 10.14: Evento sintetico T200 h 12 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.3.6 Evento di piena T200 (durata 24 h – fonte AdB)

I risultati della simulazione dell'evento con tempo di ritorno 200 anni e durata 24 ore (derivante dall'analisi idrologica sviluppata dall'AdB), ottenuti considerando lo scenario 2 di realizzazione dell'intervento, sono riportati nella Figura 10.20, nonché nella tabella 10.15.

Si osserva come l'intervento ha perso la sua efficacia, pur comportando ancora una discreta riduzione del volume di piena.

Rispetto all'attuale condizione di funzionamento, il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso nei confronti della riduzione dell'entità dell'evento di piena resta, comunque, presente.

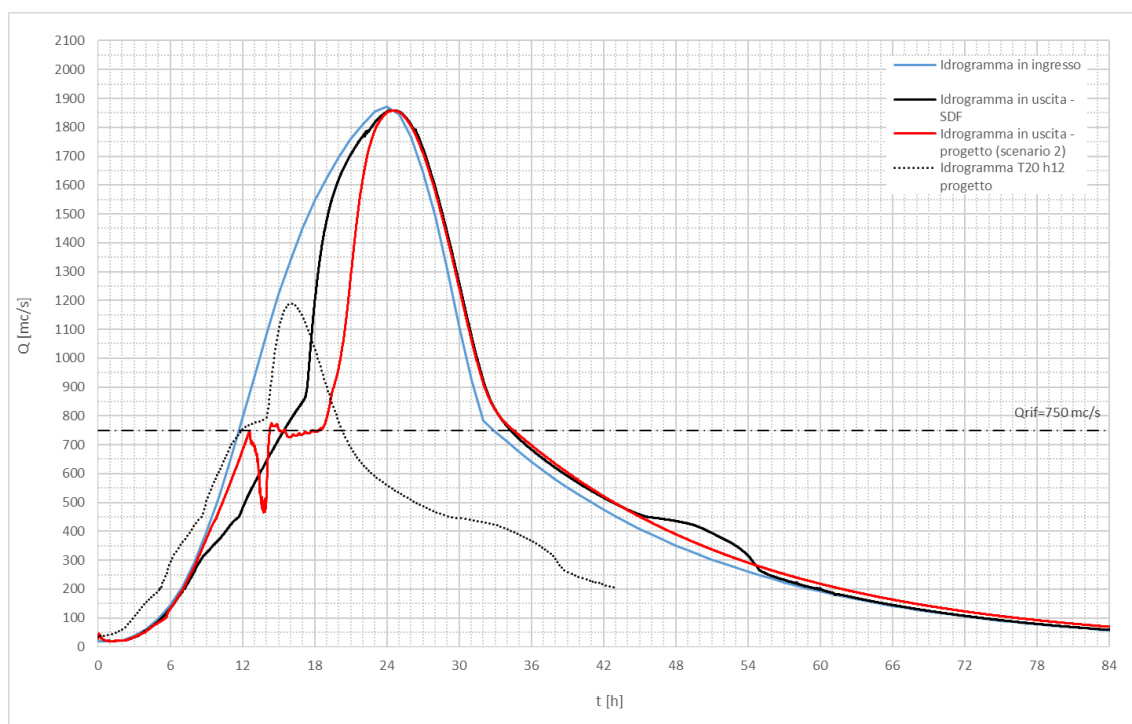


Figura 10.20: Evento sintetico T200 h24 (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T200 h24 (SDF)	1.883	1.859	48,86	44,46	49,00	48,99	13.665	98.0
Evento T200 h24 (progetto)	1.883	1.858	49,82	44,53	49,88	49,87	20.636	92.7

Tabella 10.15: Evento sintetico T200 h 24 (scenario 2) - dati riassuntivi

10.3.7 Evento di piena T100 (fonte: “progetto Magistrato per il Po”)

Di seguito sono riportati i risultati della simulazione eseguita utilizzando l'evento con tempo di ritorno 100 anni assunto dai progettisti di AIPO per il dimensionamento e la verifica idraulica dell'opera esistente.

La simulazione è interessante perché l'idrogramma di cui sopra ha valori di portata al colmo e volume paragonabili ad un evento che, nella trattazione idrologica dell'Autorità di Bacino, assumerebbe un tempo di ritorno intermedio tra i 20 ed i 50 anni

I suddetti risultati sono riportati nella Figura 10.21, nonché nella tabella 10.16.

Volendo dare una valutazione d'assieme al risultato ottenuto, si osserva come la piena venga adeguatamente laminata, seppur senza raggiungere il rapporto ottimale di decapitazione del colmo: ampio appare, infatti, il miglioramento dell'efficienza del sistema d'invaso nell'abbattimento del colmo di piena rispetto alla condizione attuale. Inoltre, comparando l'idrogramma laminato in uscita a valle della traversa con l'evento di progetto delle arginature di valle (vedi sempre figura 10.21), si osserva come questi risultino comparabili tra loro e che quindi si possa ritenere che un evento di simili dimensioni possa transitare lungo l'asta di valle, ancora in condizioni di sicurezza.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

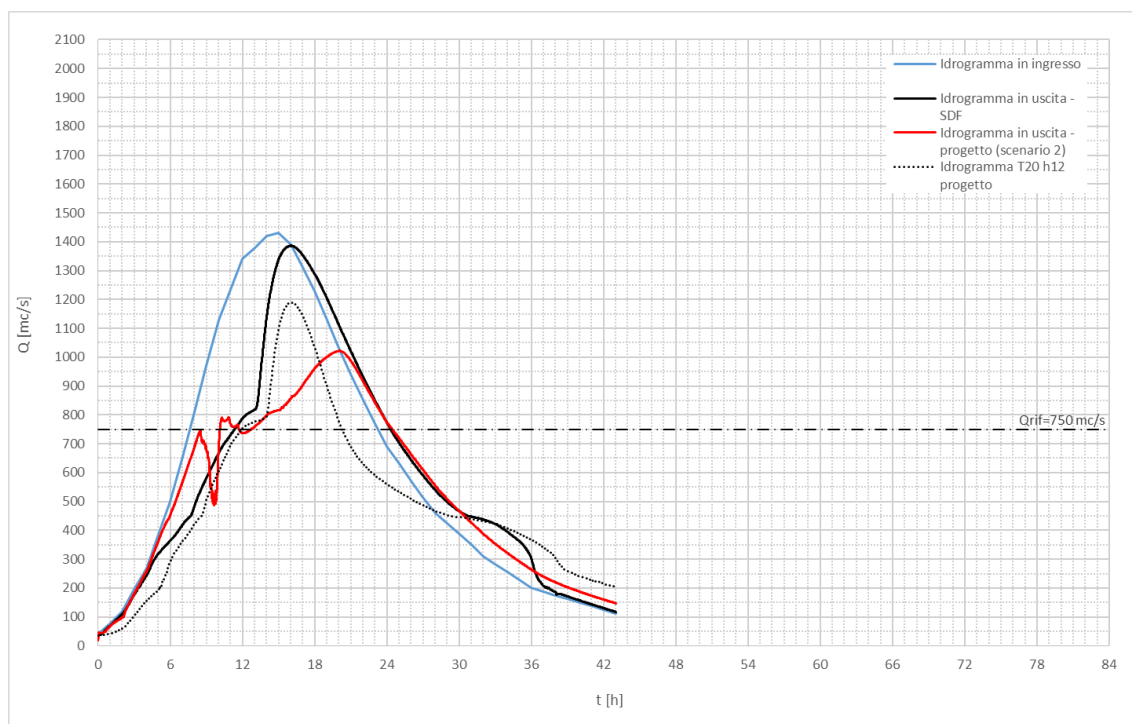


Figura 10.16: Evento sintetico T100 AIPO (scenario 2) - idrogrammi riassuntivi

	Q _{max}		Traversa		Invaso			
	Ingresso	Uscita	Livello a monte	Livello a valle	Livello a monte	Livello invaso	Volume	Grado di riempim.
	m ³ /s	m ³ /s	m slm	m slm	m slm	m slm	10 ³ m ³	%
Evento T100 AIPO (SDF)	1.430	1.386	48,23	43,85	48,34	48,33	12.337	88.5
Evento T100 AIPO (prg)	1430	1.022	49,09	43,93	49,11	49,11	18.537	83.3

Tabella 10.16: Evento sintetico T100 AIPO (scenario 2) - dati riassuntivi

11 EFFETTO DELL'OPERA SULL'AREA GOLENALE A VALLE DELLO SBARRAMENTO

Nel presente capitolo si riportano le simulazioni svolte per stimare gli effetti prodotti dalla realizzazione degli interventi di progetto) sulla propagazione di eventi di piena lungo l'asta di valle del corso d'acqua nell'area golenale di valle compresa tra lo sbarramento e l'attraversamento della A1. Tale "cassa naturale" troverà peraltro una migliore funzionalizzazione, necessaria anche in virtù della realizzazione degli interventi sui manufatti previsti nel lotto 1 oltre che della necessità di garantire comunque un migliore livello di sicurezza per i territori a tergo, mediante la creazione del nuovo argine golenale in sinistra idraulica intestato a valle sul rilevato dell'A1.

La realizzazione dell'argine golenale, previsto già in prima fase (lotto 1) e le cui quote sono state valutate in relazione alla necessità di non determinare potenziali situazioni di trasferimento del rischio verso le infrastrutture di valle (con particolare riferimento alle abitazioni e cascate sparse nell'areale in sinistra idraulica compreso tra la cassa e l'autostrada A1), determinerà comunque un incremento del livello di sicurezza dei territori.

L'area compresa tra il manufatto in alveo e la A1 è infatti, attualmente, oggetto di esondazioni frequenti. Tale frequenza è tuttavia, nello stato di fatto, ridotta dall'anomalo funzionamento del manufatto in alveo, che lamina significativamente idrogrammi di picco pari a 200-400 m³/s impedendo, di fatto, l'allagamento di tale area (che, è appena il caso di ricordare, risulta interna alla fascia B) e classificata come area soggetta ad Alluvioni Frequenti H-P3 nel P.G.R.A.

In proposito è bene ricordare che l'entità di tale laminazione non è solo funzione del picco di portata dell'idrogramma ma anche dalla sua forma: da ciò ne deriva che le valutazioni che seguiranno sono da intendersi corrette ma non a carattere assoluto.

Il nuovo manufatto regolatore A1, trasparente per idrogrammi con picco fino a 750 m³/s, modificherebbe, in peggio, l'attuale frequenza di allagamento delle abitazioni e cascate poste in golena nell'areale in sinistra idraulica compreso tra la

cassa e l'autostrada A1. Da qui la necessità di realizzare, sin dalla prima fase, tale nuova difesa golenale. In questo mutato quadro di assetto difensivo complessivo, le quote di tale difesa sono state quindi calibrate garantendo l'attuale frequenza d'esondazione con l'accortezza di non determinare aggravi verso valle (e potenziali interessamenti dell'infrastruttura autostradale) riconducibili al contenimento delle portate in alveo, con conseguenti incrementi di livello, determinati dal nuovo argine. La simulazione sotto rappresentata, svolta nella prima fase della presente progettazione mediante modello bidimensionale, mostra, ad esempio, come un idrogramma con picco pari a $500 \text{ m}^3/\text{s}$ determina una situazione di allagamento della golenale sinistra nello stato attuale, mentre nella configurazione di progetto con l'argine in progetto (argine golenale) si ottiene il contenimento di tale portata.

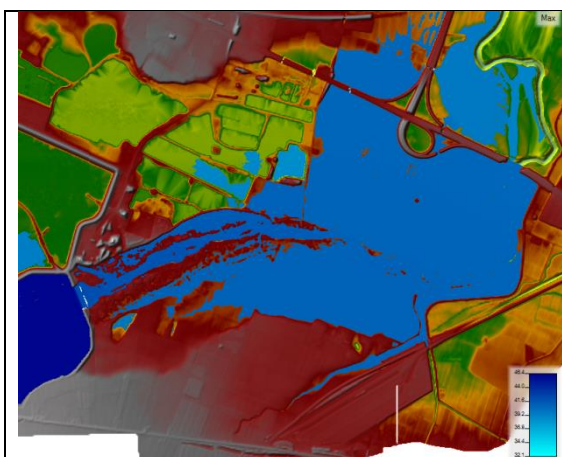


Figura 3: Stato di fatto - idrogramma in ingresso con picco pari a $500 \text{ m}^3/\text{s}$

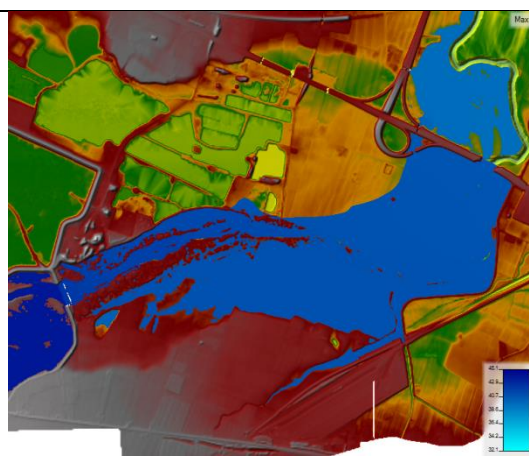


Figura 4: Stato di progetto – idrogramma in ingresso con picco a $500 \text{ m}^3/\text{s}$

Tale valore di portata risulta superiore alla soglia di $350\text{-}400 \text{ m}^3/\text{s}$, dal quale, sempre sulla base delle modellazioni eseguite mediante il primo allestimento del modello 2D, ha inizio l'esondazione dell'area golenale in sinistra idraulica.

L'arginatura golenale è stata pertanto progettata per il contenimento di una portata di $500 \text{ m}^3/\text{s}$, valore che nello stato attuale (senza adeguamento della cassa e senza argine golenale) determina esondazione dell'area in sinistra, e che a seguito degli interventi di progetto sopra indicati viene contenuta (pur con franchi ridotti, trattandosi di argine golenale).

In termini di frequenza, e con riferimento alla statistica dei colmi di piena dell'Autorità di Bacino, il valore di portata di 500 m³/s corrisponde ad un Tempo di ritorno di circa 2 anni, mentre a 400 m³/s è associabile un Tempo di ritorno di 1 anno e mezzo circa. Nelle successive tabelle si riporta un sintesi di quanto sopra esposto.

STATO ATTUALE

T	Q monte manufatto di regolazione A1	Q valle manufatto di regolazione A1	Allagamento golendale
(anni)	(mc/s)	(mc/s)	
1,6	400	300	NO
2,0	500	400	SI

DOPO INTERVENTO SENZA ARGINE GOLENALE

T	Q monte manufatto di regolazione A1	Q valle manufatto di regolazione A1	Allagamento golendale
(anni)	(mc/s)	(mc/s)	
1,6	400	400	SI
2,0	500	500	SI

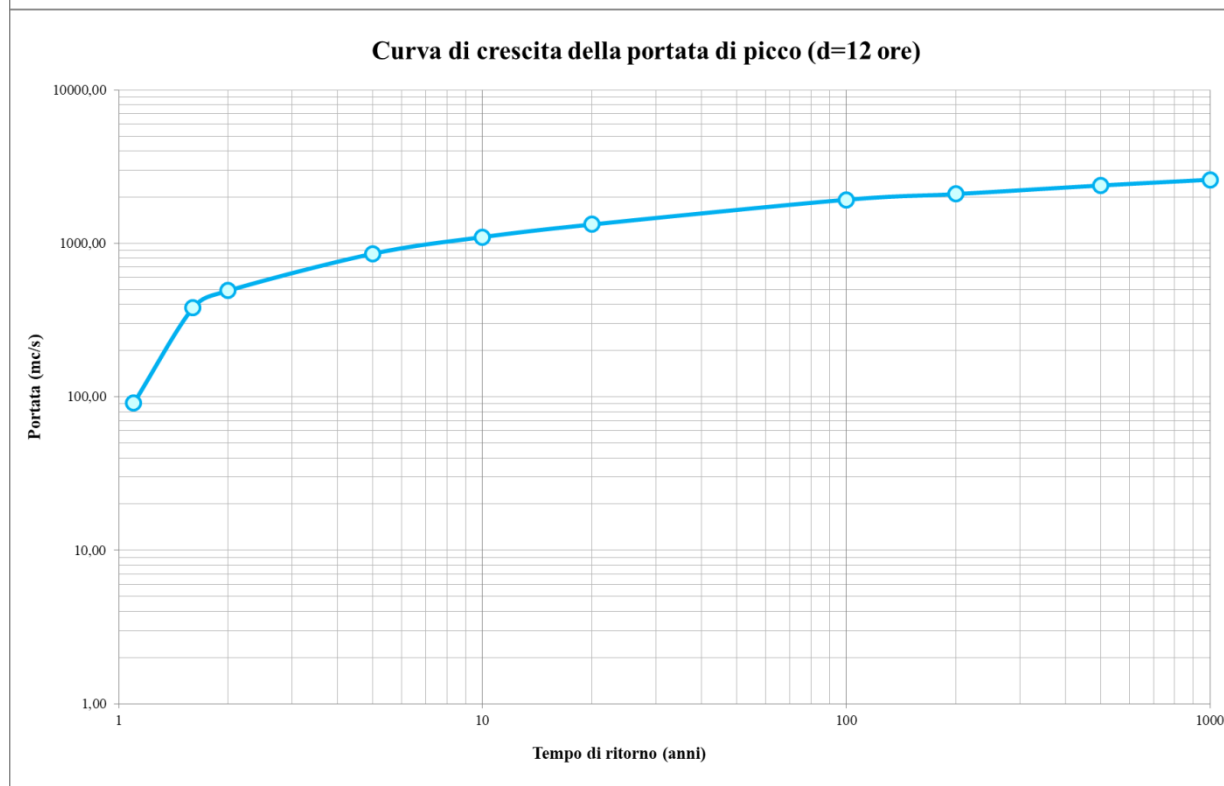
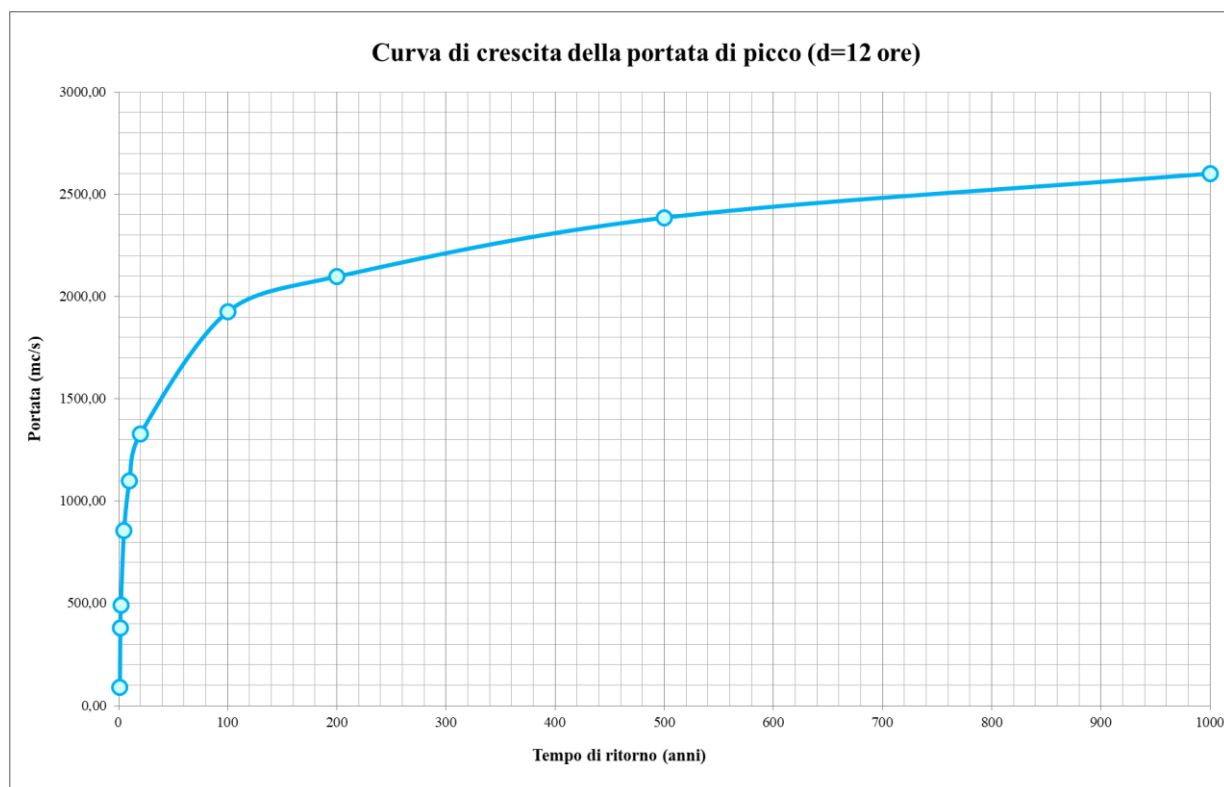
DOPO INTERVENTO CON ARGINE GOLENALE

T	Q monte manufatto di regolazione A1	Q valle manufatto di regolazione A1	Allagamento golendale
(anni)	(mc/s)	(mc/s)	
1,6	400	400	NO
2,0	500	500	NO

Nelle successive figure vengono riportate le curve di crescita (Tempo di ritorno, Portate) utilizzate (anche in piano bi logaritmico per una più agevole lettura sui bassi T_R).

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



E' quindi confermata l'attuale frequenza di allagamento di tali aree rispetto alle attuali condizioni che, come già detto, godono del beneficio derivante dall'anomalo funzionamento del manufatto esistente che lamina anche le piccole portate.

12 EFFETTO DELL'OPERA SULL'ASTA DI VALLE

Nel presente capitolo si riportano le simulazioni svolte per stimare gli effetti prodotti dalla realizzazione degli interventi di progetto (nei diversi scenari) sulla propagazione di eventi di piena di varia entità lungo l'asta di valle del corso d'acqua (anche con riguardo al tratto finale canalizzato).

Come elemento di confronto e valutazione del risultato ottenuto (oltre alla comparazione con quanto accadrebbe attualmente), si è fatto riferimento all'idrogramma di progetto utilizzato per l'adeguamento delle suddette arginature e corrispondente *“all'evento ventennale prodotto da una pioggia di 12 ore e propagato verso valle in assenza di interventi all'invaso di Rubiera”*.

Comparando, infatti, tale evento con altri eventi di piena, sintetici e reali (così come modificati dall'intervento in esame), in corrispondenza delle sezioni del ponte dell'Autostrada A1 e di ponte Alto, si è potuto anche accertare il beneficio prodotto dall'opera in progetto in termini di incremento del tempo di ritorno dell'evento compatibile con il sistema di valle.

Inoltre, a conferma delle considerazioni esposte nel presente capitolo, nel successivo capitolo 12 si sono riportati i risultati delle simulazione svolte per valutare i benefici in termini di franchi idraulici di sicurezza, lungo tutto il tratto arginato di valle, per i principali eventi di piena, così come modificati dalle opere in progetto.

Per consentire, anche in questo caso, a chi legge una più rapida e chiara comprensione del risultato della specifica simulazione, si anticipa, nel seguito, come si è ritenuto di condensare il complesso dei risultati ottenuti dalla modellazione.

In particolare, nelle figure (relative alla sezione presso il ponte dell'Autostrada A1 e presso Ponte Alto) sono rappresentati i seguenti elementi di sintesi:

5. L'idrogramma di piena in assenza di intervento (linea continua nera).

Mandataria:



Mandanti:



6. L'idrogramma di piena in presenza dell'intervento (linea rossa).
7. L'idrogramma di riferimento (linea tratteggiata nera), ossia l'idrogramma delle portate utilizzato per il dimensionamento delle linee arginali a valle dell'invaso e corrispondente all'evento ventennale di durata 12 ore, propagato in assenza di intervento (vedi precedente paragrafo 5.3).

La tabella, a sua volta, contiene i seguenti dati riassuntivi (relativi sempre alle due sezioni d'alveo).

8. Portata massima corrispondente ai primi due idrogrammi sopra richiamati.
9. Scale delle durate corrispondente ai primi due idrogrammi sopra richiamati.

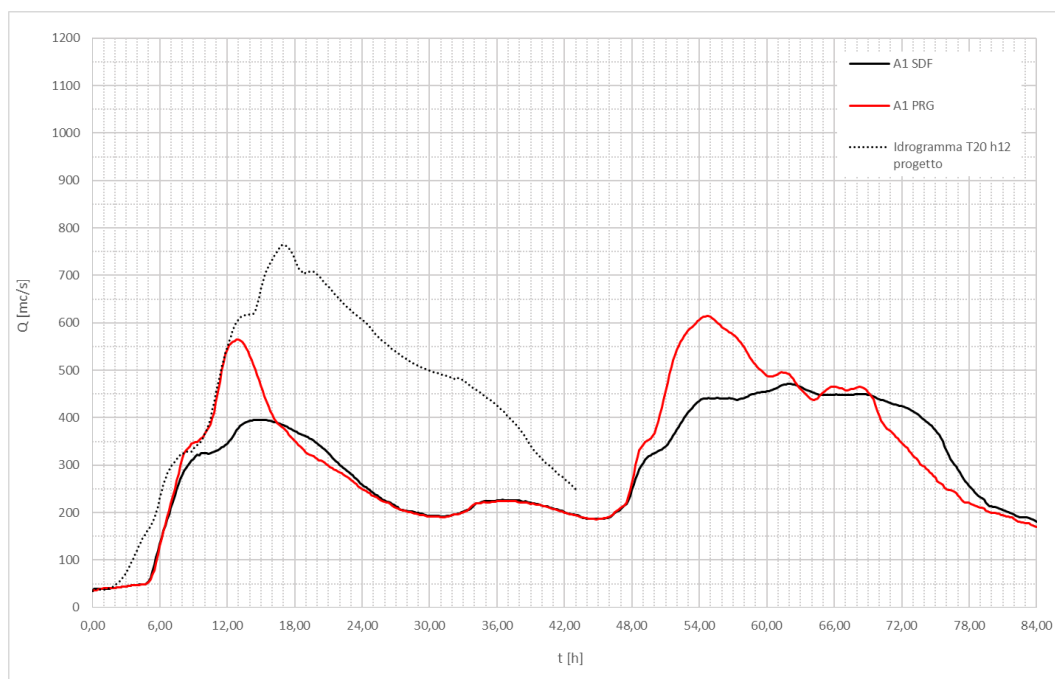


Figura 12.1: Modello figure successive.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]

Tabella 12.1: Modello tabelle successive.

12.1 Modello di calcolo

Per le simulazioni condotte in questo capitolo è stato utilizzato il modello “mono - bidimensionale” redatto dalla società ART per la predisposizione del progetto di adeguamento delle arginature di valle.

La condizione al contorno nella sezione di Ponte Alto è stata assunta pari a quella ottenibile dal suddetto modello “mono - bidimensionale” realizzato in HecRas e riportata nel seguito.

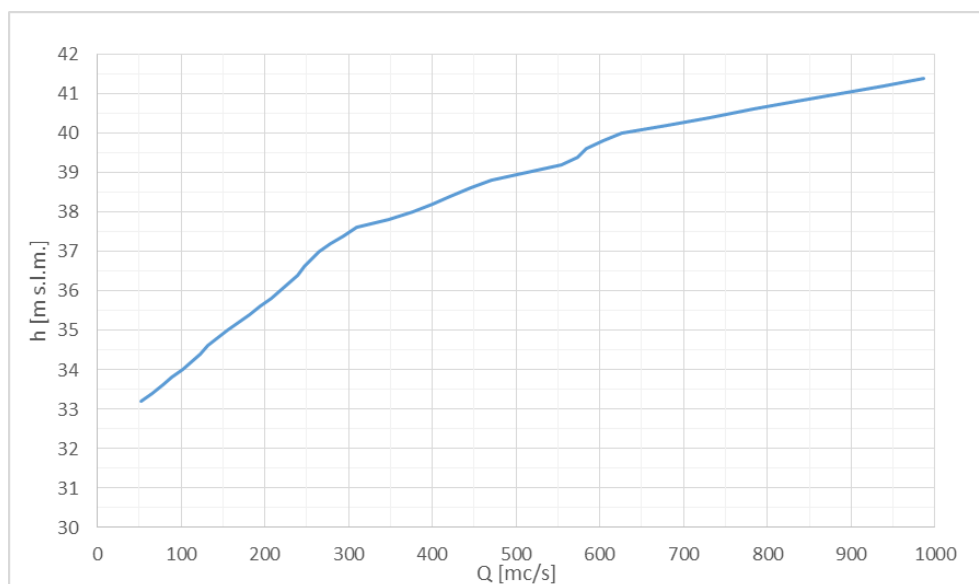


Figura 12.2: Scala di deflusso nella sezione di Ponte Alto

12.2 Simulazione degli eventi di piena reali

Nel presente paragrafo si riportano le simulazioni svolte per determinare gli effetti lungo l'asta di valle, che le opere previste avrebbero avuto, qualora realizzate, nel modificare la configurazione di alcuni eventi reali.

12.2.1 Evento dicembre 2009

A partire dai risultati riportati nella figura 10.5 del precedente paragrafo 10.2.1 (valida sia per lo scenario 1, che per lo scenario 2), la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.3 e 12.4, nonché nella tabella 12.2.

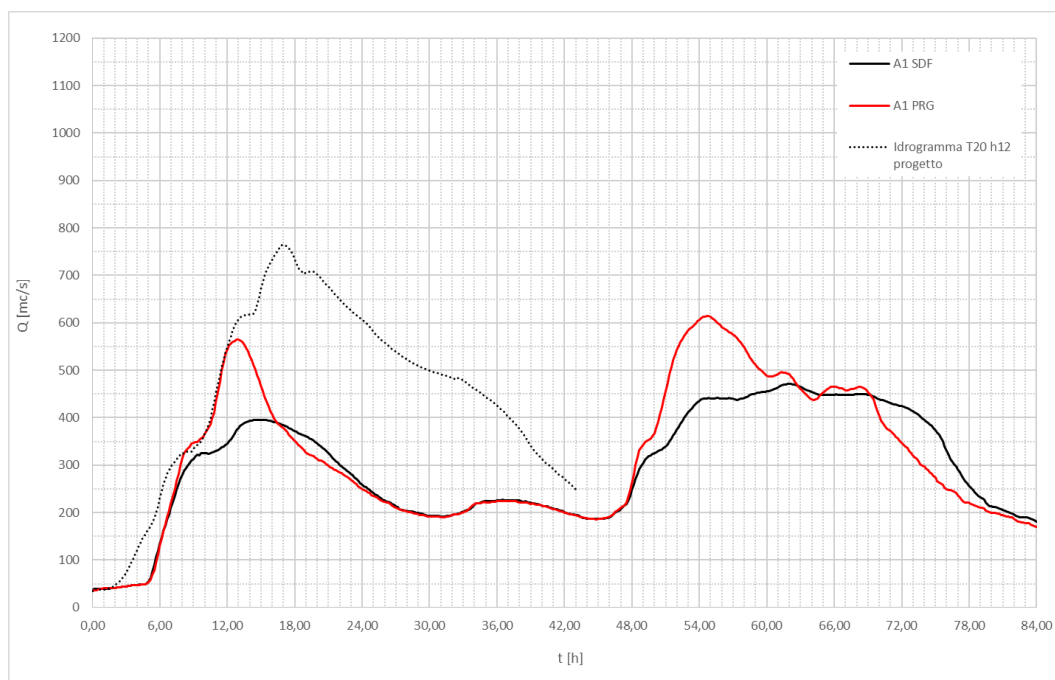


Figura 12.3: Evento dicembre 2009 (scenario 1/2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

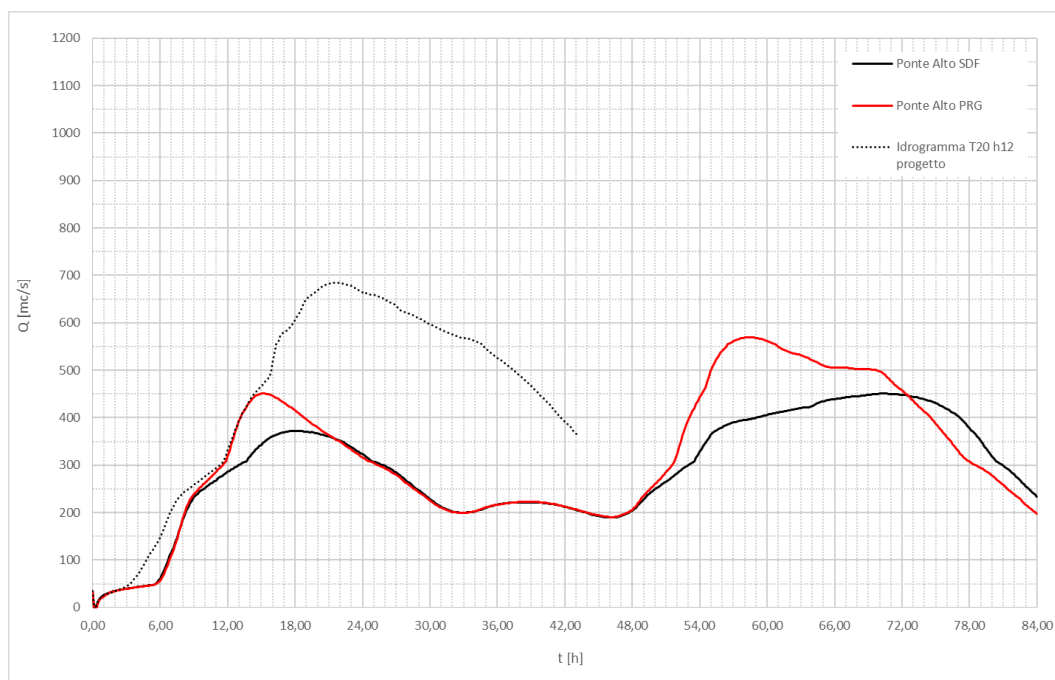


Figura 12.4: Evento dicembre 2009 (scenario 1/2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
471	0	570	0
		500	14,5
400	18,0	400	27,0

Tabella 12.2: Evento 2009 (scenario 1/2 - Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

Come può osservarsi dalle suddette figure e tabelle, poiché come già detto il valore delle portate al colmo dell'evento non ha superato mai la soglia dei 750 m³/s presso l'invaso, la regolazione non si è attivata e l'onda di piena è passata indisturbata attraverso l'opera, mantenendo una configurazione sostanzialmente coincidente a quella in ingresso a Rubiera, se non per l'eliminazione di oscillazioni puntuali.

Viceversa, nella attuale configurazione, l'evento provoca l'attivazione dell'invaso, con un abbattimento del colmo in ingresso.

Pur avvenendo una tale circostanza, esaminando gli idrogrammi ottenuti si può constatare che la piena non ha significativi comportamenti peggiorativi nel defluire verso valle, poiché l'ampia capacità di laminazione del corso d'acqua nel tratto compreso tra l'invaso e l'attraversamento di "Ponte Alto" la riconduce a caratteristiche dimensionali vicine a quelle ottenute simulando l'opera nella attuale configurazione e, comunque, compatibili con l'assetto di progetto del corso d'acqua.

12.2.2 Evento dicembre 2017

Per quanto riguarda lo scenario 1, a partire dai risultati riportati nella figura 10.7 del precedente paragrafo 10.2.2, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.5 e 12.6, nonché nella tabella 12.3; mentre, per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.8 del precedente paragrafo 10.2.2, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.7 e 12.8 nonché nella tabella 12.4.

Dall'osservazione dei risultati si può notare come nello scenario 1 l'intervento non ha particolari effetti sull'evento di piena (che mantiene sostanzialmente l'entità del colmo ed allunga le durate nell'intorno dei 400-500 m³/s), mentre, viceversa, nello scenario 2 l'attivazione dell'invaso porta a un miglioramento del defluire verso valle della piena, con una riduzione delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

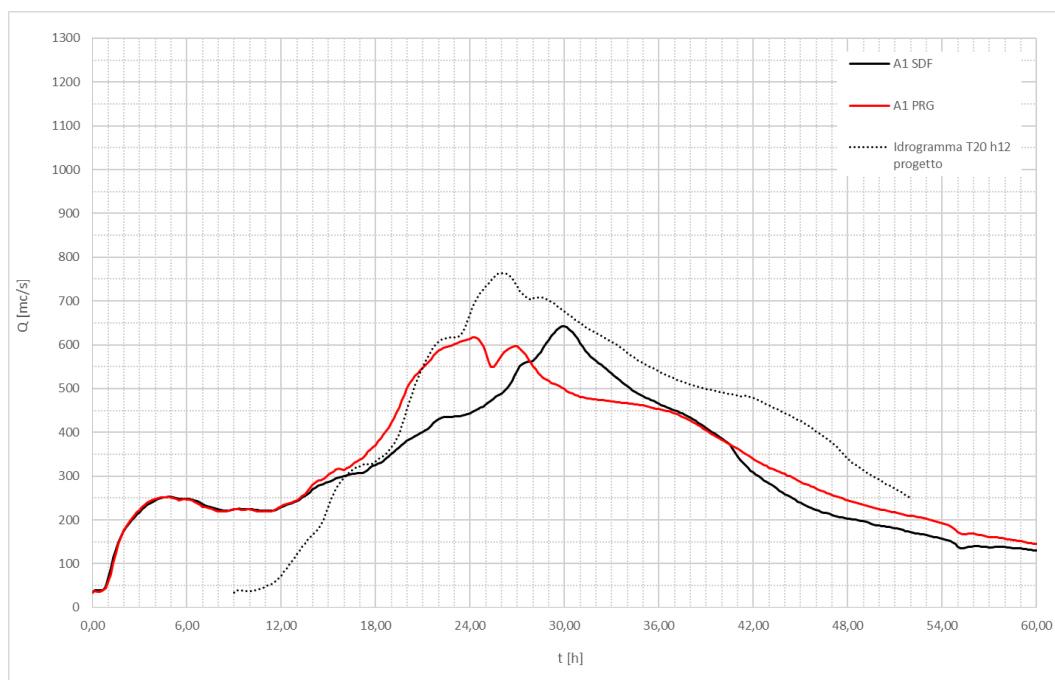


Figura 12.5: Evento dicembre 2017 (scenario 1) –idrogrammi di piena presso ponte A1.

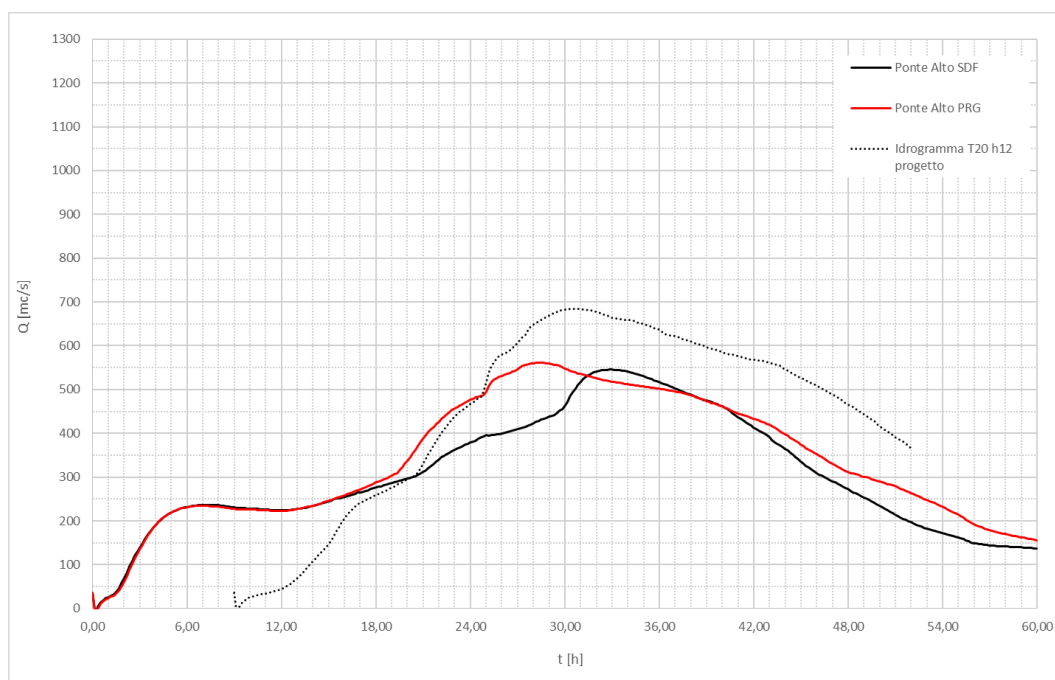


Figura 12.6: Evento dicembre 2017 (scenario 1) –idrogrammi di piena presso ponte Alto.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
545	0	561	0
500	6,5	500	11,16
400	16,33	400	22,5

Tabella 12.3: Evento 2017 (Scenario 1 - Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
545	0	538	0
500	6.5	500	5.16
400	16.33	400	11.84

Tabella 12.4: Evento 2017 (Scenario 2 - Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

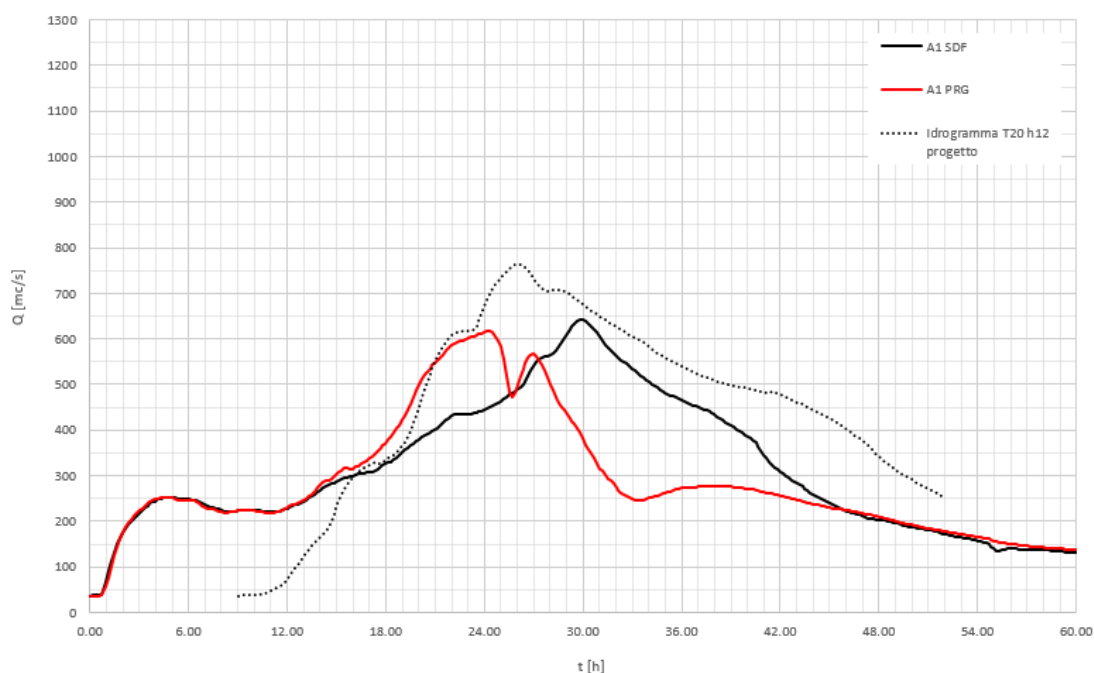


Figura 12.7: Evento dicembre 2017 (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

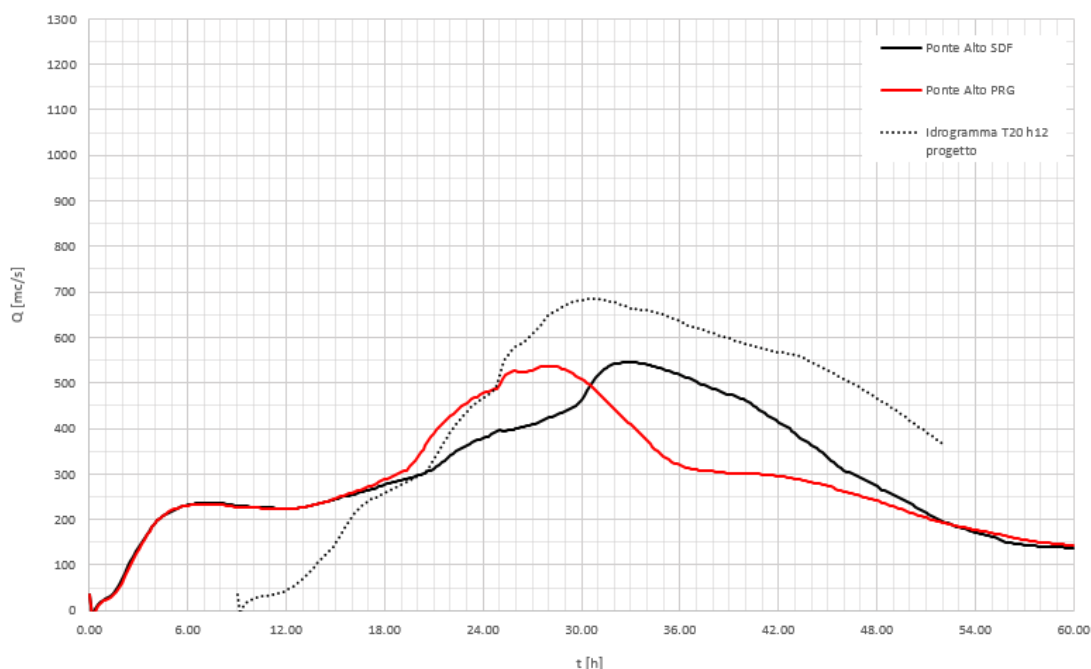


Figura 12.8: Evento dicembre 2017 (scenario 2) –idrogrammi di piena presso ponte Alto.

12.2.3 Evento maggio 2019

Per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.10 del precedente paragrafo 10.2.3, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.9 e 12.10 nonché nella tabella 12.5.

Dall'osservazione dei risultati si può notare come, nello scenario 2, l'attivazione dell'invaso porta a un miglioramento del defluire verso valle della piena, con una riduzione delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

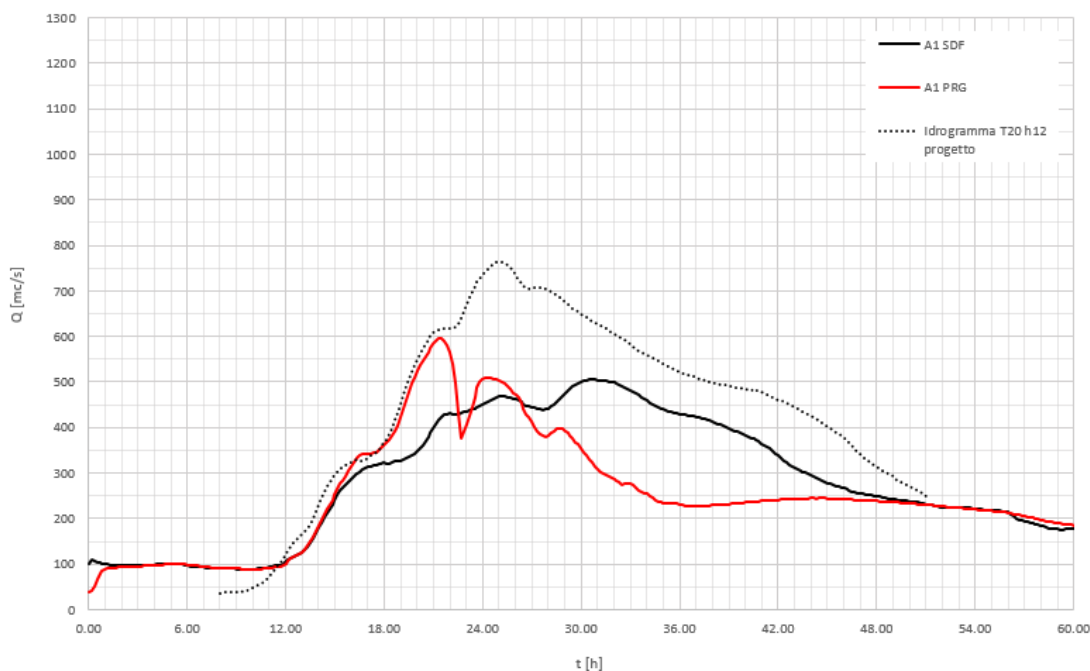


Figura 12.9: Evento maggio 2019 (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

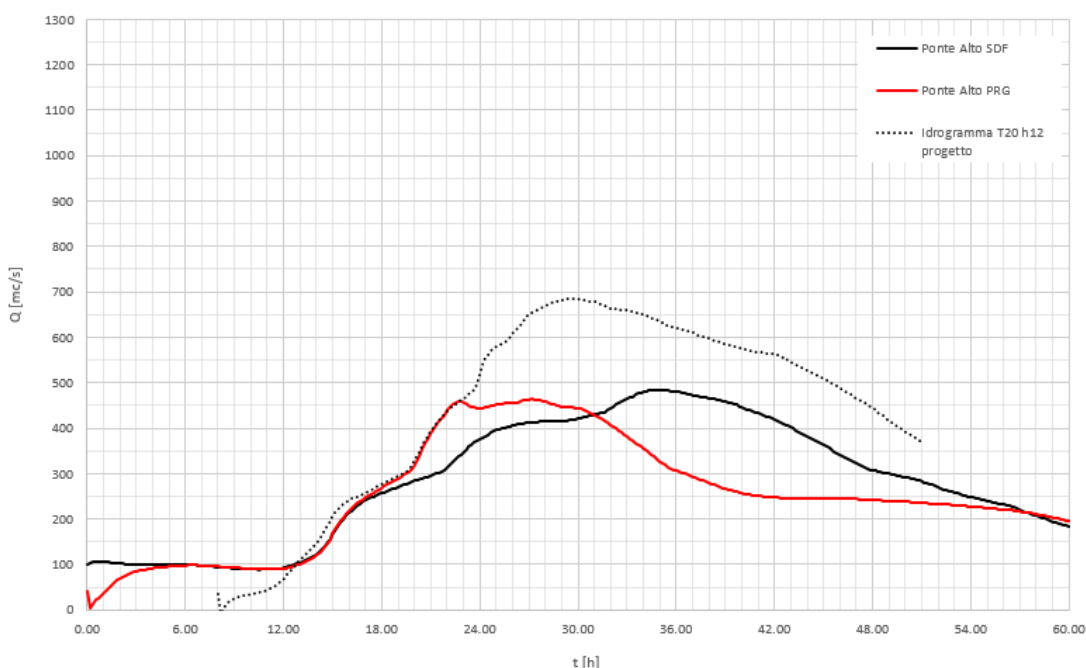


Figura 12.10: Evento maggio 2019 (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
484	0	464	0
400	17.5	400	10.84

Tabella 12.5: Evento 2019 (scenario 2 – Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

12.3 Simulazione degli eventi di piena di progetto

Nel presente paragrafo si riportano le simulazioni svolte per determinare gli effetti lungo l'asta di valle, che le opere previste avrebbero avuto, qualora realizzate, nel modificare la configurazione degli eventi sintetici di piena, con diverso tempo di ritorno e sviluppati con diverse metodologie idrologiche.

Come nel precedente capitolo 10, oltre ai principali idrogrammi di piena stimati nell'ambito dello Studio di fattibilità, redatto, nell'anno 2007, è stato considerato anche l'idrogramma di dimensionamento utilizzato nell'ambito del progetto "AIPO".

12.3.1 Evento di piena T20 (durata 12 ore)

Per quanto riguarda lo scenario 1, a partire dai risultati riportati nella figura 10.11 del precedente paragrafo 10.3.1, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.11 e 12.12, nonché nella tabella 12.6; mentre, per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.12 sempre del precedente paragrafo 10.3.1, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.13 e 12.14, nonché nella tabella 12.7.

Dall'osservazione dei risultati si può notare come nello scenario 1 l'intervento non ha particolari effetti sull'evento di piena (che mantiene sostanzialmente inalterata l'entità del colmo e delle durate nell'intorno dei 400-600 m³/s), mentre, viceversa, nello scenario 2 l'attivazione dell'invaso porta a un netto miglioramento del defluire verso

valle della piena, con una riduzione sia del colmo, che delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

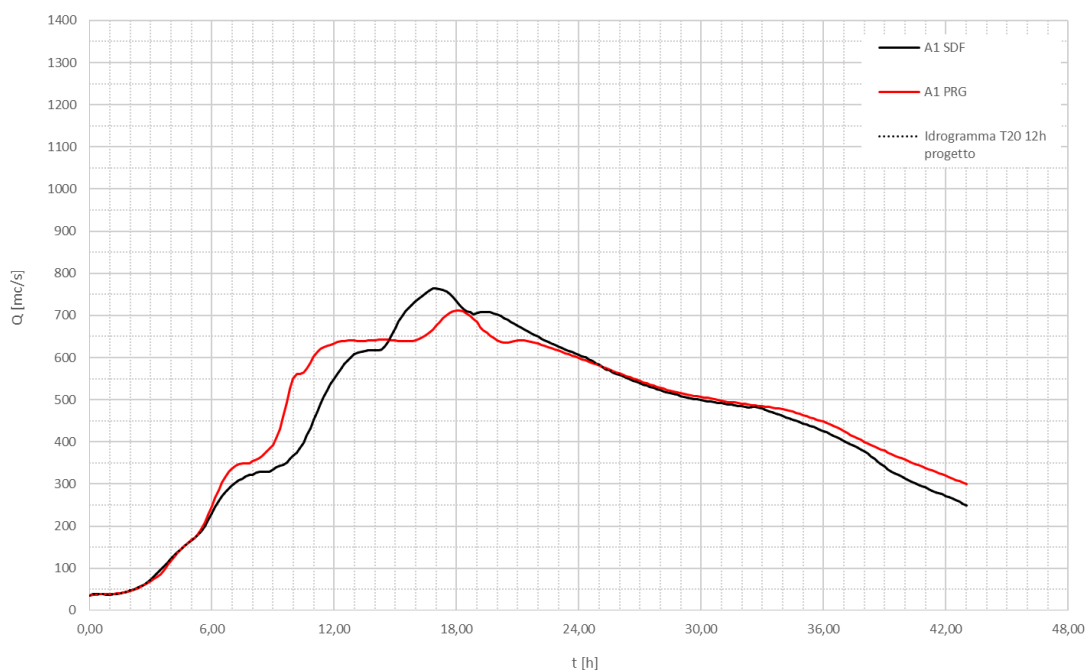


Figura 12.11: Evento TR20 durata 12 ore (scenario 1) – idrogrammi di piena ponte A1.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

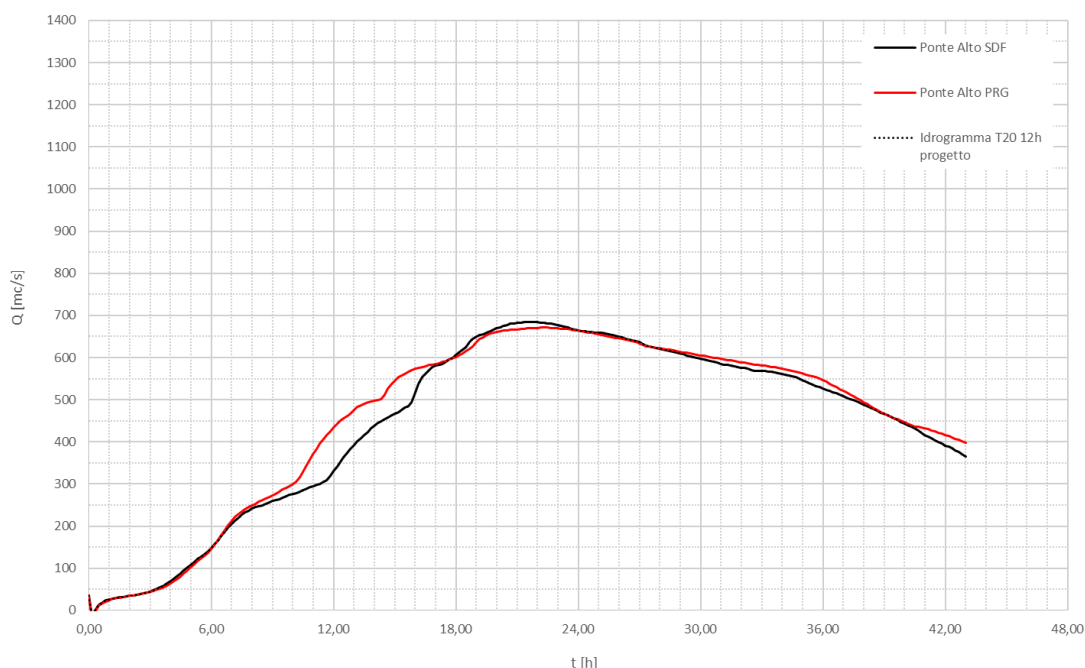


Figura 12.12: Evento TR20 durata 12 ore (scenario 1) – idrogrammi di piena presso ponte Alto

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
684	0	671	0
600	11,67	600	12,5
500	21,33	500	23,34
400	28,5	400	31,33

Tabella 12.6: Evento TR20 12 ore (scenario 1-Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
684	0	582	0
600	11.67		
500	21.33	500	15.5
400	28.5	400	26.33

Tabella 12.7: Evento TR20 12 ore (scenario 2-Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

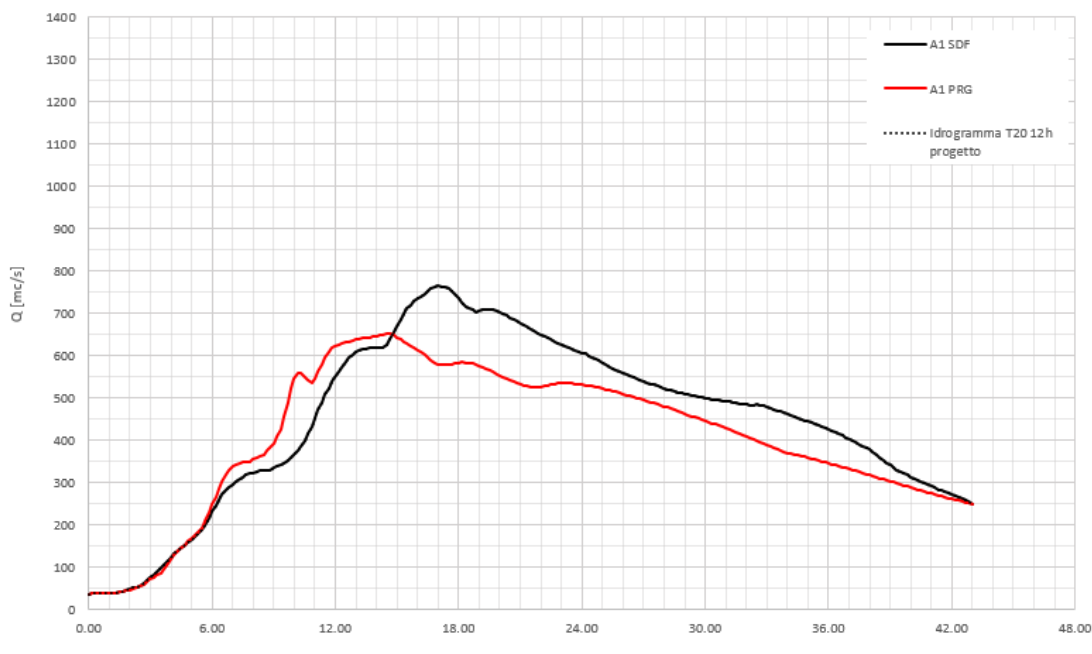


Figura 12.13: Evento TR20 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

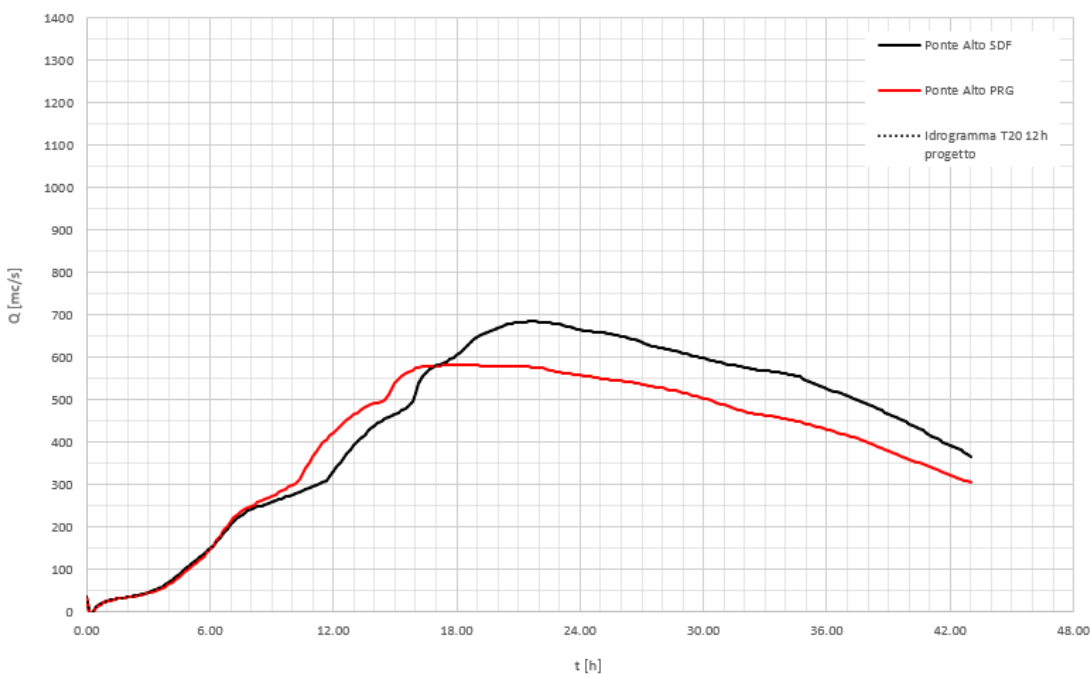


Figura 12.14: Evento TR20 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

12.3.2 Evento di piena T20 (durata 24 ore)

Per quanto riguarda lo scenario 1, a partire dai risultati riportati nella figura 10.13 del precedente paragrafo 10.3.2, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.15 e 12.16, nonché nella tabella 12.8; mentre, per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.14 sempre del precedente paragrafo 10.3.2, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.17 e 12.18, nonché nella tabella 12.9.

Dall'osservazione dei risultati si può notare come nello scenario 1 l'intervento non ha particolari effetti sull'evento di piena (che mantiene sostanzialmente inalterata l'entità del colmo e delle durate nell'intorno dei 400-700 m³/s), mentre, viceversa, nello scenario 2 l'attivazione dell'invaso porta a un netto miglioramento del defluire verso valle della piena, con una riduzione sia del colmo, che delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

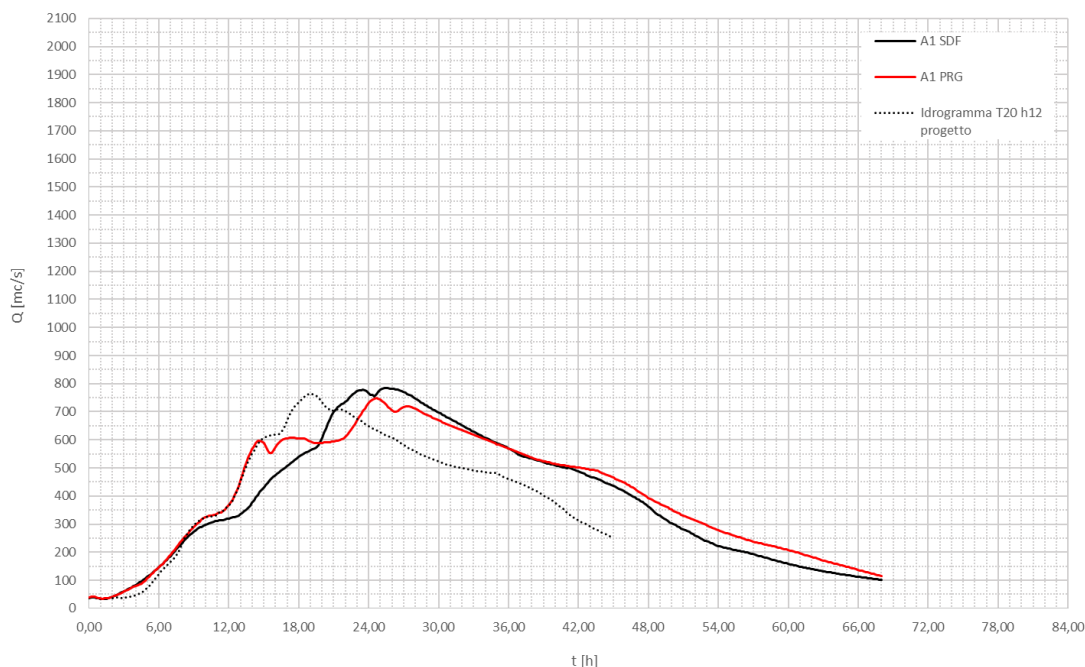


Figura 12.15: Evento TR20 durata 24 ore (scenario 1) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

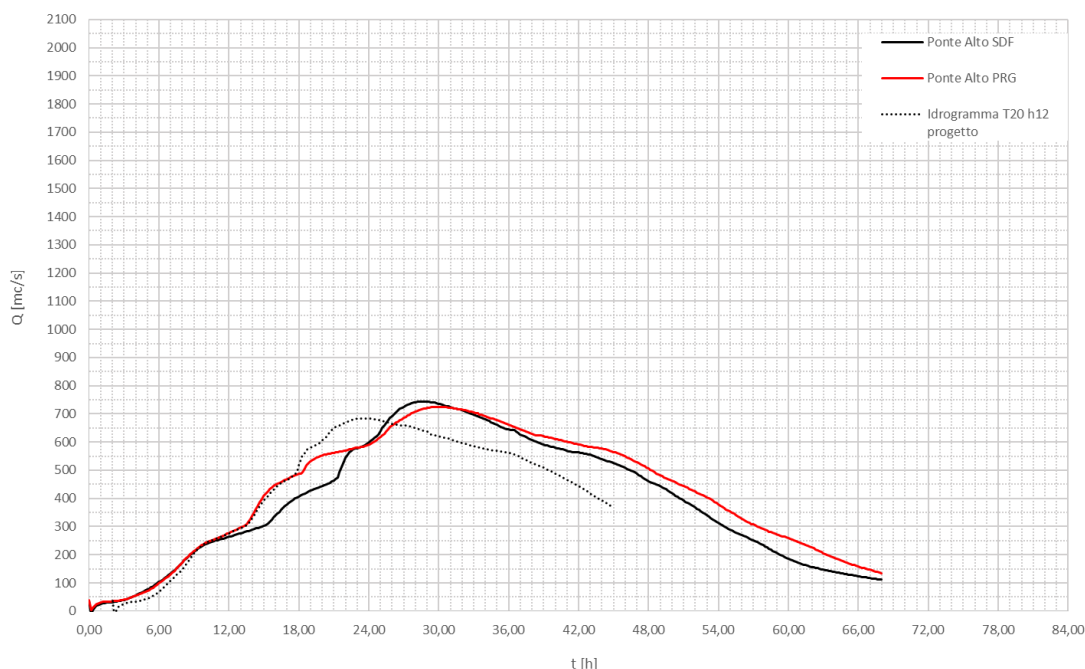


Figura 12.16: Evento TR20 durata 24 ore (scenario 1) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
744	0	725	0,00
700	6.5	700	5,66
600	14.16	600	16,50
500	24.66	500	29,67
400	32.84	400	38,17

Tabella 12.8: Evento TR20 24 ore (scenario 1-Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
744	0	607	0
700	6.5		
600	14.16	600	6.16
500	24.66	500	24.17
400	32.84	400	33.67

Tabella 12.9: Evento TR20 24 ore (scenario 2-Ponte Alto) – scale di durata delle portate > 400 m³/s.

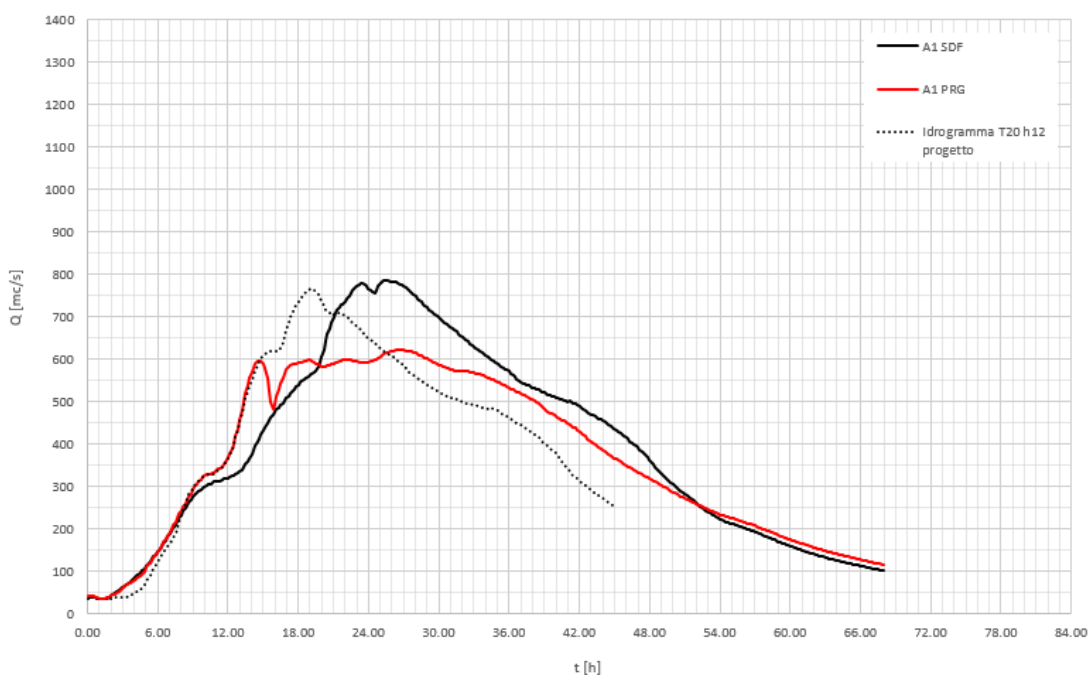


Figura 12.17: Evento TR20 durata 24 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

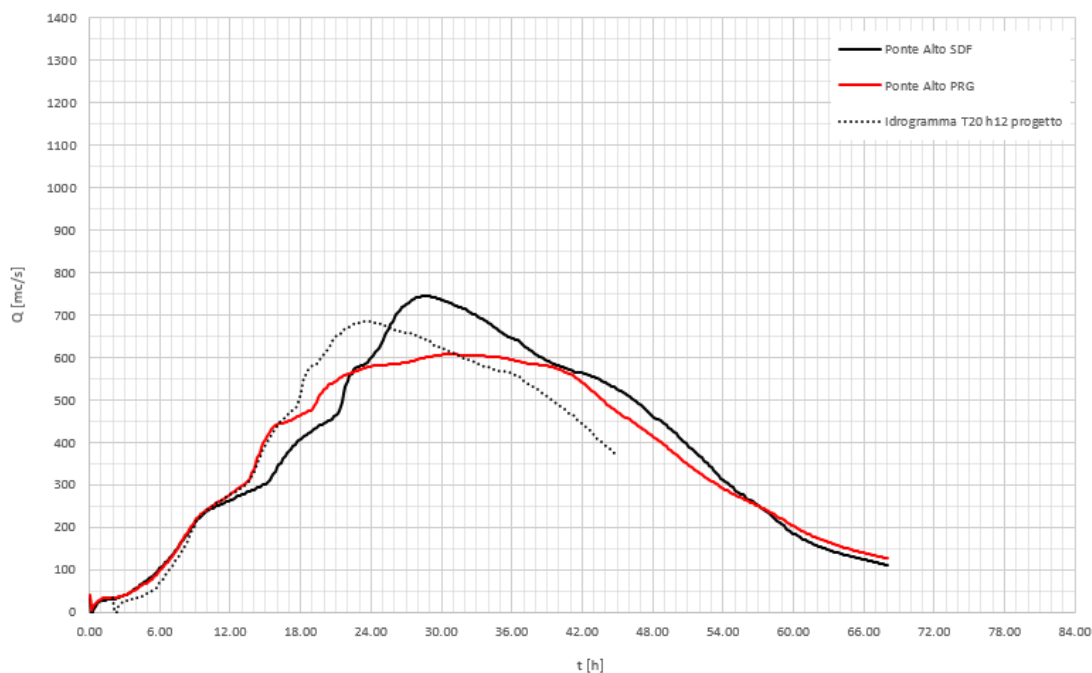


Figura 12.18: Evento TR20 durata 24 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

12.3.3 Evento di piena T50 (durata 12 ore)

Per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.17 sempre del precedente paragrafo 10.3.3, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.19 e 12.20, nonché nella tabella 12.10.

Dall'osservazione dei risultati si può notare, nello scenario 2, l'attivazione dell'invaso porta a un netto miglioramento del defluire verso valle della piena, con una riduzione sia del colmo, che delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

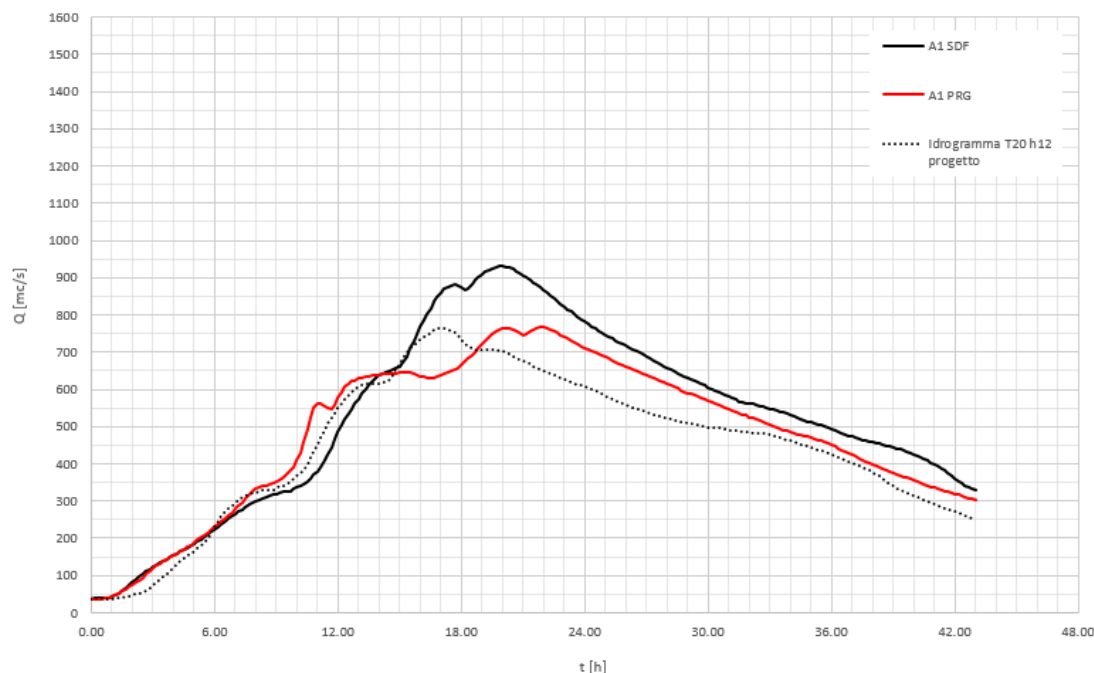


Figura 12.19: Evento TR50 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

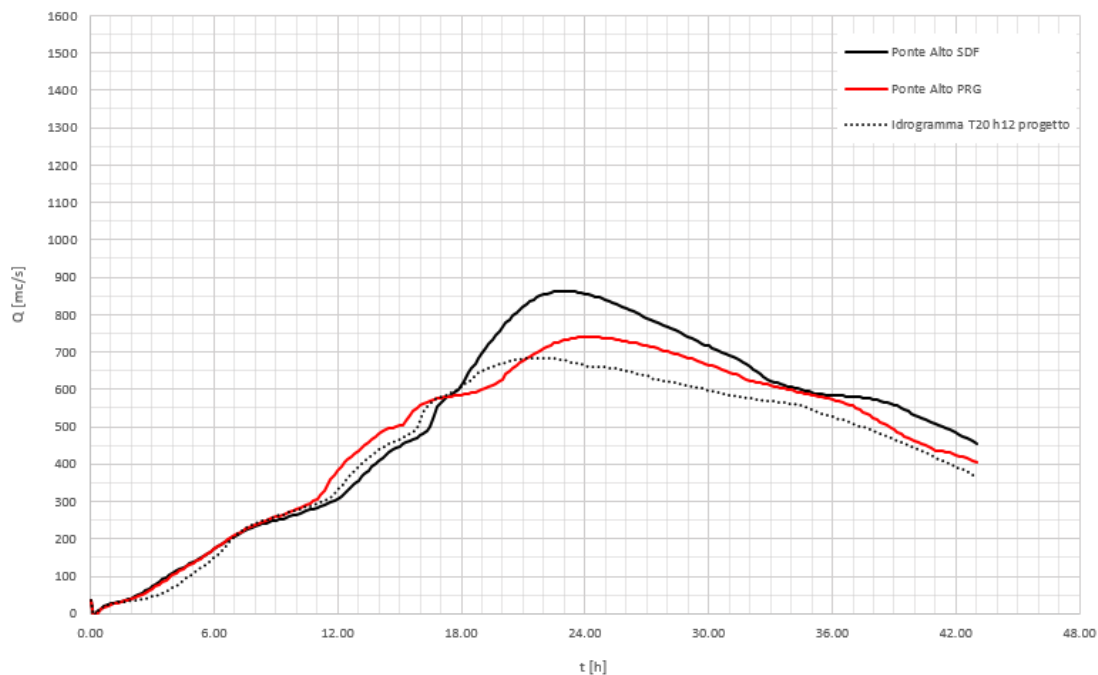


Figura 12.20: Evento TR50 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
863	0	740	0
800	5.83		
700	11.33	700	6.17
600	16.33	600	14.5
500	24.67	500	23.84
400	29.17	400	30.67

Tabella 12.10: Evento TR50 12 ore (scenario 2 – Ponte Alto) – scale durata delle portate > 400m³/s.

12.3.4 Evento di piena T100 (durata 12 ore)

Per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.18 sempre del precedente paragrafo 10.3.4, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.21 e 12.22, nonché nella tabella 12.11

Dall'osservazione dei risultati si può notare, nello scenario 2, la presenza dell'invaso nella nuova configurazione tende a perdere efficacia, pur comportando un modesto miglioramento del defluire verso valle della piena, con una riduzione sia del colmo, che delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

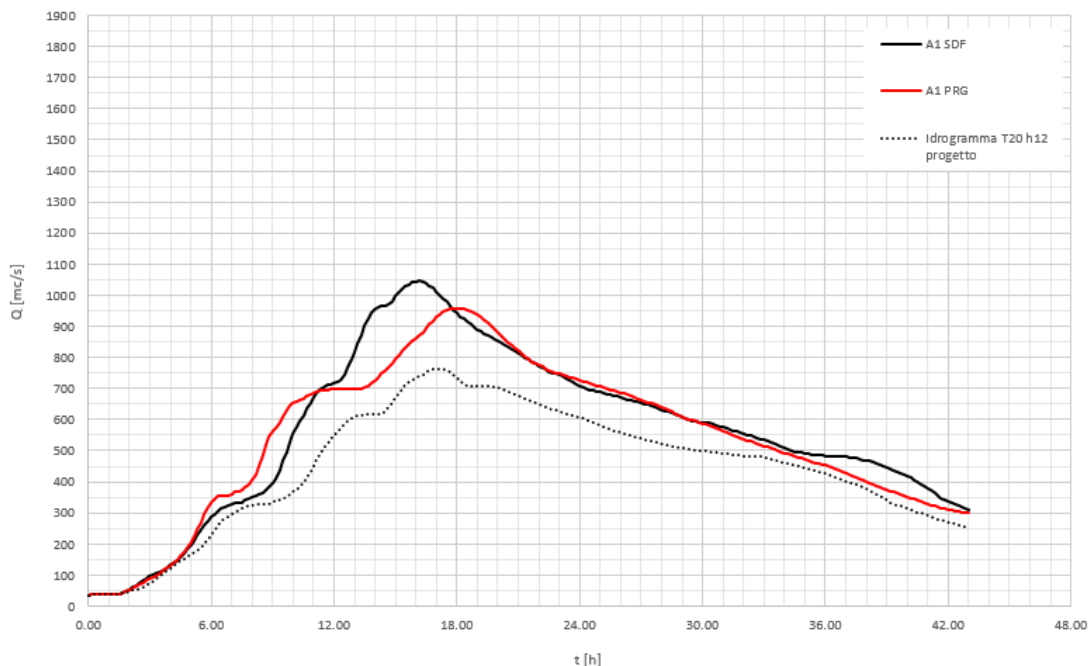


Figura 12.21: Evento TR100 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

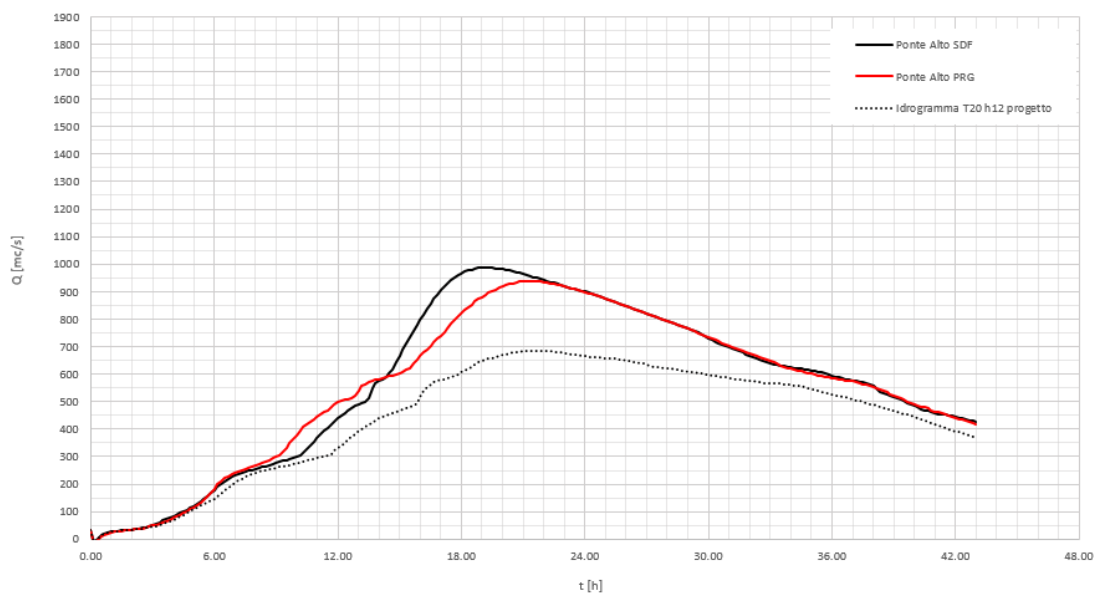


Figura 12.22: Evento TR100 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
988	0	938	0
900	6.83	900	4.33
800	11.5	800	9.84
700	15.5	700	14.5
600	21.17	600	20
500	26	500	27.5
400	31.5	400	32.67

Tabella 12.11: Evento TR100 12 ore (scenario 2– Ponte Alto) – scale durata delle portate $>400\text{m}^3/\text{s}$.

12.3.5 Evento di piena T200 (durata 12 ore)

Per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.19 sempre del precedente paragrafo 10.3.5, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.23 e 12.24, nonché nella tabella 12.12.

Dall'osservazione dei risultati si può notare, nello scenario 2, la presenza dell'invaso nella nuova configurazione perde efficacia, pur comportando un assai modesto miglioramento del defluire verso valle della piena.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

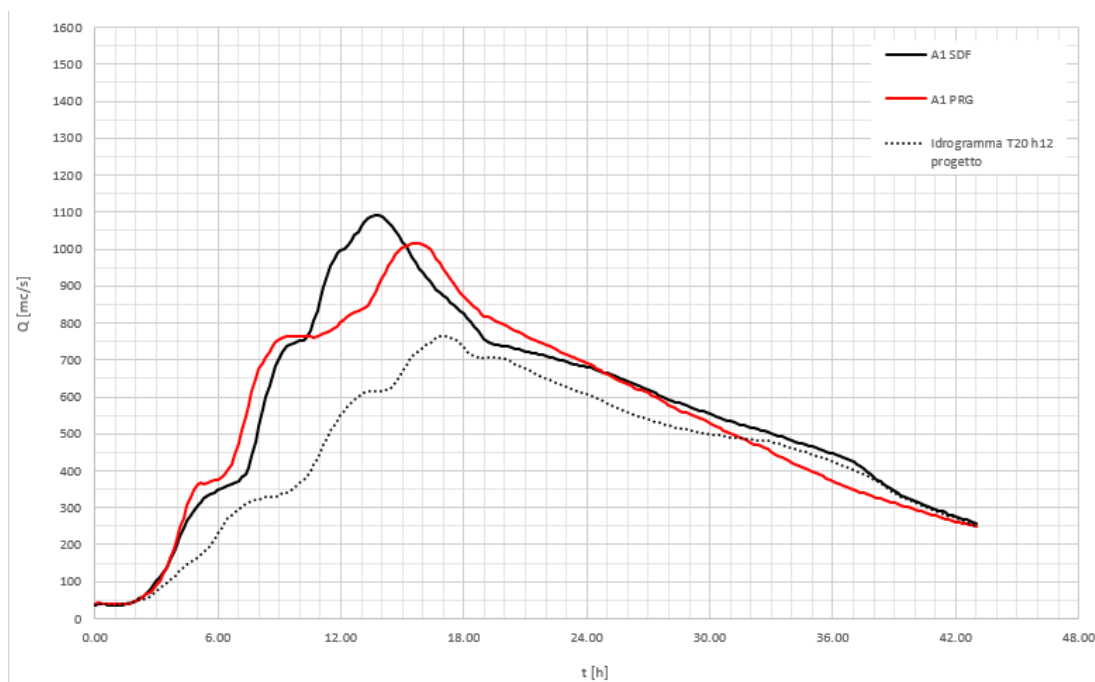


Figura 12.23: Evento TR200 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

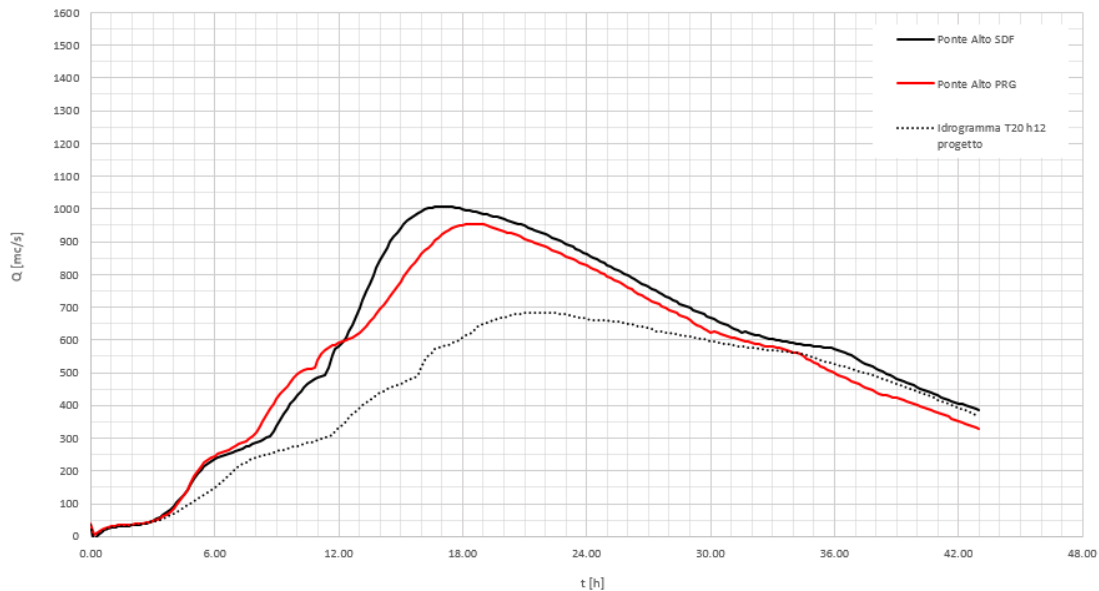


Figura 12.24: Evento TR200 durata 12 ore (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
1008	0	954	0
1000	1.5		
900	8	900	4.66
800	12	800	9.5
700	15.66	700	13.5
600	20.84	600	18.83
500	26.83	500	25.66
400	32.66	400	31.17

Tabella 12.12: Evento TR200 12 ore (scenario 2- Ponte Alto) – scale durata delle portate > 400m³/s.

12.3.6 Evento di piena T100 (fonte: “progetto Magistrato per il Po”)

Per quanto riguarda lo scenario 2, a partire dai risultati riportati nella figura 10.20 sempre del precedente paragrafo 10.3.6, la propagazione dell'evento di piena ha condotto ai risultati riassunti nelle figure 12.25 e 12.26, nonché nella tabella 12.13.

Dall'osservazione dei risultati si può notare, nello scenario 2, l'attivazione dell'invaso porta a un netto miglioramento del defluire verso valle della piena, con una riduzione sia del colmo, che delle durate di piena con alti valori di portata, rispetto a quelli ottenibili simulando l'opera nella sua attuale configurazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

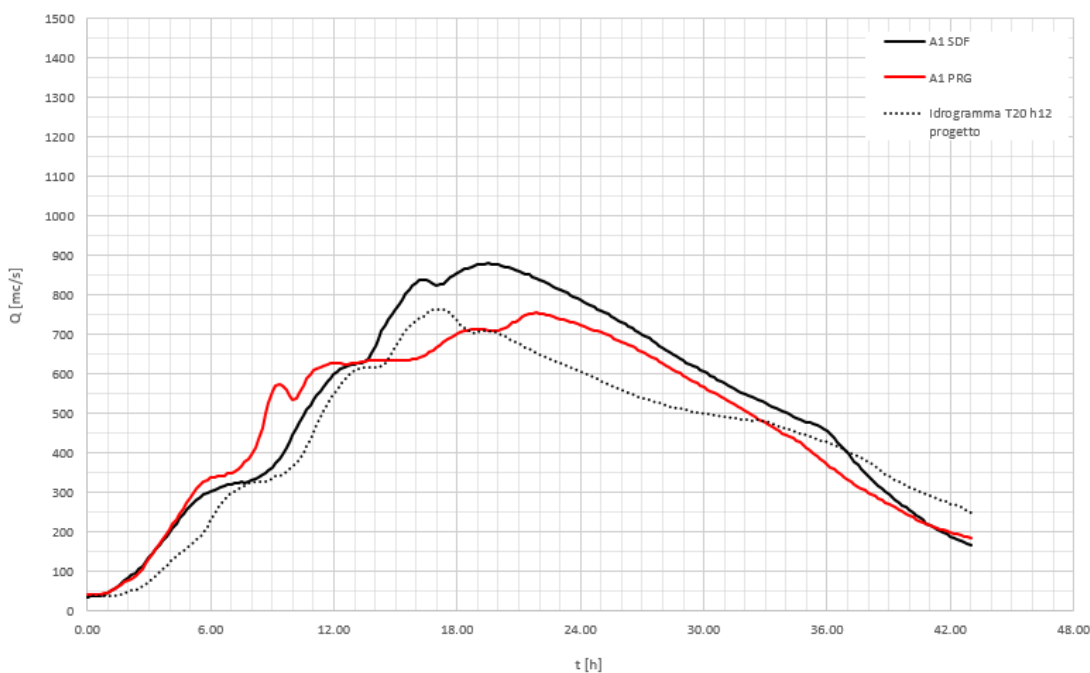


Figura 12.25: Evento TR100 progetto AIPO (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte A1.

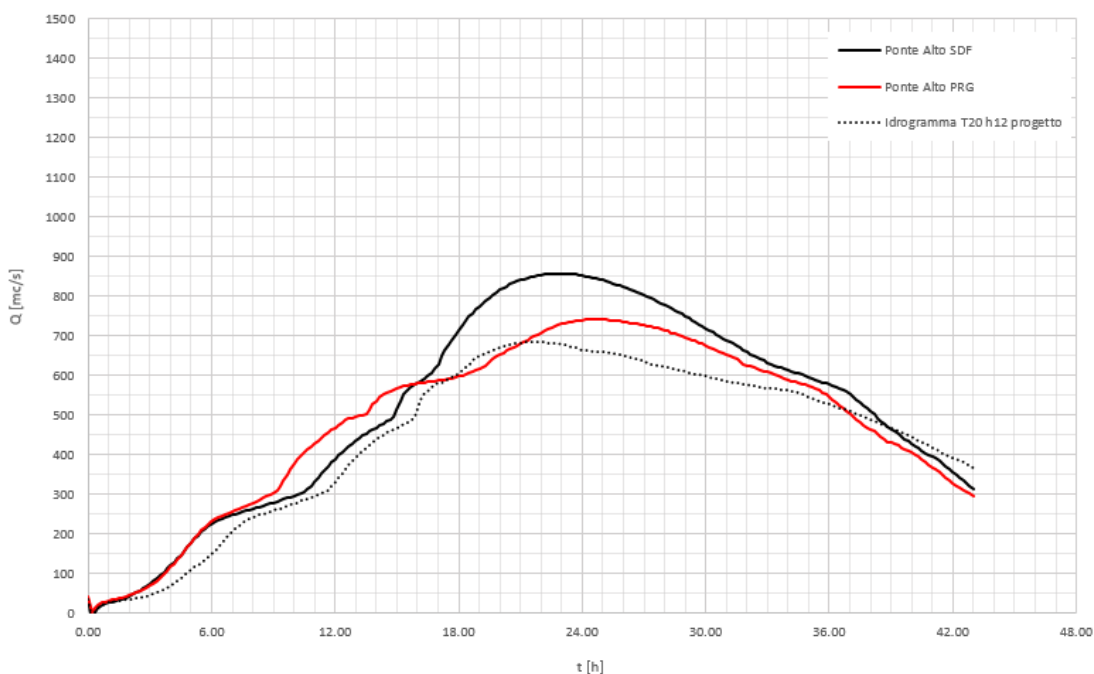


Figura 12.26: Evento TR100 progetto AIPO (scenario 2) – idrogrammi di piena presso ponte Alto.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



SDF		PRG	
Q [mc/s]	Durata [h]	Q [mc/s]	Durata [h]
857	0	741	0
800	7.33		
700	12.67	700	6.84
600	18	600	15
500	23.17	500	23.5
400	28.34	400	29.5

Tabella 12.13: Evento TR100 AIPO (scenario 2- Ponte Alto) – scale durata delle portate > 400 m³/s.

13 CONCLUSIONI

Nel seguito del presente capitolo, sintetizzando i risultati ottenuti, **si è cercato di esprimere un giudizio complessivo sull'efficacia dell'intervento proposto**, da valutarsi in termini di maggior sicurezza idraulica dell'asta del fiume Secchia, a partire dalla traversa di regolazione dell'invaso di Rubiera.

Per fare ciò si sono anche utilizzati i risultati ottenuti dalle simulazioni che la società ART (esecutrice del progetto di adeguamento delle arginature di valle) ha sviluppato lungo il corso del fiume Secchia (da ponte Alto allo sbocco in Po), a partire dagli idrogrammi di piena riportati nel precedente capitolo 11.

Compendiando dunque i risultati dell'insieme di queste due serie di simulazioni (simulazioni cap. 11 e simulazioni ART), è stato possibile condensare nella seguente tabella la sostanza del miglioramento della sicurezza idraulica generata dall'intervento ed espressa in termini di **aumento del franco netto idraulico**.

In dettaglio la tabella riporta i valori del franco idraulico (espresso come valore medio, minimo e massimo), lungo l'intera asta arginata del corso d'acqua, per vari possibili eventi di piena (modificati dall'intervento in progetto – scenario 2) e confrontabili con il franco attuale, assunto pari ad un metro rispetto all'evento di riferimento (TR20 SDF h 12) considerato per il progetto di ringrosso e rialzo arginale descritto nel precedente paragrafo 3.4. **È del tutto evidente che le soluzioni di progetto sono sempre e comunque migliorative rispetto alle equivalenti di stato di fatto**. Tali risultanze erano d'altra parte anche abbastanza prevedibili dalla lettura dei risultati delle simulazioni riportate nel capitolo 12 da parte di un occhio esperto.

Evento	SDF TR20 12h	PRG TR20 12h	SDF TR20 24h	PRG TR20 24h	SDF TR50 12h	PRG TR50 12h	PRG TR100 12h	PRG TR100 (Aipo)	PRG TR200 12h
Franco lungo argine destro (misure in centimetri)									
Franco medio	100	141	25	96	5	64	-27	43	-31
Franco minimo	100	109	-17	59	-40	31	-61	14	-75
Franco massimo	100	172	65	131	37	86	16	81	15
Franco lungo argine sinistro (misure in centimetri)									
Franco medio	100	136	23	94	4	64	-30	41	-33
Franco minimo	100	108	-8	69	-43	24	-67	12	-82
Franco massimo	100	167	66	170	56	97	29	83	28

Tabella 12.1: Andamento del franco idraulico lungo le arginature al variare degli eventi di piena .

Osservato quanto sopra e preso poi atto dei risultati delle simulazioni riportate nei precedenti capitoli 10 ed 11, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

1. la soluzione proposta, che prevede una regolazione dell'invaso a partire da una portata minima di $750 \text{ m}^3/\text{s}$, non produce, anche nel caso di modesti eventi di piena che non impongano l'attivazione delle procedure di regolazione, un peggioramento delle condizioni di deflusso dell'evento verso valle tale da provocare eventuali maggiori danni alle opere idrauliche esistenti;
2. durante il periodo corrispondente allo scenario 1 (ossia alla sola messa a norma dei manufatti regolatori e delle arginature contigue, secondo il Decreto ministeriale 26 giugno 2014), il grado complessivo di sicurezza idraulica dell'invaso rimarrà invariato, mentre la sicurezza del tratto di valle incomincerà ad incrementarsi;
3. l'effetto dell'intervento, dopo il completamento delle opere (scenario 2), sarà consistente e permetterà di contenere all'interno delle arginature di valle eventi di

piena (generati da piogge di lunga durata: h12) aventi tempo di ritorno pari ad almeno 50 anni;

4. l'effetto dell'intervento, dopo il completamento delle opere, sarà consistente e permetterà di contenere all'interno delle arginature di valle eventi di piena (generati da piogge di lunga durata: h24) aventi tempo di ritorno compreso tra i 30 ed i 40 anni.

Resta per altro imprescindibile la necessità di poter al più presto incrementare ulteriormente la capacità di invaso del sistema Secchia, o di eseguire interventi nell'alveo di valle, al fine di contenere eventi con maggior tempo di ritorno.

Come si evince, infatti, dalla precedente tabella, per gli eventi di piena più gravosi, le condizioni del franco idraulico si annullano (o peggio divengono negative) lungo tutta l'asta del corso d'acqua (circa cinquanta chilometri), generando una condizione di emergenza difficilmente affrontabile e con scenari di possibili "rotte fluviali" difficilmente prevedibili e contenibili, sia nella posizione che negli effetti di propagazione.

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



14 ALLEGATI



MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



14.1 Parere dell'Ufficio Tecnico per le Dighe





Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano

Diga di Rubiera N. Arch. 1498

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA

Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (Progetto Preliminare)

presentato con lettera AIPo prot. n. 1707 del 25 gennaio 2019

Relazione d'istruttoria per l'emissione del parere tecnico

ai sensi:

- ex art. 1 del D.P.R. 1363/59;

e con riferimento alle disposizioni:

- della Circolare PCM 22806/1995 punto E;
- della Circ PCM 7311/1999;
- delle note DG Dighe prott. nn. 25493 del 15 dicembre 2015 e 1478 del 20/01/2017;
- "Protocollo d'Intesa tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici – Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche e l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po) per disciplinare le attività di vigilanza sulle grandi dighe e traverse in gestione all'A.I.Po" sottoscritto in data 25 novembre 2015 ai sensi dell'art. 15 della Legge 241/90

Milano, 29 aprile 2019

1. Premessa.

La cassa di espansione del fiume Secchia, costituita da un manufatto di sbarramento trasversale al corso d'acqua, da un vasca in linea e da una vasca di espansione laterale alimentata attraverso una soglia di sfioro inserita in un tratto di sponda sinistra del corso d'acqua, è ubicata nel territorio dei comuni di Rubiera (RE), Campogalliano (MO) e Modena è stata realizzata nel 1974 con l'obiettivo di proteggere i territori ubicati a valle, compreso la città di Modena, dalle esondazioni del corso d'acqua.

L'opera di sbarramento trasversale ha le caratteristiche dimensionali di cui all'art.1 del D.L. 507/94, convertito con L. 584/94, e, pertanto, rientra nell'ambito di applicazione delle medesima L. 584/94, secondo quanto indicato dalla circolare P.C.M. DSTN/2/7311 del 7 aprile 1999; è identificata come "*Diga di Rubiera*". Non è collaudata ai sensi dell'ex art. 14 del D.P.R. 1363/59.

L'attività di vigilanza della Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche, come per le altre dighe e traverse aventi le caratteristiche dimensionali di cui di cui all'art.1 del D.L. 507/94 gestite dall'Agenzia Interregionale per il Fiume Po, è disciplinata dal "*Protocollo d'Intesa tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici – Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche e l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po)*" sottoscritto in data 25 novembre 2015 ai sensi dell'art. 15 della Legge 241/90 (e circ PCM 72311/1999) e trasmesso all'UTD di Milano con nota DG Dighe prot. n. 24918 del 4 dicembre 2015.

L'esperienza diretta del funzionamento durante gli anni di esercizio, nonché i vari studi aventi ad oggetto il sistema di difesa idraulico dei territori attraversati dal fiume Secchia, hanno evidenziato la necessità di un adeguamento dello stesso, e quindi della cassa di espansione, in quanto non risulta garantita la finalità del progetto originario sopraevidenziata.

Con lettera AIPO prot. n. 1707 del 25 gennaio 2019, pertanto, il gestore ha presentato all'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano un progetto di fattibilità tecnico-economica (Progetto Preliminare) intitolato "*Adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena)*" con richiesta di parere tecnico ai sensi dell'art. 1 del D.P.R. 1363/59.

L'intervento di adeguamento previsto è articolato, per motivi di finanziamento, in quattro Lotti:

- A. ADEGUAMENTO MANUFATTI DI REGOLAZIONE DEL FIUME SECCHIA ED OPERE CONNESSE.
- B. ADEGUAMENTO IN QUOTA DELLE ARGINATURE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA.
- C. AMPLIAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA.
- D. REALIZZAZIONE DI UNA SECONDA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA E RICALIBRATURA DELL'ALVEO DEL FIUME A VALLE

Il quadro economico allegato al progetto, comunque, fa riferimento alla "*spesa complessiva dei lavori per l'esecuzione degli interventi inclusi nei lotti A, B e C ...*" ed "*Altre opere*" e, pertanto, il progetto di fattibilità tecnico economica riguarderebbe proprio i tre lotti.

Nel progetto, infatti, sono citati e descritti anche interventi relativi ad arginature di canali a valle della cassa di espansione, inquadrati come "*Altre opere*", in quanto compresi nel finanziamento complessivo disponibile.

E' prevista una realizzazione del progetto complessivo per stralci.

Per quanto di competenza istituzionale della DG Dighe i lavori previsti in progetto dovrebbero essere inquadrati, ai sensi del DM 26/06/2014 (p.to H.2), come: "*Intervento di adeguamento della diga esistente, atto a conseguire i livelli di sicurezza e funzionalità previsti per le nuove realizzazioni*"

L'attività istruttoria finalizzata al rilascio del parere tecnico ai sensi ex art. 1 del D.P.R. 1363/59 è regolamentata dalla Circolare PCM 22806/1995 punto E) e dalle note DG Dighe prott. nn. 25493 del 15 dicembre 2015 e 1478 del 20/01/2017. Per la diga di Rubiera, inoltre, occorre far riferimento a quanto disciplinato nel sopracitato *"Protocollo d'Intesa" tra Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche ed Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po)"*

In particolare il suddetto accordo recita:

- *"La realizzazione di grandi dighe di ritenuta o traverse, oggetto del presente accordo è soggetta, ai fini della tutela dell'incolumità pubblica, all'approvazione tecnica del progetto da parte della DG Dighe ai sensi dell'art.1 del D.L. 507/94, convertito con L. 584/94.*

L'approvazione tecnica riguarda esclusivamente lo sbarramento di ritenuta – diga o traversa – e dei rilevati arginali strettamente funzionali all'esercizio dello sbarramento (rilevati di spalla), mentre resta di esclusiva competenza dell'AIPo l'approvazione tecnica del progetto e la vigilanza sulla costruzione delle altre arginature fluviali, delle opere di stabilizzazione dell'alveo a monte e/o a valle e delle arginature costituenti eventuali casse di espansione laterali con le relative opere accessorie (manufatti di imbocco e di scarico)."

2. Caratteristiche delle opere esistenti, del serbatoio, dei terreni di imposta, delle sponde e dell'alveo a valle.

2.1 Opere esistenti

La cassa di espansione del fiume Secchia è ubicata nel territorio dei comuni di Rubiera, Campogalliano e Modena (MO) a circa 500 m a valle dell'esistente viadotto della via Emilia

(I comuni di Rubiera (MO), Campogalliano (MO) e Modena sono classificati in zona sismica 3 ai sensi dell'OPC 3274/2003 e della successiva Delibera di Giunta Regionale n. 1435 del 21.07.2003 e successivamente con la Delibera n. 1164 del 23 luglio 2018).

La vasca di laminazione è caratterizzata da un sistema arginale della lunghezza complessiva di circa 7,5 Km, con argini perimetrali ed argini interni (alla cassa) paralleli all'alveo ed è composta dalle seguenti opere:

1. un opera di sbarramento trasversale al corso d'acqua, tracimabile e con quattro luci di fondo rettangolari, con vasca di dissipazione a valle munita di quattro "denti" dissipatori;
2. una vasca in linea di accumulo temporaneo a monte della traversa, delimitata da rilevati arginali perimetrali che, si sviluppa lungo l'asta fluviale sia in destra sia in sinistra orografica;
3. uno sfioratore laterale di immissione di alimentazione della vasca in derivazione ubicato in fregio all'argine sinistro della vasca in linea, a monte del manufatto regolatore;
4. una vasca in derivazione di accumulo temporaneo in sinistra orografica del fiume Secchia, delimitata da rilevati arginali perimetrali, alimentata attraverso il suddetto sfioratore laterale e dotata di scarico di fondo per la vuotatura (cessato l'evento di piena);
5. lo scarico di fondo per lo svuotamento della vasca in derivazione ubicato nell'argine destro, poco più a valle dello sbarramento trasversale.

Completano la cassa di espansione:

6. una briglia a pettine con funzione di trattenuta del materiale flottante posta a circa 5 km a monte del manufatto regolatore;
7. la soglia di stabilizzazione di fondo alveo posta circa 700 m a valle dello scarico di fondo

L'opera di sbarramento principale è in calcestruzzo ed è completamente tracimabile con ciglio sfiorante a quota 46.25 m s.l.m., è alta 12 m ai sensi della L. 584/94, (con riferimento alla quota del punto più depresso del paramento di

valle di 34,25 m s.l.m.), ha una lunghezza di 150 m (escluse le spalle), luci di efflusso libere di dimensioni 5.00x2.50 m, con soglia posta alla quota di 37.25 m s.l.m., coincidente con la quota della vasca di dissipazione.

I tronchi di raccordo del manufatto agli argini perimetrali della vasca in linea sono argini in terra con sommità minima a quota 49.13 m s.l.m., con paramento di monte parzialmente rivestito in conglomerato cementizio.

Lo sfioratore laterale ha una lunghezza di 120 m ed è posto a quota 45.30 m s.l.m.

Lo scarico di fondo della vasca in derivazione è un tombino a sezione quadrata di dimensioni 2.20x2.20 m che ne consente lo svuotamento nell'alveo a valle.

I rilevati arginali, in corrispondenza della zona perimetrale prossima al manufatto regolatore, hanno larghezza pari a circa 4 m in sommità e 68 m alla base, e sono caratterizzate dalla presenza di banche e sottobanche collegate tra loro da tratti inclinati a differente pendenza.

La porzione superiore degli argini, realizzata in rilevato, e di spessore variabile fino ad un massimo di circa 7 m, è costituita da materiali limo argillosi provenienti dagli scarti dell'attività estrattiva; per gli argini di altezza maggiore, la porzione inferiore, realizzata in scavo, è invece costituita dai terreni alluvionali a grana grossa presenti in fondazione fino ad una quota di circa 35 m s.l.m., al di sotto della quale si trova una formazione impermeabile di terreni limo-argillosi.

Nella zona adiacente al manufatto regolatore e nella porzione NE della cassa in corrispondenza delle altezze maggiori, i rilevati arginali sono dotati di un diaframma di intercettazione e tenuta dei flussi di filtrazione, realizzato in calcestruzzo e ammorsato nello strato impermeabile di fondazione. In particolare, nella zona adiacente il manufatto il diaframma si ammorsa per una lunghezza di circa 3 m nel materiale impermeabile che costituisce il corpo arginale, mentre nella restante parte il diaframma risulta realizzato verso il lato cassa con una copertura molto ridotta di materiale impermeabile.

La quota di massima regolazione della diga è pari a 46.25 m s.l.m., coincidente con la quota del ciglio sfiorante; con riferimento al manufatto di sfioro laterale, la quota dell'innescio dello stesso che mette in funzione la vasca in derivazione è pari a 45.30 m s.l.m.,

Il DPC vigente indica le quote che attivano le fasi di allerta; per la fase di preallerta la quota è di 44.0 m s.l.m.

Dalla scarsa documentazione disponibile risulterebbe che:

- il volume invasabile dalla cassa con livello alla quota di 46,50 m s.l.m. è stimato in 12.000.000 m³ complessivi, di cui a 9.000.000 m³ nella vasca in derivazione e 2.800.000 m³ nella vasca in linea.

Dalla relazione di progetto, inoltre,

- il volume invasabile con livello nel serbatoio alla quota di 49,50 m s.l.m. (definita di "massimo invaso") è stimato in 16.000.000 m³ complessivi.

I valori sopraindicati di altezza dello sbarramento, quote e volumi di invaso, desunti dalla relazione di progetto, hanno carattere indicativo anche perché non sono definiti come previsto dal regolamento dighe D.M. 2014 e, per il volume invasato, ai sensi della L.584/94, dal disciplinare d'intesa che indica *"la somma del volume in alveo compreso tra la quota massima di regolazione dello sbarramento e la quota del punto più depresso del paramento di monte di questo e del volume - nella cassa di espansione laterale - compreso tra la quota massima di regolazione della diga o traversa e la quota della soglia (più bassa) del manufatto di imbocco della cassa di espansione laterale"*.

2.2. Bacino idrografico afferente l'invaso.

La superficie bacino idrografico direttamente sotteso (fonte: PAI Linee Generali di Assetto Idrogeologico e Quadro degli Interventi Bacino del Secchia) è di circa 1341 Km²

Il fiume Secchia è un affluente di destra del Po che nasce dall'Alpe di Succiso sull'Appennino tosco-emiliano, nel comune di Collagna, in provincia di Reggio Emilia, per gran parte del suo corso (fino a Rubiera) segna il confine tra le province di Reggio Emilia e Modena.

La zona a monte della cassa può essere suddivisa in due tratti, il primo a monte della traversa di Castellarano rappresentativo dell'alto corso del fiume Secchia, esteso per circa 976 Km² ed un secondo da Castellarano a Rubiera indicativo del medio corso del Secchia esteso per circa 365 Km²

2.3. Sponde invaso

La vasca di laminazione è caratterizzata da un sistema arginale della lunghezza complessiva di circa 7,5 Km, con argini perimetrali ed argini interni (alla cassa) paralleli all'alveo, che la suddividono nelle due vasche separate

2.4. Terreni di fondazione.

Dall'elaborato progettuale "*Relazione progettuale e sismica*" per il manufatto regolatore ed i tronchi arginali di raccordo agli argini in linea, si rileva quanto segue:

"La zona del manufatto regolatore è stata indagata a più riprese con le seguenti campagne d'indagine:

- *Indagini realizzate a supporto del progetto di costruzione, nel 1976.*
- *Indagini effettuate per il collaudo funzionale e monitoraggio piezometrico, nel 2006.*
- *Indagini effettuate per il progetto S.I.S.M.A. nel 2008.*

Sulla base di tali dati è stato possibile ricostruire, innanzitutto, la Sezione litostratigrafica e idrogeologica di Tav. 2.4.1, nella quale sono stati distinti i depositi in posto, di fondazione, dai terreni utilizzati per i rilevati arginali.

Questi ultimi risultano a prevalenza limosa e argillosa, appartenenti principalmente alle classi A-6 e A-7-6 e contraddistinti da una permeabilità da bassa a molto bassa.

La stessa tipologia di terreni è presente anche nel primo sottosuolo, ma limitatamente alla sponda sinistra e con uno spessore massimo inferiore a 4 m. Sotto tale livello o, in sponda destra, a partire dal piano d'imposta dell'arginatura, sono, invece, presenti depositi alluvionali a grana grossa (appartenenti perlopiù alla classe A-1-a) fino ad una quota di circa 35 m s.l.m., ove si rinviene il tetto di uno strato di terreni limo-argillosi, a permeabilità limitata, di almeno una decina di metri di spessore.

A profondità maggiori, i terreni, a differente litologia e permeabilità non sono sempre correlabili lateralmente, in quanto la geometria deposizionale è quella tipica dell'ambiente di conoide, caratterizzata da corpi lentiformi intrecciati tra loro"

2.5. Interrimento

Dalla relazione progettuale si rileva: "*All'interno della vasca in linea, a partire dell'entrata in funzione della cassa stessa, e, in particolare negli ultimi 20÷25 anni, probabilmente con velocità crescente nel tempo, è avvenuto un deposito di sedimenti fini, sabbie, limi e argille e accumulo di legname flottante, che ha determinato l'innalzamento della superficie topografica, di circa 6 m nella zona prossima al manufatto di regolazione e di circa 4÷2 m nella parte a monte*".

2.6. Descrizione alveo a valle

Il basso corso del fiume Secchia, da valle della cassa di espansione fino alla confluenza in Po, risulta caratterizzato da arginature alte 4÷10 m sul piano campagna.

La portata massima transitabile in alveo a valle contenuta nella fascia di pertinenza idraulica (Q_{Amax}) è stimata pari a $380 \text{ m}^3/\text{s}$ (Nota Regione Emilia Romagna – Protezione Civile (AOO_PC) PC/2017/4539 del 23/02/2017).

2.7. Opere accessorie.

Il manufatto per lo scarico in alveo del volume accumulato nella vasca in derivazione è costituito da un tombino di sezione quadrata di dimensioni $2.20 \times 2.20 \text{ m}$ che attraversa l'argine destro della cassa scaricando alcune decine di metri a valle del manufatto principale regolatore.

Lo scarico di fondo è presidiato da una paratoia piana motorizzata elettricamente.

2.8. Accessi alla diga

L'area è raggiungibile da Campogalliano (uscita Autobrennero) seguendo l'indicazione Laghi E. Curiel; venendo da Reggio Emilia si imbecca la via Emilia in direzione Rubiera.

Il manufatto regolatore si raggiunge in auto percorrendo i rilevati arginali carrabili

2.9. Impianti

Installato impianto di illuminazione dell'opera di sbarramento principale.

3. Progetto di fattibilità tecnico economica (preliminare) per l'adeguamento dell'opera.

3.1. ELABORATI DI PROGETTO.

Con lettera AIPO prot. n. prot. n. 1707 del 25 gennaio 2019 il gestore ha trasmesso il progetto di fattibilità tecnico-economica (Progetto preliminare) intitolato “*Adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena)*”, a firma del progettista Ing. Fulvio Bernabei iscritto all'Ordine degli ingegneri della Provincia di Milano al n. 23969, con richiesta di parere tecnico ai sensi dell'art. 1 del D.P.R. 1363/59.

Gli allegati sono di seguito elencati:

- Elaborati di testo

- | | |
|----------|---|
| n. 1 | Relazione illustrativa |
| n. 2 | Relazione geologica e sismica |
| All. 2.1 | Indagini in corrispondenza della cassa esistente |
| All. 2.2 | Indagini in corrispondenza dell'ampliamento in progetto |
| All. 2.3 | Indagini del Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna |
| n. 3 | Relazione sulle verifiche strutturali e geotecniche delle arginature |
| n. 4 | Relazione sulle verifiche strutturali e geotecniche dei manufatti idraulici |
| n. 5 | Relazione idrologica e idraulica |
| n. 6 | Studio di prefattibilità ambientale |
| n. 7 | Prime indicazioni e prescrizioni per la stesura dei piani di sicurezza |
| n. 8 | Piano particellare preliminare delle aree |
| n. 9 | Calcolo sommario della spesa |
| n. 10 | Quadro economico di progetto |

- Elaborati grafici

		Scala
Tav. 1	Planimetria generale degli interventi_R01	1:10000
Tav. 2.1	Carta geologico-morfologica	1:10.000
Tav. 2.2	Carta delle indagini	1:10.000
Tav. 2.3	Carta idrogeologica	1:10.000
Tav. 2.4.1	Sezione litostratigrafica e idrogeologica (Intervento A)	V=1:250, H=1:500
Tav. 2.4.2	Sezione litostratigrafica e idrogeologica (Intervento B)	V=1:250, H=1:2.500

Tav. 2.4.3.1	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.4.3.2	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.4.3.3	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 5)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.4.3.4	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 6)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.4.3.5	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento M)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.5.1	Modello geotecnico (Intervento A)	V=1:250, H=1:500
Tav. 2.5.2	Modello geotecnico (Intervento B)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.6	Piano delle indagini per la progettazione definitiva	1:10.000
Tav. 2.7	Piano di monitoraggio idrogeologico per la progettazione definitiva	1:15.000

➤ LOTTO A - ADEGUAMENTO MANUFATTI DI REGOLAZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA ED OPERE CONNESSE

- Intervento A: Adeguamento del manufatto regolatore

Tav. A.1.1	Intervento A: Planimetria di progetto	1:500
Tav. A.1.2	Intervento A: Pianta copertura	1:200
Tav. A.1.3	Intervento A: Pianta a quota 49.25	1:200
Tav. A.2.1	Intervento A: Sezioni da A-A a D-D	1:200
Tav. A.2.2	Intervento A: Sezioni da E-E a G-G	1:200
Tav. A.3	Intervento A: Edificio Servizi- Piante Sezioni e Prospetti	1:50

- Intervento B: Adeguamento del manufatto di derivazione laterale

Tav. B.1	Intervento B: Planimetria di progetto	1:500
Tav. B.2	Intervento B: Pianta	1:200
Tav. B.3	Intervento B: Pianta a quota 42 m s.l.m. e sezione A-A	1:200
Tav. B.4	Intervento B: Sezioni da B-B a E-E	1:100

- Intervento C: opere di svaso e risagomatura cassa in linea

Tav. C.1	Intervento C: piante	1:200
Tav. C.2	Intervento C: sezioni	INDICATA

- Intervento D: Tratti di raccordo con arginature esistenti

Tav. D.1	Intervento D: Planimetria	1:500
----------	---------------------------	-------

- Intervento E: argine golenale a valle manufatto di regolazione

Tav. E.1	Intervento E: Planimetria	1:5'000
Tav. E.2	Intervento E: Profilo longitudinale	1:5'000/1:100
Tav. E.3.1	Intervento E: Sezioni trasversali - Tavola 1 di 2	1:200
Tav. E.3.2	Intervento E: Sezioni trasversali - Tavola 2 di 2	1:200
Tav. E.4	Intervento E: Sezioni tipo e particolari costruttivi	Indicata

➤ LOTTO B - ADEGUAMENTO IN QUOTA DELLE ARGINATURE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA

- Intervento H: adeguamento dei rilevati arginali

Tav. H.1	Intervento H: Planimetria	1:5'000
Tav. H.2	Intervento H: Profili longitudinali - Adeguamento argini esistenti	1:5'000/1:100
Tav. H.3.1	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 1) - Tavola 1 di 2	1:200
Tav. H.3.2	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 1) - Tavola 2 di 2	1:200
Tav. H.3.3	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 2-3-4) - Tavola 1 di 3	1:200
Tav. H.3.4	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 2-3-4) - Tavola 2 di 3	1:200
Tav. H.3.5	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 2-3-4) - Tavola 3 di 3	1:200
Tav. H.3.6	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 5)	1:200
Tav. H.3.7	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 6) - Tavola 1 di 2	1:200

Tav. H.3.8	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 6) - Tavola 2 di 2	1:200
Tav. H.4	Intervento H: Sezioni tipo e particolari costruttivi	Indicata
- <u>Intervento I: risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea</u>		
Tav. I.1	Intervento I: piante	1:200
Tav. I.2	Intervento I: sezioni	1:200
Tav. I.3	Intervento I: Sezioni tipo e particolari costruttivi	
➤ LOTTO C - AMPLIAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA		
- <u>Intervento L: Soglia di sfioro ampliamento cassa laterale</u>		
Tav. L.1	Intervento L: pianta e sezioni	Indicata
- <u>Intervento M: Arginature</u>		
Tav. M.1	Intervento M: Planimetria	1:5'000
Tav. M.2	Intervento M: Profili longitudinali - Ampliamento	1:5'000/1:100
Tav. M.3.1	Intervento M: Sezioni trasversali (Profilo 7) - Tavola 1 di 2	1:200
Tav. M.3.2	Intervento M: Sezioni trasversali (Profilo 7) - Tavola 2 di 2	1:200
Tav. M.4	Intervento M: Sezioni tipo e particolari costruttivi	Indicata
➤ LOTTO D - REALIZZAZIONE SECONDA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA E RICALIBRATURA DELL'ALVEO DEL FIUME A VALLE		
- <u>Intervento N: Seconda cassa d'espansione</u>		
Tav. N.1	Intervento N: Seconda cassa d'espansione del fiume Secchia	1:5'000
- <u>Intervento O: Ricalibratura dell'alveo</u>		
Tav. O.1	Intervento O: Planimetria	1:10'000
Tav. O.2	Intervento O: Sezioni	1:200
➤ ALTRE OPERE		
- <u>Intervento F: adeguamento argine nord del canale Calvetro</u>		
Tav. F.1	Intervento F: Planimetria	1:5'000
Tav. F.2	Intervento F: Profilo longitudinale	1:5'000/1:100
Tav. F.3	Intervento F: Sezioni trasversali	1:200
Tav. F.4	Intervento F: Sezioni tipo e particolari costruttivi	Indicata
- <u>Intervento G: adeguamento argini Canalazzo</u>		
Tav. G.1	Intervento G: Planimetria	1:5'000
Tav. G.2	Intervento G: Profilo longitudinale	1:5'000/1:100
Tav. G.3.1	Intervento G: Sezioni trasversali - Tavola 1 di 2	1:200
Tav. G.3.2	Intervento G: Sezioni trasversali - Tavola 2 di 2	1:200
Tav. G.4	Intervento G: Sezioni tipo e particolari costruttivi	Indicata
Tav. G.5	Intervento G: Manufatto di attraversamento - Pianta e Sezioni	Indicata

PIANO DELLE INDAGINI PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

- Elaborati di testo
 - n. 1 Relazione tecnica-illustrativa
 - n. 2 Computo metrico estimativo
 - n. 3 Analisi prezzo
 - n. 4 Quadro economico

- n. 5 Elenco prezzi
- n. 6 Capitolato speciale d'appalto
- n. 7 Schema di contratto
- n. 8 Cronoprogramma
- Elaborati grafici
- Tav. 1 Planimetria delle indagini
- Tav. 2 Planimetria indagini ai fini dello studio idrogeologico

3.2. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO.

Nella relazione illustrativa di progetto si rappresenta che il sistema di laminazione delle piene del fiume Secchia, di cui la cassa di espansione è l'opera principale, è caratterizzato dalle seguenti criticità:

1. *"Insufficienza a fornire un grado di laminazione adeguato per il tempo di ritorno di 200 anni.*
2. *Insufficienza a fornire un grado di laminazione adeguato anche per eventi a minor tempo di ritorno a causa dell'inefficienza dei manufatti di regolazione e sfioro laterale.*
3. *Mancato rispetto delle prescrizioni del DPR 1363/59 e con particolare riferimento al franco dei rilevati arginali."*

Nella stessa relazione illustrativa, pertanto, si propone un intervento di adeguamento complessivo del suddetto sistema di laminazione finalizzato al raggiungimento degli obiettivi di seguito elencati:

1. *"Massimizzazione del riempimento della vasca al fine di minimizzare il deficit di sicurezza che comunque rimarrebbe sull'asta di valle rispetto all'evento di piena associato ad un tempo di ritorno di 200 anni.*
2. *Rendere l'opera in grado di laminare l'evento di piena con tempo di ritorno 20 anni.*
3. *Adeguare l'opera a quanto prescritto dalle normativa vigente in materia di Grandi Dighe"*

Il progetto prevede un intervento di adeguamento articolato nei quattro lotti di lavori già indicati al §1.

I quattro lotti sono a loro volta articolati nelle attività di seguito specificate:

A. ADEGUAMENTO MANUFATTI DI REGOLAZIONE DEL FIUME SECCHIA ED OPERE CONNESSE.

- a. Adeguamento del manufatto regolatore.
- b. Adeguamento del manufatto di derivazione laterale.
- c. Opere di svaso e risagomatura cassa in linea
- d. Tratti di raccordo con arginature esistenti
- e. Argine golenale a valle manufatto di regolazione.

B. ADEGUAMENTO IN QUOTA DELLE ARGINATURE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA.

- f. adeguamento dei rilevati arginali.
- g. risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea.

C. AMPLIAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA.

- h. soglia di sfioro ampliamento cassa laterale
- i. arginature

D. REALIZZAZIONE DI UNA SECONDA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA E RICALIBRATURA DELL'ALVEO DEL FIUME A VALLE

- l. Seconda cassa di espansione del fiume Secchia
- m. Ricalibratura dell'alveo

- Altre opere – Argini Canali Calvetto e Canalazzo.
 - a. adeguamento argine nord del canale Calvetto
 - b. adeguamento argini Canalazzo.

La suddivisione in quattro lotti con le attività previste per ciascuna di essi, dovuta a motivi di finanziamento, in particolare alla differenza dei soggetti pubblici erogatori, è stata operata anche con lo scopo di razionalizzare il raggiungimento dei tre obiettivi prefissati in sede di progettazione, correlando ciascuno di essi all'esecuzione degli interventi previsti per ognuno dei quattro lotti

Nella relazione progettuale, infatti, è specificato quanto segue:

- *“Il lotto A riguarderà sostanzialmente le opere di adeguamento dei manufatti idraulici ed opere connesse ed è funzionale a massimizzare l'efficienza del sistema cassa sia nello stato di fatto, sia in previsione della realizzazione delle opere dei lotti successivi.*
Una volta realizzate, le opere di questo lotto permetteranno un aumento dell'efficienza di laminazione, potendo introdurre regole di gestione degli invasi di eventi di piena ventennali, e la messa in sicurezza delle aree sensibili a valle della cassa (Vedi interventi E, F e G).
- *Il Lotto B riguarderà in particolare la soluzione della criticità n.3 prevedendo il rialzo e il ringrosso delle arginature esistenti e portando a rispettare la normativa vigente per gli sbarramenti. La realizzazione di tale intervento porterà inoltre ad un aumento dell'efficienza complessiva, potendo permettere lo sfruttamento alla massima capacità degli invasi.*
- *Il Lotto C, che riguarda l'ampliamento della cassa d'espansione, permetterà di ottenere complessivamente una adeguata laminazione di eventi di piena sopra ventennali fino ad eventi di piena cinquantennali, pur non garantendo il franco per quanto riguarda i tratti di arginatura di valle.*
- *Il Lotto D, che comprende due ulteriori interventi (realizzazione seconda cassa di espansione del fiume Secchia e ricalibratura dell'alveo del fiume a valle), permetterà il raggiungimento dello scenario di progetto evidenziato nel quadro di cui al capitolo 2, ovvero l'adeguamento della capacità di laminazione a fronte della piena duecentennale, con una portata rilasciata a valle di circa 900 m³/s.”*

Realizzati i quattro lotti di lavori, secondo quanto desumibile dalla tabella relativa alle analisi delle alternative progettuali funzionali ai vari scenari di intervento ipotizzati (Relazione illustrativa pag. 14), in caso di evento di piena associato al tempo di ritorno di duecento anni pari 2040 m³/s si limiterebbe il deflusso nell'alveo a valle a circa 848 m³/s, sfruttando una capacità di laminazione complessiva (Cassa in linea, Cassa fuori linea, Ampliamento cassa fuori linea lato ovest, Seconda cassa di espansione a valle e ricalibratura alveo a valle) stimata in circa 43.900.000 m³

Con riferimento sempre alla tabella sopracitata, pertanto, la realizzazione di quanto previsto nel “*Quadro economico*”, a fronte di una portata in ingresso associata al tempo di ritorno di cinquanta anni di 1560 m³/s, limiterebbe il deflusso a valle della cassa stimato in 750 m³/s, con una capacità di laminazione complessiva (Cassa in linea, Cassa fuori linea, Ampliamento cassa fuori linea lato ovest, sistemazioni difese idrauliche alveo e canali a valle) stimata in 29.500.000 m³.

La portata di 750 m³/s dovrebbe essere la portata critica compatibile con il sistema difensivo del tratto arginato di valle del fiume Secchia a seguito degli interventi sulle arginature previsti in progetto al lotto A (vedere paragrafo osservazioni).

3.3. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO DI COMPETENZA DELLA DIREZIONE GENERALE PER LE DIGHE, LE INFRASTRUTTURE IDRICHE ED ELETTRICHE AI FINI DEL PARERE TECNICO AI SENSI DELL'ART.1 DEL D.L. 507/94, CONVERTITO CON L. 584/94.

Con riferimento a quanto disciplinato nel "Protocollo d'Intesa" tra la Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche e l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po) sottoscritto in data 25 novembre 2015, l'attività istruttoria ai sensi ex art. 1 del D.P.R. 1363/59 di competenza della DG Dighe è limitata esclusivamente allo sbarramento di ritenuta ed ai rilevati arginali strettamente funzionali all'esercizio dello sbarramento ovvero ai rilevati di spalla.

Oggetto dell'istruttoria, pertanto, sono le attività del cosiddetto Lotto A ("ADEGUAMENTO MANUFATTI DI REGOLAZIONE DEL FIUME SECCHIA ED OPERE CONNESSE") di seguito elencate:

- a. Adeguamento del manufatto regolatore.
- c. Opere di svaso e risagomatura cassa in linea
- d. Tratti di raccordo con arginature esistenti.

e, per il Lotto B "ADEGUAMENTO IN QUOTA DELLE ARGINATURE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA"

- h. adeguamento dei rilevati arginali (con riferimento ai tronchi di raccordo delle arginature alle spalle del manufatto);
- i. risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea.

Gli elaborati progettuali da esaminare, per le finalità dell'istruttoria, sono:

- Elaborati di testo

- n. 1 Relazione illustrativa
- n. 2 Relazione geologica e sismica
- All. 2.1 Indagini in corrispondenza della cassa esistente
- All. 2.2 Indagini in corrispondenza dell'ampliamento in progetto
- All. 2.3 Indagini del Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna
- n. 3 Relazione sulle verifiche strutturali e geotecniche delle arginature
- n. 4 Relazione sulle verifiche strutturali e geotecniche dei manufatti idraulici
- n. 5 Relazione idrologico e idraulica

- Elaborati grafici

		Scala
Tav. 1	Planimetria generale degli interventi_R01	1:10000
Tav. 2.1	Carta geologico-morfologica	1:10.000
Tav. 2.2	Carta delle indagini	1:10.000
Tav. 2.3	Carta idrogeologica	1:10.000
Tav. 2.4.1	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento A)	V=1:250, H=1:500
Tav. 2.4.3.1	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.4.3.2	Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4)	V=1:250, H=1:2.500
Tav. 2.5.1	Modello geotecnico (Intervento A)	V=1:250, H=1:500
Tav. 2.6	Piano delle indagini per la progettazione definitiva	1:10.000
Tav. 2.7	Piano di monitoraggio idrogeologico per la progettazione definitiva	1:15.000

➤ LOTTO A - ADEGUAMENTO MANUFATTI DI REGOLAZIONE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA ED OPERE CONNESSE

- Intervento A: Adeguamento del manufatto regolatore

Tav. A.1.1	Intervento A: Planimetria di progetto	1:500
Tav. A.1.2	Intervento A: Pianta copertura	1:200
Tav. A.1.3	Intervento A: Pianta a quota 49.25	1:200

Tav. A.2.1	Intervento A: Sezioni da A-A a D-D	1:200
Tav. A.2.2	Intervento A: Sezioni da E-E a G-G	1:200
Tav. A.3	Intervento A: Edificio Servizi- Piante Sezioni e Prospetti	1:50
- <u>Intervento C: opere di svaso e risagomatura cassa in linea</u>		
Tav. C.1	Intervento C: piante	1:200
Tav. C.2	Intervento C: sezioni	INDICATA
- <u>Intervento D: Tratti di raccordo con arginature esistenti</u>		
Tav. D.1	Intervento D: Planimetria	1:500
➤ LOTTO B - ADEGUAMENTO IN QUOTA DELLE ARGINATURE DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA		
- <u>Intervento H: adeguamento dei rilevati arginali</u>		
Tav. H.1	Intervento H: Planimetria	1:5'000
Tav. H.2	Intervento H: Profili longitudinali - Adeguamento argini esistenti	1:5'000/1:100
Tav. H.3.2	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 1) - Tavola 2 di 2	1:200
Tav. H.3.4	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 2-3-4) - Tavola 2 di 3	1:200
Tav. H.3.5	Intervento H: Sezioni trasversali (Profilo 2-3-4) - Tavola 3 di 3	1:200
Tav. H.4	Intervento H: Sezioni tipo e particolari costruttivi	Indicata
- <u>Intervento I: risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea</u>		
Tav. I.1	Intervento I: piante	1:200
Tav. I.2	Intervento I: sezioni	1:200
Tav. I.3	Intervento I: Sezioni tipo e particolari costruttivi	

PIANO DELLE INDAGINI PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

• Elaborati di testo

- n. 1 Relazione tecnica-illustrativa
- n. 6 Capitolato speciale d'appalto
- n. 7 Schema di contratto
- n. 8 Cronoprogramma

• Elaborati grafici

- Tav. 1 Planimetria delle indagini
- Tav. 2 Planimetria indagini ai fini dello studio idrogeologico

a. 4.3.1. Adeguamento dell'opera di sbarramento trasversale (manufatto regolatore).

L'opera di sbarramento principale è in calcestruzzo, completamente tracimabile con ciglio sfiorante a quota 46.25 m s.l.m., raccordata lateralmente ad arginature in terra con sommità minima a quota 49.13 m s.l.m., parzialmente rivestite con lastroni in conglomerato cementizio e con diaframma al piede del paramento di monte.

Il manufatto regolatore, ai sensi della L. 584/94, è alto 12 m (con riferimento alla quota del ciglio sfiorante di 46,25 m s.l.m. e del punto più depresso del paramento di valle di 34,25 m s.l.m.), ha una lunghezza di 150 m (escluse le spalle), luci di efflusso libere di dimensioni 5.00x2.50 m (bxh), con soglia posta alla quota di 37.25 m s.l.m., coincidente con la quota della vasca di dissipazione.

La vasca di dissipazione è dotata di quattro "manufatti" in calcestruzzo per la dissipazione dell'energia della corrente, ciascuno in corrispondenza di una luce, con sommità a quota 38,75 m s.l.m.; il punto più depresso della vasca è a quota 34,25 m s.l.m.

L'intervento in progetto prevede una parziale demolizione del manufatto esistente, fino a quota 39.75 m s.l.m. per un tratto di lunghezza di 44.60 m., con la realizzazione di un nuovo manufatto che si innesta nella porzione demolita.

Le restanti due luci di fondo, al di fuori del tratto interessato dalla parziale demolizione verranno occluse con due piastre metalliche.

In corrispondenza di entrambe le spalle della traversa, ad una distanza di circa 6 m dagli attuali muri di spalla del manufatto, è prevista la realizzazione di un secondo muro di sponda di sostegno a contenimento della sopraelevazione del rilevato arginale fino alla quota di 51.75 m s.l.m., quota in grado di contenere il livello massimo della piena millenaria stimato pari quota di 50.45 m s.l.m. (con occlusione completa delle luci di fondo).

I tronchi arginali immediatamente adiacenti alla traversa hanno una pendenza 2:1, sia a monte che a valle del manufatto, con una banchina a quota 46.75 m s.l.m. per ciascun lato (Sezione argine tipo "F") con diaframma al piede del paramento verso la cassa in linea cui si aggiunge un ulteriore diaframma plastico immediatamente a tergo di quello esistente per coprire il sovrizzo di progetto; è previsto un rivestimento con materassi "Reno" per la scarpata lato cassa in linea.

La porzione di argine esistente rimanente tra i muri del manufatto esistente ed i muri di sponda aggiuntivi, il cui coronamento si mantiene pari all'attuale quota di 49.25 m s.l.m., saranno protetti con un rivestimento in massi regolarizzati.

I tronchi di raccordo agli argini in linea presentano tipologie differenti: per la sponda sinistra pendenza 3:1, banchina a quota 46.75 m e diaframma plastico al piede verso la cassa in linea; pendenza 2:1 verso cassa in derivazione (Sezione tipo "C"); inoltre immediatamente a valle pendenza 2:1 e banchine a quota 47.75 e 43.35 m s.l.m. verso campagna e pendenza 3:1, con diaframma al piede del paramento verso cassa in derivazione cui si aggiunge un ulteriore diaframma plastico immediatamente a tergo di quello esistente per coprire il sovrizzo di progetto (Sezione argine tipo "G"); per la sponda destra pendenza 3:1 verso la cassa in linea e pendenza 2:1 verso campagna con banchina a quota 47.75 m s.l.m (Sezione argine tipo "E").

Il manufatto, a forma di "U" con l'estremità aperta che si innesta sulla traversa esistente, avrà dimensioni esterne in pianta di 84.1 x 54.0 m, con il muro perimetrale lungo complessivamente 220 metri, interamente sfiorante con ciglio a quota 48.75; in esso sono disposte in totale otto luci di fondo alte 3.5 m a larghe 7 m, tre per ciascun lato lungo e due sul lato corto a monte. Quest'ultime sono collocate alla quota di 37.25 m s.l.m. mentre le altre luci disposte sui lati lunghi sono poste alla quota di 38.00 m s.l.m. Tutte le luci saranno presidiate da paratoie.

Al piede i muri hanno uno spessore di 3.96 m ed una platea di fondazione di larghezza circa 10 m verso l'interno.

Al di sotto delle pareti della vasca si sviluppa una diaframatura estesa fino alla profondità di circa 27 m s.l.m.

La parte interna del manufatto costituisce la vasca di dissipazione dello stesso, a parte quella esistente a valle della traversa attuale che rimane immutata, che sarà realizzata con una platea in massi squadri di volume almeno pari a 2 m³. La platea in massi è interrotta, per tutta la sezione trasversale, da travi di contrasto di sezione 2.00 x 2.00 m collocati ad interasse di 15.50 m.

Sopra la traversa, nei tratti non modificati, e lungo tutto il contorno della vasca di regolazione verrà realizzata una passerella carrabile in carpenteria metallica che poggerà su pilastri sagomati di dimensione 3x1 m; la quota della passerella è di 52.00 m s.l.m. l'intradosso dell'impalcato è a quota 50.80 m s.l.m. (sommità delle pile di appoggio).

Limitatamente alla traversa esistente, i pilastri saranno collocati ad una distanza in asse di 23.50 m. Per quanto riguarda il nuovo manufatto i pilastri saranno collocati ad una distanza di 18.00 m e 20.10 m rispettivamente sul lato lungo della vasca e su quello corto.

Sono previste otto paratoie piane in acciaio a strisciamento 7.0 x 3.50 m a motorizzazione elettrica.

Sul nuovo manufatto regolatore sarà realizzato un edificio di servizio che ospiterà i quadri di comando e controllo dell'impianto elettromeccanico di movimentazione delle paratoie e degli altri impianti di servizio funzionali all'opera di sbarramento, compreso il locale di ubicazione del generatore autonomo di energia elettrica di emergenza.

L'Edificio di servizio sarà anche funzionale al manufatto di sfioro nella seconda vasca non in linea costituente la cassa di laminazione, anch'esso regolato da paratoie piane ed anche a settore.

Le luci di fondo del nuovo manufatto regolatore sono state dimensionate in modo tale che, completamente aperte, defluisca a valle la portata di $750 \text{ m}^3/\text{s}$, con un funzionamento a luci sotto battente con livello di monte pari a 46.25 m s.l.m.

Il manufatto regolatore è stato proporzionato anche per consentire il deflusso a valle della portata di piena millenaria, stimata in $2.700 \text{ m}^3/\text{s}$, e quota livello sul ciglio di sfioro pari a 50.00 m s.l.m. paratoie chiuse parzialmente al 50%, sfioro da quanto rimane del manufatto esistente e dal nuovo.

In caso di occlusione completa delle luci di fondo il livello massimo della piena millenaria è stimato pari a quota di 50.45 m s.l.m.

L'intradosso della passerella carrabile, però, è a quota 50.80 m s.l.m.

c. Opere di svaso e risagomatura cassa in linea

Gli interventi di progetto hanno lo scopo di intervenire su vegetazione e sedimenti per ripristinare, migliorare e riparare la funzionalità dei manufatti che costituiscono l'opera idraulica.

L'intervento prevede l'asportazione di sedimenti dall'interno della cassa, con la finalità principale di liberare e mantenere libero nel tempo il deflusso delle acque. Nell'ambito del Lotto A le zone di escavazione comprendono sia quelle a ridosso del manufatto, che una prima parte di quelle occupate un tempo dai rami laterali del fiume. Tale intervento implica il taglio e l'eradicazione della vegetazione che attualmente caratterizza buona parte della cassa in linee e che ostruisce parzialmente il regolare deflusso delle acque verso il manufatto di regolazione.

Il materiale di scavo verrà riutilizzato per la realizzazione di tratti di raccordo tra le arginature esistenti ed il nuovo manufatti, nonché per la realizzazione dell'argine golenale a valle del manufatto di regolazione.

d. Tratti di raccordo con arginature esistenti.

L'adeguamento del manufatto di regolazione verrà completato con la realizzazione di un intervento finalizzato al raccordo tra le arginature esistenti ed il manufatto stesso.

Gli argini (destro e sinistro) dell'invaso in linea sono progettati al fine di garantire un franco di sicurezza di 1.75 m rispetto alla quota di massimo vaso associata al tempo di ritorno millenario calcolato con luci parzialmente occluse al 50 %.

Al piede di monte dei suddetti tronchi arginali esiste un diaframma di cui non sono note le dimensioni.

La quota piano strada della passerella carrabile del manufatto regolatore è progettata avendo tenuto in conto il rialzo complessivo delle arginature. Tali raccordi verranno realizzati ingrossando progressivamente le arginature esistenti per una lunghezza di circa 50 m per spalla, fino alla quota prevista di 51,75 m s.l.m.

I tronchi arginali immediatamente adiacenti alla traversa hanno una pendenza 2:1, sia a monte che a valle del manufatto, con una banchina a quota 46.75 m s.l.m. per ciascun lato (Sezione argine tipo "F") con diaframma al piede del paramento verso la cassa in linea cui si aggiunge un ulteriore diaframma plastico immediatamente a tergo di quello esistente per coprire il sovrizzo di progetto; è previsto un rivestimento con materassi "Reno" per la scarpata lato cassa in linea.

Dalla planimetria di progetto tali tratti sono identificati per il raccordo in sinistra come tronco dalla sezione "0" alla sezione "0-2" con "*Profilo 4*" (Il "*Profilo 4*" è relativo al solo tronco arginale in sponda sinistra idraulica di innesto del manufatto regolatore al rilevato arginale che separa la cassa in linea da quella in derivazione), mentre per il raccordo in destra come tronco dalla sezione "28" alla sezione compresa tra la "28-1" e "29" con "*Profilo 1*" (Il "*Profilo 1*" è relativo all'intero argine in sponda destra idraulica della cassa d'espansione in linea).

Il materiale utilizzato per la realizzazione delle arginature è quello proveniente dagli scavi di cui all'intervento "I" "*risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea*"

h. Adeguamento dei rilevati arginali (con riferimento rilevati arginali strettamente funzionali all'esercizio dello sbarramento ovvero ai rilevati di spalla);

Gli argini (destro e sinistro) dell'invaso in linea sono progettati al fine di garantire un franco di sicurezza di 1.75 m rispetto alla quota di massimo vaso associata al tempo di ritorno millenario calcolato con luci parzialmente occluse al 50 %.

I tronchi di raccordo agli argini in linea presentano tipologie differenti: per la sponda sinistra pendenza 3:1, banchina a quota 46.75 m e diaframma plastico al piede verso la cassa in linea; pendenza 2:1 verso cassa in derivazione (Sezione tipo "C"); inoltre immediatamente a valle pendenza 2:1 e banchine a quota 47.75 e 43.35 m s.l.m. verso campagna e pendenza 3:1, con diaframma al piede del paramento verso cassa in derivazione cui si aggiunge un ulteriore diaframma plastico immediatamente a tergo di quello esistente per coprire il sovrizzo di progetto (Sezione argine tipo "G"); per la sponda destra pendenza 3:1 verso la cassa in linea e pendenza 2:1 verso campagna con banchina a quota 47.75 m s.l.m (Sezione argine tipo "E").

Dalla planimetria di progetto tali tratti sono identificati per la spalla arginale sinistra come tronco dalla sezione "0-2" alla sezione "26-1" con "*Profilo 3+4*" per una lunghezza di circa 100 m, mentre per la spalla arginale in destra come tronco dalla sezione "28" alla sezione "29" con "*Profilo 1*" per una lunghezza di circa 200 metri.

L'adeguamento del rilevato viene ricavato, a meno di alcuni brevi tratti, lato fiume per l'invaso in linea.

E' sempre prevista pista al piede un canale / fosso di controllo lato campagna.

Il materiale utilizzato per la realizzazione delle arginature è quello proveniente dagli scavi di cui all'intervento "I" "*risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea*"

i. Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea.

Il progetto, fra le altre opere, prevede l'asportazione di sedimenti dall'interno della cassa, con la finalità principale di liberare e mantenere libero nel tempo il deflusso delle acque.

Le zone di escavazione comprendono sia quelle a ridosso dei manufatti (in parte già previsti nell'intervento C), che quelle occupate un tempo dai rami laterali del fiume. Tale intervento implica il taglio e l'eradicazione della vegetazione che attualmente caratterizza buona parte della cassa in linee e che ostruisce parzialmente il regolare deflusso delle acque verso il manufatto di regolazione.

Per quanto concerne la movimentazione di materiale in alveo, impatto conseguente alle operazioni di scavo, verranno realizzate (come misura di compensazione) ampie zone a canneto e nuove aree caratterizzate da habitat di interesse comunitario di tipologia analoga a quelli già presenti in loco.

Di fatto, la sottrazione delle superfici di tali habitat verrà dunque compensata mediante l'attuazione di interventi di miglioramento forestale e ambientale, che verranno localizzati all'interno della vasca in linea e in parte nella vasca in parallelo.

3.4. INDAGINI E STUDI ESEGUITI.

Negli anni precedenti l'area dalla cassa di laminazione del fiume Secchia è stata interessata da diverse campagne di indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche, su cui sono stati basati progetti di interventi vari (a cominciare dalla realizzazione della stessa opera idraulica) e verifiche tecniche sulle opere esistenti.

Si rimanda in merito al § 3.1 e 3.2 della *"Relazione geologica e sismica"*

Sulla base delle indagini eseguiti il progettista ha ricostruito con differenti gradi di dettaglio, l'assetto litostratigrafico, idrogeologico e geotecnico in corrispondenza delle differenti aree in cui sono previsti gli interventi in progetto relativo ai primi tre lotti.

Si rimanda in merito al § 6.1 e 6.3, 6.4, 6.8, 7.1 della *"Relazione geologica e sismica"*.

3.5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMECCANICO E IDROGEOLOGICO.

Dalle relazione tecnico illustrativa si rileva quanto segue:

- *"L'area in esame, dal punto di vista geologico, ricade nella pianura modenese, la quale, a sua volta, è compresa in quella emiliano-romagnola che costituisce il settore meridionale della pianura padana, la più grande piana alluvionale d'Italia, formata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti."*
- *"La pianura emiliano-romagnola è caratterizzata da due direzioni di propagazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica."*

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

- *pianura pedemontana ad alimentazione appenninica*
- *pianura alluvionale ad alimentazione appenninica*
- *pianura alluvionale di alimentazione assiale (paleo Po)*

L'area in esame ricade nel settore più settentrionale del sistema deposizionale di pianura pedemontana ad alimentazione appenninica (conoide del fiume Secchia) al passaggio con la pianura alluvionale sempre ad alimentazione appenninica."

- *"Da un punto di vista geomorfologico, l'area in esame si colloca nella porzione occidentale della conoide del fiume Secchia che, con la tipica forma a ventaglio molto piatta, si estende da Sassuolo (a Sud) fino a Campogalliano (a Nord) e presenta gradienti medi dello 0,7% nella parte apicale (sino ad una quota topografica di circa 50 m s.l.m.) e dello 0,3% nella parte distale."*

La terminazione frontale della conoide, a Nord, è marcata dalla presenza di un orlo di scarpata, con altezze massime dell'ordine dei 4÷5 m che viene denominata localmente orlo del Rivone".

- *"La cassa di espansione del fiume Secchia è stata realizzata fra il 1975 e il 1978, su una zona compresa in area di affioramento di alluvioni ghiaiose e sabbiose, antiche, interessata da cave di inerti, ai due lati di un tratto di fiume precedentemente caratterizzato da attività di deposito e con alvei multipli, in treccia, ma, a partire dagli anni 1950÷1960 con attività erosiva e formazione di canale unico."*

Il cambiamento della attività morfogenetica del fiume è stato determinato dalle attività estrattive di sabbie e ghiaie dall'alveo, condotte nella pianura a valle del margine dell'appennino.

La stessa zona della cassa di espansione era interessata, da tempo, da importanti cave.

Subito a monte della cassa di espansione la presenza di due briglie limita l'apporto residuo di alluvioni grossolane e, attualmente, il fiume scorre in un alveo unico, canalizzato, entro depositi alluvionali depositati in occasione delle inondazioni della cassa stessa, con sponde interessate da erosione laterale.

A riguardo, di particolare interesse ai fini del presente studio è l'erosione che interessa, per un centinaio di metri, la sponda destra del corso d'acqua, in corrispondenza della sezione arginale 38, nell'unica zona in cui il rilevato risulta praticamente in frodo; a contrastare la quale è stata posizionata una difesa in massi ciclopici (cfr. Foto 2).

Al termine delle piene che inondano la cassa di espansione avviene il deposito di sedimenti fini, sabbie, limi e argille e accumulo di legname flottante.

Nella zona in destra del fiume, nella cassa di espansione in linea, a partire dell'entrata in funzione della cassa stessa, è avvenuto il deposito di alluvioni che ha determinato l'innalzamento del fondo, di circa 6 m nella zona prossima al manufatto di regolazione e di circa 4÷2 m nella parte a monte.

Tale innalzamento risulta essere avvenuto prevalentemente negli ultimi 20÷25 anni, probabilmente con velocità crescente nel tempo. Ciò può spiegarsi con la presenza delle cavità di cava sul fondo originario, che hanno assorbito l'alluvionamento iniziale e anche con la progressiva invasione del bosco e della vegetazione del sottobosco, che determina minore velocità di deflusso delle acque invase e minore capacità di trasporto di materiale solido da parte delle acque uscenti dalla cassa. Ulteriore causa del rallentamento della velocità della corrente in uscita può essere la tendenza all'ostruzione della bocca di uscita di destra, determinata dall'accumulo di sedimenti subito a monte della stessa.

Altre cave sotto falda non più in attività sono ubicate nella zona appena a nord della cassa, prima del rilevato dell'autostrada A1”.

- *“Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, idrogeologico e stratigrafico, dell'intera Pianura Padana Emiliano-Romagnola.”*
- *“In generale, facendo riferimento alla Relazione geologico-tecnica redatta da AIPo a supporto del Progetto Preliminare dei “Lavori di laminazione del fiume Secchia”, sono stati riconosciuti due sistemi acquiferi principali che possono essere differenziati, nella porzione di studio, come di seguito riportato:*
 - 1) *sistema acquifero superficiale;*
 - 2) *sistema acquifero profondo.*

- 1) *Il sistema acquifero superficiale si identifica a partire dal p.c. sino ad una profondità di circa 50-60 m dal p.c. e risulta costituito da un orizzonte di ghiaie prevalenti che, in direzione Nord, tende a compartimentarsi in più orizzonti ghiaiosi, separati tra loro da lenti limoso-argillose che, localmente, possono creare condizioni di confinamento-semiconfinamento delle falde ivi contenute.*

In corrispondenza di questo sistema acquifero sono localizzati solo i filtri più superficiali dei pozzi acquedottistici di Bosco Fontana e del nuovo pozzo P5 posto a Nord della cassa d'espansione; mentre è concentrato tutto il prelievo ad opera dei pozzi del campo acquedottistico di Fondo Albone (Possessione Riva). In quest'ultimo campo pozzi si rinviene nei primi 20 m del sottosuolo la presenza di litologie prevalentemente fini (limoso-argillose), dal momento che tali pozzi ricadono nel settore posto a Nord, zona distale della conoide, definito dalla citata scarpata del Rivone.

- 2) *Il sistema acquifero profondo si identifica a partire da una profondità di circa 70 m dal p.c. (campo pozzi Bosco Fontana) sino ad oltre 100 m dal p.c.. Si tratta di orizzonti di ghiaie prevalenti, localmente separati da setti di*

natura argillosa. In corrispondenza di questo sistema acquifero sono localizzati i tratti filtranti più profondi dei pozzi acquedottistici di Bosco Fontana e del pozzo P5 posto a Nord della cassa d'espansione.

Dai dati stratigrafici disponibili tra i due sistemi acquiferi si rileva la presenza di un orizzonte continuo, a granulometria fine (argille e limi prevalenti), avente uno spessore variabile all'incirca tra 30 e 40 m che separa i due sistemi, sebbene è utile segnalare che nel settore a Nord della cassa di espansione è stato riscontrato (cfr. relazioni Pellegrini et alii, 1990 e Gasparini, 2001) un fenomeno di drenanza dalla falda profonda alla falda superficiale."

- *"Passando a considerare la dinamica delle acque, l'elevato grado di permeabilità delle unità litologiche affioranti o sub-affioranti garantisce l'interscambio tra la falda e i corpi idrici superficiali (nello specifico, il fiume Secchia). Il corso d'acqua costituisce un limite laterale a potenziale imposto che, ad ogni variazione idrometrica, genera un movimento analogo nei livelli piezometrici, anche se di ampiezza minore e sfasato nel tempo in rapporto alla distanza e alla trasmissività dei sedimenti.*

Nel complesso la superficie freatica, senza considerare le perturbazioni locali imputabili soprattutto agli emungimenti, è stata rappresentata graficamente nella Carta idrogeologica di Tav. 2.3.

Essa, ricostruita sulla base di una serie di misure effettuate dal 15 al 17 novembre 2017 e confrontata criticamente con studi precedenti studi (vedi in particolare, quelli a supporto del progetto definitivo del "Raccordo Autostradale Campogalliano-Sassuolo, di collegamento tra la A22 e la SS 467 Pedemontana", dei PSC di Rubiera e di Modena, della Variante Generale 2016 al Piano delle Attività Estrattive del Comune di Rubiera) presenta un andamento abbastanza costante con orientazione delle direzioni di flusso della falda prevalentemente verso NE, in accordo con la dinamica dell'intero sistema acquifero.

Le curve isofreatiche presentano una concavità verso monte, con asse in corrispondenza del fiume Secchia, a testimoniare un'azione alimentante da parte dello stesso corso d'acqua.

La soggiacenza della falda, considerata in un periodo di basso, risulta variabile: nell'ordine dei 10÷15 m da piano campagna, nel settore meridionale, si riduce a circa 5 m in quello settentrionale.

Il regime delle escursioni freatiche è di tipo unimodale, con un massimo primaverile (aprile-maggio) e un minimo tardo-estivo (settembre).

A riguardo un'elaborazione interessante è quella proposta dal Dott. Geol. Giorgio Gasparini, sempre, nello Studio geologico-minerario a supporto della Variante Generale 2016 al Piano delle Attività Estrattive del Comune di Rubiera, ove vengono rappresentati gli andamenti annuali, nel quinquennio 2001-2005, del livello statico medio dei pozzi n° 1, n° 12 e n° 13 del Campo pozzi Fontana di AIMAG S.p.A.(cfr. Fig. 8).

Dall'esame di Fig. 8, si osserva un'escursione media nell'ordine dei 2,5 m e un'escursione massima (nel 2003) pari a circa 3,5 m.

Infine, va segnalato che i dati disponibili sull'area convergono nell'indicare, a partire dagli anni '60, un significativo trend storico di abbassamento della falda causato da 3 principali fattori: il sempre maggiore fabbisogno idrico per gli scopi antropici, l'inallveamento del fiume Secchia dovuto alle attività estrattive infragolenali e i cambiamenti climatici."

3.6. Verifiche di sicurezza: sintesi.

Per completezza di esposizione si riportano sinteticamente le risultanze dei calcoli progettuali.

3.6.1 VERIFICHE IDRAULICHE.

Dalla relazione idrologica idraulica si rileva:

“Il Capitolo sull'idrologia è stato strutturato come sintesi critica degli studi pregressi che negli anni si sono susseguiti sul F. Secchia; nello specifico i due lavori a cui si è prioritariamente fatto riferimento sono:

1. *AdBPo “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia nel tratto da Lugo alla confluenza in Po” Beta Studio, 2007;*
2. *AIPO “Adeguamento strutturale e funzionale del sistema arginale difensivo tramite interventi di adeguamento in quota ed in sagoma a valle della cassa fino al confine regionale per garantire il franco di 1 m, rispetto alla piena di Tr 20 anni nello stato attuale e la stabilità e resistenza dei rilevati”.*

...omissis...

Pertanto nel presente lavoro onde fornire un quadro di sintesi il più possibile completo si è provveduto a sintetizzare anche gli studi condotti dall'ing. Susin (1991) e dal Politecnico di Milano (1999) ...

...omissis...

Le portate di riferimento risultano quindi essere le seguenti:

T (anni)	Portata (m ³ /s)	
	Tp = 12 ore	Tp = 24 ore
20	1328,92	1237,66
100	1926,01	1723,32
200	2097,52	1882,81
500	2385,34	2168,54
1000	2601,28	2368,96

Per il dimensionamento dell'opera di sbarramento trasversale si è fatto riferimento a:

- *“portata rilasciata a valle pari a 750 m³/s;*
- *portata al colmo della piena bicentenaria pari a circa 2.040 m³/s;*
- *portata al colmo della piena millenaria pari a circa 2.700 m³/s.”*

Le luci di fondo sono state dimensionate in modo tale che, completamente aperte, la portata 750 m³/s transiti verso valle con un funzionamento a luci sotto battente con livello a monte pari a 46.25 m s.l.m., quota del ciglio di sfioro del manufatto.

Per ottenere la sezione sufficiente si è optato per la realizzazione di 8 luci di larghezza 7 m e altezza pari a 3,5 m (196 m²).

Per il dimensionamento della lunghezza delle porzioni di manufatto esistente che vengono mantenute si è verificato che, a paratoie completamente chiuse, su di esse possa sfiorare la portata di 750 m³/s, con un tirante fissato in 2.50 m corrispondente ad un livello di 48.75 m s.l.m. La lunghezza della soglia risultante è risultata pari ad almeno 90 m.

La lunghezza dello sfioratore del nuovo manufatto ad “U”, il cui ciglio è a quota 48.75 m s.l.m., è stata calcolata con riferimento alla portata di piena bicentenaria (2.040 m³/s), con paratoie chiuse, ed alla portata di piena millenaria (2.700 m³/s) con paratoie aperte al 50%.

Il progettista rappresenta che la lunghezza di sfioro del nuovo manufatto presidiato di 220 m consente il transito delle suddette portate con un tirante idrico massimo di 50.00 m s.l.m.; inoltre con le luci di fondo chiuse la quota ritenuta è stimata pari a circa 50.45 m s.l.m., 1.30 m inferiore alla quota arginale di spalla di 51.75 m s.l.m. ma solo 0.35 m inferiore all'intradosso dell'impalcata della passerella carrabile a quota 50.80 m s.l.m.

Nei due casi si è stimata quindi la quota parte di portata che transiterà sullo sfioratore del manufatto esistente, la quota parte che transiterà sullo sfioratore del nuovo manufatto emergenza e la quota parte che transiterà dalle luci di fondo.

Dimensionati i manufatti, compreso il manufatto di sfioro in argine sinistro per l'attivazione della vasca in derivazione, non oggetto della presente istruttoria, nel documento si rappresenta che: *“si è proceduto alla verifica del funzionamento dell'intero sistema di laminazione tramite l'implementazione di un modello numerico complessivo monodimensionale a moto vario, nonché in conclusione una simulazione a scala più ampia con modello bidimensionale di un tratto significativo di alveo a valle.”*

Per opportuna conoscenza si ritiene opportuno riportare quanto affermato nella Relazione Idraulica e Idrologica, perchè sembrano prospettare condizioni di sicurezza nell'alveo a valle da precisare per ciascuna condizione che si viene a instaurare anche transitoria (al termine di ciascun lotto di lavori).

A. Simulazioni scenari di progetto – Lotto A-B-C

“Il sistema così dimensionato riesce ad ottimizzare l'utilizzo della cassa in derivazione permettendo di mantenere una portata a valle del manufatto nell'intorno del valore di riferimento impostato dall'inizio dell'evento fino all'esaurimento del volume disponibili per la laminazione.”

B. Simulazioni scenari di progetto – Lotto A e Lotto A+B

“...nel caso di realizzazione del Lotto A, ovvero a fronte della realizzazione dei due manufatti, ma senza l'ampliamento della vasca laterale e senza il rialzo degli argini, quindi con un limite di invaso in vasca pari a quota 47.55 con un franco di 1.75 m sulla quota degli argini esistenti. In questo caso viene laminata adeguatamente la piena ad evento di ritorno pari a 20 anni.”

Invece “Con la realizzazione del lotto B, sarà possibile portare la quota di massima regolazione a 50.00 m s.l.m., recuperando quindi volume in più per la laminazione, ottenendo un ulteriore miglioramento.”

C. Simulazione con modello bidimensionale di un tratto significativo di alveo a valle.

“La simulazione sotto rappresentata, svolta nella prima fase della presente progettazione mediante modello bidimensionale, mostra, ad esempio, come un idrogramma con picco pari a 500 m³/s determina una situazione di allagamento della golenale sinistra nello stato attuale, mentre nella configurazione di progetto con l'argine in progetto (argine golenale) si ottiene il contenimento di tale portata.

Tale valore di portata risulta superiore alla soglia di 350-400 m³/s, dal quale, sempre sulla base delle modellazioni eseguite mediante il primo allestimento del modello 2D, ha inizio l'esondazione dell'area golenale in sinistra idraulica.

L'arginatura golenale è stata pertanto progettata per il contenimento di una portata di 500 m³/s, valore che nello stato attuale (senza adeguamento della cassa e senza argine golenale) determina esondazione dell'area in sinistra, e che a seguito degli interventi di progetto sopra indicati viene contenuta (pur con franchi ridotti, trattandosi di argine golenale).

In termini di frequenza, e con riferimento alla statistica dei colmi di piena dell'Autorità di Bacino, il valore di portata di 500 m³/s corrisponde ad un Tempo di ritorno di circa 2 anni, mentre a 400 m³/s è associabile un Tempo di ritorno di 1 anno e mezzo circa”.

I successivi affinamenti ...omissis... hanno poi permesso di implementare le seguenti nuove modellazioni:

1. *Scenario I: cassa di espansione nella configurazione attuale-tratto arginato nella configurazione di progetto;*
2. *Scenario II: cassa di espansione adeguata- tratto arginato nella configurazione di progetto;*
3. *Scenario III: cassa di espansione adeguata e argine golenale realizzato-tratto arginato nella configurazione di progetto*

Sulla base delle suddette simulazioni di dettaglio è stato possibile affinare la quota dell'argine golenale (rispetto alla prima versione è stato abbassato di 30-50 cm) ottenendo contestualmente massima garanzia del suo funzionamento e riscontri positivi in merito alle ripercussioni temute nel tratto arginato a valle della autostrada A1, anche con riferimento a tempi di ritorno superiori a $TR=2$ anni”.

3.6.2. VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE DEI MANUFATTI IDRAULICI

Le norme di riferimento indicate nella relazione progettuale sono:

- DM 26.06.2014 “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).
- Circolare P.C.M. 7 aprile 1999, n. DSTN/2/7311 “Legge 584/1994. Competenze del Servizio nazionale dighe. Precisazioni” (G.U. Serie generale n. 87, 14.04.1999)
- D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”

Dalla relazione sulle verifiche strutturali e geotecniche dei manufatti idraulici si rileva che sono state eseguite le seguenti verifiche:

- a. Capacità portante del terreno di fondazione
- b. Verifica allo scorrimento
- c. Verifica al ribaltamento
- d. Cedimenti dei terreni di fondazione

Nelle conclusioni della relazione progettuale è riportato:

“Sono state analizzate tutte le strutture in progetto, nelle combinazioni di riferimento in accordo alla normativa, definite secondo le risultanze de modelli idrologici e della caratterizzazione geotecnica e sismica del sito.

In particolare, sono stati considerati gli stati limite ultimi e di servizio di riferimento secondo le NTC 2008 e il DM 2014 sulle dighe, a cui le traverse in progetto sono state assimilate in accordo alla normativa stessa.

Le opere sono risultate verificate in tutte le combinazioni analizzate.

I dimensionamenti strutturali di dettaglio (definizione delle armature, dettagli di carpenteria, eccetera) saranno definiti nelle successive fasi progettuali.”

3.6.3. VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE DELLE ARGINATURE

Le norme di riferimento indicate nella relazione progettuale sono:

- D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)” Decreto Ministeriale 26 giugno 2014;
- UNI EN 1997-1:2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1997-2:2007 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. 1977 AGI – Associazione Geotecnica Italiana;
- Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica - Linee guida 2005 AGI – Associazione Geotecnica Italiana.

Le verifiche di sicurezza dei rilevati arginali comprendono:

a. Verifiche filtrazione e sifonamento.

“Le verifiche di sicurezza nei confronti del pericolo di sifonamento sono omesse per le sezioni tipo C, E, F, G e H in quanto le condizioni di sicurezza sono garantite dalla presenza dei diaframmi, esistenti o di progetto, immersi negli strati coesivi (con grado di permeabilità da basso a molto basso).

Per quanto riguarda la sezione D, il rilevato arginale è fondato su uno strato di natura prettamente coesiva, per cui anche in considerazione del limitato gradiente idraulico, non vi è il pericolo di sifonamento”

Non state eseguite verifiche per i tronchi arginali adiacenti il manufatto regolatore.

b. Verifiche di stabilità globale dei rilevati.

Le verifiche sono state condotte per le sezioni tipo più gravose A, D, E e G per le seguenti condizioni:

- Massimo invaso con riferimento al tempo di ritorno pari a 1000 anni;
- Rapido svaso;
- Verifiche sismiche in condizioni di vasca vuota.

Non state eseguite verifiche per i tronchi arginali adiacenti il manufatto regolatore (Sezioni tipo “C” ed “F”)

c. Liquefazione.

“Con riferimento alla “Relazione geologica e sismica”, tutte le indagini esaminate in questa fase non hanno evidenziato la presenza di terreni granulari fini sciolti o poco addensati sotto falda, né terreni coesivi particolarmente privi di consistenza, per cui il rischio di liquefazione e cedimenti, nell’ambito in esame, può essere considerato basso.”

4. Materiali.

Non c’è alcuna descrizione dei materiali da utilizzare per la realizzazione dei manufatti idraulici; per le arginature si rileva che devono essere realizzati con i sedimenti prelevati con le attività di rimozione e pulizia delle vasche. Tali aspetti dovranno essere ben precisati sotto l’aspetto tecnico nel progetto definitivo.


5. Impianti.

E’ prevista la realizzazione dell’impianto elettromeccanico per la movimentazione delle paratoie del manufatto regolatore trasversale all’opera di sbarramento e del manufatto di sfioro nella vasca di derivazione, con realizzazione di un edificio sul coronamento del primo ove sarà ubicato il quadro comando e controllo dell’impianto ed il generatore autonomo di elettricità.

6. Organizzazione del cantiere.

Non vi è nessun riferimento all’organizzazione del cantiere per la realizzazione dei lavori, trattandosi di progetto di fattibilità.

7. Pianificazione dei lavori.



Nessun riferimento ad un cronoprogramma per la pianificazione delle attività di cantiere previste in progetto, trattandosi di progetto di fattibilità.

8. Motivazioni che hanno portato alla soluzione tecnica scelta ed esame di possibili alternative.

La cassa di espansione del fiume Secchia, costituita da un manufatto di sbarramento trasversale al corso d'acqua, da un vasca in linea e da una vasca di espansione laterale alimentata attraverso una soglia di sfioro inserita in un tratto di sponda sinistra del corso d'acqua, ubicata nel territorio dei comuni di Rubiera (RE), Campogalliano (MO) e Modena, è stata realizzata nel 1974 con l'obiettivo di proteggere i territori ubicati a valle, compreso la città di Modena, dalle esondazioni del corso d'acqua.

L'esperienza diretta del funzionamento durante gli anni di esercizio, nonché i vari studi aventi ad oggetto il sistema di difesa idraulico dei territori attraversati dal fiume Secchia, hanno evidenziato la necessità di un adeguamento dello stesso, e quindi della cassa di espansione, in quanto non risulta garantita la finalità del progetto originario sopraevidenziata.

Dalla relazione illustrativa, in particolare, si rileva quanto segue [come già esposto al § 3.2]:

“L'analisi delle possibili soluzioni alternative è conseguente alla definizione degli obiettivi che devono essere raggiunti dalla stessa progettazione ed è volta all'individuazione della soluzione migliore in termini di rapporto costi/benefici.

Gli obiettivi da perseguire nella definizione degli interventi nel caso specifico sono definiti dalle criticità attualmente esistenti:

- *insufficienza dimensionale per l'evento tempo di ritorno di 200 anni;*
- *insufficienza a fornire un grado di laminazione adeguato anche per eventi a minor tempo di ritorno a causa dell'inefficienza dei manufatti di regolazione e sfioro laterale;*
- *mancato rispetto delle prescrizioni del DPR 1363/59 e s.m.i, con particolare riferimento al franco dei rilevati arginali.*

Sulla base delle citate criticità, quindi, sono stati fissati i seguenti obiettivi da perseguire nella progettazione:

1. *Massimizzazione del riempimento della vasca al fine di minimizzare il deficit di sicurezza che comunque rimarrebbe sull'asta di valle rispetto all'evento di progetto T200;*
2. *Rendere l'opera in grado di laminare l'evento con tempo di ritorno 20 anni;*
3. *Adeguare l'opera per il rispetto delle prescrizioni del DPR 1363/59 e s.m.i.*

Il raggiungimento degli obiettivi sopra elencati deve essere perseguito tramite la realizzazione di 3 interventi principali così come individuati nel “Documento Preliminare alla Progettazione”, più interventi accessori o di completamento:

- *adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali costituenti il sistema della cassa di espansione esistente;*
- *adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della stessa cassa di espansione, comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato;*
- *adeguamento del sistema difensivo immediatamente a valle della cassa.*

Le possibili alternative analizzate sono le seguenti:

1. Soluzione che minimizza la macchinizzazione del funzionamento della cassa.

Realizzazione di un nuovo manufatto, strutturalmente indipendente dall'opera trasversale esistente, ricavato nell'argine trasversale in sinistra idrografica da destinare a sede di paratoie metalliche che consentano un'adeguata parzializzazione delle luci. Il nuovo manufatto realizzato nel tratto di arginatura a lato del manufatto esistente è caratterizzato dalla presenza di 3 luci regolabili aggiuntive rispetto ai varchi ricavati nel limitatore esistente che vengono mantenute come allo stato attuale.

2. Soluzione che minimizza le modifiche architettoniche del manufatto regolatore.

“Demolizione della traversa esistente e suo completo rifacimento”. La nuova traversa di lunghezza pari a quella esistente verrà dotata di 6 luci 7.00 x 3.50 m dotate di paratoie piane e di una soglia sfiorante di lunghezza pari a 110 m posta a quota 45.80 m s.l.m. Sopra la traversa è previsto un ponte di servizio carrabile analogo a quello previsto nella prima delle soluzioni.

“Il funzionamento della cassa oltre che dal manufatto regolatore dipende anche dal manufatto di derivazione nella cassa laterale. In questo caso sono state analizzate due possibili alternative di adeguamento del manufatto esistente costituito da una soglia sfiorante non regolata di lunghezza pari a 120 m e ciglio di sfioro a quota 45,80 m s.l.m.

Entrambe le soluzioni analizzate prevedono l'installazione di opere elettromeccaniche necessarie sia per ottimizzare ritardando l'attivazione della derivazione nella cassa laterale, sia per la regolazione dei flussi.

La scelta nella soluzione progettuale proposta è motivata dal progettista come di seguito riportato:

- *“l'unico approccio rivelatosi in grado di perseguire gli obiettivi è risultato nella creazione di uno sbarramento regolato che potesse garantire un riempimento ottimale della cassa indipendentemente dalla configurazione dell'onda di piena in ingresso.*

Le altre soluzioni che in qualche modo imponessero una mancanza di regolazione e una semplificazione della stessa non sono apparse in grado di poter centrare gli obiettivi richiesti”.

9.0. Osservazioni

Una prima considerazione che si ritiene opportuno esplicitare è relativa alle definizioni utilizzate negli elaborati progettuali per i parametri geometrici che caratterizzano l'opera di sbarramento ed il serbatoio ad essa sotteso; in particolare non si evince una chiara correlazione con le definizioni di cui al DM 26.06.2014 *“Norme tecniche per la progettazione e la ostruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”*.

In particolare trattandosi di una cassa di laminazione con vasca in linea e vasca in derivazione il volume di invaso accumulato dall'opera idraulica deve essere valutato anche così come definito nel *“Protocollo di intesa”* tra DG Dighe ed AIPo ovvero: *“in tale fattispecie, fino a eventuali differenti disposizioni regolamentari, il volume di invaso determinato dallo sbarramento trasversale, ai sensi della L.584/94, è pari alla somma del volume in alveo (compreso tra la quota massima di regolazione dello sbarramento e la quota del punto più depresso del paramento di monte di questo) e del volume - nella cassa di espansione laterale - compreso tra la quota massima di regolazione della diga o traversa e la quota della soglia (più bassa) del manufatto di imbocco della cassa di espansione laterale”*.

Si rappresenta, inoltre, deve essere migliorata per l'illustrazione di tutto ciò che riguarda le analisi, ricerche e verifiche degli altri allegati progettuali soprattutto le relazioni tecniche.

E' stato pertanto necessario un'attenta analisi di tutta la documentazione innanzitutto per avere sia la descrizione dello stato di fatto delle opere esistenti e, soprattutto, per comprendere effettivamente cosa fosse di immediata realizzazione ed anche i relativi obiettivi di sicurezza che è possibile ottenere.

Le ipotesi alternative esaminate devono essere illustrate anche con adeguati elaborati grafici (non unicamente a livello di relazioni) e la scelta effettuata deve essere meglio motivata e giustificata prendendo in considerazione anche gli aspetti gestionali di sicurezza intrinseca e di resilienza del sistema.

Devono essere precisati gli obiettivi raggiungibili con la soluzione prescelta al termine di ciascun lotto di lavori (precisando per ciascuna fase le portate sostenibili a valle e il relativo tempo di ritorno), restando di competenza di questa Amministrazione in particolare la valutazione del conseguimento dell'adeguamento dello sbarramento alle vigenti NTD.

In merito agli obiettivi di laminazione conseguibili e alle portate transitabili a valle la Relazione illustrativa presenta elementi di incongruenza che devono essere oggetto di espliciti chiarimenti in questa o nelle successive fasi progettuali, ferma restando la competenza di AIPo e di altre amministrazioni sugli obiettivi dell'opera per la riduzione del rischio idraulico a valle.

L'effettiva portata massima transitabile nell'alveo a valle a seguito degli interventi previsti in progetto, pertanto, deve essere chiaramente specificata.

L'intervento di adeguamento del sistema di protezione idraulica dei territori a valle della cassa di laminazione di laminazione delle piene del fiume Secchia così come progettato, prevede la gestione dell'evento di piena attraverso la "regolazione" dell'invaso operata dall'opera trasversale al corso d'acqua mediante variazioni della sezione delle luci di efflusso dello stesso conseguenti alla movimentazione delle paratoie piane a presidio delle stesse.

Si dedurrebbe, pertanto, che la *"massimizzazione del riempimento della vasca al fine di minimizzare il deficit di sicurezza che comunque rimarrebbe sull'asta di valle"* è una condizione da realizzare affidandosi ~~completamente~~ alle manovre delle paratoie del manufatto di regolazione (ben otto larghe 7 m e alte 3.5 m) e del manufatto di sfioro nella vasca in derivazione (altre otto paratoie di cui sei piane 7 x 7 m e due a settore larghe 10 m ed alte 5 m).

Il funzionamento della cassa di espansione, infatti, prevede il riempimento di una vasca in derivazione attraverso un manufatto definito *"sfioratore"*, realizzato a monte della traversa nell'argine sinistro, presidiato anch'esso da paratoie, da governare in funzione della regolazione operata dal manufatto regolatore principale.

La suddetta modalità di gestione dell'evento di piena, pertanto, comporta operazioni da eseguirsi sul manufatto principale e su quello in derivazione, peraltro dallo stesso edificio di comando e controllo previsto sulla passerella della traversa, che richiedono affidabili e ridondanti automatismi ovvero un protocollo operativo dettagliato da attuare con rigore da parte di operatori addestrati allo scopo, onde evitare di vanificare gli effetti di laminazione.

Far affidamento ad un sistema di regolazione automatico è opportuno se comunque governato dagli operatori di cui sopra, in grado di intervenire in caso di anomalie di funzionamento degli impianti, essendo pertanto necessario che sia meglio affrontata anche l'ipotesi di rendere meno legato a numerose operazioni di regolazione la gestione delle casse.

Il manufatto regolatore è stato progettato anche per consentire il deflusso della portata di piena millenaria anche solo dal ciglio di sfioro, quindi con luci completamente ostruite, stimando una quota di invaso pari 50.45 m s.l.m. inferiore però di soli 35 cm alla quota dell'intradosso della passerella carrabile del coronamento fissata in 50.80 m s.l.m. che pertanto dovrebbe innalzarsi.

Non sembrerebbe, infatti, garantiti i margini di sicurezza di cui al regolamento di progettazione dighe ovvero “La conformazione dello scarico di superficie deve essere tale da assicurare il transito di eventuali corpi galleggianti tra la vena liquida e le sovrastrutture (passerelle, paratoie sollevate, ecc...).

L’installazione delle paratoie, con la relativa struttura di sostegno e movimentazione, sul paramento di monte del manufatto regolatore, alla luce delle esperienze acquisite presso altre opere idrauliche di laminazione delle piene ricadenti nello stesso territorio, non sembrerebbe la soluzione ottimale per la sicurezza e la funzionalità dell’opera.

Il trasporto solido, inteso soprattutto come materiale flottante costituito da tronchi di legno, arbusti e detriti di dimensioni varie sdradicati dal corso d’acqua durante gli eventi può essere causa infatti di danneggiamenti delle stesse paratoie, delle componenti meccaniche di trasmissione del moto alle stesse, nonché di rischi di bloccaggio per inceppamenti delle garmature.

La soluzione tecnica scelta può essere condivisibile nel caso di installazione di paratoie ex novo su manufatti esistenti; in questo caso la realizzazione è contestuale all’opera di sbarramento e, pertanto, l’installazione interna al corpo può fornire più garanzie in termini di sicurezza se accoppiata anche alla creazione di alloggiamenti delle strutture metalliche facilmente accessibili per l’esecuzione degli interventi manutentivi.

L’installazione, in alveo a monte della traversa, di un sistema a protezione dell’opera di sbarramento per evitare l’occlusione delle luci di fondo dall’accumulo di materiale trasportato dal corso d’acqua durante le piene, diventa in ogni caso necessario.

Deve essere previsto edificio per l’espletamento della vigilanza dello sbarramento ai sensi dell’art. 15 del D.P.R. 1363/59, con possibilità di guardiana continuativa durante gli eventi di piena (potendosi a tal fine ampliare il locale di servizio previsto); tale possibilità deve pertanto essere prevista mentre in condizioni di casse vuote, la vigilanza dello sbarramento può intendersi assicurata con sistemi di telecontrollo secondo quanto potrà stabilirsi con il FCEM.

Si rappresenta, infine, che a seguito di consultazione della banca dati ITACHA dell’ISPRA è stata individuata una faglia attiva e capace proprio nella zona interessata dalla cassa di laminazione immediatamente a monte della traversa e sotto le due vasche identificata con il codice 90508 Rubiera – Reggio Emilia. Di detta individuazione (ad una scala non direttamente utilizzabile per valutazioni conclusive) dovrà tenersi conto nella redazione (in fase di progettazione definitiva) dello studio sismotettonico previsto dalle NTD.

10. Conformità degli elaborati progettuali alle norme vigenti ed alle disposizioni della DG Dighe.

Con nota prot. n. 1478 del 20 gennaio 2017 la Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche rappresenta che i contenuti del progetto preliminare (o di massima o di fattibilità tecnico ed economica) sono regolati dall’art. 1 del D.P.R. 1363/1959 e, per i LL.PP., anche dall’art. 23 del D. Lgs.50/2016 e dagli artt. 17÷22 del D.P.R. 207/2010.

Nella Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806, comunque, si riscontra che il progetto di “massima” indicato all’art. 1 del decreto del Presidente della Repubblica n. 1363 del 1959 deve essere equiparato al progetto “preliminare” come definito all’art. 16, comma 3, del decreto-legge n. 101 del 1995 : *“Il progetto preliminare definisce le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire e consiste in una relazione illustrativa delle ragioni della scelta della soluzione prospettata in base alla valutazione delle eventuali soluzioni possibili, anche con riferimento ai profili ambientali, della sua fattibilità amministrativa e tecnica, accertata attraverso le indispensabili indagini di prima approssimazione, dei costi, da*

determinare in relazione ai benefici previsti, nonché in schemi grafici per l'individuazione delle caratteristiche speciali, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare”.

La Circolare PCM 22806/1995 p.to E) ed il D.M. 4/08/2014, inoltre, assegna agli Ufficio Tecnici per le Dighe la competenza del parere tecnico di cui all'art. 1 del D.P.R. 1363/59, con le precisazioni – circa l'esigenza di condivisione del parere con la Div. di coordinamento, recate dalla Circ. 1478 del 20/1/2017.

Ai fini del controllo formale della documentazione costituente il progetto preliminare per i lavori di adeguamento della diga di Rubiera, comunque, si ritiene opportuno far riferimento a quanto prescritto all'art. 23 del D. Lgs. 50/2016 ed agli artt. 17÷22 del D.P.R. 207/2010.

In particolare l'art. 17 del D.P.R. 207/2010 specifica che *“Il progetto preliminare stabilisce i profili e le caratteristiche più significative degli elaborati dei successivi livelli di progettazione, in funzione delle dimensioni economiche e della tipologia e categoria dell'intervento, ed è composto dai seguenti elaborati, salva diversa motivata determinazione del responsabile del procedimento ai sensi dell'articolo 15, comma 3, anche con riferimento alla loro articolazione:*

- a) relazione illustrativa;*
- b) relazione tecnica;*
- c) studio di prefattibilità ambientale;*
- d) studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari - quali quelle storiche archeologiche ambientali, topografiche, geologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche e sulle interferenze e relative relazioni ed elaborati grafici – atti a pervenire ad una completa caratterizzazione del territorio ed in particolare delle aree impegnate;*
- e) planimetria generale e elaborati grafici;*
- f) prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza con i contenuti minimi di cui al comma 2;*
- g) calcolo sommario della spesa;*
- h) quadro economico di progetto;*
- i) piano particellare preliminare delle aree o rilievo di massima degli immobili.*

L'art. 1 della Legge 21 ottobre 1994, n. 584 prescrive che la Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche è preposta alla sola approvazione tecnica del progetto, ai fini della tutela dell'incolumità pubblica, delle popolazioni e dei territori a valle delle opere di sbarramento, e che la suddetta approvazione *“non sostituisce obblighi, oneri e vincoli gravanti sul soggetto e sulle opere interessate, con riferimento alla valutazione di impatto ambientale, all'assetto idrografico, agli interessi urbanistici, paesaggistici, artistici, storico-archeologici, sanitari, demaniali, della difesa nazionale, dell'ordine pubblico e della pubblica sicurezza che restano di competenza delle autorità previste dalle norme vigenti”.*

Pertanto gli elaborati di cui ai sopracitati punti c), f), g) h) ed i) non rientrano tra la documentazione progettuale *“preliminare”* da sottoporre al parere tecnico di cui dall'art. 1 del D.P.R. 1363/1959.

L'attività istruttoria finalizzata al rilascio del parere tecnico ai sensi ex art. 1 del D.P.R. 1363/59 è condotta ai sensi della Circolare PCM 22806/1995 punto E), delle note DG Dighe prott. nn. 25493 del 15 dicembre 2015 e 1478 del 20/01/2017 e di quanto indicato nel *“Protocollo d'Intesa tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici – Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche e l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po) per disciplinare le attività di vigilanza sulle grandi dighe e traverse in gestione all'A.I.Po”* sottoscritto in data 25 novembre 2015 ai sensi dell'art. 15 della Legge

241/90 e trasmesso all'UTD di Milano con nota DG Dighe prot. n. 24918 del 4 dicembre 2015.

Con lettera AIPO prot. n. prot. n. 1707 del 25 gennaio 2019 il gestore ha trasmesso il progetto di fattibilità tecnico-economica intitolato "*Adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena)*" con richiesta di parere tecnico ai sensi dell'art. 1 del D.P.R. 1363/59, a firma del progettista Ing. Fulvio Bernabei iscritto all'Ordine degli ingegneri della Provincia di Milano, i cui allegati sono elencati al paragrafo 3. della presente istruttoria.

Gli elaborati tecnici sono stati trasmessi anche in forma digitale e riportano la firma del progettista e del rappresentante legale del gestore.

Con riferimento a quanto disciplinato al sopracitato "*Protocollo d'Intesa*" tra la Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche e l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po) l'attività istruttoria finalizzata all'emissione del parere tecnico ai sensi ex art. 1 del D.P.R. 1363/59, di competenza della DG Dighe, è limitata esclusivamente allo sbarramento di ritenuta ed ai rilevati arginali strettamente funzionali all'esercizio dello sbarramento ovvero ai rilevati di spalla.

Nella relazione illustrativa si espongono le motivazioni (tecniche ed economiche) che hanno portato alla scelta progettuale definitiva e l'esame delle possibili alternative, ritenute comunque non favorevoli; sono riportati gli sviluppi degli studi tecnici specialistici del progetto e si descrivono in maniera da migliorare in termini di comprensibilità gli studi, le attività e le indagini effettuate negli anni precedenti che hanno interessato l'area sui cui è stata realizzata la cassa di espansione.

Per la definizione della suddetta proposta il progettista ha analizzato diversi scenari di intervento risultanti dalla combinazione dell'effettiva realizzazione delle opere idrauliche previste nei quattro lotti (Cassa in linea, Cassa fuori linea, Ampliamento cassa fuori linea lato ovest, Seconda cassa di espansione a valle e sistemazioni difese idrauliche alveo e canali a valle).

Come riportato nei paragrafi precedenti i principali argomenti trattati nella relazione tecnico illustrativa sono i seguenti:

- a. Compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'intervento.
 - b. Verifiche idrauliche ed idrologiche.
 - c. Verifiche strutturali e geotecniche (che però non interessano i tronchi arginali adiacenti il manufatto regolatore)
 - d. Sismica.
 - e. Materiali (molto sommariamente per le arginature e nessun cenno allo sbarramento principale, fatta eccezione per le paratoie)
 - f. Impianti (descrizione generica per la movimentazione delle paratoie)
- Nessun riferimento invece ai seguenti aspetti che dovrebbero essere trattati nella progettazione preliminare:
- g. Organizzazione del cantiere e cronoprogramma delle fasi attuative, con l'indicazione dei tempi massimi di esecuzione dei lavori
 - h. Esercizio dell'opera e dell'impianto durante i lavori
 - i. Accessibilità, utilizzo e manutenzione delle opere, degli impianti e dei servizi esistenti.

Dalle relazioni relative alle verifiche strutturali e geotecniche dei manufatti regolatori e delle arginature quale normativa di riferimento per la progettazione è indicato:

- DM 26.06.2014 "*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*"

- Circolare P.C.M. 7 aprile 1999, n. DSTN/2/7311 *“Legge 584/1994. Competenze del Servizio nazionale dighe. Precisazioni”*
- D.M. 14.01.2008 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*

Il progetto preliminare è stato elaborato con riferimento alle NTC 2008. Dato che il D.M. 27 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”* all’art. 2 *“Ambito di applicazione e disposizioni transitorie”* prevede per le opere pubbliche l’applicazione delle previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all’ultimazione dei lavori ed il collaudo statico degli stessi solo nel caso in cui il progetto definitivo o esecutivo sia stato affidato prima dell’entrata in vigore delle NTC 2018, risulta necessario che il progetto definitivo sia redatto con riferimento alle NT vigenti.

Come già riportato nel paragrafo delle *“Osservazioni”* è necessario che le definizioni dei parametri geometrici che caratterizzano opere ed invaso sia conforme al DM 26.06.2014 *“Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”* ed al *“Protocollo di intesa”* tra DG Dighe ed AIPo

I lavori previsti in progetto sono classificati, ai sensi del DM 26/06/2014 (p.to H.2), come *“Intervento di adeguamento della diga esistente, atto a conseguire i livelli di sicurezza e funzionalità previsti per le nuove realizzazioni”*.

Gli elaborati grafici sono redatti in scala opportuna e debitamente quotati, con le necessarie differenziazioni in relazione alla dimensione, alla categoria e alla tipologia dell’intervento e comprendono anche lo stralcio degli strumenti di pianificazione territoriale e di tutela ambientale e paesaggistica, nonché degli strumenti urbanistici generali ed attuativi vigenti, sui quali sono indicate la localizzazione dell’intervento da realizzare.

Le condizioni di esercizio del serbatoio si modificano per cui il progetto definitivo deve contemplare la determinazione delle caratteristiche dell’onda di piena conseguente all’ipotetico collasso dello sbarramento e l’individuazione delle aree soggette ad allagamento ai fini della protezione civile.

Il progetto prevede luci presidiate da paratoie e, pertanto, avrebbe dovuto essere allegato ai sensi della Circolare M.LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352 *“l’allegato relativo al calcolo dell’onda di piena artificiale conseguente a manovre degli organi di scarico, secondo quanto previsto dalla circolare ministeriale 28 agosto 1986, n. 112*. Detto adempimento potrà essere assolto in sede di progetto definitivo a seguito della definizione definitiva delle luci regolabili.

11. Conclusioni.

L’attività istruttoria finalizzata al rilascio del parere tecnico ai sensi ex art. 1 del D.P.R. 1363/59 del progetto *“preliminare”* (progetto di fattibilità tecnico economica) dei lavori di adeguamento idraulico e strutturale della diga di Rubiera (*“Adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena)”*), presentato dal gestore con lettera AIPo prot. n. 1707 del 25 gennaio 2019, è stata condotta ai sensi della Circolare PCM 22806/1995 punto E), delle note DG Dighe prott. nn. 25493 del 15 dicembre 2015 e 1478 del 20/01/2017 e di quanto indicato nel *“Protocollo d’Intesa tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici – Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche e l’Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po) per disciplinare le attività di vigilanza sulle grandi dighe e traverse in gestione all’A.I.Po”* sottoscritto in data 25 novembre 2015 ai sensi dell’art. 15 della Legge 241/90 e trasmesso all’UTD di Milano con nota DG Dighe prot. n. 24918 del 4 dicembre 2015.

I lavori previsti in progetto sono classificati, ai sensi del DM 26/06/2014 (p.to H.2), come *“Intervento di adeguamento della diga esistente, atto a conseguire i livelli di sicurezza e funzionalità previsti per le nuove realizzazioni”*.

Il livello di approfondimento degli elaborati tecnici del progetto, anche se gli argomenti trattati dalle relazioni tecniche risultano di non immediata comprensione a causa della complessa articolazione degli interventi progettuali, (vedere paragrafo 9.0 *Osservazioni*) comunque può essere ritenuto sufficiente ad individuare le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire; la relazione tecnica illustra le ragioni della scelta della soluzione prospettata in base alla valutazione delle eventuali soluzioni possibili, anche con riferimento ai profili ambientali, della sua fattibilità tecnica, accertata attraverso le indagini eseguite negli anni precedenti, e nonché in schemi grafici per l'individuazione delle caratteristiche speciali, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare.

Il progetto tiene conto della classificazione sismica del territorio, ancorché dovrà integrarsi a livello definitivo con lo studio sismotettonico, e delle modifiche normative intervenute successivamente al progetto e alla costruzione della diga, in particolare il D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 26 Giugno 2014 – *“Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”* ed il D.M. 14.01.2008 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*.

Il progetto consentirà il conseguimento di un manufatto di sbarramento adeguato, per gli aspetti di sicurezza strutturale, sismica, idraulica, alle norme vigenti, a fronte dell'attuale struttura, sulla quale il livello di conoscenza è limitato.

Il progetto preliminare è stato elaborato con riferimento alle NTC 2008 sebbene il D.M. 27 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”* all'art. 2 *“Ambito di applicazione e disposizioni transitorie”* prevede per le opere pubbliche l'applicazione delle previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed il collaudo statico degli stessi solo nel caso in cui il progetto definitivo o esecutivo sia stato affidato prima dell'entrata in vigore delle NTC 2018. Il progetto definitivo dovrà conseguentemente redigersi con riferimento alle NTC vigenti.

L'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, pertanto, sulla base di quanto esplicitato ed osservato nei paragrafi precedenti in merito al progetto *“preliminare”* (progetto di fattibilità tecnico economica) dei lavori di adeguamento della diga di Rubiera (*“Adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del fiume Secchia (provincia di Modena)”*) e trattandosi di sbarramento esistente necessitante di interventi di incremento della sicurezza, ai fini dell'integrazione del progetto o dell'avvio della fase successiva di progettazione e, per quanto di competenza, esprime parere ai sensi dell'art. 1 del D.P.R. 1363/59, nei termini di seguito esposti.

1. Le ipotesi alternative esaminate devono essere illustrate con specifico documento e con adeguati elaborati grafici; la scelta effettuata deve essere meglio motivata e giustificata prendendo in considerazione anche gli aspetti gestionali di sicurezza intrinseca e di resilienza del sistema. Devono essere precisati gli obiettivi raggiungibili con la soluzione prescelta al termine di ciascun lotto di lavori (precisando per ciascuna fase le portate sostenibili a valle e il relativo tempo di ritorno), restando di competenza di questa Amministrazione la valutazione del conseguimento dell'adeguamento dello sbarramento alle vigenti NTD e di competenza di AIPo e della Regione la definizione degli obiettivi da raggiungere in termini di riduzione del rischio idraulico.
2. Il progetto definitivo, se per lotti, deve specificare univocamente l'oggetto dei lavori cui si riferisce, sempre inquadrandoli nel progetto generale, e la finalità degli stessi ai fini della sicurezza dello sbarramento e delle popolazione a valle quindi idrogrammi e portate di progetto di assegnato Tr, volume di laminazione e portata

defluente a valle della cassa per lo scenario di riferimento progettuale, a seguito di laminazione, devono essere chiaramente specificati come l'effettiva portata massima transitabile nell'alveo a valle a seguito degli interventi previsti in progetto. Detti elementi devono essere anche meglio inquadrati anche con riferimento all'attuazione per fasi del progetto generale.

3. Il Progetto definitivo deve essere redatto ai sensi di:

- a. D.M. 27 gennaio 2018 *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*
- b. D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 26 Giugno 2014 – *"Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)"*:

(b.1. deve essere chiaramente evidenziata la correlazione tra i parametri geometrici dell'opera di sbarramento e dell'invaso (altezza, volume di invasore, franco, ecc.) con le definizioni di cui al punto B del D.M.;

b.2. redazione dello studio sismotettonico del sito, da cui fare derivare l'azione sismica di progetto, come previsto al punto *"C.7.7. Azioni sismiche."*), elaborato secondo le linee guida DGD - I.N.G.V., effettuando anche specifici approfondimenti riguardo al pericolo di fagliazione superficiale in corrispondenza o in prossimità della zona di imposta diga;

4. Il progetto definitivo deve comprendere:

- a. Studio preliminare dei materiali da utilizzare per la realizzazione delle opere, comprensivo dell'analisi della reperibilità degli stessi.
- b. Schema dell'impianto elettromeccanico delle apparecchiature di comando e di controllo degli organi di scarico con indicazione delle ridondanze dei componenti e di sistema considerate necessarie per garantire la continuità della funzionalità dell'impianto medesimo.
- c. Studi sulla propagazione delle onde di piena per manovre volontarie degli organi di scarico e per ipotetico collasso dello sbarramento di cui all'art. 24 del D.P.R. n. 85/1991, redatti secondo quanto indicato dalla Circolare 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806 *"Disposizioni attuative e integrative in materia di dighe"*,
- d. Proposta di Modello idraulico per verificare il funzionamento dell'opera trasversale e della vasca di dissipazione a valle, alle condizioni di progetto.
- e. Realizzazione di un edificio per l'espletamento della vigilanza dello sbarramento ai sensi dell'art. 15 del D.P.R. 1363/59 per la gestione del serbatoio di laminazione durante gli eventi di piena, eventualmente ampliando il locale di servizio allo stato previsto; in condizioni di cassa vuota, la vigilanza continua dello sbarramento può intendersi assicurata con sistemi di telecontrollo e secondo quanto sarà indicato nel Foglio di condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione.

4. Deve essere presa in attenta considerazione l'ipotesi di semplificare le operazioni di regolazione in corso di piena, e la possibilità che le paratoie, con la relativa struttura di sostegno e movimentazione, siano installate in posizione più protetta e meno suscettibile a rischi di danneggiamento o ostruzione ad opera del materiale flottante tenendo anche presente l'accessibilità alle componenti dell'impianto di movimentazione per l'esecuzione degli interventi manutentivi, per limitare quanto più possibile danneggiamenti delle aste di manovra, delle gargamature ed inceppamenti dovuti all'impatto e deposito del materiale trasportato in abbondanza dal corso d'acqua durante gli eventi di piena.

In ogni caso deve essere meglio illustrato anche con elaborati grafici il funzionamento della cassa in linea e in derivazione e la sequenza delle movimentazione degli organi di regolazione nelle fasi di incremento e successivo decremento dei livelli di invasore.

5. Installazione, in alveo a monte della traversa, di un sistema a protezione dell'opera di sbarramento dal materiale trasportato flottante e al fondo per evitare l'occlusione delle luci di fondo dall'accumulo di materiale trasportato dal corso d'acqua durante le piene.
6. Definizione degli schemi a livello definitivo delle paratoie ed impianto elettromeccanico di movimentazione prevedendo ridondanze nelle fonti di energia per la movimentazione in accordo con le NTD e comunque la possibilità di manovre volontarie e manuali
7. Proposta di Piano di Laminazione compatibile con le nuove opere risultanti dall'attuazione di quanto previsto nonché un "Protocollo Operativo" che disciplini la gestione dell'invaso durante l'evento di piena con la regolazione idraulica affidata al sistema di paratoie installate sul manufatto di regolazione e sul manufatto di sfioro.
8. Acquisizione, sulle portate e sugli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno, del parere del competente Servizio idrografico regionale, opportuno trattandosi di intervento di sostanziale innovazione della cassa esistente e trattandosi di sbarramento per la laminazione delle piene.
9. Innalzamento dell'impalcato sui manufatti per il rispetto del franco netto minimo e del franco rispetto all'intradosso secondo le NTD dighe e definizione degli eventuali elementi di tenuta in fondazione.

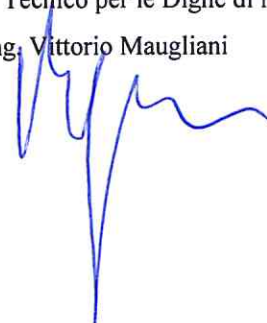
La prevista modalità di gestione dell'evento di piena, infatti, comporta delicati automatismi ovvero operazioni da eseguirsi sul manufatto principale e su quello in derivazione, anche in caso di malfunzionamenti, che richiederebbero un protocollo operativo dettagliato da attuare con rigore da parte di operatori addestrati allo scopo, onde evitare di compromettere l'effetto di laminazione

Far affidamento ad un sistema di regolazione automatico è opportuno se comunque governato dagli operatori di cui sopra, in grado di intervenire in caso di anomalie di funzionamento degli impianti, ma è necessario che sia valutata la possibilità di semplificazione di un sistema che si basa su un complesso con 16 paratoie in totale,

--

Milano, 29 aprile 2019

il Dirigente
dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano
Ing. Vittorio Maugliani



MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



14.2 Modello Fisico – Progetto e Prove Sperimentali



CONCESSIONARIA

AUTOCSS
AUTOSTRADA CAMPOGALLIANO SASSUOLO

CUP F81B03000120001

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE CAMPOGALLIANO-SASSUOLO TRA LA A22 E LA S.S.467 "PEDEMONTANA"

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006

ATTO DI CONVENZIONE TRA CONCEDENTE E CONCESSIONARIA SOTTOSCRITTA IN DATA 04-12-14

PROGETTO ESECUTIVO ASSE AUTOSTRADALE E RACCORDO ALLA TANGENZIALE DI MODENA - GENERALE

MODELLO FISICO

TRAVERSA DI LAMINAZIONE IN LINEA SUL FIUME SECCHIA IN COMUNE DI RUBIERA (RE)

01 - RELAZIONE TECNICA

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Andrea Bognesi – BlueWorks S.r.l.s.



Andrea Bognesi

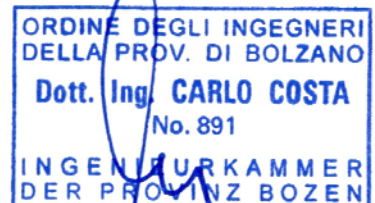
RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dott. Ing. Denise Po'

Dott. Ing. Denise Po'
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.
Iscritta Ordine Ingegneri di Parma n. 1998A

IL CONCESSIONARIO

Dott. Ing. Carlo Costa



CONSULENTE SPECIALISTICO



via Ariberto 1, 20123 Milano
tel/fax 02 58113831
Dott. Ing. Stefania Meucci

CONSORZIO CCS
IL PRESIDENTE

Dott. Ing. Diego Colucci

Consortio CCS
Il Presidente
Dott. Ing. Diego Colucci

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

CODICE COMMESSA	GRUPPO	FASE PROGETT.	LOTTO	ENTE ORIG.	AMBITO	OPERA WBS	PARTI OPERA	TIPO ELAB.	PROGR. TIPO ELAB.	REV.	DATA:
											06/2019
											SCALA:
											-

REVISIONE

N.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
A	13/06/2019	PRIMA EMISSIONE	CURTI	BOLOGNESI	MEUCCI

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTREMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SdP AUTOCSS S.P.A.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SdP AUTOCSS S.P.A.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	CONSIDERAZIONI SULLA RAPPRESENTAZIONE IN SCALA.....	4
3	DIMENSIONI E GEOMETRIA	5
4	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE E DI SCARICO	7
5	SISTEMA DI MISURA.....	9
5.1	MISURE DI PORTATA CON MISURATORE MAGNETICO	9
5.2	MISURE DI LIVELLO CON ASTA IDROMETRICA	10
5.3	MISURE DI PRESSIONE CON TRASDUTTORE DI PRESSIONE	11
6	PORTATE DI RIFERIMENTO.....	12
7	CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE E DI VALLE.....	13
8	SCABREZZA IDRAULICA	14
9	PROVE E MISURE	15
10	CONCLUSIONI	16

1 PREMESSA

In concomitanza con la progettazione di adeguamento ed ampliamento del sistema di laminazione delle piene sul Fiume Secchia, è stato sviluppato il presente progetto del modello fisico relativo alla nuova traversa di laminazione in linea sita in Comune di Rubiera (RE).

La progettazione del modello fisico ha considerato quanto contenuto nel Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativo a "Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del Fiume Secchia, Comune di Rubiera (RE)" (MO-E-1273; CUP: B98G11000320001) e "Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del Fiume Secchia (Provincia di Modena)" (MO-E-1357; CUP: B94H16000690002), tenendo inoltre in considerazione gli ultimi aggiornamenti relativi alle modifiche previste nel Progetto Definitivo in fase di redazione alla data del presente elaborato.

Il modello fisico, a fondo fisso, è stato preliminarmente valutato e definito nella sua scala geometrica e nelle sue dimensioni più significative; in particolare, per questioni realizzative e di osservabilità dei fenomeni, nonché di misura delle grandezze idrauliche di interesse, la scala geometrica del modello fisico è stata fissata in rapporto 1:40 ed è stata adottata la similitudine di Froude, in quanto ben adatta a rappresentare i principali fenomeni idraulici delle correnti con funzionamento a pelo libero.

Il modello avrà dimensioni complessive di 8.80x6.45 m in piante e 1.15 m di altezza.

Il presente modello fisico sarà realizzato presso il laboratorio di idraulica "G. Fantoli" del Politecnico di Milano sotto il coordinamento scientifico del Prof. Ing. Marco Mancini.

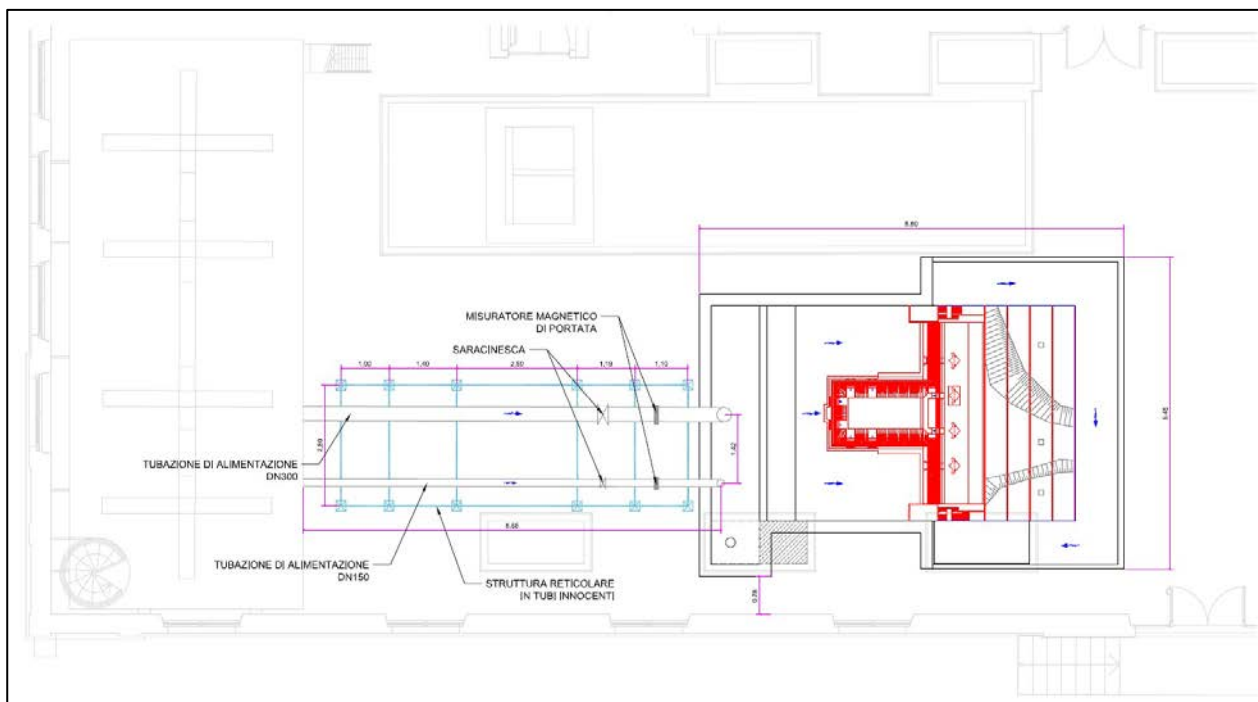


Figura 1 PLANIMETRIA DEL MODELLO FISICO E POSIZIONAMENTO ALL'INTERNO DEL LABORATORIO DI IDRAULICA "G. FANTOLI" DEL POLITECNICO DI MILANO

2 CONSIDERAZIONI SULLA RAPPRESENTAZIONE IN SCALA

La scala del modello e il tipo di similitudine sono stati preliminarmente definiti considerando l'obiettivo ricercato nella modellazione fisica, consistente nella ricostruzione della scala di deflusso relativa all'opera di sfioro costituita in parte dalla traversa esistente ed in parte dall'ampliamento del nuovo corpo traversa in progetto, ciò in relazione a differenti condizioni al contorno (livelli idrici) di valle.

Per tale motivo si è scelta una scala geometrica che, considerate le dimensioni del prototipo, permettesse un'adeguata riproduzione ed osservabilità del comportamento idraulico della corrente, oltre che della geometria del manufatto stesso. In particolare, la scala geometrica è stata fissata pari a $\lambda_L=1:40$.

Per la rappresentazione delle grandezze fisiche di interesse si è scelto di adottare la similitudine di Froude, la quale ben si applica a studi di moto in presenza di pelo libero e nei quali la gravità ha un ruolo importante, permettendo di ben rappresentare i relativi fenomeni idraulici.

Fissata la scala geometrica e il tipo di similitudine, ne derivano i rapporti tra prototipo e modello fisico delle principali grandezze fisiche riportati nella seguente tabella.

Grandezze	Rapporto	λ (modello)	$1/\lambda$ (prototipo)
altezza	$\lambda_h = \lambda_L$	0.025	40
lunghezza	$\lambda_l = \lambda_h$	0.025	40
area	$\lambda_A = \lambda_h \lambda_L$	0.000625	1600
portata	$\lambda_Q = \lambda_h^{5/2}$	0.00009882	10119.3
velocità	$\lambda_V = \frac{\lambda_Q}{\lambda_A}$	0.158	6.325
scabrezza	$\lambda_{Ks} = \frac{\lambda_V}{\lambda_h^{2/3}}$	1.85	0.54
pressione	$\lambda_p = \lambda_h$	0.025	40
massa	$\lambda_m = \lambda_A \lambda_p$	0.00001563	64000
forza	$\lambda_F = \lambda_m \lambda_a$	0.00001563	64000
tempo	$\lambda_t = \frac{\lambda_h}{\lambda_V}$	0.158	6.325
accelerazione	$\lambda_a = \frac{\lambda_h}{\lambda_t^2}$	1.00	1.00

Tabella I. RAPPORTI DI SCALA TRA LE PRINCIPALI GRANDEZZE FISICHE IN SIMILITUDINE DI FROUDE

3 DIMENSIONI E GEOMETRIA

Il modello fisico è stato preliminarmente valutato definendo le dimensioni sulla base del prototipo da riprodurre in scala al fine di non trascurare effetti idraulici significativi e garantendo la corretta rappresentazione delle condizioni al contorno sia di monte che di valle.

Il modello fisico risulta avere dimensioni complessive pari a 8.80x6.45 m in pianta e 1.15 m di altezza, comprensive della vasca di alimentazione e calma a monte e della canaletta di gronda per la raccolta e smaltimento delle acque a valle. La superficie modellata, invece, risulta avere dimensioni di 5.80x4.45 m in pianta (corrispondente a una superficie di 232x178 m nel prototipo) e 0.45 m in altezza (18 m nel prototipo).

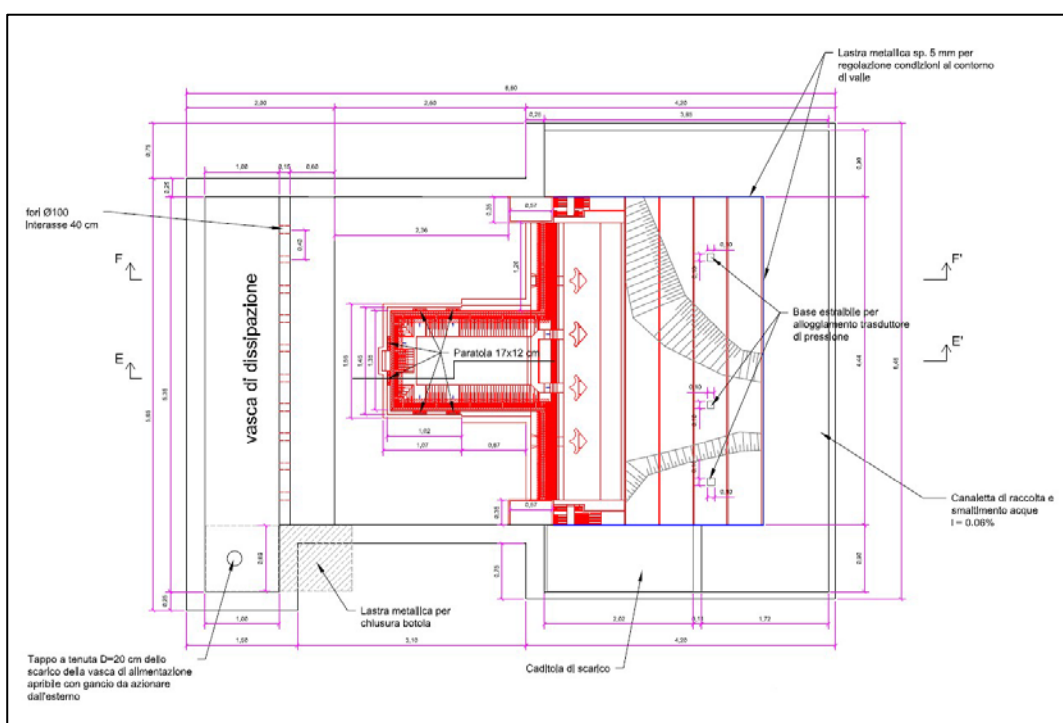


Figura 2 PLANIMETRIA DEL MODELLO FISICO RELATIVO ALLA NUOVA TRAVERSA DI LAMINAZIONE IN LINEA SUL FIUME SECCHIA

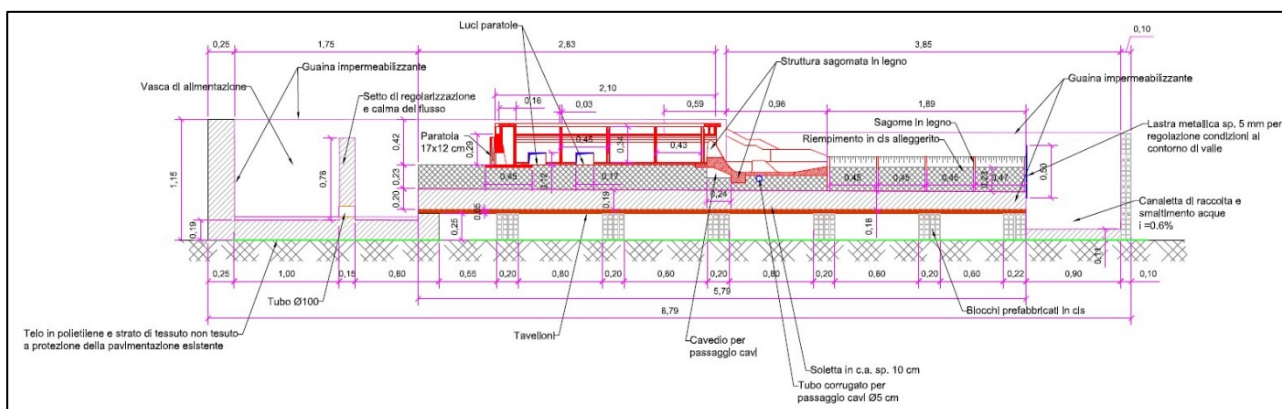


Figura 3 SEZIONE LONGITUDINALE DEL MODELLO FISICO RELATIVO ALLA NUOVA TRAVERSA DI LAMINAZIONE IN LINEA SUL FIUME SECCHIA

La riproduzione del prototipo in scala di modello è stata definita sulla base di quanto riportato nel Progetto di Fattibilità Tecnico Economica dell'opera stessa (MO-E-1273 "Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del Fiume Secchia, Comune di Rubiera (RE)", CUP: B98G11000320001 e MO-E-1357 "Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del Fiume Secchia (Provincia di Modena)", CUP: B94H16000690002), avendo inoltre considerato gli ultimi aggiornamenti relativi alle modifiche previste nel Progetto Definitivo attualmente in fase di redazione. Vengono riportate nella seguente tabella le principali dimensioni geometriche caratterizzanti l'opera.

	Prototipo	Modello Fisico
<u>Corpo traversa esistente</u>		
L (m)	96.00	2.40
H (m)	9.25	0.23
n. bocche (-)	2	2
bocche (m)	a=5.00 b=3.70	a=0.13 b=0.09
<u>Corpo nuova traversa</u>		
L (m)	222.20	5.56
H (m)	11.75	0.29
n. bocche (-)	6	6
bocche (m)	a=6.70 b=4.50	a=0.17 b=0.11

Tabella II. DIMENSIONI CARATTERISTICHE DELLA NUOVA TRAVERSA DI LAMINAZIONE SUL FIUME SECCHIA, CONFRONTO TRA PROTOTIPO E MODELLO FISICO

In particolare, sia le n. 2 bocche sul corpo traversa esistente che, analogamente, le n. 6 bocche sul corpo nuova traversa, saranno previste con possibilità di completa apertura e completa chiusura.

4 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE E DI SCARICO

Il modello fisico sarà alimentato direttamente dall'impianto idraulico presente in laboratorio, attraverso n. 2 tubazioni in pressione, una primaria DN300 ed una secondaria DN150, entrambe regolate con saracinesca ed equipaggiate con misuratore magnetico di portata.

Le condotte immetteranno la portata complessiva in una vasca di alimentazione con setto di regolarizzazione e calma del flusso che suddividerà la vasca in n. 2 settori (settore di immissione e settore di calma), a valle dei quali sarà alimentata la superficie modellata.

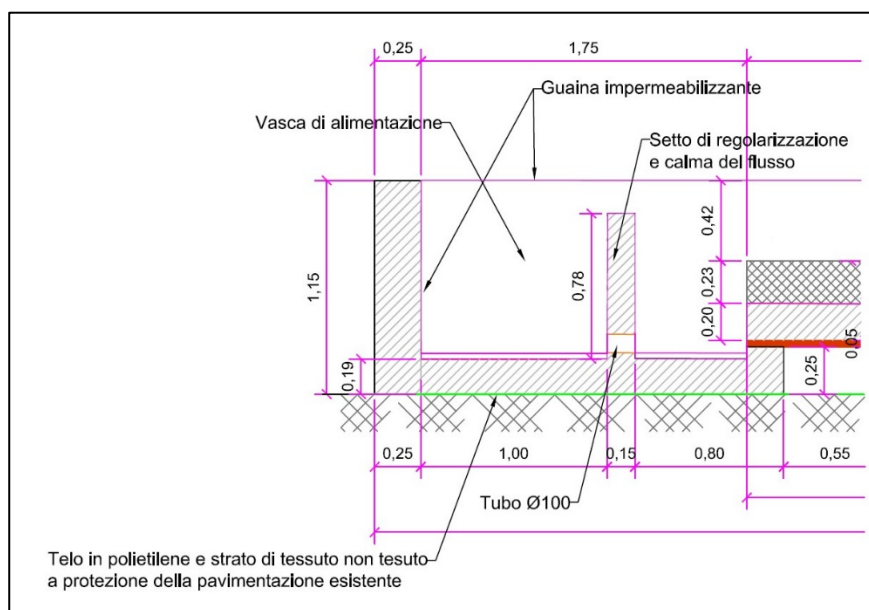


Figura 4 SEZIONE LONGITUDINALE DELLA VASCA DI ALIMENTAZIONE CON SETTO DI REGOLARIZZAZIONE E CALMA DEL FLUSSO

Le acque in uscita dal modello saranno recapitate in una canaletta di gronda perimetrale che convoglierà la portata complessiva nella caditoia di scarico dell'impianto idraulico di laboratorio presente a livello del piano calpestio.

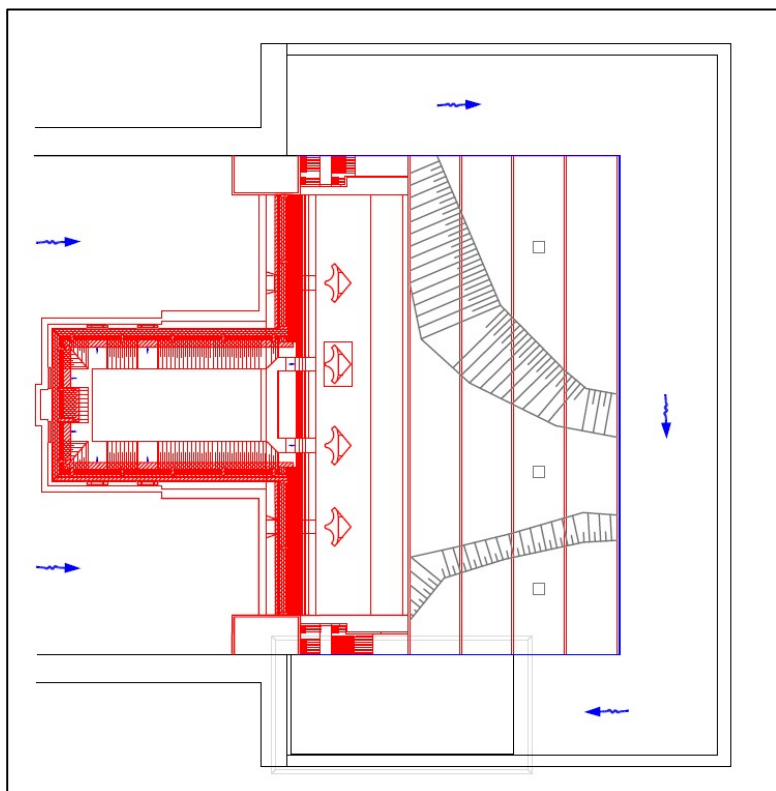


Figura 5 PLANIMETRIA DEL MODELLO FISICO CON CANALETTA DI GRONDA PERIMETRALE PER LA RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE IN CADITOIA DI SCARICO

5 SISTEMA DI MISURA

Il modello sarà strumentato in modo tale da monitorare le grandezze utili alla valutazione complessiva del funzionamento delle opere di regolazione. Gli strumenti ed i sistemi di misura installata saranno i seguenti:

- Misure di portata con misuratori magnetici installati sulle linee di adduzione
- Misure di pressione (convertibili in livello) ad alta frequenza (100 Hz) con trasduttore di pressione
- Misure di livello direttamente con asta idrometrica dotata di nonio di regolazione e lettura

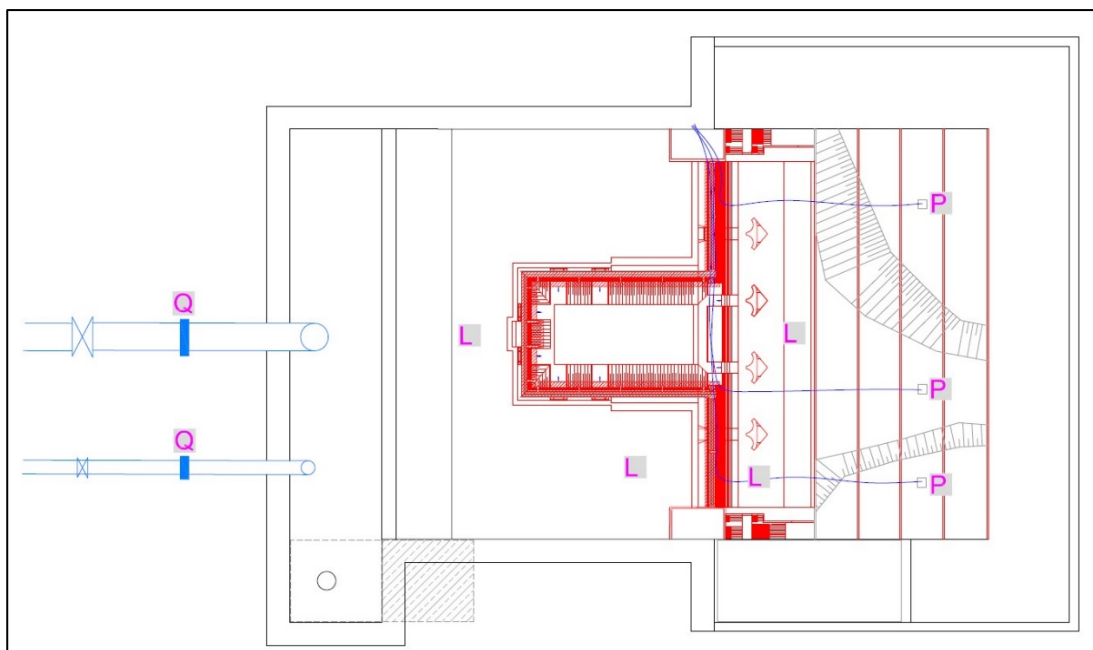


Figura 6 PLANIMETRIA DEL SISTEMA DI MISURA SU MODELLO FISICO (Q= MISURA DI PORTATA CON MISURATORE MAGNETICO; L= MISURA DI LIVELLO CON ASTA IDROMETRICA; P= MISURA DI PRESSIONE CON TRASDUTTORE DI PRESSIONE)

5.1 MISURE DI PORTATA CON MISURATORE MAGNETICO

In base alla legge di Faraday sull'induzione elettromagnetica, per misurare la portata di un liquido conduttibile, viene generato nello stesso un campo magnetico alternato mediante il passaggio di corrente attraverso bobine di cavo in rame. La corrente viene controllata in modo che l'intensità del campo magnetico generato sia costante. Essendo costante anche la lunghezza del conduttore (ovvero la parte di liquido compresa fra gli elettrodi di misura), risulta che l'unica grandezza variabile è la velocità di deflusso del liquido trasportato. La tensione generata è linearmente proporzionale alla velocità.



Figura 7 MISURATORE MAGNETICO INSTALLATO SULLA LINEA DI ADDUZIONE DI LABORATORIO

5.2 MISURE DI LIVELLO CON ASTA IDROMETRICA

Si tratta di aste idrometriche dotate di nonio in grado di misurare lunghezze con approssimazioni inferiori al millimetro. Tali aste saranno posizionate su travi porta-aste a loro volta poggiate su una struttura di travi in acciaio che definiranno un piano orizzontale al di sopra del modello fisico. Questo permetterà di disporre di un piano di riferimento per la misura dei livelli nei punti di interesse.



Figura 8 ASTA IDROMETRICA CON NONIO E TRAVE PORTA-ASTA

5.3 MISURE DI PRESSIONE CON TRASDUTTORE DI PRESSIONE

Le pressioni saranno misurate in frequenza (100 Hz) tramite trasduttori di pressione.

Saranno installati n. 3 trasduttori di pressione sul piano di scorrimento a valle della traversa (due sulle golene rispettivamente in destra e sinistra e uno in centro alveo).


	Caratteristiche tecniche	
	Fondo scala	1 bar (~10 m d' acqua)
	Risoluzione	0.015 mbar (0.02 cm d' acqua)
	Accuratezza	0.05 % F.S. (0.5 cm d' acqua)
	Campo di compensazione temperatura	Da +10° C a +40° C

Figura 9 TRASDUTTORE DI PRESSIONE E RISPETTIVE CARATTERISTICHE TECNICHE

6 PORTATE DI RIFERIMENTO

Le portate di riferimento per la modellazione fisica, riprese da quanto sviluppato nella "Relazione idrologica e idraulica" dello Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativo al prototipo, sono riportate nella seguente tabella.

	Prototipo (mc/s)	Modello Fisico (l/s)
$Q_{\text{smaltibile}}$	750	74.1
Q_{200}	2040	201.6

Tabella III. PORTATE DI RIFERIMENTO DELLA NUOVA TRAVERSA DI LAMINAZIONE IN LINEA SUL FIUME SECCHIA

7 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE E DI VALLE

Un'esaustiva e completa modellazione fisica non può prescindere dalla corretta rappresentazione delle effettive condizioni al contorno, sia di monte che di valle, da cui il funzionamento idraulico dell'opera dipende.

Le condizioni al contorno di monte ricercate consistono in fissati valori di portata e velocità pressoché nulle subito a monte della traversa stessa. Le portate di alimentazione saranno regolate attraverso le saracinesche e il relativo passaggio attraverso la vasca di alimentazione. Esse saranno rilevate con i misuratori magnetici installati sulle condotte di adduzione, mentre il flusso con velocità pressoché nulla sarà garantito grazie alla presenza della vasca di alimentazione dotata di setto per la regolarizzazione e calma, a valle della quale sarà alimentata la traversa in oggetto.

Le condizioni al contorno di valle che verranno fornite saranno derivanti dalla modellazione numerica del tratto di valle del Fiume Secchia per le varie portate di interesse, il quale, come noto da studi precedenti, presenta un carattere di corrente lenta. Tali condizioni consisteranno in un fissato livello idrico in alveo e nelle aree golenali in dipendenza di ciascuna portata e scenario di interesse.



Figura 10 ESEMPIO DI REALIZZAZIONE ANALOGA (MODELLO FISICO RELATIVO ALLE OPERE DI SFIORO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DEL FOSCO DI PRATOLUNGO). LE CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE SONO STATE RICREATE ATTRAVERSO PARATOIE REGOLABILI ALL'ESTREMITÀ DELLA PIANA (LINEA ARANCIONE E LINEE VERDI)

8 SCABREZZA IDRAULICA

Oltre alle condizioni al contorno, un altro aspetto di particolare attenzione è costituito dalla corretta riproduzione della scabrezza su modello fisico.

In merito a ciò, si sono distinte n. 4 zone che, per la diversa tipologia di copertura che le caratterizza, hanno differente scabrezza, in particolare: la traversa (sia esistente che di nuova realizzazione), il bacino di dissipazione a valle della traversa, l'alveo principale e le golene.

Sulla base della documentazione fotografica derivante da precedenti rilievi (per il corpo traversa esistente, l'alveo principale e le golene) e di quanto riportato nel Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (relativamente al corpo nuova traversa), sono stati assegnati, dal confronto con casi analoghi presenti in letteratura, i valori di scabrezza riportati nella tabella seguente.

	K_s Prototipo (m^{1/3}/s)	K_s Modello Fisico (m^{1/3}/s)
traversa	65	120
bacino di dissipazione	50	92
alveo principale	35	65
golene	20	37

Tabella IV. SCABREZZE DI RIFERIMENTO PER LE DIFFERENTI SUPERFICI CARATTERIZZANTI L'AREA IN OGGETTO

Sulla base dei valori ottenuti sono state definite differenti tipologie di finitura delle relative superfici su modello fisico, in particolare:

- Traversa: legno liscio, verniciato e laccato
- Vasca di dissipazione: legno liscio e verniciato
- Alveo: sabbia e cemento liscio
- Golene: cls alleggerito con argilla espansa non liscio

9 PROVE E MISURE

Al fine di ricostruire la scala di deflusso del manufatto di laminazione in oggetto, sarà ricostruita la relazione tra tirante idrico h insistente sul corpo traversa e portata Q defluita a valle, il tutto in funzione di fissati livelli idrici imposti come condizione al contorno di valle e derivanti da pregresse simulazioni numeriche che verranno fornite.

In particolare, si procederà per step di portate, dalla portata minima corrispondente alla portata smaltibile a valle pari a $Q_{\text{smaltibile}}=74.1$ l/s (750 mc/s nel prototipo) fino alla portata corrispondente ad un tempo di ritorno duecentennale pari a $Q_{200}=201.6$ l/s (2040 mc/s nel prototipo).

Per ciascuno step di portata potranno essere imposti differenti livelli idrici a valle dell'opera (in alveo e nelle golene), per un totale di circa n. 40 prove.

Per ciascuna prova, oltre alla portata immessa a monte, verrà misurato il livello idrico insistente sulla traversa, il livello idrico nel bacino di dissipazione subito a valle della traversa e il livello idrico sia in alveo che nelle golene (elaborato "05 – Planimetria del sistema di misura").

10 CONCLUSIONI

La progettazione del modello fisico a fondo fisso relativo alla nuova traversa di laminazione in linea sul Fiume Secchia in Comune di Rubiera (RE), ha considerato la definizione sia di una scala geometrica significativa per l'osservazione delle principali grandezze di interesse, che di una similitudine rappresentativa dei fenomeni fisici oggetto di analisi; in particolare, è stato considerato un rapporto di scala geometrico 1:40 e la similitudine di Froude.

Il modello fisico sarà realizzato presso il laboratorio di idraulica "G. Fantoli" del Politecnico di Milano sotto il coordinamento scientifico del prof. Ing. Marco Mancini e avrà un ingombro complessivo di 8.80x6.45 m con un'altezza di 1.15 m di cui 5.80x4.45 m di superficie modellata (232x178 m nel prototipo) per un'altezza di 0.45 m (18 m nel prototipo).

La geometria del modello fisico è stata definita sulla base del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativo a "Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del Fiume Secchia, Comune di Rubiera (RE)" (MO-E-1273; CUP: B98G11000320001) e "Interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della cassa di espansione del Fiume Secchia (Provincia di Modena)" (MO-E-1357; CUP: B94H16000690002); inoltre, si è tenuto conto degli ultimi aggiornamenti relativi alle modifiche previste nel Progetto Definitivo in fase di redazione alla data del presente elaborato.

Le portate di riferimento sono state definite in analogia con quanto riportato nella "Relazione idrologica e idraulica" del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica del prototipo, in particolare sono state considerate:

- $Q_{\text{smallabile}}=74.1$ l/s (750 mc/s nel prototipo)
- $Q_{200}=201.6$ l/s (2040 mc/s nel prototipo)

Le condizioni al contorno saranno opportunamente riprodotte su modello fisico in considerazione delle condizioni di deflusso determinate e fornite a priori tramite modellazione matematica; in particolare, a monte la portata in ingresso al modello fisico sarà rilevata tramite misuratori magnetici e il flusso in condizioni pressochè di calma nell'invaso subito più a monte della traversa sarà ricreato attraverso la vasca di alimentazione con setto di regolarizzazione e calma. A valle la condizione al contorno sarà costituita dal livello idrico (variabile) in alveo e nelle golene.

La scabrezza da riprodurre su modello fisico, in considerazione delle n. 4 superfici in cui è stata diversificata l'area oggetto di modellazione, comporterà differenti tipologie di finitura superficiale, in particolare:

- traversa in legno liscio, verniciato e laccato
- bacino di dissipazione in legno liscio e verniciato
- alveo principale in sabbia e cemento liscio
- golene in cls alleggerito con argilla espansa non liscio

Saranno eseguite un totale di circa n. 40 prove, procedendo per step di portate dalla $Q_{\text{smallabile}}=74.1$ l/s (750 mc/s nel prototipo) alla $Q_{200}=201.6$ l/s (2040 mc/s nel prototipo). Per ciascuno step di portata potranno essere

imposti differenti livelli idrici a valle della traversa in alveo e nelle golene, derivanti da pregresse simulazioni numeriche che verranno fornite.

Il Coordinatore Scientifico
Prof. Ing. Marco Mancini

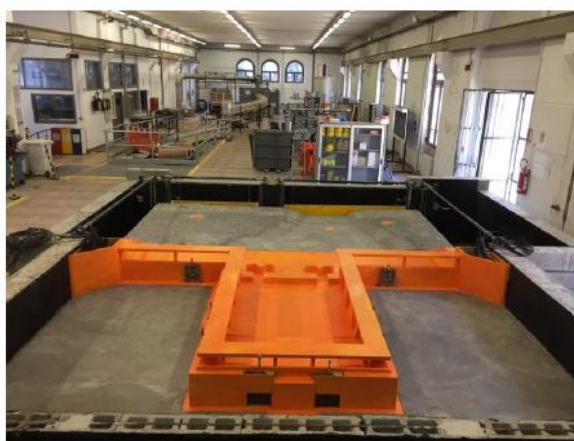


L'amministratore
Dott. Ing. Stefania Meucci



MODELLO FISICO
TRAVERSA DI LAMINAZIONE IN LINEA SUL FIUME
SECCHIA IN COMUNE DI RUBIERA (RE)

Relazione tecnica
prove su modello fisico per la valutazione delle scale di deflusso



POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE
PROF. ING. MARCO MANCINI
EMAIL marco.mancini@polimi.it

Prof. Ing. Giovanni Ravazzani
Dott. Ing. Gabriele Lombardi
Dott. Ing. Verónica Herrera Gómez



MMI s.r.l.
Via Ariberto 1, 20123 Milano
Tel. e Fax (+39) 02-58113831
e-mail: info@mmidro.it

Dott. Ing. Stefania Meucci
Dott. Ing. Diego Curti

12 febbraio 2020



INDICE

1	PREMESSA	1
2	PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL MODELLO	1
3	SISTEMA DI MISURA.....	4
3.1	MISURE DI PORTATA CON MISURATORE MAGNETICO.....	5
3.2	MISURE DI LIVELLO CON ASTA IDROMETRICA.....	6
4	CONDIZIONI AL CONTORNO	6
5	LE PROVE SU MODELLO FISICO	8
5.1	SCALA DI DEFLUSSO CON PARATOIE APERTE E IN CONDIZIONI INDISTURBATE A VALLE	8
5.2	SCALA DI DEFLUSSO DELLO SFIORATORE DI SUPERFICIE (PARATOIE CHIUSE).....	9
5.3	DEFLUSSO A PARATOIE APERTE PER ASSEGNATE PORTATE E LIVELLI DI VALLE	11
5.4	RICERCA DEL LIVELLO DI RIGURGITO DELL'EFFLUSSO SOTTO BATTENTE PER $Q=750 \text{ MC/S}$	18
6	CONCLUSIONI	20

1 PREMESSA

La presente relazione riporta l'attività di prove sviluppate sul modello fisico relativo alla nuova traversa di laminazione sul Fiume Secchia nel Comune di Rubiera (RE), su incarico stipulato con Blueworks SRLS, coordinatrice delle analisi sperimentali sul funzionamento della traversa all'interno del Progetto Esecutivo "Collegamento autostradale Campogalliano-Sassuolo tra la A22 e la S.S.467 Pedemontana" per il Consorzio CCS.

Le prove e le relative misure così come definite nel contratto di costruzione del modello, in accordo con la committenza e con l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo) gestrice dell'opera, erano inizialmente previste in numero di 40.

Per dare completezza e significato alle misure, anche in seguito a successive specifiche richieste di AIPo, le prove riportate e discusse in relazione sono risultate pari a n. 78. In base ad esse si è verificato il funzionamento della traversa in tre condizioni di funzionamento:

- 1) a bocche aperte e con livelli di valle non regolati;
- 2) a bocche chiuse con funzionamento solo degli sfioratori di superficie;
- 3) a bocche aperte con regolazione dei livelli di valle.

Il modello è stato realizzato presso il laboratorio di idraulica "G. Fantoli" del Politecnico di Milano, sotto il coordinamento scientifico del Prof. Ing. Marco Mancini.

2 PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL MODELLO

Di seguito si riportano le principali informazioni sulla costruzione del modello, mentre per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica di progetto del modello fisico.

La progettazione del modello fisico è stata eseguita sulla base del Progetto Definitivo relativo a "Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del Fiume Secchia, Comune di Rubiera (RE)" (MO-E-1273) e "Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente" (MO-E-1357).

Il modello fisico, a fondo fisso, è stato preliminarmente valutato e definito nella sua scala geometrica e nelle sue dimensioni più significative; in particolare, per questioni realizzative e di osservabilità dei fenomeni, nonché di misura delle grandezze idrauliche di interesse, la scala geometrica del modello è stata fissata in rapporto 1:40 ed è stata adottata la similitudine di Froude, in quanto ben adatta a rappresentare i principali fenomeni idraulici delle correnti con funzionamento a pelo libero.

Il modello fisico ha dimensioni complessive di 8.95x6.85 m in pianta e 1.70 m di altezza (primo setto della vasca di alimentazione e dissipazione, mentre nella zona modellata l'altezza è di 1.35 m). Per ulteriori dettagli sulla progettazione del modello si rimanda.

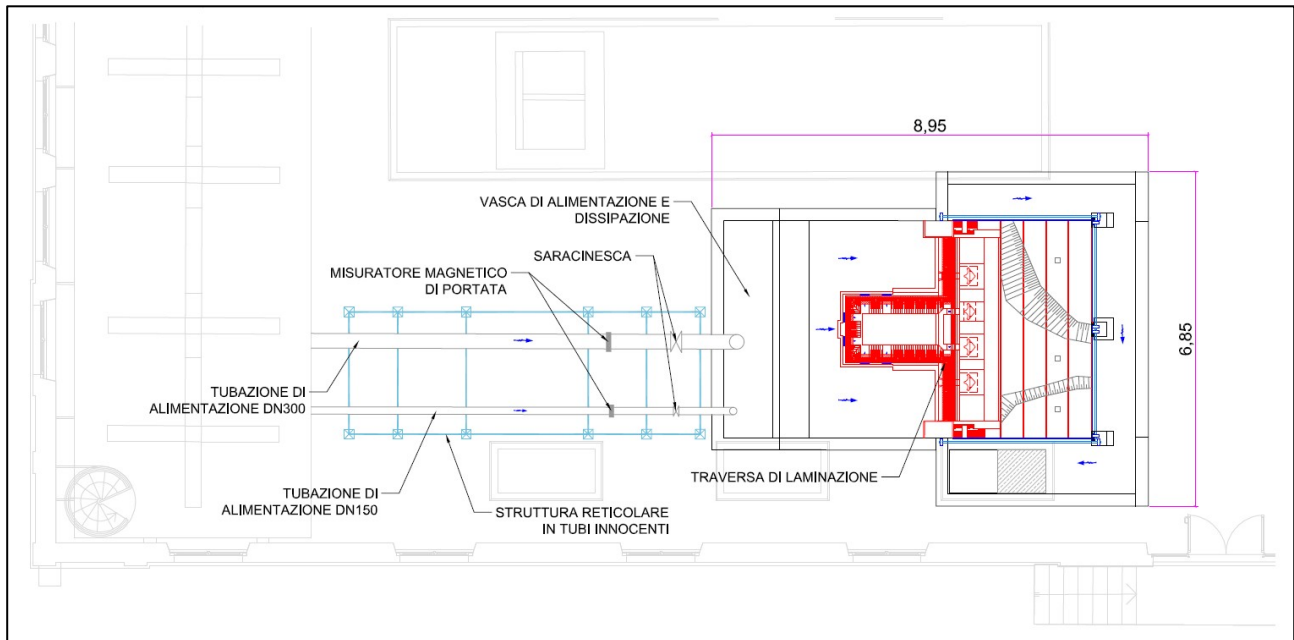


Figura 1 – Planimetria del modello fisico e posizionamento all'interno del laboratorio di idraulica "G. Fantoli" del Politecnico di Milano

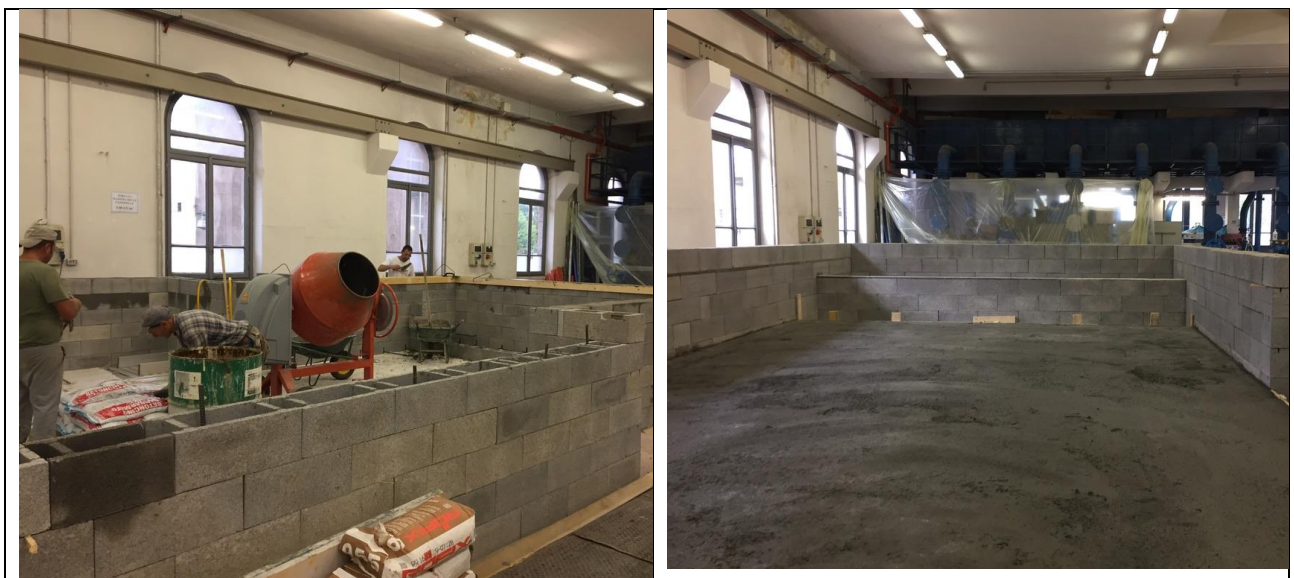


Figura 2 – Fasi di realizzazione della vasca a tenuta e del pino di posa del modello fisico all'interno del laboratorio di idraulica "G. Fantoli" del Politecnico di Milano



Figura 3 – Fasi di realizzazione del piano di posa della traversa e della sagomatura del fondo dell'alveo a valle della traversa



Figura 4 – Fasi di realizzazione della parte in legno e dei particolari delle paratoie e delle superfici di sfioro

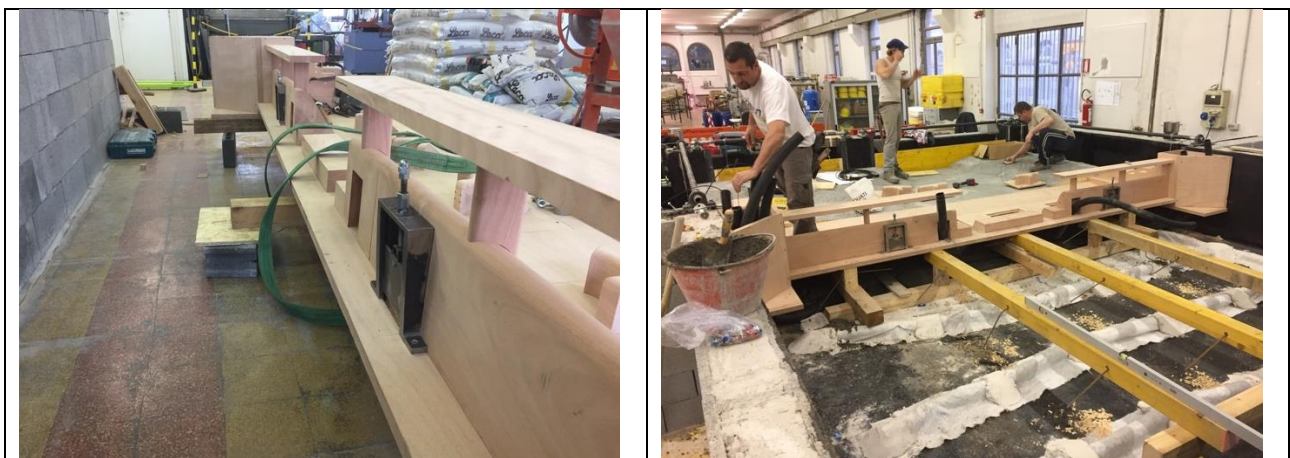


Figura 5 – Fasi di posa della parte in legno



Figura 6 – Il modello fisico completato: particolari degli sfiori e del bacino di dissipazione

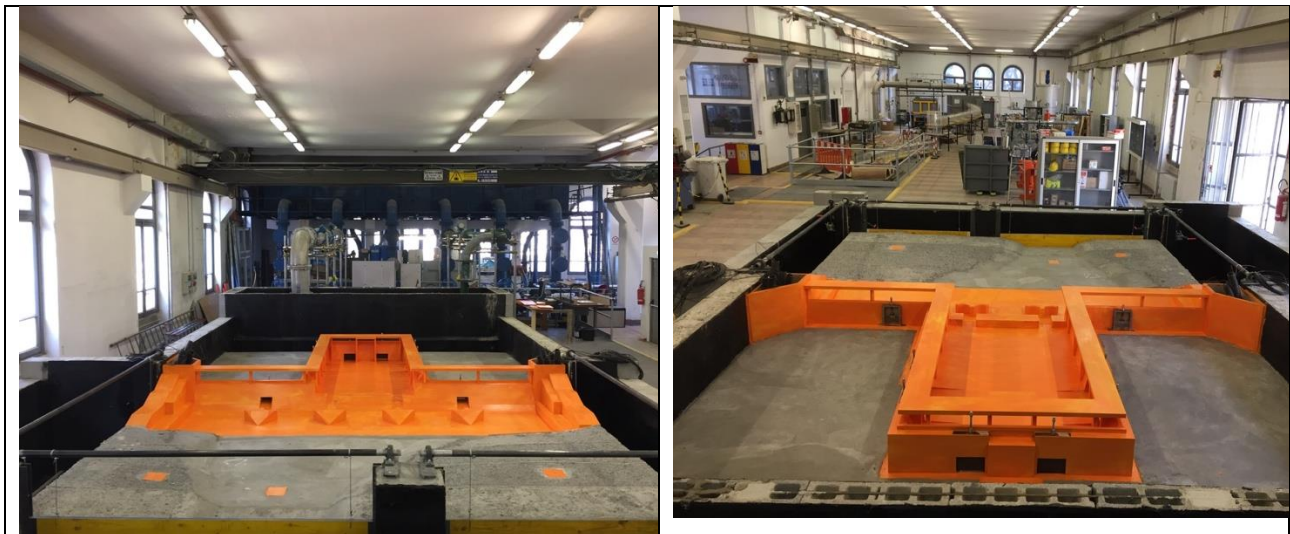


Figura 7 – Modello della traversa con le relative paratoie visto da valle e da monte

3 SISTEMA DI MISURA

Il modello fisico è stato strumentato in modo tale da misurare le grandezze utili alla valutazione delle scale di deflusso della traversa per diverse condizioni di funzionamento. In particolare sono state considerate:

- Misure di portata con misuratori magnetici installati sulle linee di adduzione (Q1 e Q2)
- Misure di livello con asta idrometrica dotata di nonio di regolazione e lettura (L1, L2 e L3)

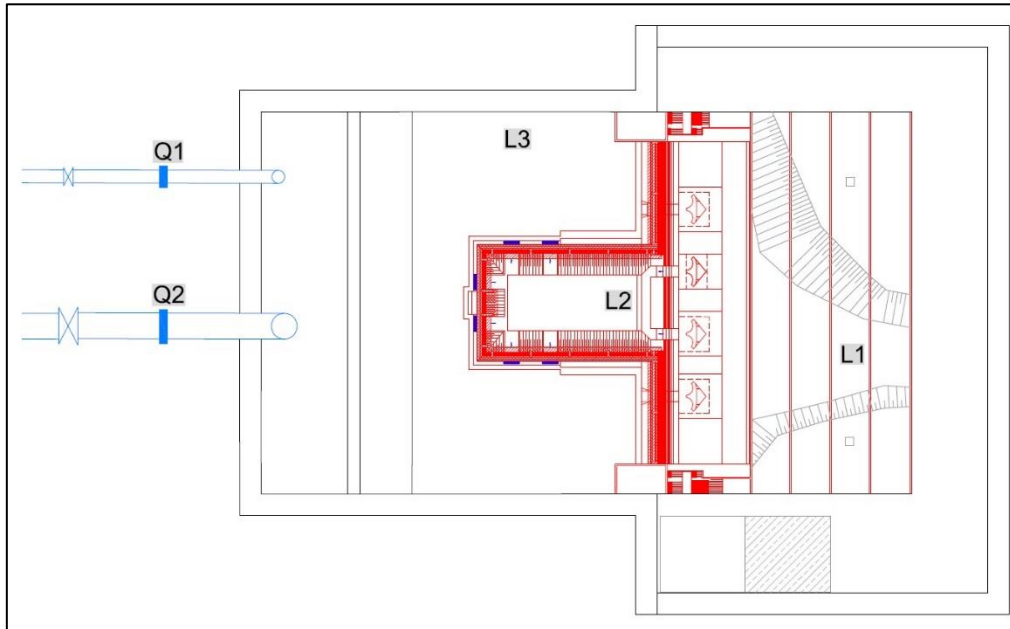


Figura 8 – Planimetria del sistema di misura su modello fisico (Q = misura di portata con misuratore magnetico; L = misura di livello con asta idrometrica)

3.1 MISURE DI PORTATA CON MISURATORE MAGNETICO

Il sistema di misura descritto di seguito si riferisce alle sole prove oggetto della seguente relazione. Sono stati impiegati n. 2 misuratori magnetici installati sulle rispettive linee di alimentazione (Q1 su DN150 e Q2 su DN300) al fine di rilevare la portata in ingresso al modello fisico; la regolazione della portata sulle linee in pressione è stata possibile tramite valvole a farfalla ad azionamento manuale.



Figura 9 – Misuratore magnetico installato sulla linea di adduzione di laboratorio

La misura di portata si basa sulla legge di Faraday sull'induzione elettromagnetica, per misurare la portata di un liquido conduttibile, viene generato nello stesso un campo magnetico alternato mediante il passaggio di corrente attraverso bobine di cavo in rame. La corrente viene controllata in modo che l'intensità del campo magnetico generato sia costante. Essendo costante anche la lunghezza del conduttore (ovvero la parte di liquido compresa fra gli elettrodi di misura), risulta che l'unica grandezza variabile è la velocità di deflusso del liquido trasportato. La tensione generata è linearmente proporzionale alla velocità.

3.2 MISURE DI LIVELLO CON ASTA IDROMETRICA

Le **misure sono** condotte con aste idrometriche dotate di nonio in grado di misurare lunghezze con approssimazioni inferiori al millimetro. Sono stati fissati 3 punti di misura, in particolare:

- L1 a valle dell'opera in centro alveo
- L2 a monte della soglia centrale in corrispondenza della zona di ampliamento della traversa
- L3 a monte della traversa

L'asta impiegata per il punto di misura di valle (centro alveo) è stata posizionata su una trave porta-asta a sua volta poggiante su una struttura di travi in acciaio che definiscono un piano orizzontale al di sopra del modello fisico. Analogamente, l'asta impiegata per la misura a monte della soglia centrale è stata posizionata su una trave porta asta poggiante direttamente sulla passerella sospesa sopra la traversa di sfioro, mentre l'asta impiegata per la misura del livello a monte della traversa è stata posta su una trave porta-asta poggiante sulla parete perimetrale del modello fisico stesso.

Questo tradizionale strumento di misura garantisce un'accuratezza di 0.1 mm che si traduce, nel rilievo del pelo libero dei processi in esame, in un'accuratezza operativa sul modello di circa 2 mm, date le leggere ondulazioni della superficie idrica che si possono osservare.

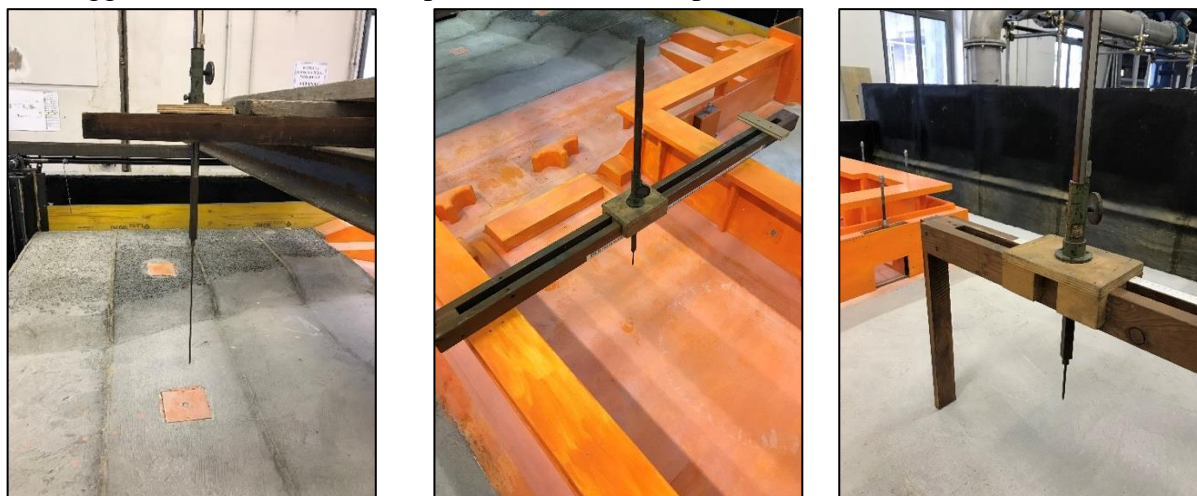


Figura 10 – Aste idrometriche con nonio e travi porta-asta impiegate per le misure in centro alveo a valle della traversa (sx), a monte della soglia centrale (centro) e a monte della traversa (dx)

4 CONDIZIONI AL CONTORNO

La **condizione di monte** è quella relativa alle portate in ingresso al modello. Essa è modulabile per ciascuna prova mediante le due linee di alimentazione in pressione confluenti nella vasca di alimentazione e dissipazione che permettono di avere gradualità nel moto con assenza di perturbazioni significative e velocità della corrente trascurabili a monte della traversa e dei suoi organi di sfioro.

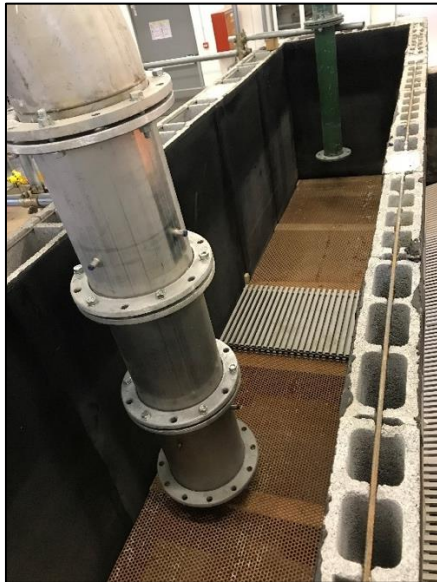


Figura 11 – Vasca di alimentazione e dissipazione vuota (sx) e in funzionamento per la massima portata (dx)

La condizione di valle, essendo l'alveo naturale in corrente lenta, ha riprodotto i livelli idrici forniti dalle modellazioni matematiche trasmessi da AIPO¹ attraverso gli estensori del Progetto Definitivo della nuova traversa di laminazione.

Il livello idrico di valle è stato riprodotto sul modello fisico di volta in volta ricreando dal rigurgito generato dalle paratoie a scomparsa, regolate attraverso il sistema di movimentazione con argani a movimentazione manuale e poste sui 3 lati perimetrali del piano di scorrimento che rappresenta parte dell'alveo fluviale a valle della traversa.

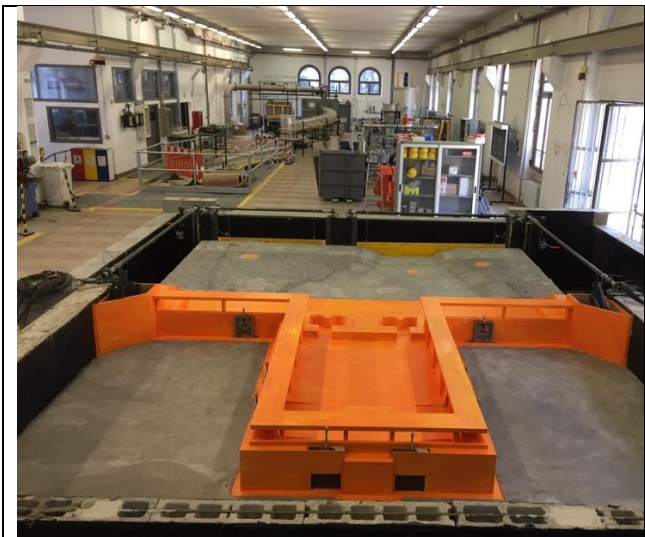


Figura 12 – Sistema di regolazione delle condizione di livello a valle con paratoie a scomparsa del piano di scorrimento a valle della traversa (sin, vista dall'alto). Particolare degli arganelli di movimentazione delle singole paratoie

¹ AIPO Modena, nota del 09/12/19 "Prove modello fisico"

5 LE PROVE SU MODELLO FISICO

Nell'ambito del presente contratto sono state eseguite 78 prove in cui sono stati misurati, oltre alle portate, i livelli idrometrici di monte e di valle, al fine di riprodurre la scala di deflusso della traversa in diverse condizioni di funzionamento. In particolare:

- n. 20 prove per la definizione della scala di deflusso della traversa con paratoie completamente aperte e in condizioni indisturbate a valle;
- n. 11 prove per la definizione della scala di deflusso della traversa con paratoie completamente chiuse e solo funzionamento degli sfioratori di superficie;
- n. 36 prove per valutare la possibile influenza di significativi livelli di valle sul deflusso attraverso le bocche;
- n. 11 prove per individuare il livello idrico di rigurgito sulle portate uscenti attraverso l'opera per portata pari a $Q=750$ mc/s ($Q=74$ l/s nel modello).

5.1 SCALA DI DEFLUSSO CON PARATOIE APERTE E IN CONDIZIONI INDISTURBATE A VALLE

La scala di deflusso con paratoie completamente aperte in condizioni indisturbate a valle è stata ricostruita per intervalli fissati di portata nel range compreso tra 0 e 3000 mc/s (0 e 296 l/s nel modello).

Il funzionamento dell'opera avviene inizialmente a pelo libero attraverso le 6 luci di fondo della nuova traversa fino alla portata $Q=300$ mc/s (30 l/s nel modello), passando poi al funzionamento a battente fino al raggiungimento della quota di sfioro della traversa esistente (sfioro1) per $Q=900$ mc/s (89 l/s nel modello), in cui si ha deflusso sia attraverso le luci a battente sia lungo la superficie di sfioro; infine, per portate maggiori a 1800 mc/s (178 l/s nel modello), si ha interessamento anche della soglia di sfioro della nuova traversa (sfioro2).

Tali prove sono state condotte senza imporre livelli di valle, mantenendo le paratoie a scomparsa completamente abbassate al fine di non creare rigurgito, permettendo pertanto un efflusso libero sulla superficie a valle della traversa.

Tabella 1 – Prove effettuate per la ricostruzione della scala di deflusso con paratoie completamente aperte e condizioni indisturbate a valle

prova	Q		h monte	
	reale (mc/s)	modello (l/s)	modello (cm)	reale (m slm)
-	0	0	0.0	37.25
1	50	5	6.2	39.73
2	100	10	8.0	40.45
3	200	20	10.4	41.41
4	300	30	12.3	42.17
5	400	40	14.0	42.85
6	500	49	15.7	43.53
7	600	59	17.5	44.25
8	750	74	20.1	45.29
9	900	89	22.7	46.33
10	1050	104	24.6	47.09
11	1200	119	25.5	47.45
12	1400	138	26.6	47.89

prova	Q		h monte	
	reale (mc/s)	modello (l/s)	modello (cm)	reale (m slm)
13	1600	158	27.6	48.29
14	1800	178	28.5	48.65
15	2000	198	29.2	48.93
16	2200	217	29.7	49.13
17	2400	237	30.2	49.33
18	2600	257	30.6	49.49
19	2800	277	31.1	49.69
20	3000	296	31.5	49.85

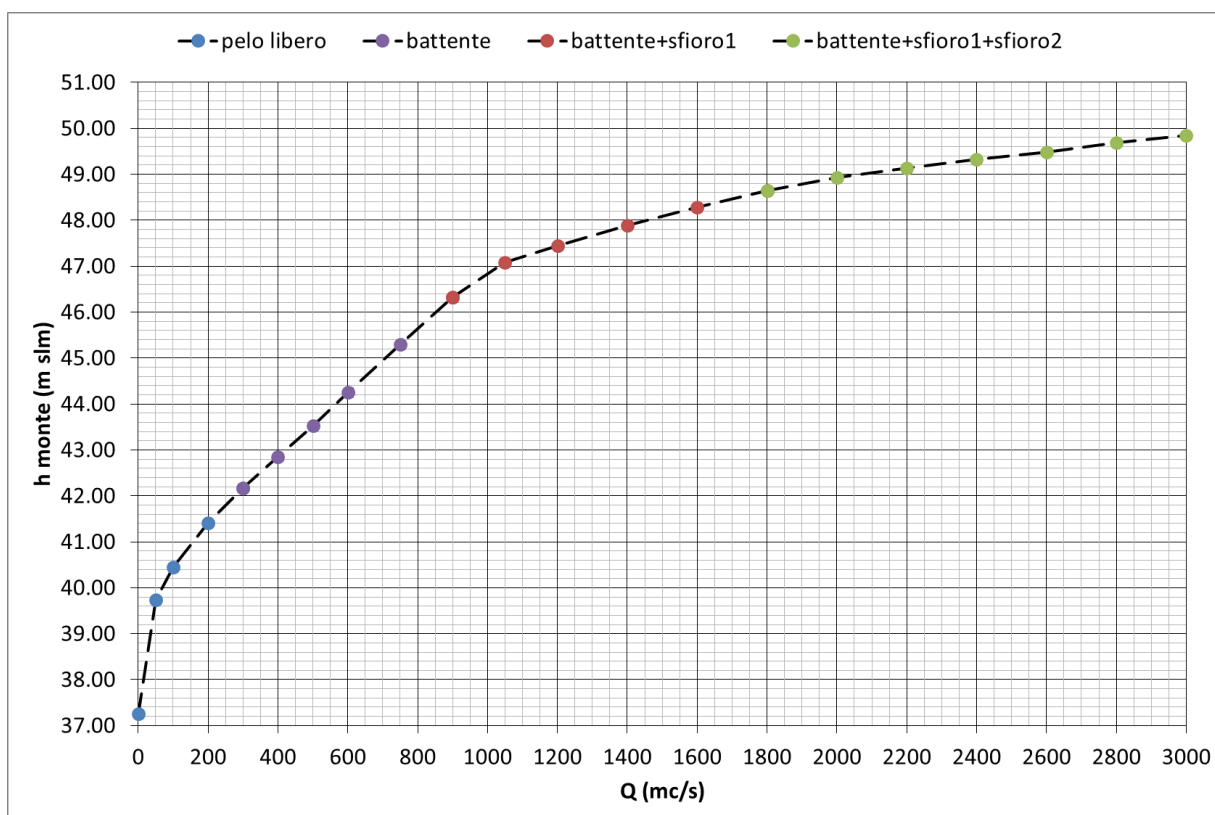


Figura 13 – Scala di deflusso con paratoie completamente aperte e in condizioni indisturbate a valle

5.2 SCALA DI DEFLUSSO DELLO SFIORATORE DI SUPERFICIE (PARATOIE CHIUSE)

Le prove per la ricostruzione della scala di deflusso della traversa in configurazione di paratoie completamente chiuse hanno considerato un intervallo di portate compreso tra 700 e 3000 mc/s (69 e 296 l/s nel modello). Tale range di portate è stato scelto in quanto 750 mc/s è la portata per cui la traversa, secondo le manovre di regolazione previste nel Progetto Definitivo, inizia ad avere un funzionamento solo in sfioro, mentre 3000 mc/s corrisponde alla portata con tempo di ritorno trimillenario. In particolare, sono stati indagati n. 11 valori di portata, impostando attraverso i misuratori magnetici il valore ricercato e misurando il livello a monte della traversa. In tali prove la condizione di valle è influente e pertanto non si è regolato tale livello.

Tabella 2 – Prove effettuate per la ricostruzione della scala di deflusso in configurazione di paratoie completamente chiuse

prova	Q		h monte	
	reale (mc/s)	modello (l/s)	modello (cm)	reale (m slm)
21	700	69	28.7	48.73
22	900	89	29.3	48.97
23	1100	109	29.8	49.17
24	1300	128	30.3	49.37
25	1500	148	30.7	49.53
26	1700	168	31.1	49.69
27	1900	188	31.4	49.81
28	2100	208	31.7	49.93
29	2400	237	32.2	50.13
30	2700	267	32.8	50.37
31	3000	296	33.1	50.49

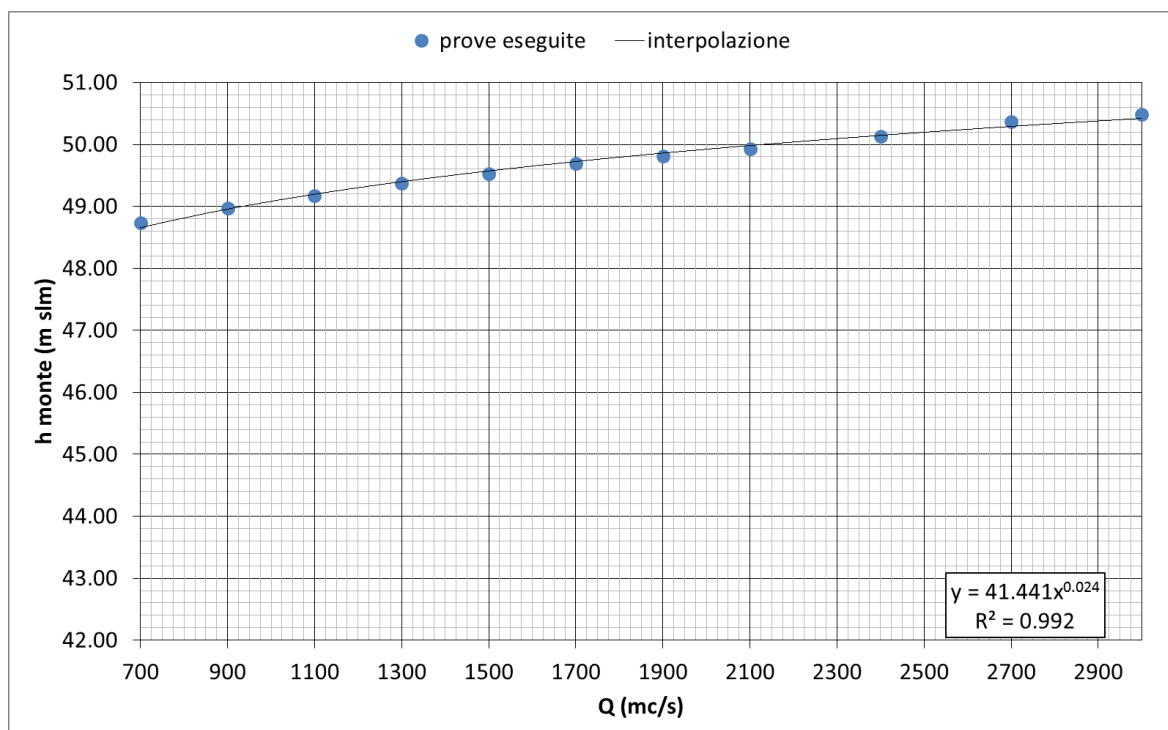


Figura 14 – Scala di deflusso degli sfioratori di superficie (paratoie completamente chiuse)

Le misure osservate hanno permesso di ricostruire la relazione tra livelli a monte della soglia di sfioro e portate defluite attraverso l'opera; tale relazione presenta un andamento approssimabile con l'equazione:

$$h [m \text{ slm}] = 41.441 \cdot Q [mc/s]^{0.024}$$

La curva di interpolazione ottenuta risulta avere un livello di monto a crescita molto contenuto dovuta all'interessamento di entrambe le superfici di sfioro (traversa esistente e nuova traversa) osservato in tutte le prove eseguite; tale funzionamento, infatti, implica una piccola variazione del livello di monte al crescere, anche in modo consistente, della portata defluente.



Figura 15 – Funzionamento del modello fisico con paratoie completamente chiuse e funzionamento degli sfioratori di superficie



Figura 16 – vene di sfioro sugli sfioratori di superficie nel funzionamento con paratoie chiuse

5.3 DEFLUSSO A PARATOIE APERTE PER ASSEGNATE PORTATE E LIVELLI DI VALLE

Il presente capitolo riporta il funzionamento dell'efflusso attraverso le bocche di fondo per coppie di valori tra portate esitate e livelli di valle suggeriti dall'AIPo con nota del 09/12/19 "Prove modello fisico". In particolare, per ogni portata, oltre al livello assegnato, sono stati considerati due ulteriori livelli idrici di valle, rispettivamente maggiore e inferiore di 0.50 m (1.3 cm nel modello) rispetto a quello indicato.

Sono state analizzate n. 9 portate comprese tra 100 e 1040 mc/s (10 e 103 l/s nel modello), per ciascuna di esse si è effettuata una prova in condizioni indisturbate (senza regolazione del livello di valle) e n. 3 prove con differenti livelli significativi imposti in alveo a valle della traversa.

Tabella 3 – Prove con differenti livelli imposti a valle per ciascuna portata compresa tra 100 e 1040 mc/s; i livelli evidenziati in grassetto sono quelli centrali dell'intervallo di analisi indicati da AIPo

prova	livello valle	Q		h valle		h monte	
		reale (mc/s)	modello (l/s)	modello (cm)	reale (m slm)	modello (cm)	reale (m slm)
32	non regolato	100	10	2.7	37.08	8.2	40.53
33	regolato			5.3	38.10	8.2	40.53
34	regolato			6.5	38.60	8.2	40.53
35	regolato			7.8	39.10	8.2	40.53
36	non regolato	210	21	5.4	38.16	10.9	41.61
37	regolato			8.2	39.30	10.9	41.61
38	regolato			9.5	39.80	10.9	41.61
39	regolato			10.8	40.30	10.9	41.61
40	non regolato	340	34	7.4	38.96	13.2	42.53
41	regolato			11.5	40.60	13.2	42.53
42	regolato			12.8	41.10	13.2	42.53
43	regolato			14.0	41.60	13.2	42.53
44	non regolato	490	48	9.1	39.64	15.7	43.53
45	regolato			14.5	41.80	15.7	43.53
46	regolato			15.8	42.30	15.7	43.53
47	regolato			17.0	42.80	15.7	43.53
48	non regolato	660	65	10.5	40.20	18.6	44.69
49	regolato			15.8	42.30	18.6	44.69
50	regolato			17.0	42.80	19.1	44.89
51	regolato			18.3	43.30	19.2	44.93
52	non regolato	750	74	11.3	40.52	20.2	45.33
53	regolato			16.3	42.50	20.5	45.45
54	regolato			17.5	43.00	20.8	45.57
55	regolato			18.8	43.50	20.9	45.61
56	non regolato	840	83	12.8	41.12	22.0	46.05
57	regolato			16.5	42.60	22.2	46.13
58	regolato			17.8	43.10	22.6	46.29
59	regolato			19.0	43.60	22.8	46.37
60	non regolato	940	93	13.2	41.28	23.6	46.69
61	regolato			16.8	42.70	23.8	46.77
62	regolato			18.0	43.20	23.9	46.81
63	regolato			19.3	43.70	24.0	46.85
64	non regolato	1040	103	13.9	41.56	24.6	47.09
65	regolato			17.3	42.90	24.7	47.13
66	regolato			18.5	43.40	24.8	47.17
67	regolato			19.8	43.90	24.9	47.21

Di seguito si riportano i grafici, per ciascuna portata, dei livelli osservati a monte della traversa per i tre livelli di valle imposti.

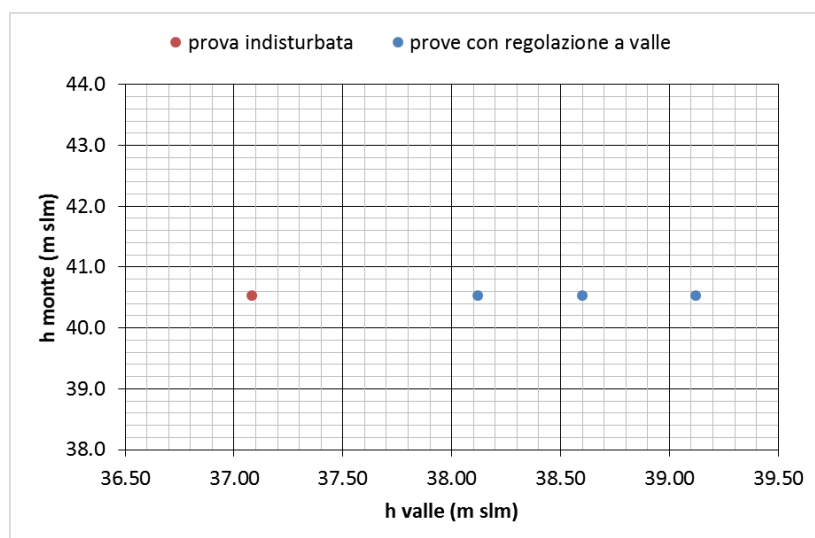


Figura 17 – Prove per $Q=100$ mc/s (10 l/s nel modello) a differente livello di valle

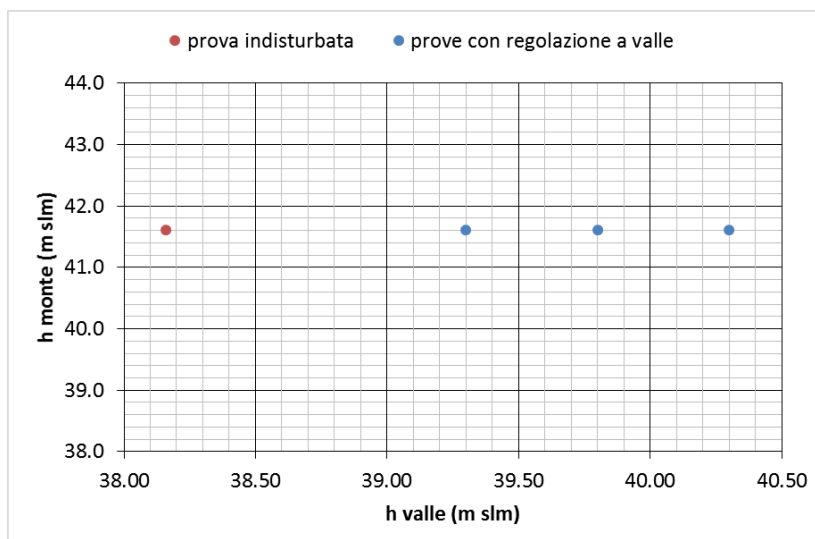


Figura 18 – Prove per $Q=210$ mc/s (21 l/s nel modello) a differente livello di valle

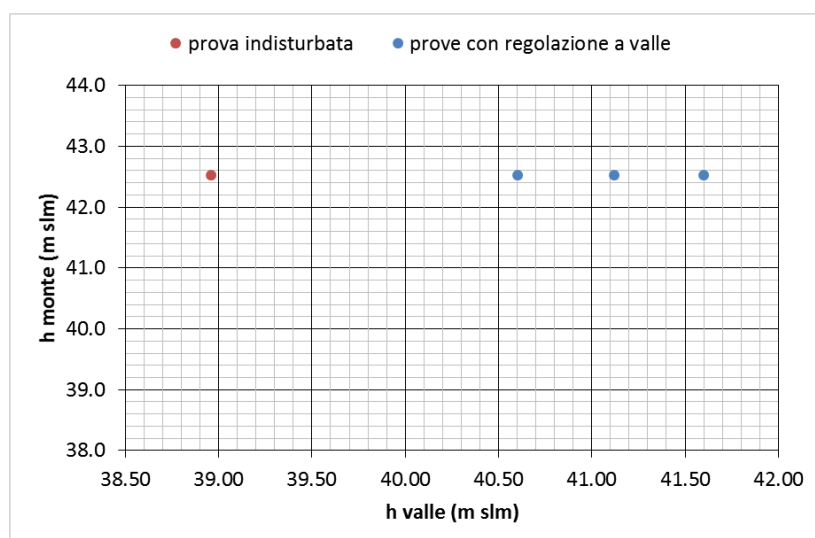


Figura 19 – Prove per $Q=340$ mc/s (34 l/s nel modello) a differente livello di valle

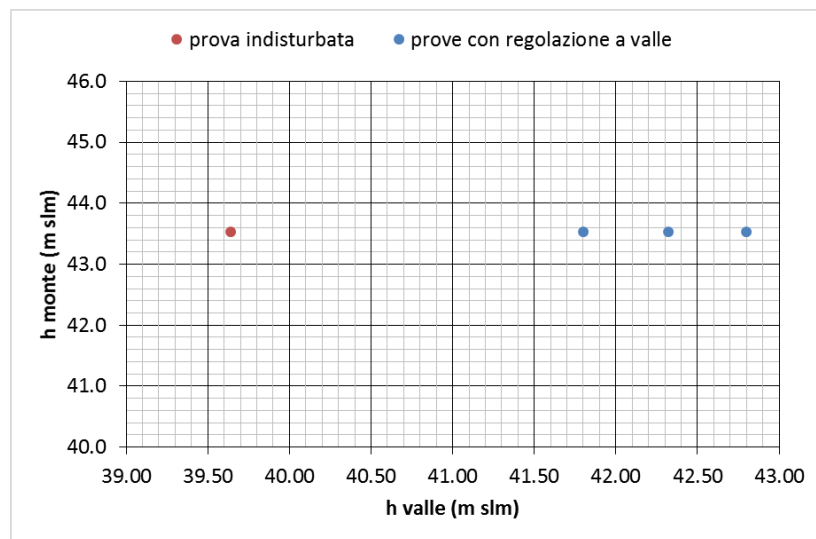


Figura 20 – Prove per $Q=490$ mc/s (48 l/s nel modello) a differente livello di valle

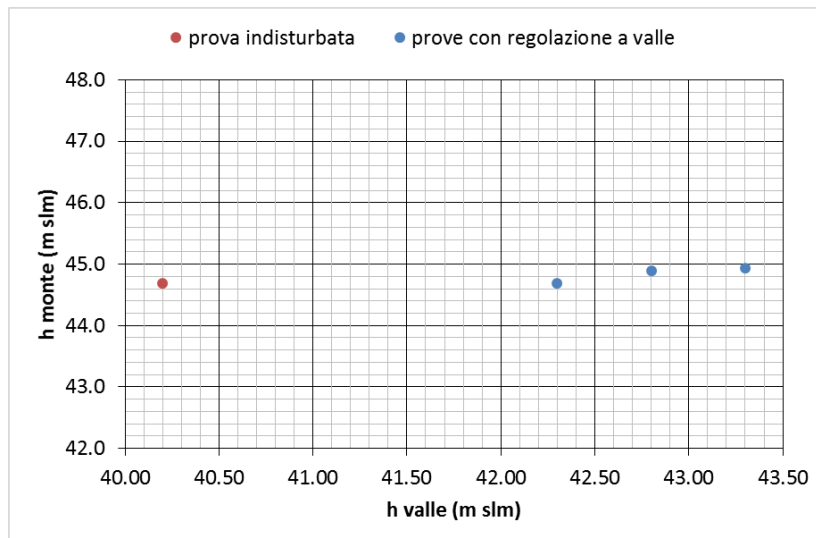


Figura 21 – Prove per $Q=660$ mc/s (65 l/s nel modello) a differente livello di valle

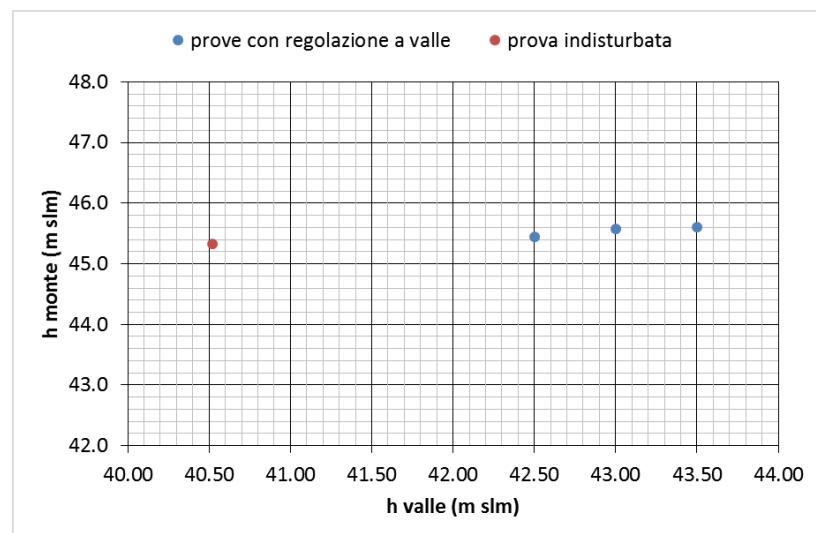


Figura 22 – Prove per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello) a differente livello di valle

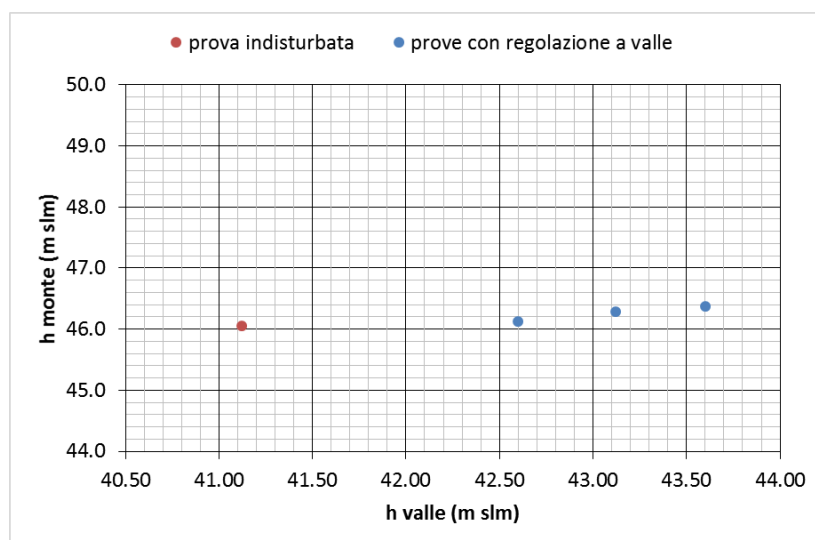


Figura 23 – Prove per $Q=840$ mc/s (83 l/s nel modello) a differente livello di valle

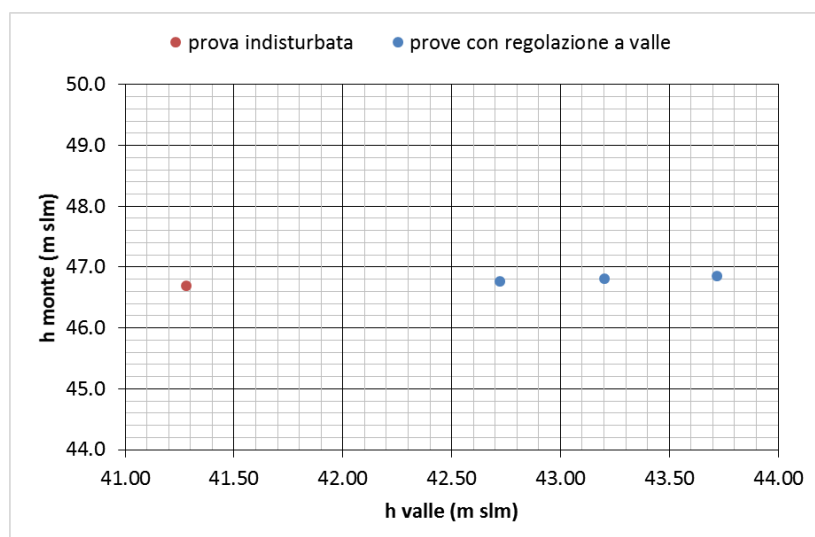


Figura 24 – Prove per $Q=940$ mc/s (93 l/s nel modello) a differente livello di valle

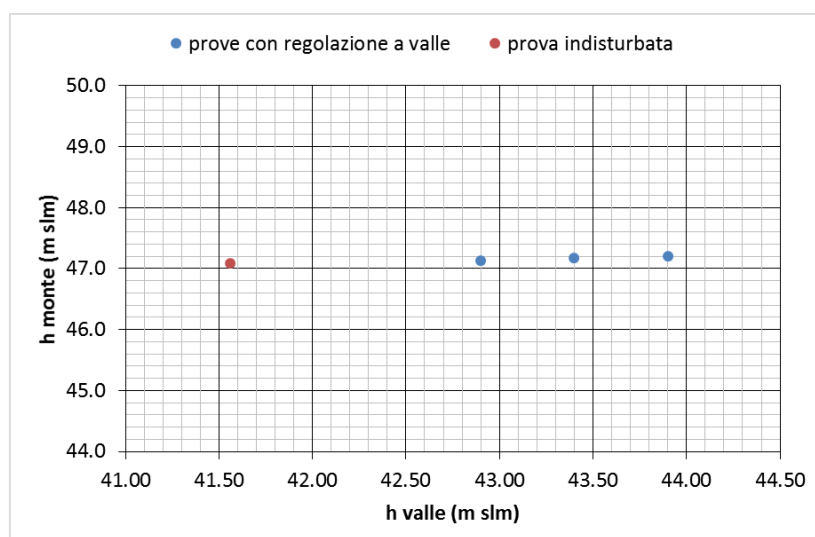


Figura 25 – Prove per $Q=1040$ mc/s (103 l/s nel modello) a differente livello di valle

Le prove effettuate hanno mostrato:

- Una disconnessione idraulica tra i livelli imposti a valle dell'opera e i livelli misurati a monte in particolare per le portate $Q=100$ mc/s, $Q=210$ mc/s, $Q=340$ mc/s e $Q=490$ mc/s.
- Per $Q=660$ mc/s si è iniziato a risentire un effetto di rigurgito sul livello di monte per i livelli di valle 42.80 e 43.30 m slm, con un aumento fino a circa 20 cm (5 mm nel modello) del tirante a monte, mentre per il livello di 42.30 m slm non si è osservata variazione del livello di monte.
- Per $Q=750$ mc/s i livelli più alti imposti a valle (43.00 e 43.50 m slm) hanno mostrato una variazione del livello di monte fino a circa 30 cm (7 mm nel modello), mentre il livello di valle più basso pari a 42.50 m slm ha mostrato una lieve variazione pari circa a 10 cm (3 mm nel modello).
- Per $Q=840$ mc/s i livelli più alti imposti a valle (43.10 e 43.60 m slm) hanno mostrato un effetto di rigurgito sulla traversa con incremento del livello di monte fino a circa 30 cm (8 mm nel modello). Per il livello di valle pari a 42.60 m slm un aumento del livello di monte pari a circa 10 cm (2 mm nel modello). Inoltre, in corrispondenza del livello di valle pari a 43.60 m slm, si è osservata l'attivazione della soglia di sfioro della traversa esistente, in quanto è stato raggiunto a monte un livello di 46.37 m slm (h soglia traversa esistente 46.25 m slm).
- Per $Q=940$ mc/s il carico di monte, anche in condizioni indisturbate, è stato tale da comportare l'attivazione della soglia di sfioro della traversa esistente. Queste prove hanno portato ad osservare incrementi del livello di monte, indotti dall'effetto di rigurgito, per tutti i livelli imposti a valle (42.90, 43.40 e 43.90 m slm). Tali variazioni sono risultate essere di piccola entità, fino a un massimo di 15 cm (4 mm nel modello), proprio per effetto dell'attivazione della soglia di sfioro, la quale provoca, per piccole variazioni del livello di monte dovuto al rigurgito delle bocche di efflusso, un consistente incremento della portata defluita a valle.
- Per la portata $Q=1040$ mc/s le considerazioni sono analoghe alla portata $Q=940$ mc/s. Infatti, gli incrementi del tirante di monte, fino ad un massimo osservato di circa 10 cm (3 mm nel modello), dovuti all'effetto di rigurgito causato dai livelli imposti a valle, considerano il funzionamento della soglia di sfioro della traversa esistente. Tale funzionamento comporta una maggior portata smaltita attraverso la soglia di sfioro piuttosto che dalle bocche di efflusso per piccole variazioni del livello di monte.

Nelle seguenti figure si riporta il grafico delle curve ottenute dalle prove eseguite con differenti livelli imposti a valle (h_1 , h_2 ed h_3) e il grafico di confronto delle stesse prove rispetto alla scala di deflusso in condizioni indisturbate.

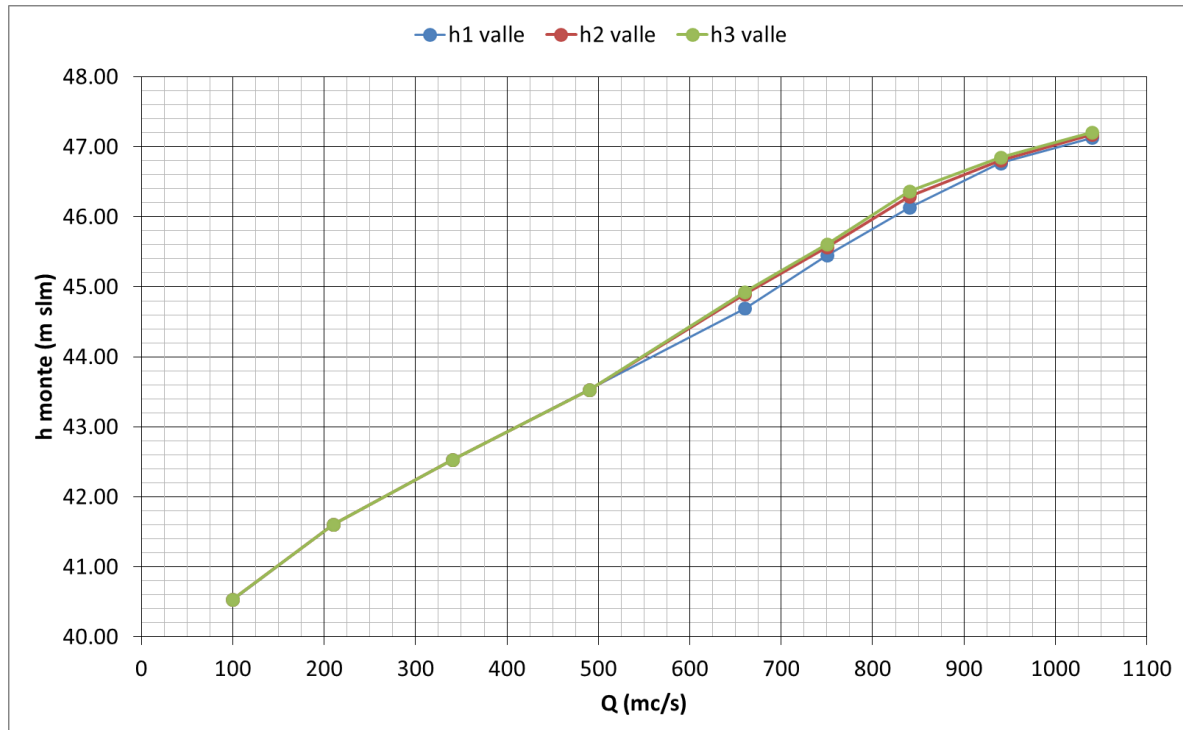


Figura 26 – Curve di deflusso con livelli imposti a valle h1, h2 ed h3

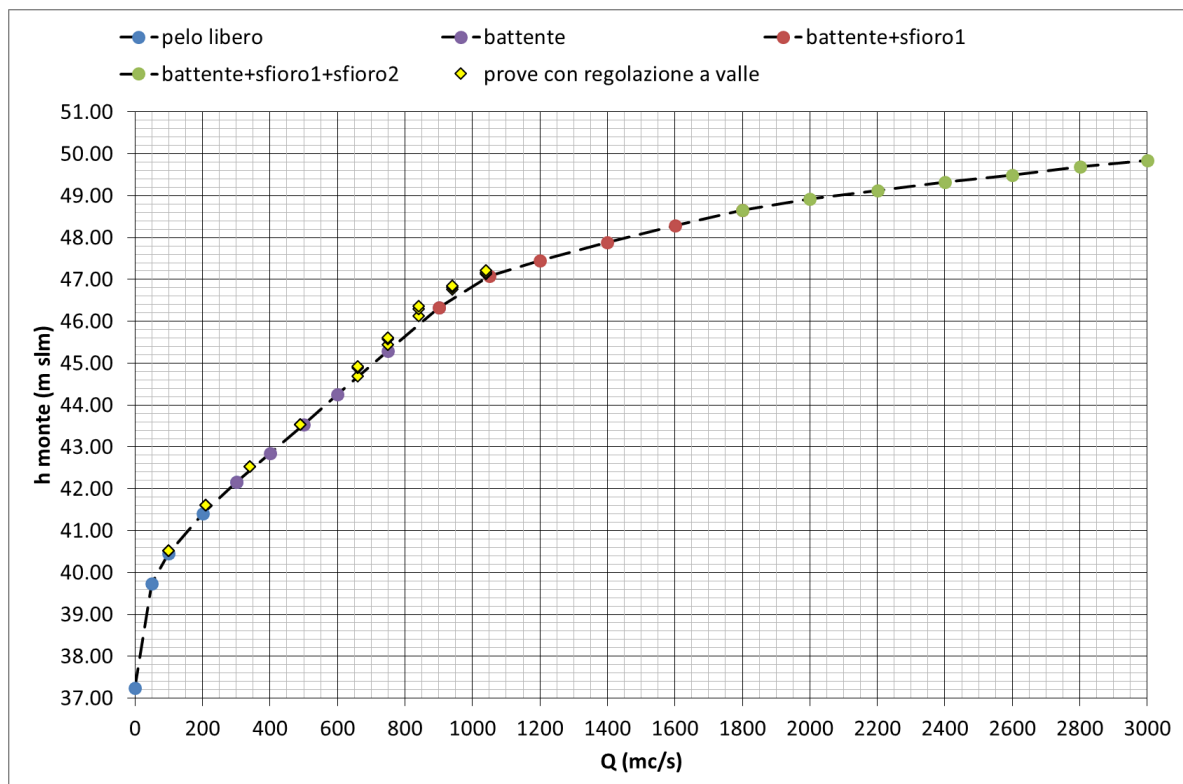


Figura 27 – Confronto fra le prove eseguite con livelli imposti a valle e la scala di deflusso in condizioni indisturbate

Dai grafici si osserva la non variazione del livello di monte per tutti i 3 livelli imposti a valle fino alla portata $Q=490$ mc/s, variazioni più evidenti per le portate $Q=660$ mc/s, $Q=750$ mc/s e $Q=840$ mc/s ed infine variazioni più contenute per le portate $Q=940$ mc/s e $Q=1040$ mc/s dovute al funzionamento della soglia di sfioro esistente.

5.4 RICERCA DEL LIVELLO DI RIGURGITO DELL'EFFLUSSO SOTTO BATTENTE PER $Q=750$ MC/S

Un ulteriore set di prove richiesto da AIPo con nota del 09/12/19 “Prove modello fisico” è stato quello volto a ricercare il livello di valle per cui si inizia a verificare l'effetto di rigurgito sulle luci di fondo della nuova traversa, condizione che comporta l'efflusso secondo la legge a battente rigurgitato, pertanto maggiori carichi (livelli) a monte della traversa stessa rispetto all'efflusso a battente libero. Queste prove sono state effettuate con portata imposta pari a 750 mc/s (74 l/s nel modello), valore specificatamente richiesto da AIPo, facendo progressivamente variare per intervalli successivi il livello di valle e misurando, oltre al livello regolato a valle:

- i) il livello a monte della traversa
- ii) il livello che si istaura nel “canale centrale” controllato dalla soglia terminale che raccoglie, canalizzandole, le portate esitate dalla nuove bocche



Figura 28 – Funzionamento del modello fisico per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello) a valle della traversa

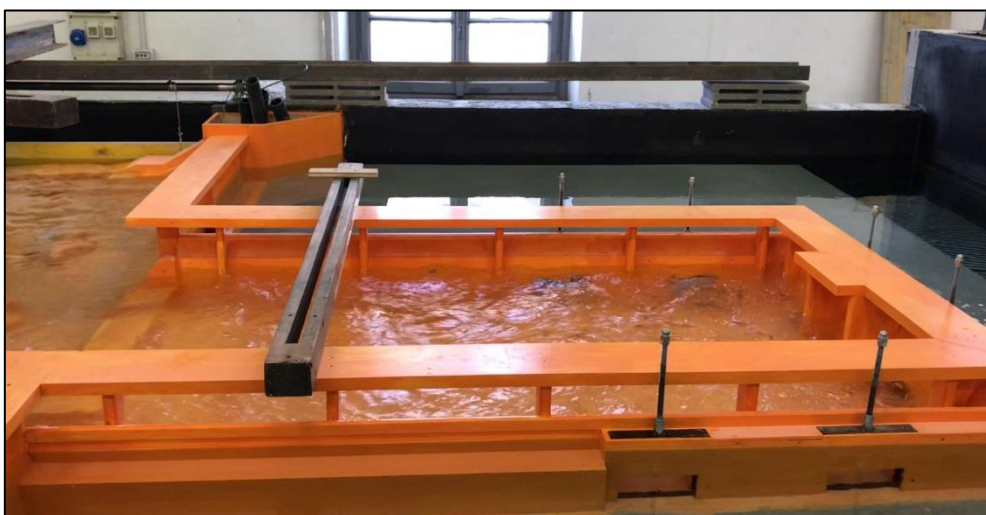


Figura 29 – Funzionamento del modello fisico per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello) nel canale centrale

La prova iniziale è stata eseguita senza regolazione del livello di valle (condizione indisturbata), mantenendo cioè le paratoie perimetrali al piano di scorrimento del modello completamente abbassate.

Tabella 4 – Prove effettuate per la ricerca del livello di rigurgito di valle per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello)

prova	h valle		h monte soglia		h monte	
	modello (cm)	reale (m slm)	modello (cm)	reale (m slm)	modello (cm)	reale (m slm)
68	12.1	40.84	15.6	43.49	20.2	45.33
69	12.5	41.00	15.6	43.49	20.2	45.33
70	13.8	41.50	15.6	43.49	20.2	45.33
71	15.0	42.00	15.6	43.49	20.3	45.37
72	16.3	42.50	15.8	43.57	20.7	45.53
73	17.5	43.00	15.9	43.61	20.9	45.61
74	18.8	43.50	16.0	43.65	21.1	45.69
75	20.0	44.00	16.3	43.77	21.4	45.81
76	21.3	44.50	16.6	43.89	21.7	45.93
77	22.5	45.00	17.3	44.17	22.3	46.17
78	23.8	45.50	18.2	44.53	23.1	46.49

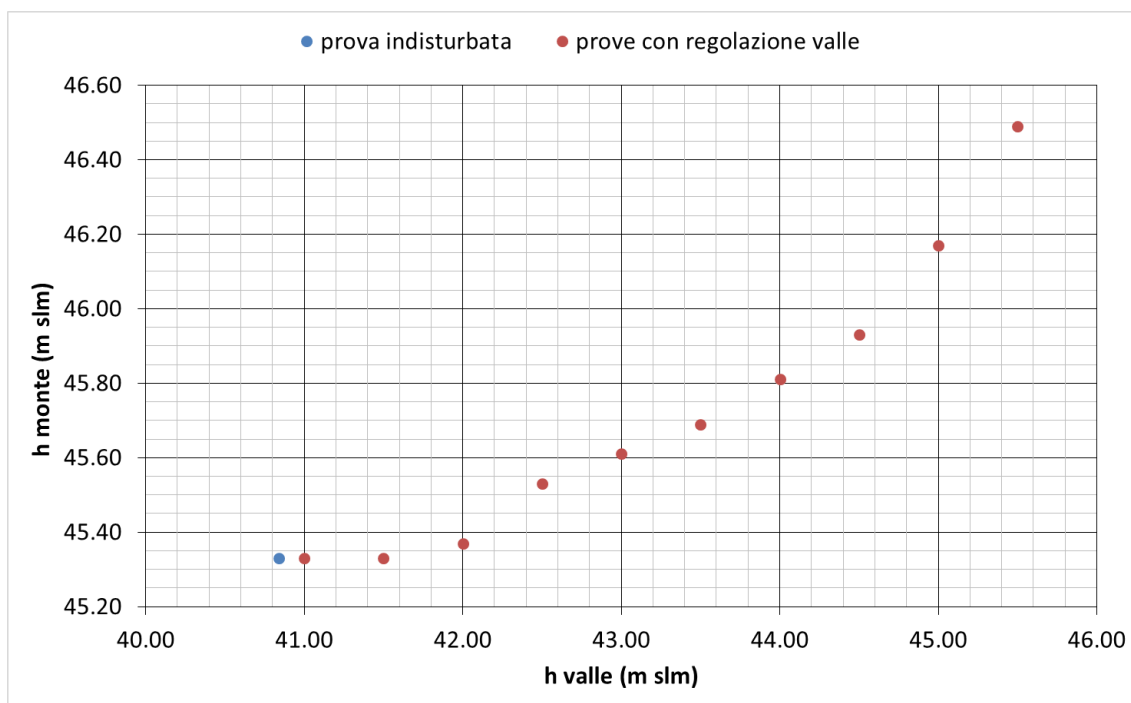


Figura 30 – Livelli misurati a monte della traversa al variare del livello di valle per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello)

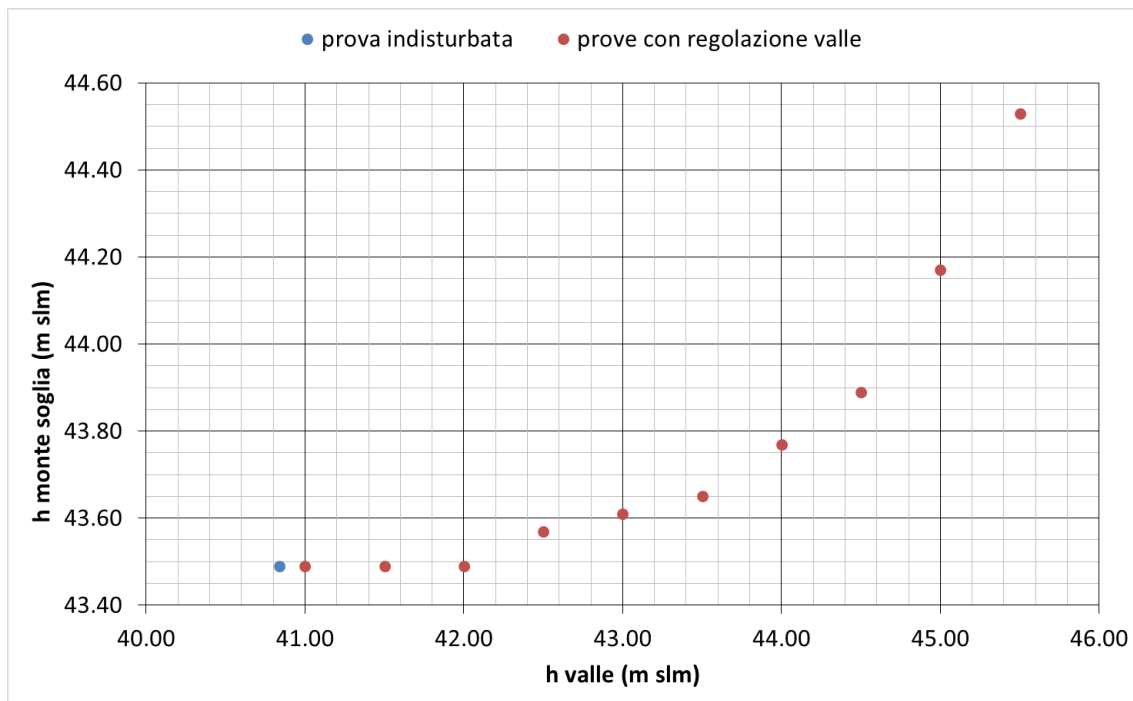


Figura 31 – Livelli misurati nel canale centrale a monte della soglia al variare del livello di valle per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello)

Dalle prove eseguite è stato possibile osservare un effetto di rigurgito indotto dai livelli di valle per quote da 42.00 m slm. In particolare, è stato possibile osservare l'effetto di rigurgito anche nella sezione subito più a monte della soglia centrale, la quale ha mostrato un incremento di tirante idrico al crescere del livello di valle per quote superiori a 42.00 m slm.

6 CONCLUSIONI

Le seguenti considerazioni conclusive che seguono si riferiscono alle prove individuate con la committenza Blueworks SRLS – Consorzio CCS e su indicazioni dell'AIPo, ente gestore dell'opera in progetto.

Il modello fisico della nuova traversa di laminazione in linea sul Fiume Secchia nel Comune di Rubiera è stato progettato e costruito sulla base del Progetto Definitivo “Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del Fiume Secchia, Comune di Rubiera (RE)” (MO-E-1273) e “Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente” (MO-E-1357).

Il modello fisico è stato realizzato presso il laboratorio di idraulica “G. Fantoli” del Politecnico di Milano con dimensioni complessive di 8.95x6.85 m in pianta e 1.70 m di altezza (primo setto della vasca di alimentazione e dissipazione, mentre nella zona modellata l'altezza è di 1.35 m).

Le prove eseguite (n. 78) hanno permesso di evidenziare le condizioni di deflusso dell'opera e la relativa costruzione delle scale di deflusso in differenti configurazioni e condizioni di funzionamento.

In particolare, le prove sono state:

- n. 20 prove per la definizione della scala di deflusso della traversa con paratoie completamente aperte e in condizioni indisturbate a valle
- n. 11 prove per la definizione della scala di deflusso della traversa con paratoie completamente chiuse.
- n. 36 prove per valutare la possibile influenza di significativi livelli di valle sul deflusso attraverso l'opera.
- n. 11 prove per individuare il livello critico di rigurgito sul deflusso attraverso l'opera per portata pari a $Q=750$ mc/s ($Q=74$ l/s nel modello).

Per ciascuna di queste quattro condizioni sono di seguito riportate le principali conclusioni.

In condizioni di paratoie completamente aperte e in condizioni di valle indisturbate la scala di deflusso ha considerato il range di portate da 0 a 3000 mc/s (0 e 296 l/s nel modello). Il funzionamento dell'opera per le diverse portate ha analizzato diverse condizioni di efflusso dalla traversa:

- da 0 a 300 mc/s (da 0 a 30 l/s nel modello) efflusso a pelo libero attraverso le n. 6 luci di fondo
- da 300 a 900 mc/s (da 30 a 89 l/s nel modello) efflusso a battente
- da 900 a 1800 mc/s (da 89 a 178 l/s nel modello) efflusso a battente e sfioro traversa esistente
- da 1800 a 3000 mc/s (da 178 a 296 l/s nel modello) efflusso a battente e sfioro sia traversa esistente che nuova traversa.

In condizioni di funzionamento a paratoie completamente chiuse è stato indagato l'intervallo di portate da 700 a 3000 mc/s (da 69 a 296 l/s nel modello) attraverso i soli sfioratori di superficie. Le prove eseguite hanno permesso di osservare un andamento dei livelli di monte al variare della portata, approssimabile con la curva di equazione:

$$h [m \text{ s.l.m.}] = 41.441 \cdot Q [mc/s]^{0.024}$$

In condizioni di paratoie aperte per assegnate portate e livelli di valle è stato analizzato il deflusso su indicazione di AIPO per un numero di prove con portate variabili tra da 100 a 1040 mc/s (da 10 a 103 l/s nel modello) e corrispondenti valore di livello imposti come condizione al contorno di valle per ciascuna portata considerata.

Le osservazioni hanno evidenziato:

- nessuna variazione del livello di monte per tutti e tre le condizione di livello imposti a valle fino alla portata $Q=490$ mc/s,
- variazioni di livello di monte più evidenti per le portate $Q=660$ mc/s, $Q=750$ mc/s e $Q=840$ mc/s e le relative condizione di livello imposto a valle in cui l'efflusso è solo sotto battente;
- variazioni di livello di monte più contenute per le portate $Q=940$ mc/s e $Q=1040$ mc/s e le relative condizione di livello imposto a valle dovute alle attivazione delle soglie di fioro di superficie.



In condizione di paratoie aperte è stato ricercato la quota idrica di valle che rigurgitasse l'efflusso sotto battente per $Q=750$ mc/s (74 l/s nel modello). Tale quota è stata ricercata, procedendo per intervalli di livello di valle successivi avendo fissato la portata in ingresso a monte. La quota idrica di valle che rigurgita l'efflusso sotto battente dalle sei paratoie della nuova traversa, ossia che induce variazioni del tirante idrico a monte della traversa è pari a una quota di 42.00 m slm

Il Coordinatore Scientifico
Prof. Ing. Marco Mancini

L'amministratore
Dott. Ing. Stefania Meucci



Modellistica e Monitoraggio Idrologico s.r.l.
L'amministratore
Stefania Meucci

MO-E-1357 - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

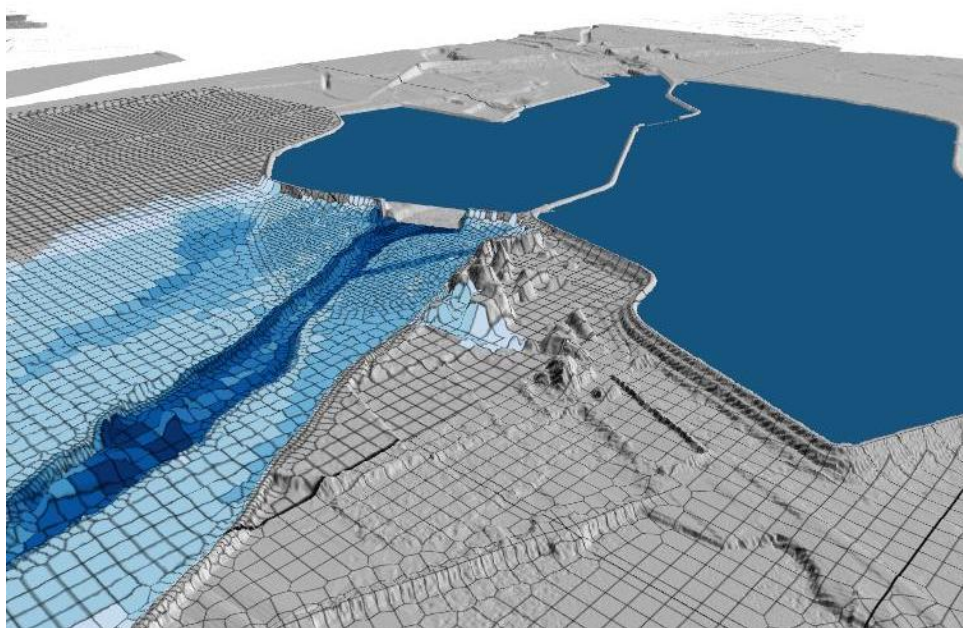


14.3 Studi di propagazione delle onde di piena relativi alla cassa di espansione sul fiume Secchia, con riferimento al collasso dello sbarramento e alla manovra degli organi di scarico



CONVENZIONE DI RICERCA
TRA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI BOLOGNA - DICAM
E AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO

**STUDI DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI PIENA RELATIVI
ALLA CASSA DI ESPANSIONE SUL FIUME SECCHIA,
CON RIFERIMENTO AL COLLASSO DELLO SBARRAMENTO
E ALLA MANOVRA DEGLI ORGANI DI SCARICO,
AI SENSI DELLA CIRCOLARE PCM/DSTN 22806 DEL 1995**



Fase 2

Scenari 1, 2, 3 e 4 - Configurazione di progetto della cassa di espansione

Bologna, Giugno 2020

Responsabile UniBO*Prof. Ing. Armando Brath*

DICAM, Università di Bologna

Gruppo di lavoro:

Armando Brath, Alessio Pugliese, Alessio Domeneghetti

INDICE

ELENCO DELLE FIGURE	5
ELENCO DELLE TABELLE	6
1 INTRODUZIONE	7
2 AREA DI STUDIO.....	9
2.1 Inquadramento territoriale del bacino del fiume Secchia	9
2.2 La cassa di espansione sul fiume Secchia: stato di fatto.....	9
2.3 Stato di progetto: interventi principali	11
2.3.1 <i>Costruzione e adeguamento dei manufatti di regolazione dei deflussi</i>	12
2.3.2 <i>Risagomatura delle arginature esistenti</i>	15
2.3.3 <i>Costruzione di nuove arginature</i>	16
3 METODO D'INDAGINE	17
3.1 Ipotesi sul processo di moto e schema di calcolo adottato	17
3.2 Geometrie e dominio di calcolo	17
3.3 Dati e informazioni topografiche.....	20
3.4 Scabrezza del terreno.....	21
4 SCENARI DI CROLLO E RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE.....	22
4.1 Scenario 1	22
4.2 Scenario 2.....	27
4.3 Scenario 3	32
4.4 Scenario 4.....	39
BIBLIOGRAFIA	43
APPENDICE.....	44
A.1 Elenco delle tavole allegate.....	44
A.2 Elenco delle animazioni allegate.....	45

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1. Il sistema della cassa di espansione del fiume Secchia.	10
Figura 2. Curve d'invaso del sistema di casse di espansione nella configurazione attuale.	10
Figura 3. Il sistema della cassa di espansione del fiume Secchia secondo le geometrie di progetto.	11
Figura 4. Nuove curve d'invaso dopo l'intervento.	12
Figura 5. Nuovo manufatto principale di regolazione a forma di "U".	13
Figura 6. Sezione trasversale del manufatto principale.	14
Figura 7. Veduta in pianta del nuovo manufatto di collegamento con la cassa laterale.	14
Figura 8. Sezione longitudinale del manufatto di collegamento.	15
Figura 9. Sezione trasversale dell'arginatura a valle del manufatto principale.	16
Figura 10. Dominio di calcolo usato per tutti gli scenari. Modello digitale delle quote del terreno	18
Figura 11. Dettaglio dello schema di discretizzazione del dominio di calcolo con "mesh" non strutturata.	19
Figura 12. Modifiche apportate al DEM degli interventi di risagomatura o nuova costruzione delle arginature.	21
Figura 13. Sezione longitudinale schematica del manufatto principale di progetto.	23
Figura 14. Livelli idrici all'interno della cassa in linea per lo Scenario 1.	24
Figura 15. Livelli idrici all'interno della cassa laterale per lo Scenario 1.	25
Figura 16. Idrogrammi delle portate in uscita dal manufatto principale per lo Scenario 1.	25
Figura 17. Idrogrammi delle portate in uscita dal manufatto di collegamento con la cassa laterale per lo Scenario 1.	26
Figura 18. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento per lo scenario 1.	26
Figura 19. Idrogrammi di piena in ingresso alla cassa.	27
Figura 20. Livello idrico nel comparto in linea per lo scenario 2.	29
Figura 21. Livello idrico nella cassa laterale per lo scenario 2.	29
Figura 22. Portata e volume simulati in uscita dal manufatto di collegamento con la cassa laterale per lo scenario 2.	30
Figura 23. Portata e volume simulati in uscita dalla breccia al manufatto principale per lo scenario 2.	30
Figura 24. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento per lo scenario 2.	31
Figura 25. Posizione della breccia dell'arginatura in destra idraulica (linea arancione).	34
Figura 26. Geometria della breccia dell'arginatura in destra idraulica nello scenario 3.	35
Figura 27. Livello idrico nel comparto in linea per lo scenario 3.	36
Figura 28. Portata e volume simulati in uscita dalla breccia all'arginatura nello scenario 3.	37
Figura 29. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento per lo scenario 3.	37
Figura 30. Livello idrico nel comparto in linea per lo scenario 4.	39
Figura 31. Livello idrico nel comparto laterale per lo scenario 4.	40
Figura 32. Portata e volume simulati in uscita dalle luci di fondo del manufatto principale per lo scenario 4.	40
Figura 33. Portata e volume simulati in uscita dal manufatto di collegamento con la cassa laterale per lo scenario 4.	41
Figura 34. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento per lo scenario 4.	41

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1. Larghezza della breccia, pendenza delle sponde e tempo di apertura ottenuti per diversi metodi proposti in letteratura.....	35
Tabella 2. Statistiche riassuntive dell'estensione e delle caratteristiche dell'allagamento per ciascun comune interessato per gli scenari 2 e 3.....	38
Tabella 3. Elenco delle tavole per lo scenario 1.	44
Tabella 4. Elenco delle tavole per lo scenario 2.	44
Tabella 5. Elenco delle tavole per lo scenario 3.	45
Tabella 6. Elenco delle tavole per lo scenario 4.	45
Tabella 7. Elenco delle animazioni.	45

1 INTRODUZIONE

Il presente studio ha la finalità di valutare gli effetti delle piene artificiali connesse alle manovre degli organi di scarico e a individuare le aree soggette ad allagamento in conseguenza di ipotetico collasso dello sbarramento trasversale della cassa di espansione posta sul fiume Secchia, ai sensi delle Circ. LL.PP. 1125/1986 e 357/1987, della circolare PCM/DSTN 22806 del 1995 e secondo quanto indicato dalla Direzione Generale per le Dighe in relazione alla peculiarità e specificità dell'opera (si rimanda alla nota della Direzione Generale Dighe del 19.12.2018).

Le analisi sono state condotte nell'ambito di una Convenzione di ricerca tra Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO) e Università di Bologna, stipulata in data 29/08/2019. Dette analisi seguono il programma delle attività sottoscritto in pari data da AIPO e Dipartimento DICAM. In esso si prevede che vengano analizzati quattro diversi scenari di allagamento conseguenti ad altrettante ipotesi di rottura dei manufatti caratterizzanti il sistema della cassa di espansione del fiume Secchia situata nei comuni di Modena, Campogalliano e Rubiera, al confine tra le province di Modena e Reggio Emilia (Figura 1). Gli scenari, le differenti condizioni ipotetiche di rottura dei manufatti e le differenti condizioni al contorno considerate sono indicati di seguito:

- Scenario 1 (o “minimale”):
 - invaso alla quota massima di regolazione;
 - ipotesi di luci di scarico intasate;
 - nessun apporto da monte;
 - crollo completo e istantaneo dello sbarramento (manufatto trasversale).
- Scenario 2, collasso diga:
 - invaso alla quota massima di regolazione;
 - ipotesi di luci di scarico intasate;
 - idrogramma di piena avente tempo di ritorno 200-ennale, in arrivo da monte;
 - crollo completo e istantaneo dello sbarramento (manufatto trasversale).
- Scenario 3, collasso delle arginature in una precisa posizione posta in sinistra o in destra idraulica:
 - invaso alla quota di coronamento delle arginature;
 - formazione di una breccia sull'arginatura in adiacenza del manufatto murario, in sinistra o in destra idraulica, nella posizione ritenuta più pericolosa;
 - ipotesi di luci di scarico di fondo e di superficie completamente intasate;
 - idrogramma di piena in arrivo da monte avente tempo di ritorno di 1000 anni.
- Scenario 4, manovre organi di scarico:
 - invaso alla quota massima di regolazione del manufatto trasversale;
 - apertura istantanea e totale delle luci inferiori dello sbarramento.

Lo scenario 1 è stato simulato sia con la configurazione attuale dello sbarramento principale, sia con quella prevista dal progetto di adeguamento. Per una descrizione dettagliata dei risultati ottenuti si rimanda alla relazione con riferimento alla configurazione attuale (v. AIPO, 2020). Le analisi condotte

per gli scenari 2, 3 e 4 riguardano solo la configurazione prevista dal progetto di adeguamento dello sbarramento principale e delle arginature di contenimento perimetrali.

I primi due scenari (1 e 2) rappresentano la condizione limite di collasso strutturale totale ed istantaneo del manufatto regolatore e si differenziano dal fatto che, nel primo scenario, non si considera nessun apporto da monte, mentre nel secondo si ipotizza in ingresso alle casse un idrogramma di piena corrispondente all'evento con tempo di ritorno 200 anni; il terzo scenario prevede il collasso di una porzione delle arginature, in concomitanza con l'arrivo da monte di una piena pari a quella millenaria; il quarto scenario invece non contempla collassi delle strutture difensive ma solamente l'apertura istantanea degli organi di scarico.

La presente relazione riporta gli esiti delle simulazioni relative agli scenari 1, 2, 3 e 4 attraverso le quali è stata prodotta una mappatura delle aree a rischio di inondazione nella configurazione di progetto, con le diverse condizioni idrologiche e idrauliche richiamate in precedenza. La relazione è corredata da tavole e animazioni allegate, il cui elenco è riportato in Appendice.

2 AREA DI STUDIO

2.1 Inquadramento territoriale del bacino del fiume Secchia

Il fiume Secchia, nel tratto superiore fino alla traversa di Castellarano, ha un andamento generalmente sinuoso a struttura prevalentemente monocursale e con alveo di larghezza piuttosto ridotta, caratterizzato da materiale al fondo di tipo ciottoloso-ghiaioso. Fino alla confluenza del torrente Secchiello (in località Fora, RE) l'alveo è stretto, generalmente incassato, posto a quote molto inferiori rispetto ai centri abitati che incontra nel suo corso.

Nel tratto medio-basso, dallo sbarramento di Castellarano fino a Rubiera, l'alveo è meandriforme. A valle di Rubiera, l'assetto del corso d'acqua è definito dal sistema della cassa di espansione e degli argini continui, questi ultimi presenti a partire dal tratto immediatamente a valle dell'autostrada A1. Il tratto a valle delle casse di espansione si estende per circa 88 km, e attraversa tutta la pianura della provincia di Modena, mentre il tratto finale, con sbocco nel fiume Po, ricade nella provincia di Mantova.

2.2 La cassa di espansione sul fiume Secchia: stato di fatto

La cassa di espansione oggetto del presente studio ricade all'interno dei confini dei comuni di Rubiera (RE), Modena e Campogalliano (MO) e si colloca lungo il limite settentrionale della zona di alta pianura. Essa si trova poco a monte dell'inizio del tratto vallivo arginato del fiume e a pochi chilometri di distanza dalla città di Modena, da altri importanti centri abitati, da insediamenti produttivi di rilievo e da opere infrastrutturali strategiche di importanza regionale e nazionale, quali le autostrade A1 e A22 e la tratta Bologna-Milano della linea ferroviaria ad alta velocità.

Allo stato attuale, il sistema della cassa di espansione è formato da un comparto in linea con l'asta principale del fiume (cassa in linea) e da un comparto in derivazione, laterale rispetto al corso d'acqua (cassa laterale). L'area complessiva della cassa copre una superficie di circa 2 km² (v. Figura 1) ed è delimitata da arginature maestre in materiale sciolto. La cassa in linea e quella in derivazione sono collegate tra loro per mezzo di uno sfioratore laterale, costituito da una soglia in calcestruzzo non regolata, posta ad una quota pari a circa 45.40 m s.l.m., più bassa di circa 4.1 m rispetto a quella della sommità arginale. La cassa in linea è caratterizzata dalla presenza di un manufatto principale di regolazione in calcestruzzo, ammorsato attraverso due corpi di spalla al sistema di arginature maestre. L'opera di sbarramento trasversale, tracimabile, è lunga 150 m e dotata di 4 luci di fondo a sezione rettangolare, ciascuna di 5 m per 2.60 m, attualmente non regolabili. La quota di massima regolazione dello sbarramento è posta a circa 46.28 m s.l.m., mentre il punto più depresso al piede dello sbarramento a monte è a quota 37.23 m s.l.m.; la quota della soletta in calcestruzzo alla base è pari a 38.07 m s.l.m. (v. Figura 2). Lo svuotamento della cassa laterale avviene per mezzo di uno scarico di fondo dotato di paratoia (tombino a sezione quadrata di dimensioni 2.20 x 2.20 m con quota di fondo a circa 39.50 m s.l.m.), collegato direttamente con il corso d'acqua per mezzo di un canale che sfocia circa 270 m a valle dello sbarramento principale (v. "C" in Figura 1).

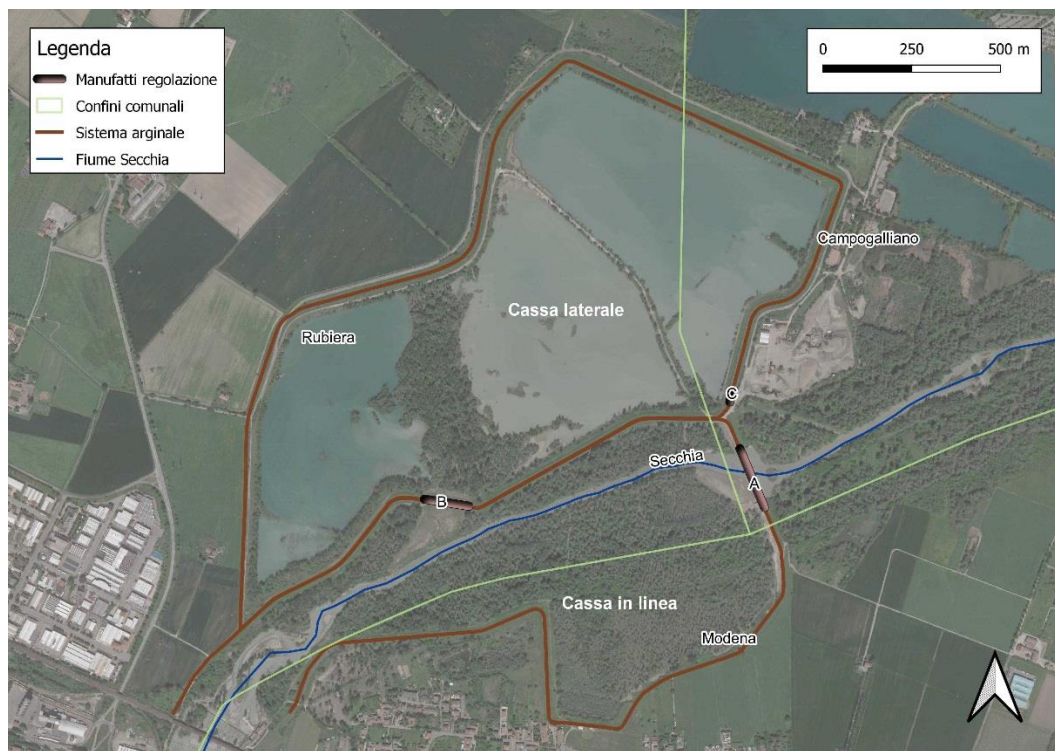


Figura 1. Il sistema della cassa di espansione del fiume Secchia. (A) indica il manufatto di sbarramento trasversale; (B) la soglia che consente l'alimentazione del comparto in derivazione e (C) il canale di scarico di quest'ultimo.

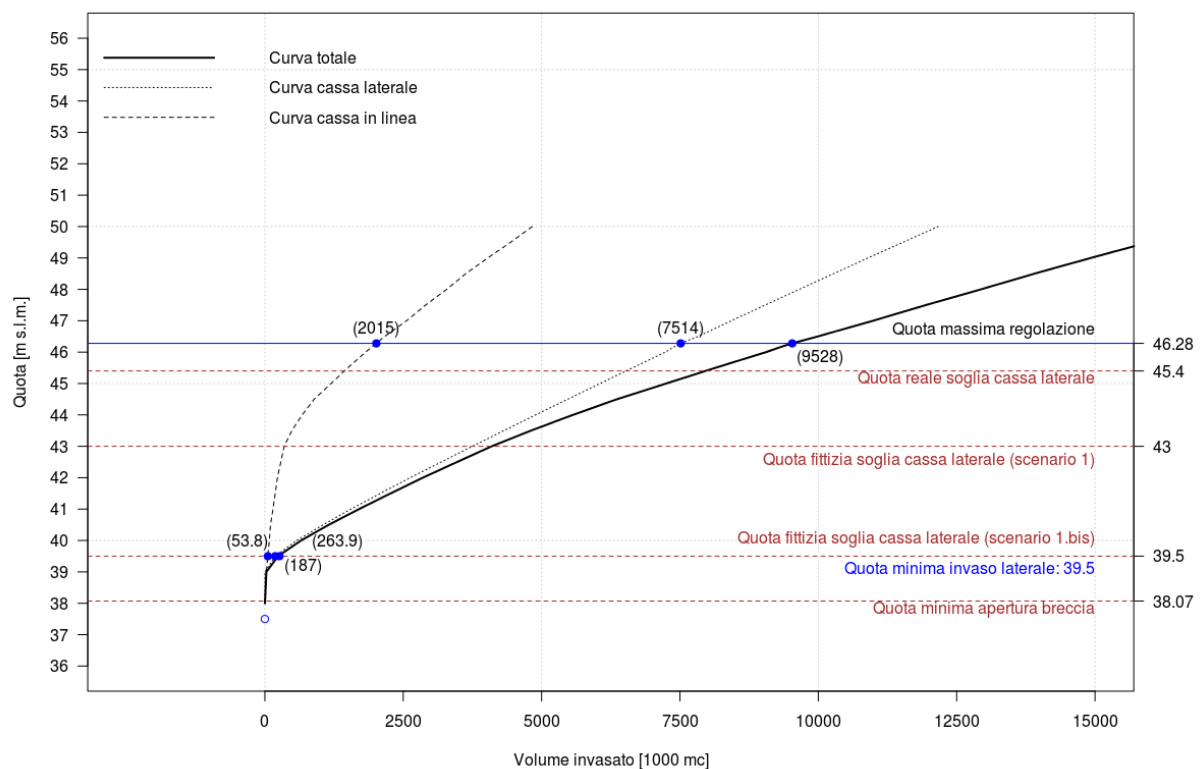


Figura 2. Curve d'invaso del sistema di casse di espansione nella configurazione attuale.

La quota di massima regolazione, pari a 46.28 m s.l.m., coincide con quella della soglia sfiorante principale. La quota di coronamento arginale minima è pari a 49.13 m s.l.m. Il volume complessivo (comparto in linea e in derivazione) alla quota di massima regolazione è pari a 9.53 Mm³, mentre, alla quota di massimo invaso (definita a 48.50 m s.l.m.), è pari a 13.9 Mm³.

2.3 Stato di progetto: interventi principali

Il progetto definitivo di adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro per il miglioramento idraulico del sistema di casse di espansione del fiume Secchia si inquadra all'interno di un contesto di molteplici interventi strutturali per il miglioramento della sicurezza idraulica dei territori interessati (v. AIPO, 2019). Nel "LOTTO 1" il progetto prevede l'adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione, introducendo la possibilità di regolazione anche per piene ordinarie, mentre il "LOTTO 2" e il "LOTTO 3" prevedono l'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema esistente.

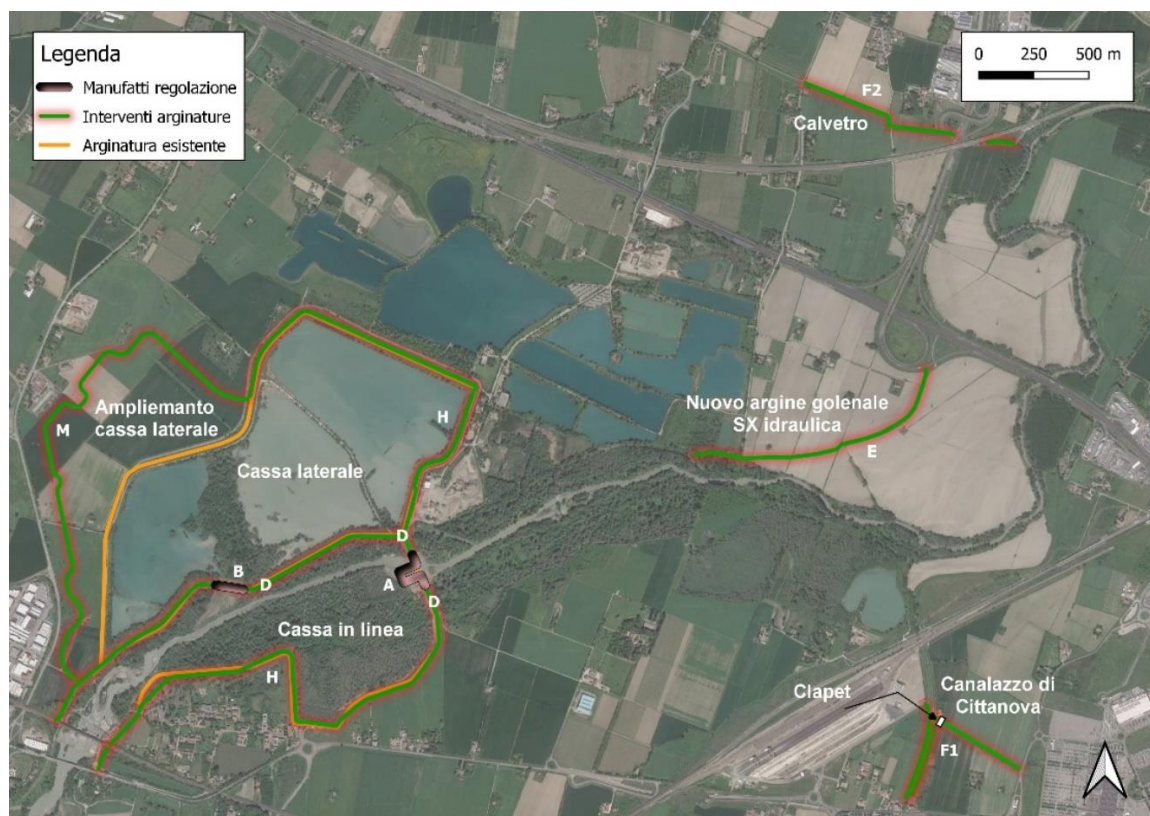


Figura 3. Il sistema della cassa di espansione del fiume Secchia secondo le geometrie di progetto. Gli interventi A e B riguardano i manufatti di regolazione delle portate; gli interventi D, H, M riguardano la risagomatura delle arginature delle casse; gli interventi E, F1 e F2 riguardano interventi sulle arginature a valle dello sbarramento principale.

Gli interventi possono essere divisi in tre categorie principali (v. Figura 3): adeguamento strutturale dei manufatti di regolazione esistenti (interventi A, B); risagomatura delle arginature esistenti (interventi D e H) e costruzioni di nuove arginature (interventi E e M). L'intervento F1 comprende sia la costruzione

ex-novo di due arginelli che seguono il corso principale del Canalazzo di Cittanova, sia la risagomatura del ramo est dello stesso canale. Inoltre, all'incrocio dei due rami è previsto l'inserimento di un clapet con l'obiettivo di bloccare i deflussi in risalita dal canale principale verso il ramo est. L'intervento F2 fa riferimento alla risagomatura delle arginature del canale Calvetro, posto tra l'asse ferroviario dell'alta velocità e l'autostrada A22. Di seguito si riporta una descrizione sommaria degli interventi, focalizzando l'attenzione sul comportamento idraulico e sulla modifica della morfologia del territorio; si rimanda alla relazione del progetto per una descrizione dettagliata di ciascun intervento (v. AIPO, 2019).

Infine, si precisa che la nomenclatura degli interventi A, B, D, H, E, M, è conforme a quella usata dai progettisti, mentre la nomenclatura degli interventi F1 e F2 è stata adottata appositamente per il presente studio.

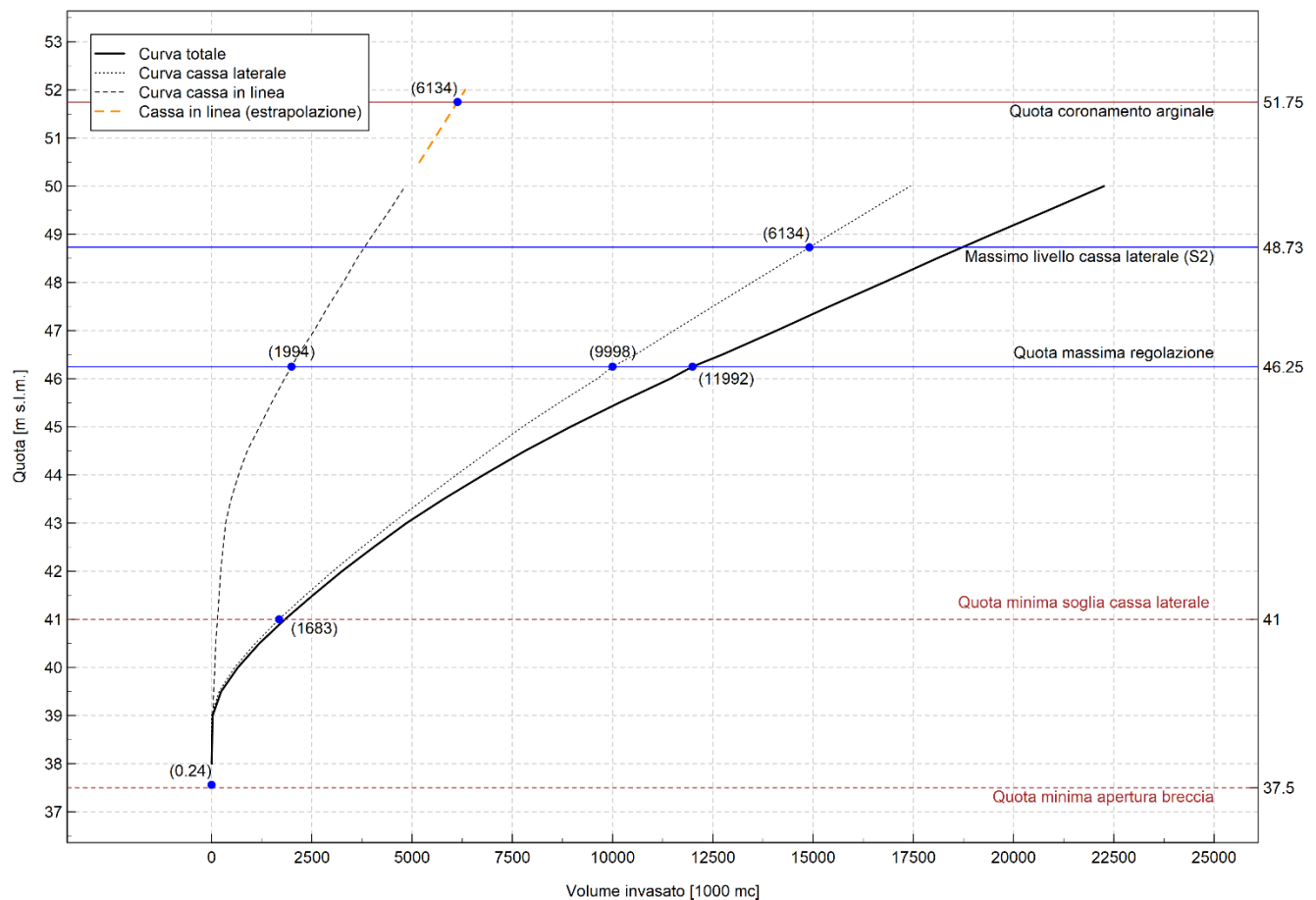


Figura 4. Nuove curve d'invaso dopo l'intervento.

2.3.1 Costruzione e adeguamento dei manufatti di regolazione dei deflussi

Per quanto riguarda la zona della cassa sono due gli interventi che riguardano la regolazione dei deflussi ed il funzionamento idraulico della cassa di espansione. L'intervento più importante riguarda lo sbarramento principale posto in linea con il corso naturale del fiume Secchia. Si tratta di un

adeguamento della struttura esistente, che ha come obiettivo principale quello di allungare la soglia sfiorante in modo da migliorarne l'efficienza di evacuazione dei deflussi in caso di piena.

L'adeguamento dell'opera si articola in tre parti: la prima riguardante la ristrutturazione da svolgere sul manufatto di sbarramento esistente, la seconda riguardante la realizzazione di un nuovo corpo in continuità con l'esistente che conterrà gli elementi per la regolazione delle portate e la terza riguardante la realizzazione di un ponte di servizio, in grado di raccordare l'accessibilità collegandosi con le arginature contigue, anch'esse soggette ad adeguamento (rialzo e ringrosso arginale). In particolare, la prima parte dell'intervento riguarderà la parziale demolizione della sezione centrale della traversa esistente comprendente due delle 4 luci di fondo esistenti. La porzione di manufatto esistente, "scapitozzata" fino a quota 39.75 m s.l.m. per un tratto di lunghezza di 44.60 m, andrà a costituire la soglia della sezione terminale della vasca di dissipazione del nuovo corpo di regolazione dello sbarramento. Le due luci di fondo laterali al di fuori del tratto interessato dalla parziale demolizione verranno chiuse tramite panconi metallici estraibili. La soglia sfiorante nei tratti laterali non interessati dalla demolizione rimarrà funzionale alla quota attuale pari a 46.25 m s.l.m., per uno sviluppo complessivo di 96 metri.

La seconda parte dell'intervento consisterà nella realizzazione - a monte della traversa esistente - di un corpo aggiuntivo, con pianta a "U" (lunghezza pari a circa 84 metri e larghezza pari a circa 54 m) avente l'estremità aperta in corrispondenza della porzione demolita dello sbarramento esistente (v. Figura 5).

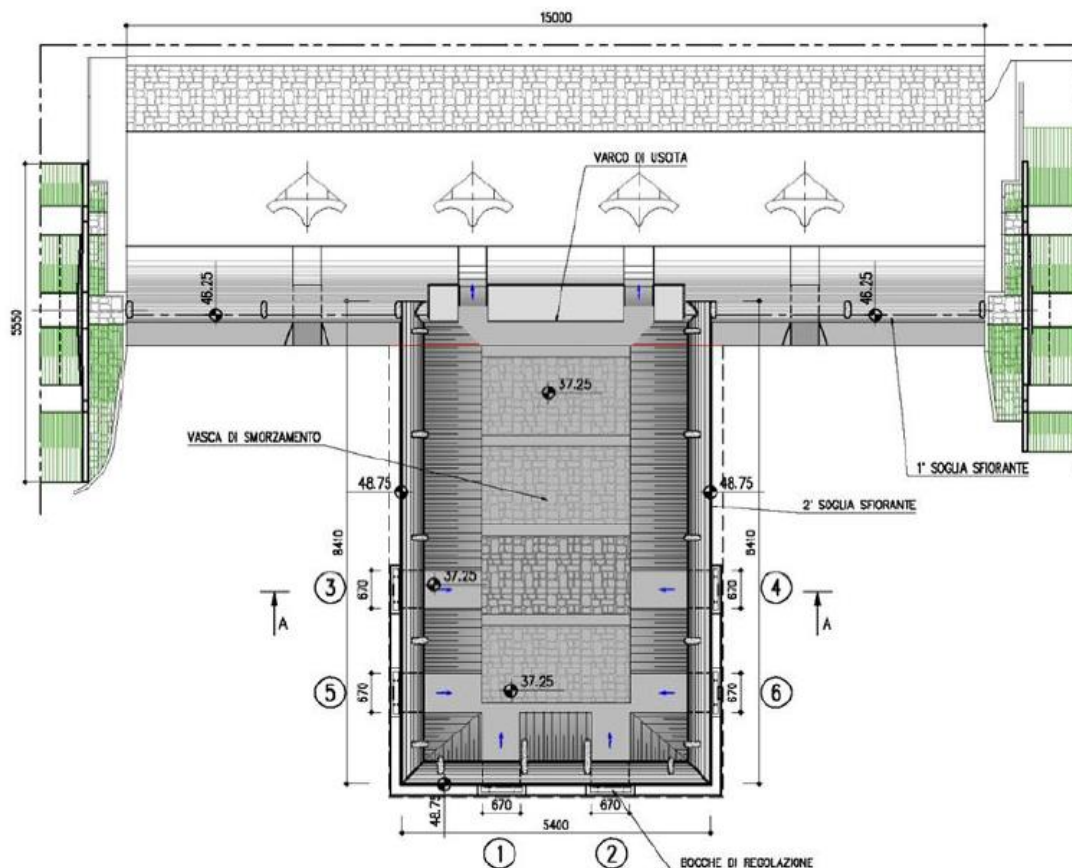


Figura 5. Nuovo manufatto principale di regolazione a forma di "U".

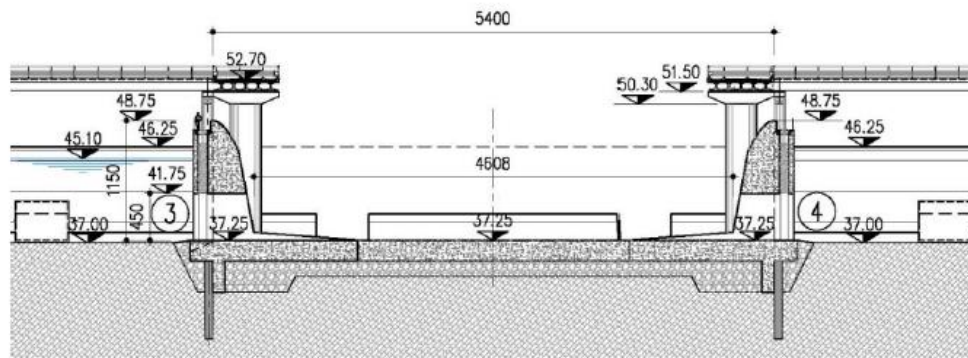


Figura 6. Sezione trasversale del manufatto principale.

I muri perimetrali del nuovo corpo costituiranno, in sommità, il secondo sfioratore di superficie della traversa posto a quota 48.75 m s.l.m., e conterranno, alla loro base, sei nuove luci di regolazione, aventi luce netta pari a 6.70 m alla base e 4.50 m d'altezza, due per ogni lato della "U", e quota di scorrimento pari 37.25 m s.l.m. La struttura, da un punto di vista costruttivo, si configurerà come un muro a gravità massiccia, avente uno spessore di circa 4 metri alla base ed una fondazione di larghezza pari a circa 16 metri (v. Figura 6). La parte interna del manufatto costituirà la vasca di smorzamento. La testa del muro sarà sagomata con un profilo Creager - Scimemi con soglia sfiorante posta a quota 48.75 m s.l.m. La terza e ultima parte delle operazioni di adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione riguarderanno la realizzazione del ponte di servizio che si svilupperà sopra le soglie sfioranti del manufatto, mettendo in collegamento sponda destra e sinistra del Secchia.

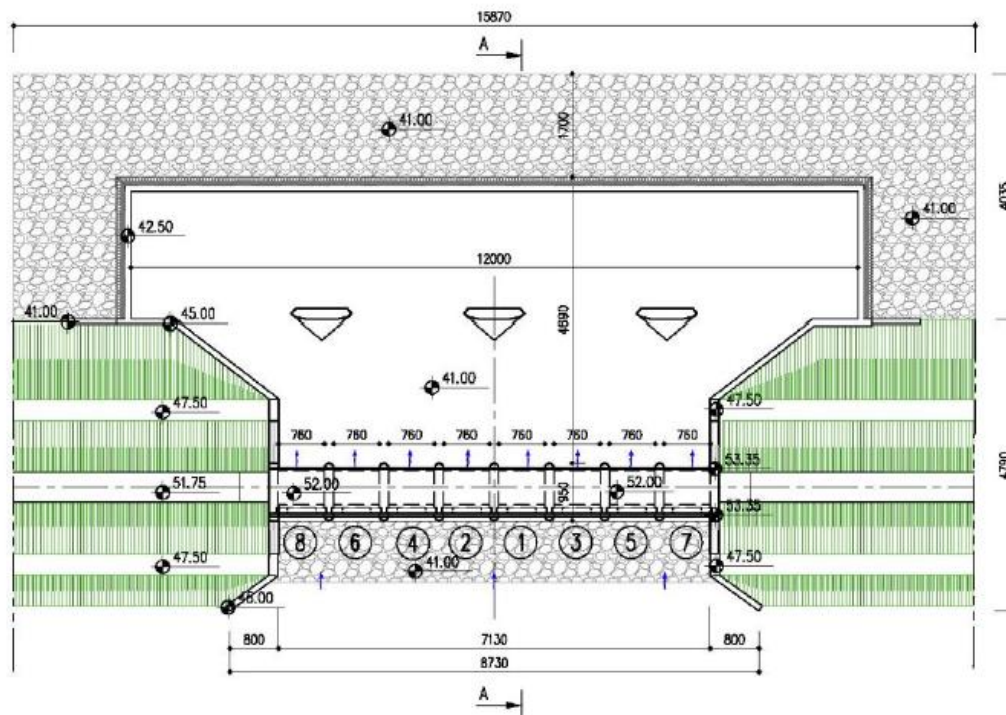


Figura 7. Veduta in pianta del nuovo manufatto di collegamento con la cassa laterale.

L'adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale prevede la demolizione di parte dell'esistente soglia e la realizzazione di una nuova opera. Il nuovo manufatto (v. Figura 7) sarà costituito da una batteria di 8 bocche di regolazione di luce netta pari a 7.60 m per 5.40 m dotate di paratoie piane a ruote a comando oleodinamico; le bocche di regolazione avranno una quota di scorrimento pari a 41.00 m s.l.m. e saranno intervallate da muri sagomati di spessore pari a 1.5 m e lunghezza 9.5 m.

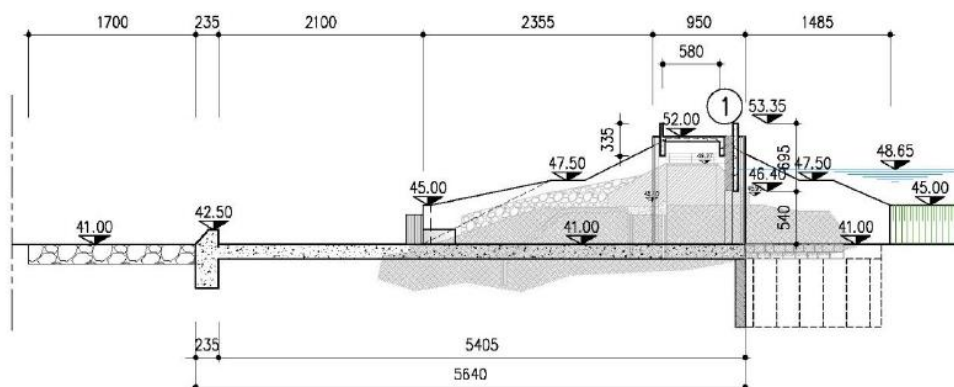


Figura 8. Sezione longitudinale del manufatto di collegamento.

Lato invaso verrà realizzata una vasca di dissipazione costituita da una platea in calcestruzzo di spessore pari a 1.5 m, da 3 blocchi prismatici di dissipazione e da una soglia perimetrale di controstante di altezza pari a 1.5 metri (v. Figura 8). Il nuovo manufatto sarà sormontato, lungo l'intera estensione, da una strada di servizio carrabile di larghezza pari a 6.4 m con piano stradale posto a quota 52 m s.l.m.

2.3.2 Risagomatura delle arginature esistenti

Gli interventi di risagomatura e di rinforzo arginale riguardano sia l'adeguamento dei tratti arginali contigui alle casse (LOTTO1), da realizzarsi con il materiale di scavo proveniente dal cantiere nell'ambito della realizzazione degli interventi descritti nei paragrafi precedenti, sia l'adeguamento in quota dei rilevati esistenti della cassa in linea e di quella in derivazione (LOTTO2).

Il progetto prevede di sopraelevare gli argini (destro e sinistro) dell'invaso in linea alla quota di 51.75 m s.l.m. al fine di garantire un franco di sicurezza di 1.75 m rispetto alla quota di massimo invaso, prevista dai progettisti, in un evento di piena con tempo di ritorno di 1000 anni; gli argini dell'invaso in derivazione, sono stati alzati alla quota di 51.75 m s.l.m., al fine di garantire anche per questo invaso lo stesso franco di sicurezza per l'evento di piena millenaria. I corpi arginali di progetto hanno quindi sempre quota di sommità a 51.75 m s.l.m. e pendenza delle scarpate 2:1 nella porzione superiore al di sopra della bancata intermedia a quota 47.75 m s.l.m., sia lato campagna che lato fiume/invaso; nella porzione inferiore invece le arginature hanno sempre una scarpa 2:1 lato campagna, 3:1 lato fiume ad esclusione dei tratti in corrispondenza dei raccordi con il manufatto regolatore dove sono previste con pendenza 2:1 anche lato fiume, ma con rivestimento in calcestruzzo (solo lato fiume).

2.3.3 Costruzione di nuove arginature

La cassa laterale fuori linea sarà soggetta ad un ampliamento plani-volumetrico nella zona ovest (LOTTO3), comportando un aumento dei volumi complessivamente ritenuti. Anche per questo lotto di interventi le soluzioni di progetto si adattano al meglio alle attuali condizioni delle arginature. I corpi arginali di progetto hanno quindi sempre quota di sommità a 51.75 m s.l.m. e pendenza delle scarpate 2:1 nella porzione superiore al di sopra della bancata intermedia a quota 47.75 m s.l.m., sia lato campagna sia lato invaso.

L'area compresa tra il manufatto in alveo e l'autostrada A1, verrà interessata dalla costruzione di una nuova arginatura golenale in sinistra idraulica. La funzione della predetta arginatura è quella di mantenere inalterata l'attuale frequenza di allagamento dell'area a tergo in quanto il nuovo manufatto, trasparente per idrogrammi con picco fino a $750 \text{ m}^3/\text{s}$, modificherebbe, in peggio, l'attuale frequenza di allagamento. L'argine golenale, si sviluppa con un'unica sezione tipo, caratterizzata da un rilevato di modesta altezza sul piano campagna (da 0.8 m a 1.79 m) e di lunghezza 725 m circa. È prevista una pista di servizio in sommità della larghezza di 4 metri (rispetto ad una larghezza del coronamento di 5 m). La Figura 9 rappresenta la sezione tipologica dell'argine.

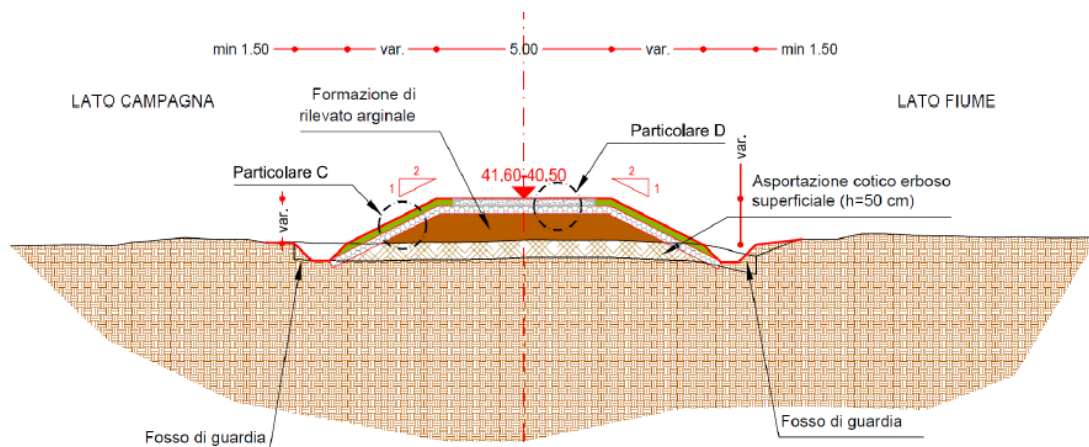


Figura 9. Sezione trasversale dell'arginatura a valle del manufatto principale (intervento E).

L'intervento F1 nella zona del Canalazzo di Cittanova comporta un adeguamento della quota arginale a 41.80 m s.l.m. nel ramo est nelle vicinanze del centro commerciale "Grandemilia" e della costruzione di nuovi argini destro e sinistro lungo il corso principale del canale, con coronamento arginale alla quota di 42.80 m s.l.m. Inoltre, in questa zona è prevista la costruzione di un clapet in grado di bloccare il deflusso in contropendenza proveniente da valle verso il canale diversivo nel ramo est (v. Figura 3 e Figura 12d).

L'intervento F2 nella zona del canale Calvetro, prevede l'adeguamento del coronamento alla quota 42.56 m s.l.m. del solo argine in sinistra idraulica per un tratto di circa 750 m a ridosso dell'asse autostradale A22, più quello di un tratto di circa 100 m all'interno della zona golenale del fiume Secchia, con quote arginali portate a 42.20 m s.l.m (v. Figura 3 e Figura 12c).

3 METODO D'INDAGINE

3.1 Ipotesi sul processo di moto e schema di calcolo adottato

In questo studio è stato fatto ricorso al metodo cosiddetto *Level-Pool routing*; esso è basato, per il calcolo delle portate uscenti dal sistema di casse di laminazione, sull'uso della sola equazione di continuità, in quanto il pelo libero all'interno dell'invaso, pur variando nel tempo, si suppone istante per istante orizzontale. Con questo approccio, quando viene modellata una rottura, sia che si tratti dello sbarramento che di una porzione di argine, la portata nella sezione della breccia è calcolata utilizzando le stesse equazioni dello stramazzo che vengono usate in metodi più complessi, come quelli basati sulle equazioni del moto in aggiunta all'equazione di continuità, noti anche come 1D/2D *Dynamic wave routing* (USACE, 2014). La semplificazione introdotta dall'approccio adottato è che il livello dell'acqua all'interno della cassa, anche in prossimità della breccia, cala mantenendosi sempre orizzontale, mentre nella realtà il pelo libero risulta inclinato in direzione della corrente, con inclinazione a monte della breccia tanto maggiore quanto più veloce è il fenomeno di erosione della breccia stessa. Nonostante le differenze metodologiche non si è ritenuta giustificata l'introduzione di schemi di calcolo più complessi, anche dal punto di vista computazionale.

Pertanto, i due comparti della cassa di espansione, sia quello in linea che quello in derivazione, sono assimilati a serbatoi interconnessi tra loro, mentre tutta la zona a valle, sia l'alveo che l'area interessata dall'allagamento conseguente alla rottura del manufatto, è stata modellata come un campo di moto bidimensionale. La propagazione dell'onda di piena è studiata in regime di moto vario, utilizzando uno schema numerico 2D, utilizzato per la risoluzione delle equazioni complete di de Saint Venant (Di Baldassarre et al., 2009; Castellarin et al., 2011; USACE, 2016).

3.2 Geometrie e dominio di calcolo

La geometria dell'area di studio è stata definita, come detto, separando le due zone principali che costituiscono il dominio di calcolo: a monte, quella identificata dai perimetri delle due casse di espansione; a valle, quella molto più ampia, che insiste sulla massima area potenzialmente allagabile. Le due zone sono opportunamente interconnesse tra loro (v. par. 4.1 per una descrizione dettagliata della geometria della connessione tra una cassa e l'altra). L'area potenzialmente allagabile è stata identificata per iterazioni successive, scegliendo i suoi confini sufficientemente lontani dalle aree interessate dal processo di allagamento e sulla base di elementi topografici, naturali o artificiali, ritenuti non valicabili e poi dimostratisi tali nelle simulazioni. La delineazione finale dei contorni del dominio di calcolo è tale da garantire una rappresentazione completa dei fenomeni alluvionali.

Il dominio di calcolo a valle si estende lungo la direzione di massima pendenza con sviluppo verso Nord/Nord-Est attorno all'asta principale del fiume Secchia e si estende per una lunghezza di circa 35 km nella direzione Nord-Sud e 35 km nella direzione Ovest-Est, con un'estensione areale complessiva di circa 695 km². Il perimetro dell'area di calcolo comprende, completamente o in parte, i confini di 31 comuni tra le province di Modena, Reggio Emilia, Bologna e Mantova (v. Figura 10).

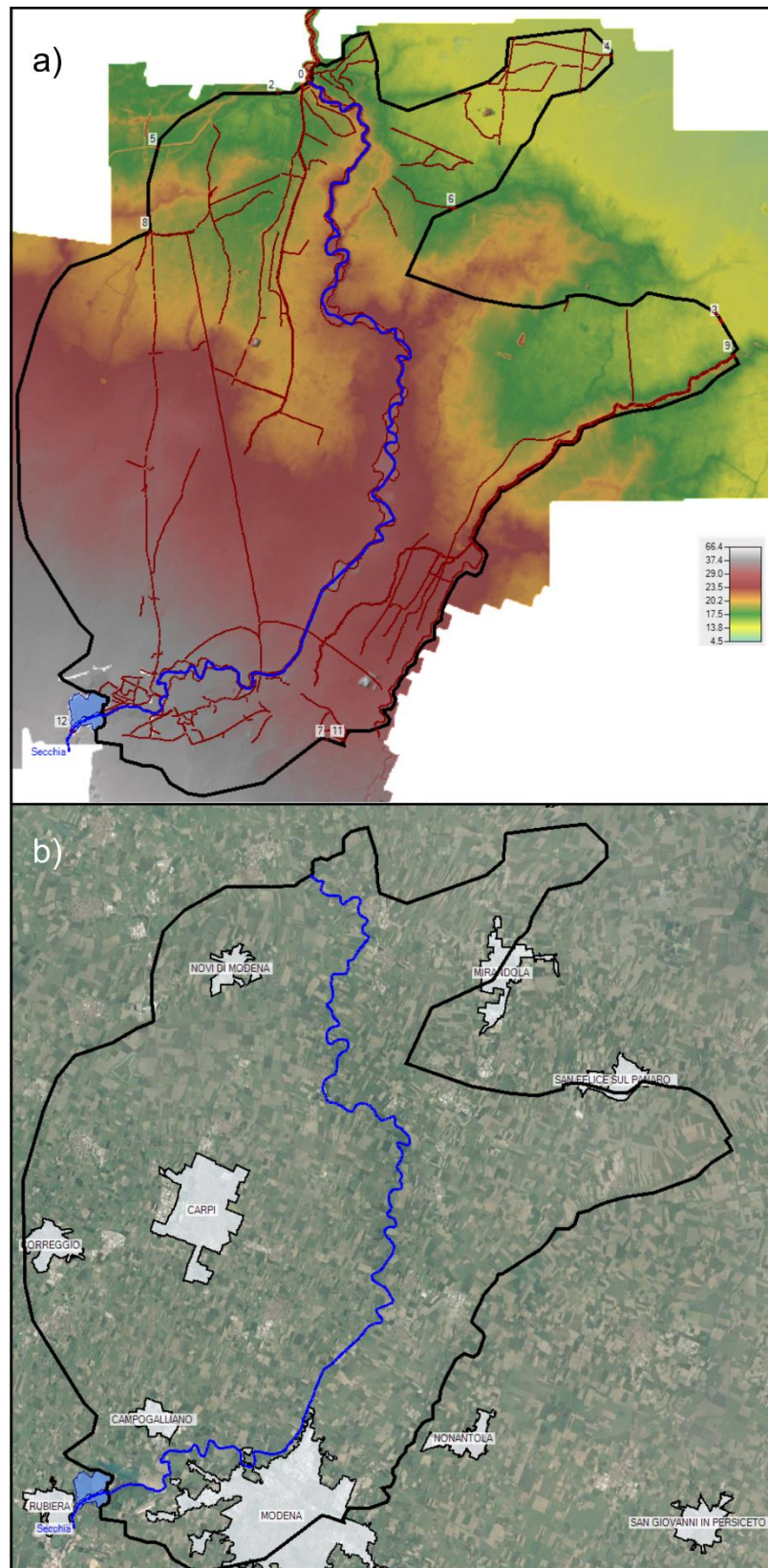


Figura 10. Dominio di calcolo usato per tutti gli scenari. Modello digitale delle quote del terreno con risoluzione 1m per 1m (a) e immagine aerofotogrammetrica (b).

Tuttavia, è bene precisare fin d'ora che il territorio interessato dagli allagamenti nello scenario più gravoso comprende 23 comuni per la maggior parte della provincia di Modena (v. par. 4.3).

Una corretta rappresentazione della geometria del campo di moto nel modello di calcolo bidimensionale richiede una conoscenza dettagliata della superficie topografica del dominio. A partire da modelli digitali del terreno, è stata costruita una maglia di calcolo con *mesh* non strutturate ed a passo variabile (Brath et al., 2010). Utilizzando *mesh* non strutturate è possibile, infatti, aumentare la risoluzione delle celle di calcolo nei punti che rappresentano ostacoli, sottopassi, arginature e altri elementi che possono comportare deviazioni al deflusso delle acque. Con questo tipo di *mesh* è possibile orientare le facce delle celle in modo da avere un lato parallelo alla direzione principale del rilevato. Una parte consistente del lavoro ha riguardato, quindi, la costruzione delle *break-line* (segmenti rosso scuro in Figura 11), che rappresentano linee di orientamento preferenziali delle celle di calcolo, altrimenti a distribuzione spaziale omogenea. In questo studio, è stata adottata una *mesh* di calcolo di 50 m per 50 m in campo aperto, mentre in corrispondenza di manufatti o di elementi potenzialmente in grado di ostacolare il deflusso delle acque sono state appunto inserite delle *break-line*. In totale, si è fatto ricorso a circa 150 *break-line*, nelle vicinanze delle quali la *mesh* assume maglie di dimensioni progressivamente sempre più piccole, da 25 m ad un minimo di 10 m. Inoltre, nella porzione di area immediatamente a valle dello sbarramento della cassa in linea, dopo una serie di prove preliminari, è stata adottata una maglia a maggiore risoluzione rispetto al dominio in capo aperto, avente lato 25 m per 25 m. In tal modo è stato possibile garantire da un lato la stabilità e la convergenza all'algoritmo di calcolo, dall'altro lato la necessità di adeguare il dominio di calcolo alla particolare conformazione delle geometrie del nuovo manufatto.



Figura 11. Dettaglio dello schema di discretizzazione del dominio di calcolo con “*mesh*” non strutturata. Le linee in rosso rappresentano le “*break-line*”.

3.3 Dati e informazioni topografiche

L'utilizzo di uno schema di calcolo che prevede la descrizione del funzionamento della cassa come un serbatoio (o *storage-area*) ha permesso di usufruire dell'informazione contenuta nelle curve di invaso, ovvero le curve che associano alle diverse quote del pelo libero, presenti nei due comparti della cassa, i volumi invasati all'interno degli stessi, rappresentative delle geometrie arginali di progetto (v. Figura 4). Il calcolo delle curve dei volumi avrebbe potuto anche essere condotto a partire dalla topografia descritta dal DEM; tuttavia questa opzione è stata scartata per garantire la più ampia congruenza con gli elaborati progettuali.

In questo studio sono stati utilizzati 4 diversi modelli digitali del terreno LiDAR. In particolare, per la porzione delle casse e dell'asta principale del fiume Secchia, è stato utilizzato un rilievo recente AIPO (Secchia 2015); per la porzione di pianura più a Sud, nell'area attorno alla città di Modena, è stato utilizzato un rilievo AIPO (Panaro 2015); per la maggior parte del territorio di pianura a Nord e Nord-Est è stato utilizzato il rilievo del Piano Straordinario di Telerilevamento del Ministero dell'Ambiente (2008); per una porzione piuttosto estesa ad ovest è stato usato un rilievo recente di AIPO (Crosto 2019). Ciascuno dei sopracitati prodotti topografici è caratterizzato da una risoluzione spaziale di 1 m per 1 m.

Le informazioni sulle quote della superficie topografica fornite dai DEM sono state integrate o modificate in diversi punti e lungo tutto il tracciato dell'alveo inciso. Questo tipo di prodotto topografico, infatti, seppur caratterizzato da elevato dettaglio, non è in grado di descrivere le batimetrie al di sotto di specchi d'acqua. Una parte impegnativa del lavoro è stata quindi dedicata alla correzione puntuale del DEM. In primo luogo, è stata fatta un'interpolazione delle quote batimetriche del solo alveo inciso, lungo tutto il corso d'acqua: a partire dal rilevamento a terra delle quote, disponibili per circa 150 sezioni trasversali del corso d'acqua rilevate durante una campagna di misura batimetrica recentemente eseguita da AIPO nel 2015, sono stati accuratamente individuati, sezione per sezione, i punti di separazione dell'alveo inciso dalle zone golenali; infine è stata eseguita un'interpolazione lineare delle suddette sezioni, lungo l'asta principale. Questo nuovo dato è stato quindi sostituito alle corrispondenti porzioni di DEM occupanti la zona dell'alveo inciso. In secondo luogo, anche a valle di riscontri continui con AIPO per la corretta identificazione dei punti di modifica, sono state fatte delle correzioni locali ai rilevati nelle zone in cui essi rappresentavano un'ostruzione idraulica non corrispondente alla realtà, come ad esempio nel caso di sottopassi e canali di scolo passanti. Complessivamente, il DEM è stato modificato in 60 punti, tipicamente ove erano presenti inesistenti ostruzioni ai canali di bonifica, sottopassi stradali e canali tombati, in corrispondenza di intersezioni viarie e ferroviarie. Tali modifiche hanno consentito di garantire la continuità idraulica all'interno del dominio di calcolo.

Inoltre, sono state riprodotte le geometrie di progetto sia dei rilevati arginali delle casse, sia dei rilevati a valle dello sbarramento ed implementate nel modello digitale del terreno. In Figura 12 sono riportate le modifiche eseguite al DEM nelle varie zone nelle quali sono previsti risagomature o nuove costruzioni di rilevati arginali.

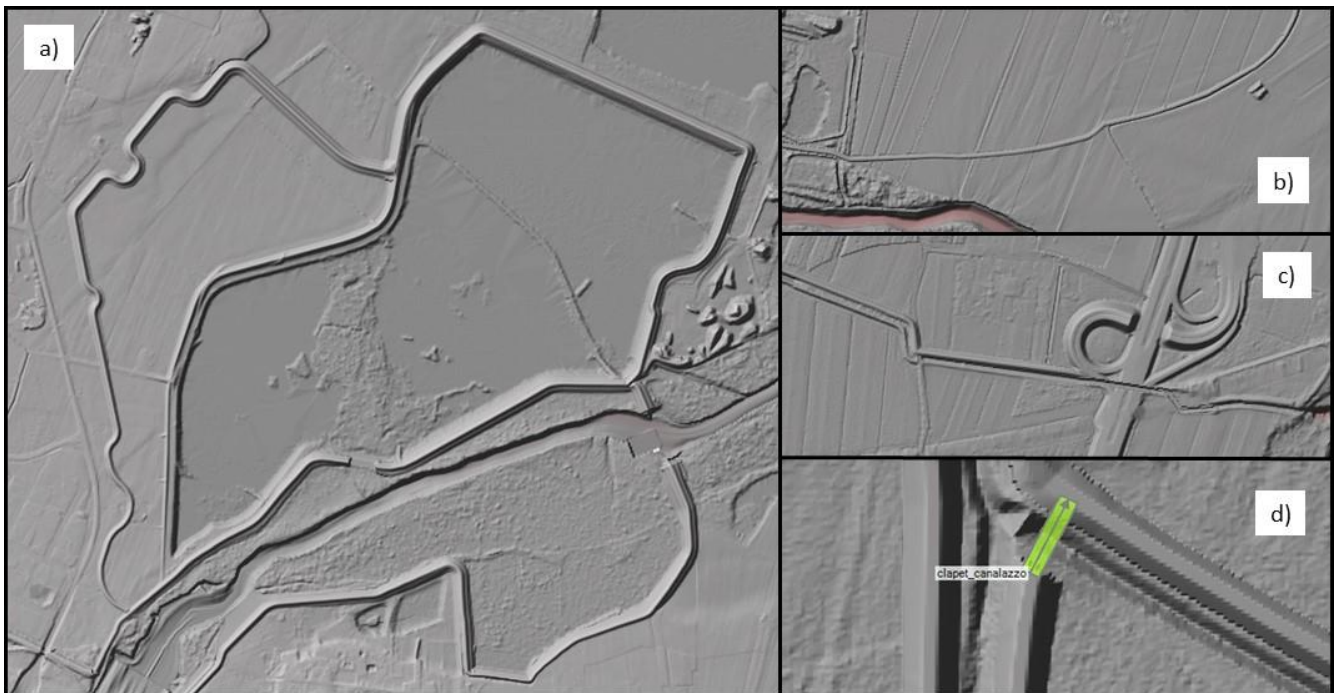


Figura 12. Modifiche apportate al DEM per rappresentare gli interventi di risagomatura o nuova costruzione delle arginature.

Nel pannello a) in Figura 12, si osservano gli effetti topografici degli interventi D, H di sopralzo arginale dei perimetri delle casse, assieme all'intervento M, corrispondente all'ampliamento della cassa laterale. Nei pannelli b), c) e d) di figura Figura 12, sono riportati i risultati delle modifiche del DEM corrispondenti rispettivamente agli interventi E (nuovo argine golenale in sinistra idraulica), F2 (canale Calvetro) e F1 (Canalazzo di Cittanova). In quest'ultimo si nota anche l'inserimento del clapet, che controlla le portate in ingresso e uscita dal ramo est.

3.4 Scabrezza del terreno

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza del terreno, si è scelto di adottare due valori di Manning distinti: un valore pari $0.04 \text{ s m}^{1/3}$ per l'alveo inciso e l'altro pari a $0.06 \text{ s m}^{1/3}$ assegnato alle aree golenali e di campagna. Tali valori sono stati scelti sulla base delle risultanze di studi precedenti che interessano sia l'areale del fiume Secchia, sia aree limitrofe vicine ma con comportamento idraulico simile (v. D'Alpaos et al., 2014; Vacondio et al., 2016; Shustikova et al., 2019).

4 SCENARI DI CROLLO E RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

4.1 Scenario 1

Lo Scenario 1, come già ricordato, è caratterizzato dal crollo completo ed istantaneo dello sbarramento trasversale del corso d'acqua, supponendo che, al momento del crollo, l'invaso si trovi alla quota massima di regolazione secondo la configurazione di progetto (46.25 m s.l.m.), che le luci di scarico del manufatto principale siano intasate e che non vi sia nessun apporto da monte. Inoltre, si suppone che le paratoie del manufatto di regolazione della cassa laterale siano completamente aperte e che al momento del crollo del manufatto principale la quota invasata nel comparto laterale sia la stessa del comparto in linea.

Gli interventi previsti dal progetto sui manufatti di regolazione delle portate, descritti nel par. 2.3, fanno sì che il contributo complessivo all'esondazione passi da circa 3 Mm³ nella configurazione geometrica attuale a circa 10.3 Mm³ in quella di progetto. Tale aumento è dovuto principalmente all'abbassamento previsto per la quota minima della luce di connessione tra il comparto in linea e il comparto laterale, che passa da 45.40 m s.l.m. a 41 m s.l.m., generando un incremento del volume dal comparto laterale di circa 7.3 Mm³ d'acqua rispetto alla condizione attuale.

Si nota che il volume teorico in grado di contribuire alla formazione dell'onda di piena nella configurazione di progetto, pari a circa 10.3 Mm³, è molto vicino a quello derivante dalle ipotesi di crollo fatte nella Fase 1 di questo studio con la configurazione geometrica attuale delle casse, chiamato "scenario 1.bis", a cui corrispondeva un volume teorico complessivo di 9.5 Mm³. Tale ipotesi prevedeva, al crollo del manufatto in linea, la formazione di una breccia istantanea nell'argine di collegamento fra i due comparti, in corrispondenza della soglia, avente larghezza pari a quella della soglia stessa e con quota di fondo pari a 39.5 m s.l.m.

Il nuovo manufatto principale, data la sua forma a "U" (v. par. 2.3.1), presenta un'estensione lineare della soglia di sfioro pari a circa 335 m, che risulta essere più del doppio dell'apertura tra le due contrapposte sponde arginali, pari a 150 m (v. Figura 13). Supponendo valida l'ipotesi che le arginature non subiscano danni strutturali, in tale scenario la breccia conseguente al crollo istantaneo del manufatto può avere un'estensione longitudinale massima di 150 m pari, cioè, all'apertura tra le sponde arginali (v. Figura 5). Pertanto, in questo scenario è stata supposta un'apertura di dimensioni 150 m di larghezza per 11.25 m di altezza, avendo posto come quota di base della breccia 37.50 m s.l.m., sebbene il piano della platea in massi immediatamente a valle dell'opera sia posto ad una quota leggermente più bassa, pari a 37.25 m s.l.m (v. Figura 6). Questa scelta si è resa necessaria per garantire la stabilità del calcolo idrodinamico ed evitare ritorno di flusso in direzione opposta a quella naturale nelle fasi conclusive della simulazione, a fronte di una differenza in termini di volume di circa 600 m³, valore del tutto trascurabile.

In questa configurazione, si ottiene una portata di picco in uscita verso valle pari a 4211 m³/s (v. Figura 16) ed un volume complessivamente esitato pari a 10.1 Mm³ (v. Figura 16) per un periodo di simulazione di 23 ore, mentre dalla sola cassa laterale il volume defluito è pari a 8.2 Mm³ e la portata massima in uscita dalla stessa è pari a 1148 m³/s (v. Figura 17). Dopo 12 ore dall'inizio del fenomeno,

il volume utile contenuto nelle casse, ovvero il volume complessivamente utilizzabile nel processo di propagazione dell'onda si riduce del 97%.

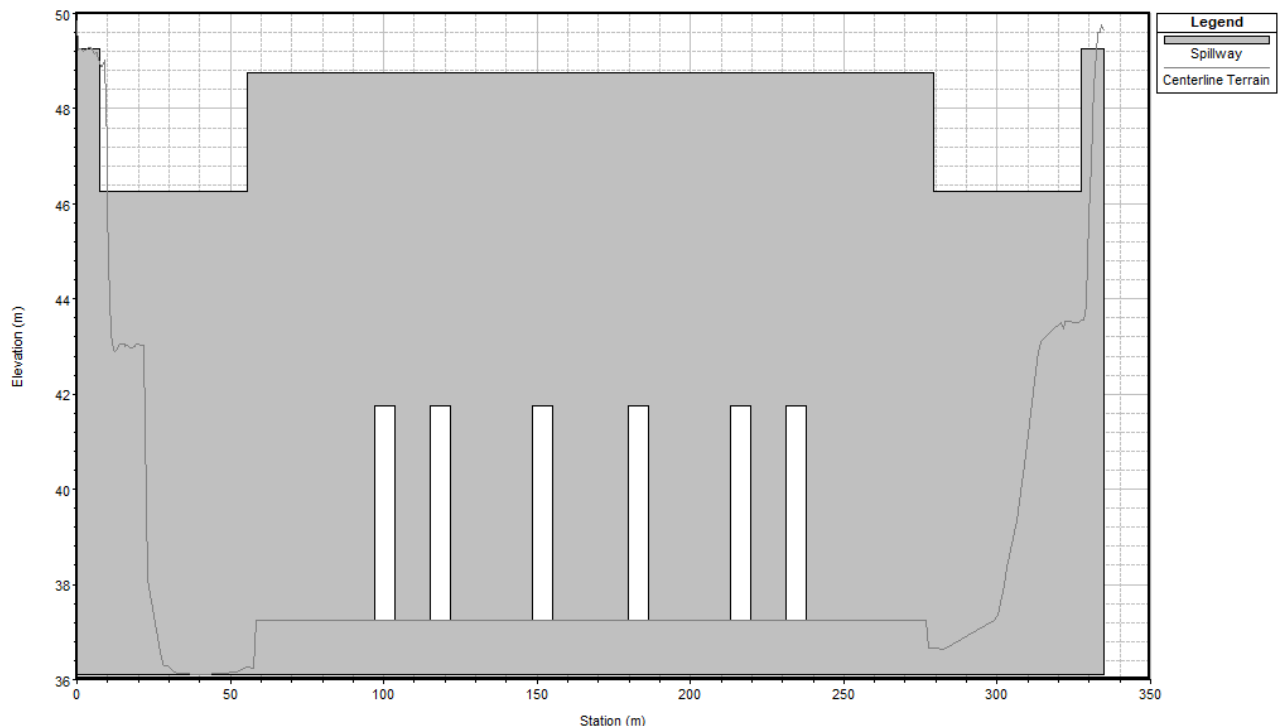


Figura 13. Sezione longitudinale schematica del manufatto principale di progetto.

Come si osserva dalle tavole allegate (v. ad es. Tavola 1.2a e 1.2b), le aree allagate possono essere ritenute nel complesso di ridotta estensione e contenute all'interno dell'area delimitata dal perimetro arginale. Analizzando i risultati ottenuti è possibile fare le seguenti considerazioni:

- il deflusso delle acque avviene per la maggior parte all'interno del perimetro arginale o di pertinenza dei canali affluenti nel fiume Secchia;
- a ridosso della breccia, in destra idraulica le aree allagate lambiscono Villa Fontanelli, mentre in sinistra idraulica sono perlopiù contenute all'interno dell'argine, allagando porzioni ridotte delle aree ex cava inerti;
- il nuovo argine golenale in sinistra idraulica è in grado di bloccare completamente i deflussi provenienti dalla breccia;
- il deflusso in risalita dalla zona scalo merci di Marzaglia (Modena Ovest) in parte prosegue risalendo il corso del canalazzo di Cittanova in direzione sud, e in parte si dirige seguendo il Rio Santa Liberata in direzione ovest. Si nota l'effetto del clapet che blocca completamente l'afflusso da valle verso il ramo est del canale;

le portate defluenti nella zona del ponte sull'autostrada A1, posto 3.7 km a valle dello sbarramento principale, raggiungono un valore massimo pari a $660 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre se si prende a riferimento una sezione nel primo tratto sensibilmente rettilineo posto circa 16 km a valle dalla breccia, la portata di picco si riduce a circa $402 \text{ m}^3/\text{s}$ (v. Figura 18);

Negli istanti immediatamente successivi all'impulso dato dal crollo si generano velocità di picco nell'area prossimale lo sbarramento tra 8 e 12 m/s. Già a partire da una distanza di circa 1 km dallo sbarramento le velocità massime si riducono a valori inferiori a 6 m/s, mentre le aree golenali o a campagna sono interessate da velocità della corrente inferiori a 1 m/s. Si veda la Tavola 1.3a per la mappatura delle velocità massima della corrente.

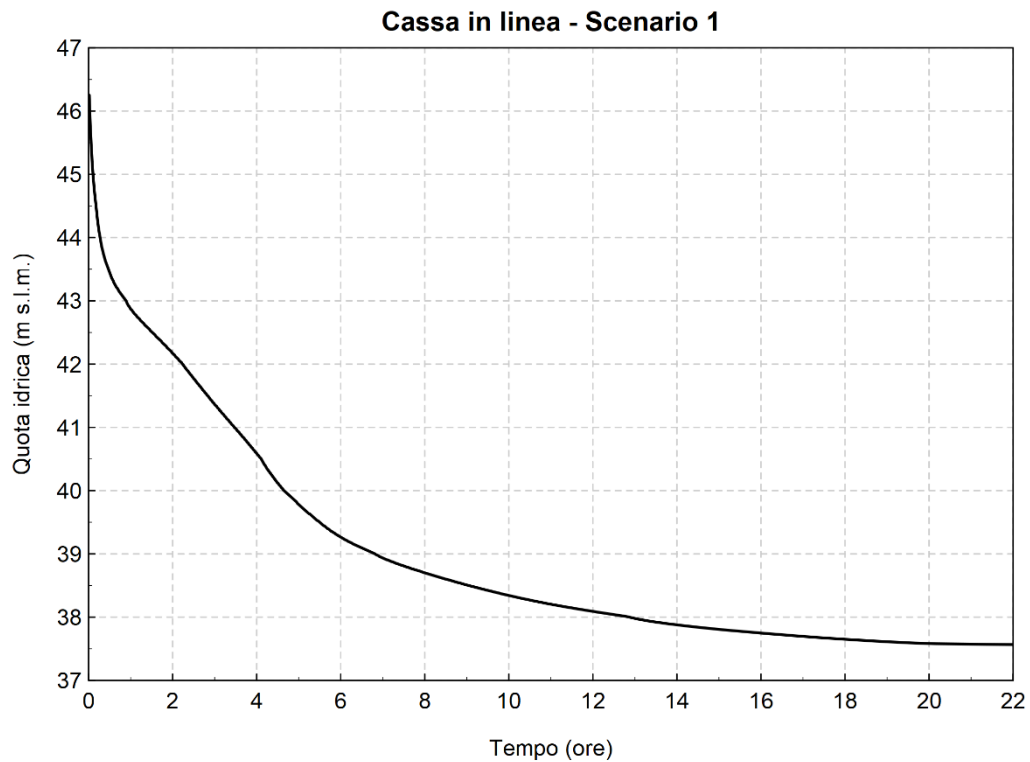


Figura 14. Livelli idrici all'interno della cassa in linea per lo Scenario 1.

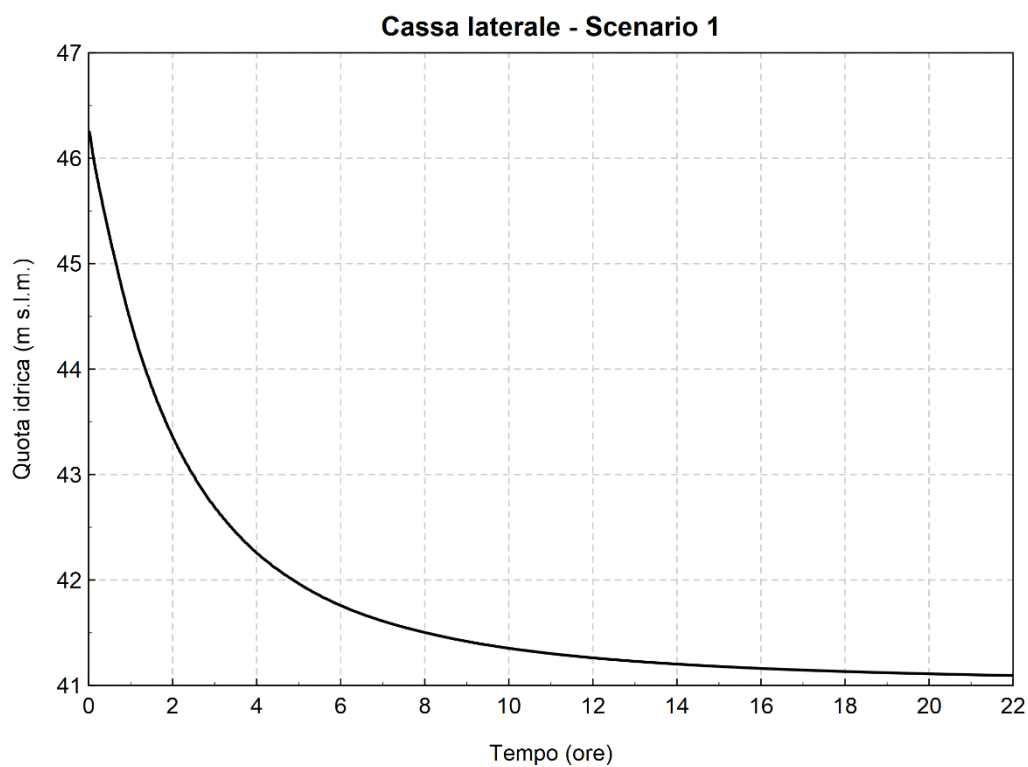


Figura 15. Livelli idrici all'interno della cassa laterale per lo Scenario 1.

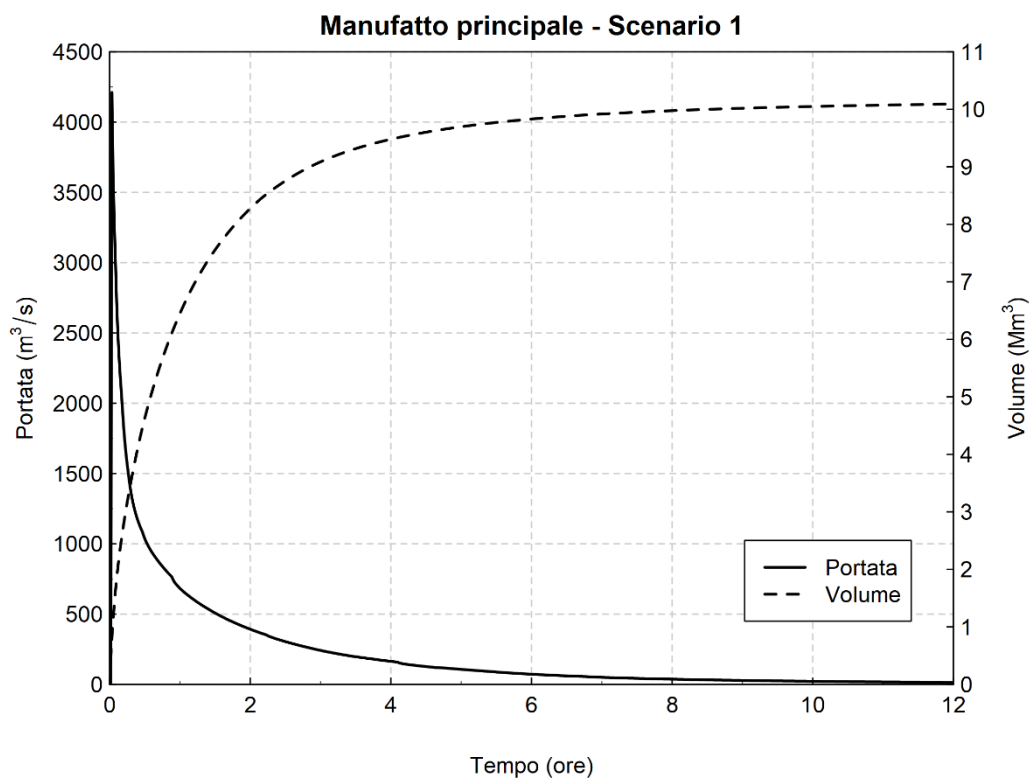


Figura 16. Idrogrammi delle portate in uscita dal manufatto principale per lo Scenario 1.

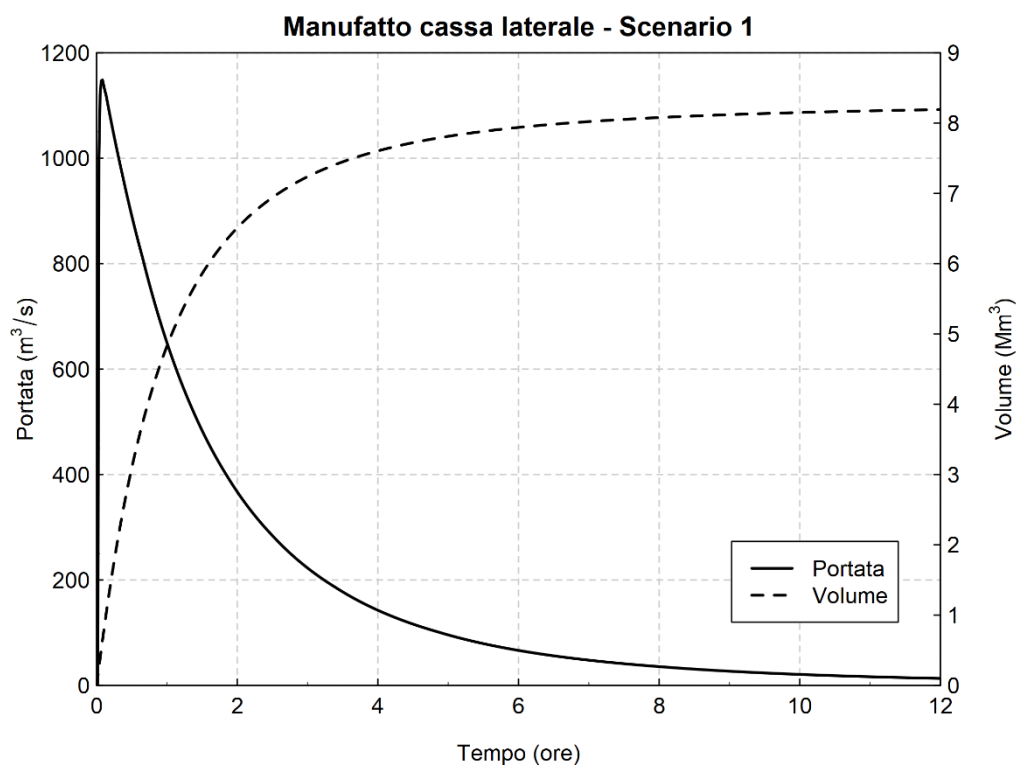


Figura 17. Idrogrammi delle portate in uscita dal manufatto di collegamento con la cassa laterale per lo Scenario 1.

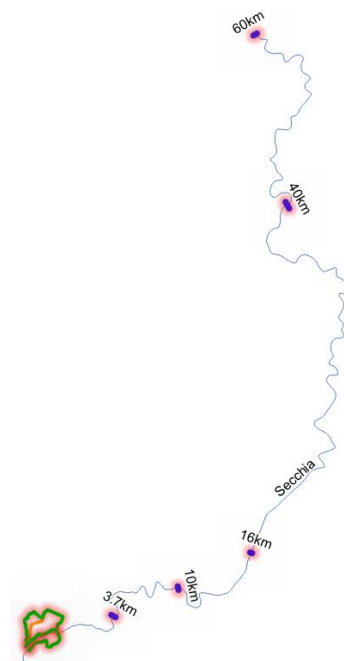
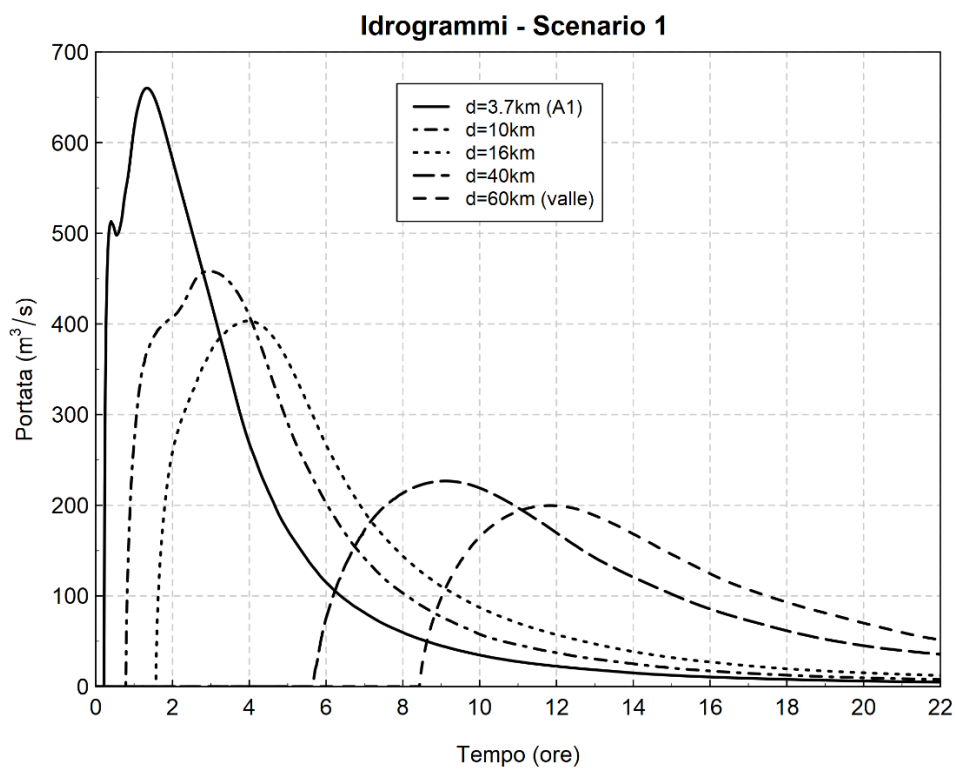


Figura 18. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento lungo l'asta principale per lo scenario 1.

4.2 Scenario 2

Lo scenario 2 è caratterizzato dal crollo completo ed istantaneo del manufatto di regolazione principale. Si ipotizza che all'istante iniziale il livello idrico all'interno di ciascuno dei due comparti sia pari a 46.25 m s.l.m., ovvero alla quota di massima regolazione, che le luci di scarico del manufatto principale siano chiuse sin dall'inizio della simulazione (ad es. a causa del completo intasamento), e che in ingresso alla sezione di monte sia in arrivo un evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni (v. Figura 19). Inoltre, si ipotizza che le paratoie del manufatto di collegamento con la cassa laterale siano tutte aperte alla luce massima. Quest'ultima ipotesi vuole simulare una combinazione di eventi sfavorevoli, nei quali si ha l'effetto combinato, e altamente improbabile, del contemporaneo malfunzionamento degli organi di manovra per entrambi i manufatti di regolazione.

Data la conformazione particolare del nuovo manufatto, che presenta due diverse soglie di sfioro superficiale, la prima ad una quota di 46.25 m s.l.m. e la seconda a 48.75 m s.l.m., si è scelto di innescare la rottura del manufatto nel momento in cui la cassa in linea raggiunge la quota della soglia maggiore, sebbene la quota inferiore sia considerata quella di massima regolazione.

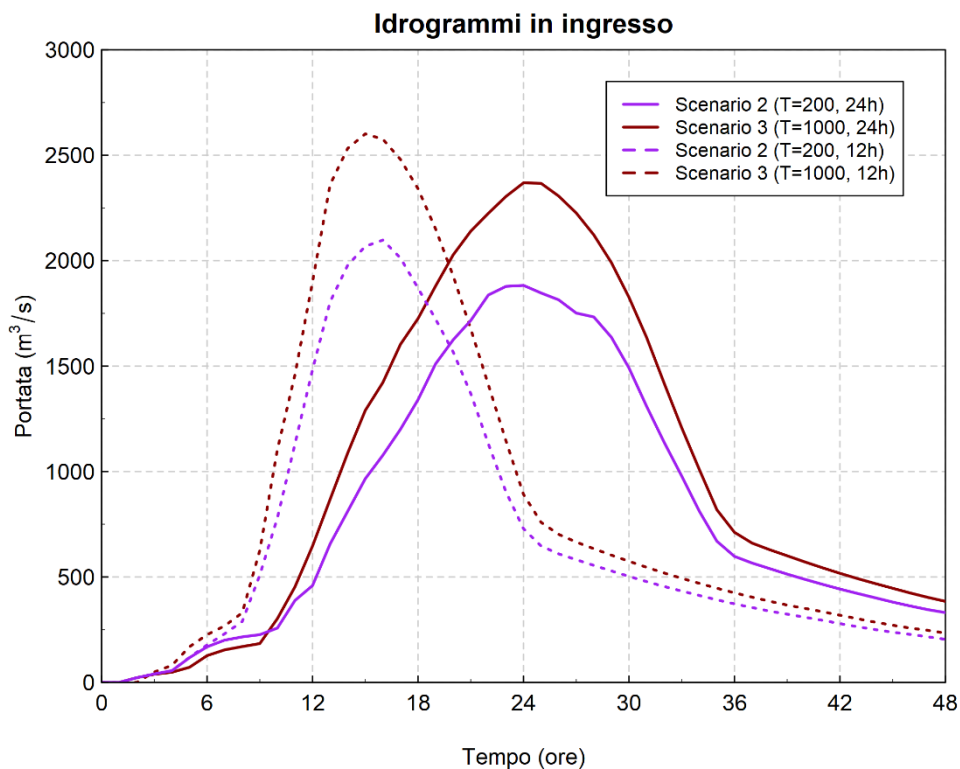


Figura 19. Idrogrammi di piena in ingresso alla cassa. Il tempo di ritorno associato ai due scenari è pari a 200 anni per lo scenario 2 e 1000 anni per lo scenario 3. Le curve sono differiscono a seconda della durata dall'evento meteorico da cui sono generate, ovvero 12 ore (linea tratteggiata) e 24 ore (linea continua).

Per quanto riguarda le portate in ingresso sono state fatte alcune valutazioni *ex post* riguardo la condizione al contorno di monte più svantaggiosa. Infatti, sono stati presi in esame gli idrogrammi associati a due eventi meteorici di diversa durata, rispettivamente pari a 12 ore e 24 ore (v. Figura 19). Sebbene l'evento meteorico di durata 12 ore generi una portata istantanea maggiore, si è osservato che

quello di 24 ore può essere considerato come condizione più svantaggiosa in termini di estensione finale delle aree allagate. Tra i due eventi, quello di 24 h corrisponde a un apporto di circa il 19% in più in volume, che si traduce in una maggiore estensione delle aree soggette ad allagamento di circa l'8% in più rispetto all'evento di durata 12 ore.

Sulla base di queste considerazioni si è scelto di adottare l'evento di durata 24h come quello di riferimento per lo scenario 2, caratterizzato da una portata di picco pari a $1883 \text{ m}^3/\text{s}$ ed un volume di 143 Mm^3 . Si rendono comunque disponibili, allegati al presente studio, anche il file raster contenente i valori di profondità idriche massime con onda di piena in ingresso derivata dall'evento di durata 12 ore.

Per quanto riguarda la geometria della breccia ipotizzata sul manufatto principale, è stata adottata la stessa implementata nello scenario 1, ovvero breccia istantanea e sezione rettangolare di larghezza pari all'apertura tra le sponde arginali, pari a 150 m (v. par. 4.1).

Dalle simulazioni ottenute implementando le sopracitate condizioni iniziali e al contorno, si osserva che dopo una fase iniziale di aumento dei tiranti sia nel comparto in linea che in quello in derivazione, il momento dell'innescio della breccia avviene dopo circa 15.7 ore dall'inizio della simulazione, quando nella cassa in linea il tirante è pari a 48.75 m s.l.m. (v. Figura 20 e Figura 21). In questo istante il tirante nella cassa laterale è pari a 48.73 m s.l.m., corrispondente ad un volume invasato di circa 6.1 Mm^3 . La portata di picco istantanea che si genera nella sezione della breccia subito dopo l'innescio è pari a $8957 \text{ m}^3/\text{s}$. Negli istanti successivi alla breccia l'onda di piena si propaga molto rapidamente nell'alveo del fiume Secchia, essendo l'alveo immediatamente a valle già riempito dalle portate sfiorate negli istanti precedenti. Il primo ostacolo è rappresentato dall'asse viario dell'autostrada A1 che viene sormontato dopo 1 ora circa dalla formazione della breccia in un tratto in direzione nord-ovest dopo lo svincolo per l'autostrada A22. Nel contempo, il flusso che si dirige verso sud risalendo il Canalazzo di Cittanova, sormonta il clapet e allaga completamente le zone adibite a parcheggio del centro commerciale "Grandemilia", per poi dirigersi verso l'area urbana di Modena. All'arrivo del picco di piena si verificano in successione diversi sormonti arginali (v. Figura 24).

Il primo si verifica dopo circa 1.5 ore dalla breccia, in sinistra idraulica in corrispondenza di una sezione posta 10 km a valle. In questa zona il deflusso, sormontando l'intersezione ferroviaria della TAV, si ricongiunge con il deflusso proveniente dall'autostrada A22, formando un fronte unico che si propaga verso nord.

Un secondo sormonto si verifica dopo circa 3 ore dalla breccia in una sezione immediatamente a valle del ponte della ferrovia TAV, posto a 16 km a valle dello sbarramento. Il sormonto avviene sia in sinistra idraulica, ricongiungendosi con il fronte diretto a nord, sia in destra idraulica, allagando una vasta porzione di territorio tra i comuni di Modena, Bastiglia, Bomporto, per poi dirigersi negli istanti finali verso Medolla, Camposanto e San Felice sul Panaro. In questa zona, il deflusso proveniente dal fiume, incontra subito l'argine del Naviglio che blocca la maggior parte del volume deviando il deflusso delle acque in direzione nord-est. Dopo circa 23 ore dalla breccia il deflusso proveniente dalla zona industriale di Modena Nord, raggiunge il comune di Bomporto. Qui le canalizzazioni della bonifica convogliano i deflussi verso il fiume Panaro (v. Tavole 2.2b.2, 2.2b.4, 2.2b.7).

Un terzo sormonto, di modesta entità, si verifica in destra idraulica all'incirca dopo 20 ore dalla breccia, circa 42 km a valle dello sbarramento. Anche qui il deflusso viene raccolto dalla canalizzazione del reticolo di bonifica minore. In Figura 24 sono riportati gli idrogrammi nelle sezioni interessate dai sormonti.

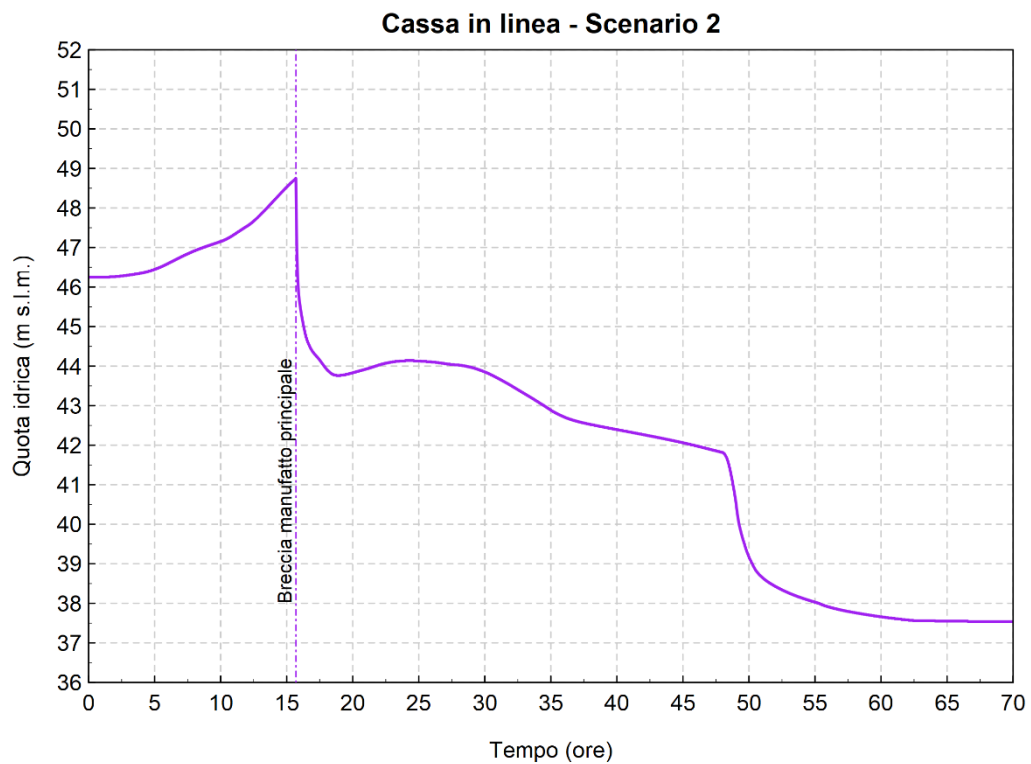


Figura 20. Livello idrico nel comparto in linea per lo scenario 2.

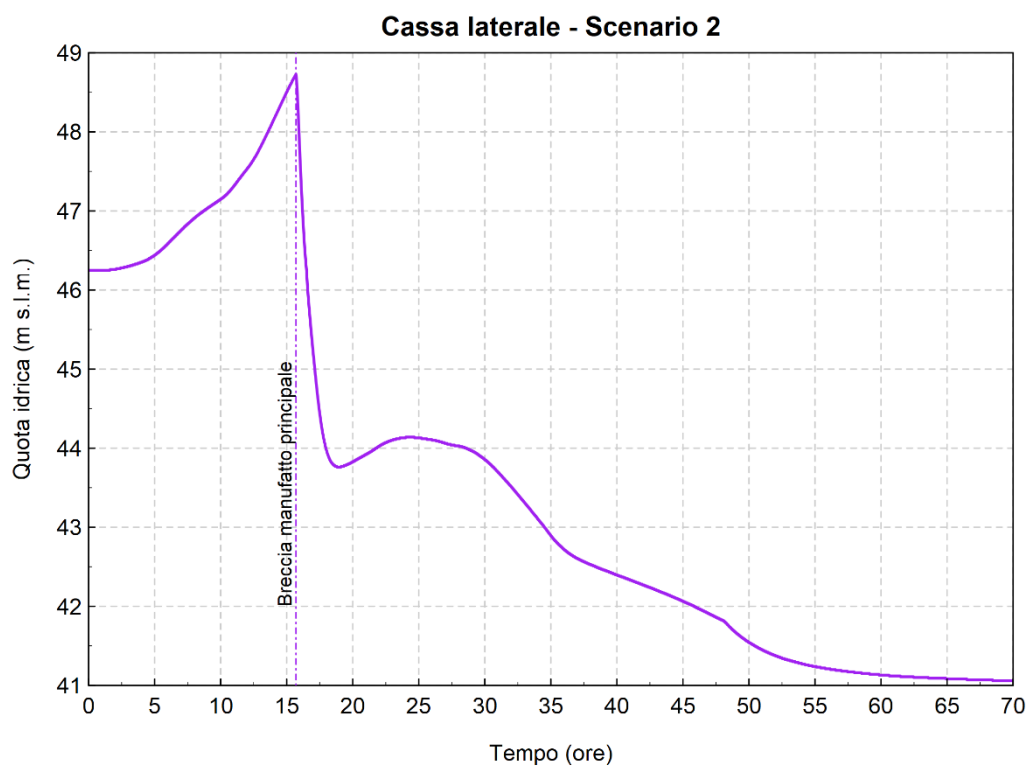


Figura 21. Livello idrico nella cassa laterale per lo scenario 2.

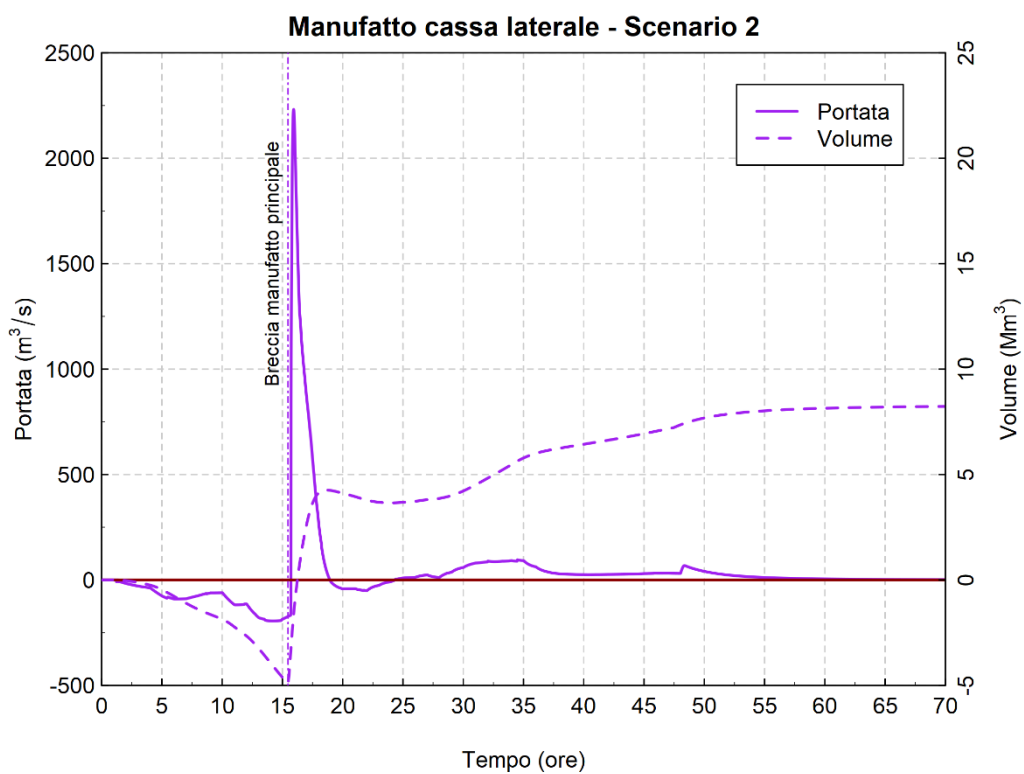


Figura 22. Portata e volume simulati in uscita dal manufatto di collegamento con la cassa laterale per lo scenario 2.

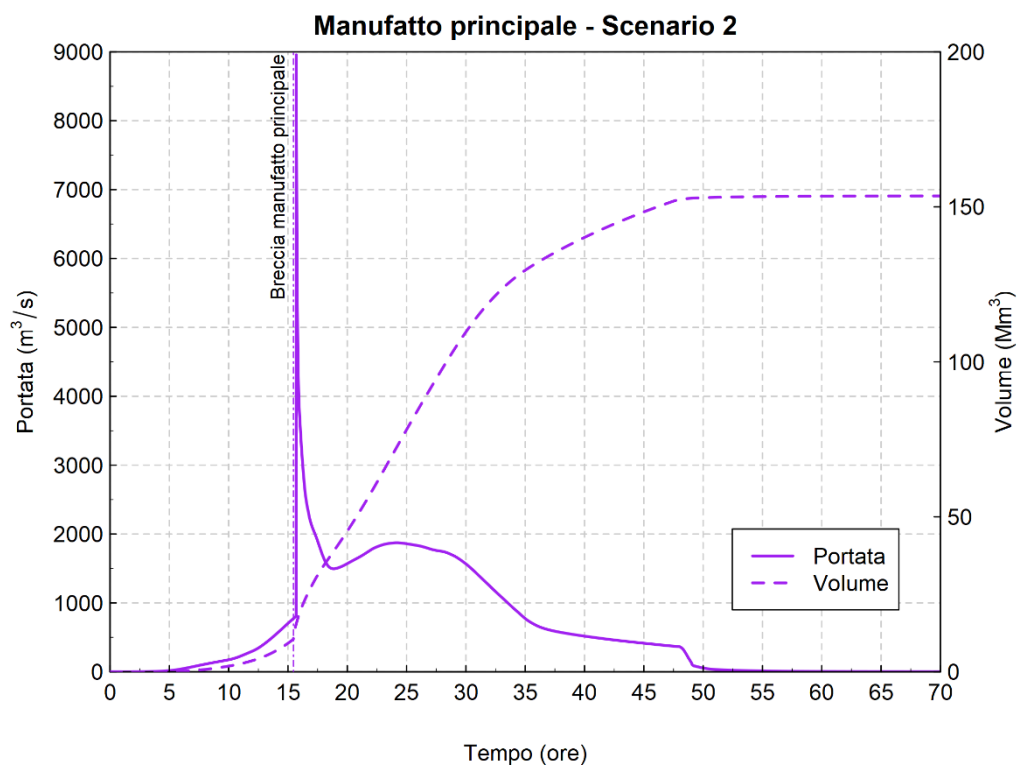


Figura 23. Portata e volume simulati in uscita dalla breccia al manufatto principale per lo scenario 2.

Il picco della piena raggiunge la sezione di valle, posta a circa 60 km dallo sbarramento, dopo 27.5 ore dalla breccia con una portata di picco pari a circa 700 m³/s (v. Figura 24).

La maggior parte del volume di esondazione è quella che si dirige verso nord dalla sinistra idraulica, nella zona modenese del Consorzio di Bonifica Emilia Centrale (v. Tavole 2.2b.1, 2.2b.3, 2.2b.5, 2.2b.6, 2.2b.8). In questa zona l'arginatura del Cavo Lama divide il deflusso in due: la parte ad est va progressivamente ad accumularsi in corrispondenza del sopralzo di Via Chiaviche, al confine tra i comuni di Moglia (MN) e Concordia Sulla Secchia (MO); la parte ad ovest viene canalizzata nella rete principale della bonifica, nel collettore delle Acque Basse Modenesi.

Complessivamente, l'allagamento in questa zona interessa vaste porzioni dei territori dei comuni di Modena, Campogalliano, Soliera, Carpi, Novi di Modena, e in minima parte Rolo (RE) e Moglia (MN). Nel par. 4.3 e in

Tabella 2 sono riportati i confronti delle aree allagate per singolo comune tra gli scenari 2 e 3.

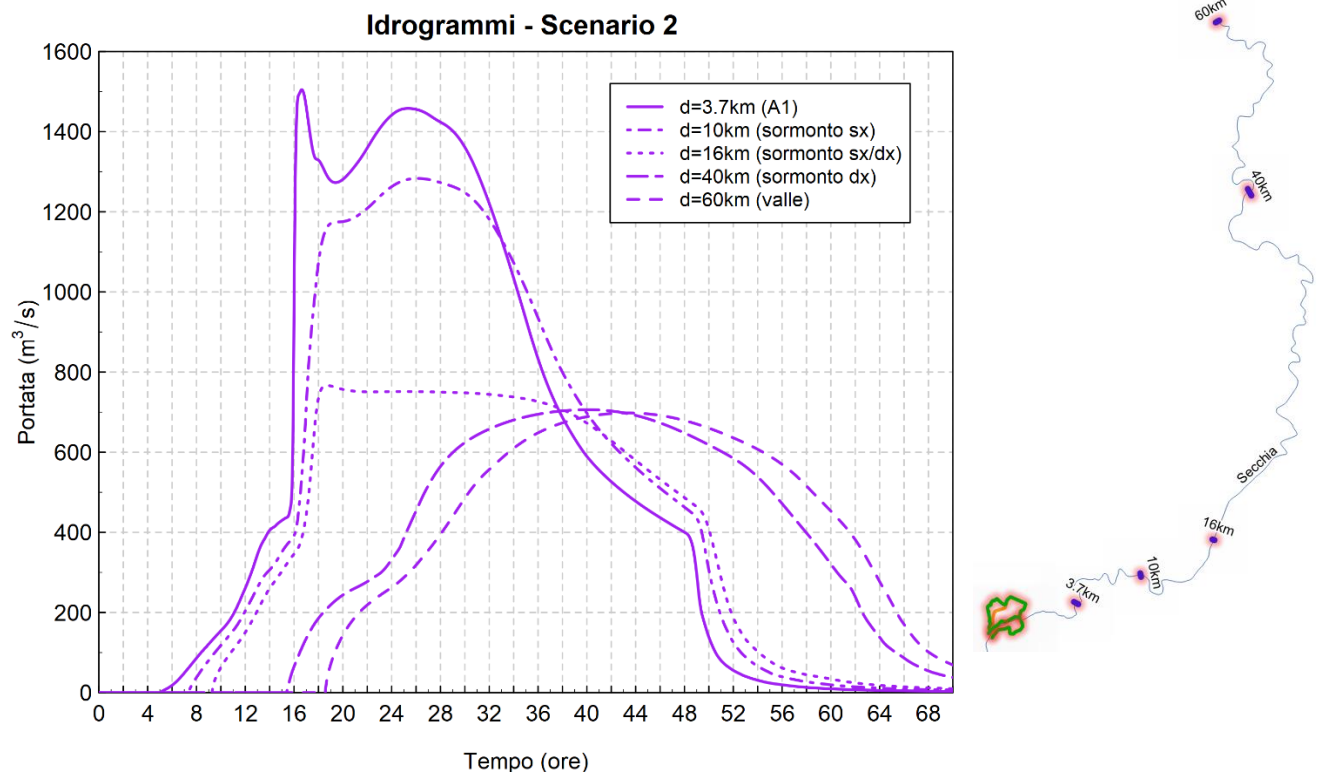


Figura 24. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento lungo l'asta principale per lo scenario 2.

4.3 Scenario 3

Lo scenario 3 è caratterizzato dal collasso di una porzione di arginatura a seguito di sormonto causato dal raggiungimento della quota di coronamento del ciglio arginale, nell'ipotesi che le luci di scarico di fondo e lo sfioratore di superficie del manufatto principale siano chiuse, ad esempio a causa di una completa ostruzione. Per il manufatto di collegamento con la cassa laterale si è ipotizzato che le paratoie siano chiuse, in modo da simulare una situazione particolarmente gravosa e con più limitate possibilità di laminazione della piena in ingresso alla cassa. All'istante iniziale il livello idrico all'interno di ciascuno del comparto in linea è pari a 46.25 m s.l.m.

Tali condizioni sono accompagnate dall'arrivo da monte all'ingresso della cassa dell'idrogramma con tempo di ritorno pari a 1000 anni (v. Figura 19). La scelta dell'idrogramma, analogamente a quanto fatto per lo scenario 2, è stata effettuata in base ad elaborazioni preliminari, dalle quali si è compreso che l'idrogramma associato ad un evento meteorico di durata 24 ore produce un'estensione maggiore delle aree allagate. In particolare si può osservare che, sebbene la portata istantanea massima sia più grande, il volume complessivo degli apporti dall'evento di 24 ore è circa il 20% in più rispetto a quello di 12 ore, e che l'estensione finale delle aree allagate risulta essere l'8.2% più grande rispetto all'evento meteorico più breve.

Per quanto riguarda la posizione e l'estensione della breccia dell'arginatura, sono state verificate diverse ipotesi, basate sugli approcci empirici più accreditati in letteratura, e che vengono brevemente richiamati di seguito:

- Froehlich (2008)

Questo approccio si basa sul calcolo delle seguenti grandezze

$$B = 0.27 K_0 V_w^{0.32} h_b^{0.04} \quad (\text{m}) \quad (1a)$$

$$t_f = 63.2 \sqrt{\frac{V_w}{g h_b^2}} \quad (\text{s}) \quad (1b)$$

dove B (m) è la larghezza media della sezione di forma trapezia della breccia, h_b (m) è l'altezza del ciglio dell'arginatura dal piano campagna, K_0 un coefficiente che vale 1.3 nel caso di sormonto, V_w (m^3) è il volume invasato all'istante iniziale della breccia, t_f è l'intervallo di tempo di formazione della breccia dall'istante iniziale a quello in cui la sezione raggiunge la sua massima estensione. L'autore, nel caso di sormonto, propone una pendenza di 45° (1H:1V) delle sponde laterali della sezione.

- MacDonald-Langridge Monopolis (1984)

Questo approccio si basa sul calcolo delle seguenti grandezze:

$$V_e = 0.0261 (V_u h_w)^{0.769} \quad (\text{m}^3) \quad (2a)$$

$$t_f = 0.0179(V_e)^{0.364} \quad (s) \quad (2b)$$

$$B_b = \frac{V_e - h_w^2 \left(0.5c + \frac{0.5h_w\beta_3}{3} \right)}{h_w \left(c + \frac{h_w\beta_3}{2} \right)} \quad (m) \quad (2c)$$

$$\beta_3 = \beta_1 + \beta_2 \quad (-) \quad (2d)$$

dove B_b rappresenta la larghezza della base di una sezione della breccia di forma trapezia, V_e è il volume di materiale dell'arginatura complessivamente eroso durante la breccia, V_u (m^3) è il volume d'acqua in uscita dalla breccia, h_w (m) è la profondità idrica misurata a partire dal ciglio della base del trapezio, β_1 e β_2 sono le pendenze dei paramenti di monte e valle dell'arginatura, c (m) è la larghezza in cresta dell'arginatura. Gli autori propongono una pendenza di circa 60° per le sponde (0.5H:1V).

- Von Thun – Gillette (1990)

Questo approccio si basa sul calcolo delle seguenti grandezze:

$$B = 2.5h_w + C_b \quad (m^3) \quad (3a)$$

$$t_f = 0.015h_w \quad (s) \quad (3b)$$

dove C_b rappresenta un coefficiente dipendente dalla grandezza dell'invaso. Le altre grandezze sono le stesse descritte in precedenza. L'autore propone una pendenza delle sponde pari a 45° (1H:1V) per i terreni incoesivi.

Per quanto riguarda la posizione più probabile della breccia sono state fatte valutazioni di senso pratico, di concerto con AIPO. È stato stabilito che la posizione che reca maggior danno potenziale è quella posta in destra idraulica del manufatto principale; l'analisi preliminare degli scenari di allagamento ha mostrato infatti che una rottura in sinistra idraulica determina effetti sul territorio meno impattanti. In destra del manufatto principale, la rottura può interessare un tratto di arginatura di circa 150 m a partire dalla spalla destra del manufatto principale (v. Figura 25). Allontanandosi maggiormente dalla spalla destra del manufatto si incontra un terrazzo morfologico che determina altezze del rilevato arginale dal piano campagna inferiori rispetto a quelle del tratto del quale è stato ipotizzato il crollo.

Nell'intorno di quest'area, prendendo a riferimento le quote batimetriche misurate a terra del rilievo AIPO 2015 (v. ad es. sez. SC_160-00), questa zona dell'area golenale del fiume Secchia è caratterizzata da quote del terreno mediamente pari a 43 m s.l.m., mentre dal DEM AIPO (2015) il piede dell'argine dal lato della cassa è posto ad una quota di circa 43.5 m s.l.m. È probabile che il DEM possa essere influenzato dalla presenza di acqua in cassa, pertanto, si è scelto di adottare una quota minima del fondo della breccia pari a 43 m s.l.m., che rappresenta una scelta cautelativa. Il livello

idrico di innesco è pari a 51.75 m s.l.m., valore corrispondente alla quota del coronamento dell'arginatura, ed un volume invasato al tempo iniziale pari a 6.1 Mm³. È bene notare che per ottenere quest'ultimo valore è stato necessario estendere la curva di invaso, estrapolando i valori per interpolazione lineare, a partire dai valori più rilevanti di altezza idrica per i quali la curva è definita (v. Figura 4).



Figura 25. Posizione della breccia dell'arginatura in destra idraulica (linea arancione).

Infine, sono state valutate le caratteristiche geometriche applicando le equazioni (1), (2) e (3) al caso di studio (v. Tabella 1). Dall'analisi dei risultati è emerso che il metodo di MacDonald and Langridge-Monopolis sembra il più appropriato, anche in un'ottica cautelativa, a simulare il collasso dell'arginatura per sormonto e la conseguente evoluzione della breccia. Infatti, con questo metodo si ottiene l'idrogramma in uscita con la maggiore portata di picco, una sezione finale della breccia più grande e tempi di formazione ragionevoli. Pertanto, si è scelto di adottare questo metodo per l'implementazione finale del processo di formazione della breccia nella porzione di arginatura scelta (v. Figura 26).

Tabella 1. Larghezza della breccia, pendenza delle sponde e tempo di apertura ottenuti per diversi metodi proposti in letteratura.

	Larghezza base minore (m)	Pendenza sponde (H:V)	Tempo di formazione della breccia (ore)
MacDonald	108	0.5	0.69
Froehlich	48	1	1.59
Von Thun	36	0.5	0.13

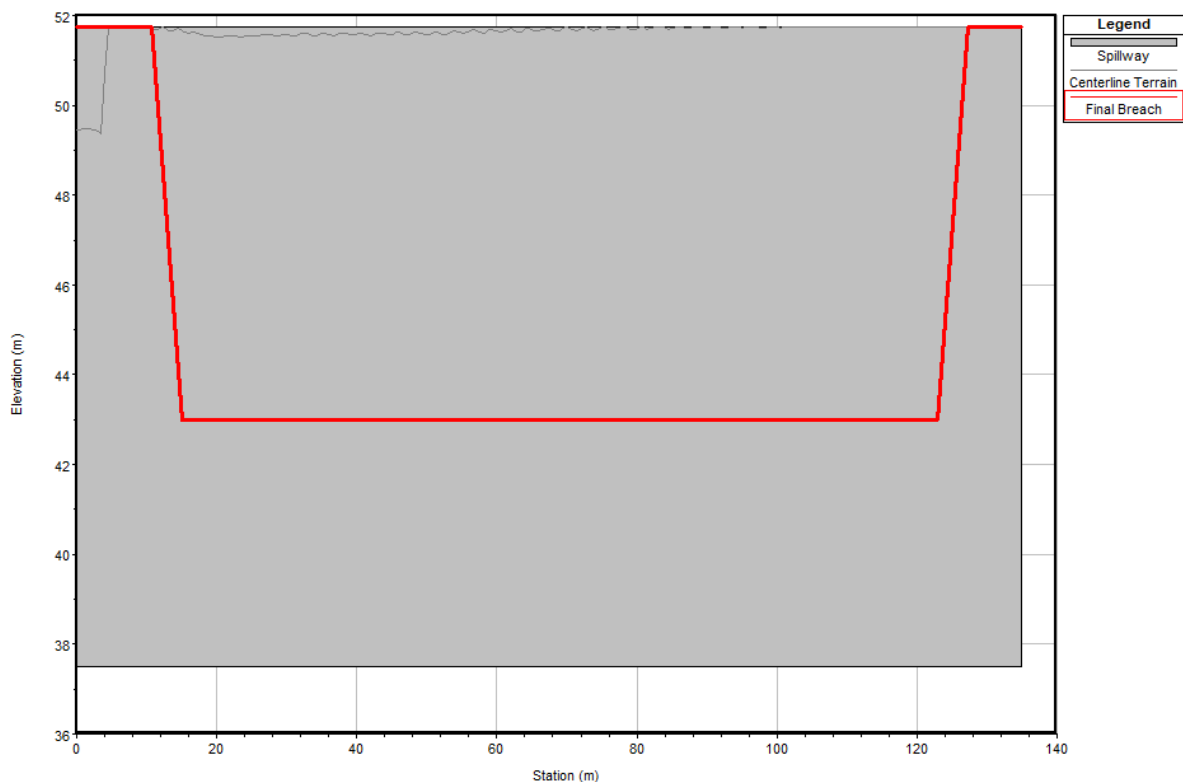


Figura 26. Geometria della breccia dell'arginatura in destra idraulica nello scenario 3.

Osservando l'evoluzione dell'allagamento si può concludere che la dinamica e i processi di moto sono analoghi a quanto descritto nello scenario 2. I sormonti arginali ottenuti nello scenario 2 si ripetono nello scenario 3 nelle stesse posizioni. A conferma di quanto affermato gli idrogrammi riportati in Figura 29 sono del tutto simili a quelli di Figura 24.

La breccia è innescata dopo 10.3 ore dall'inizio della simulazione, generando una portata massima di 2136 m³/s, leggermente più bassa del colmo di piena che transita dalla medesima sezione della breccia, pari a 2365 m³/s (v. Figura 28).

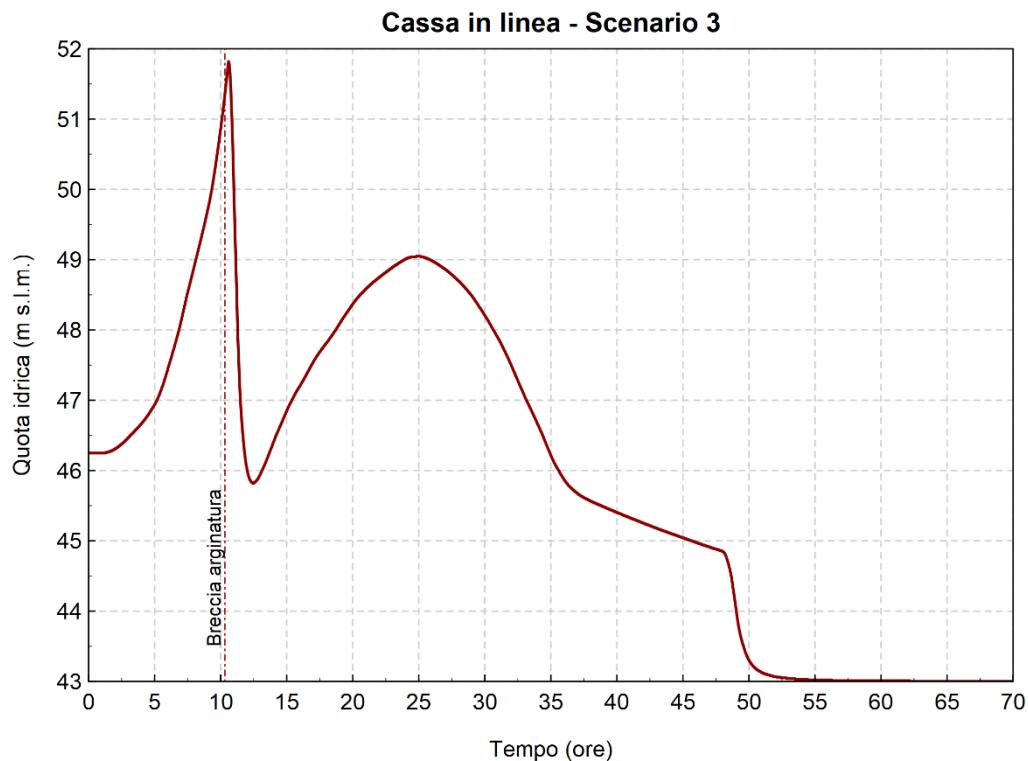


Figura 27. Livello idrico nel comparto in linea per lo scenario 3.

Considerato che il volume complessivo di piena, pari a 176.2 Mm^3 è, come già ricordato, significativamente più grande del volume di piena associato all'idrogramma duecentennale, l'area complessivamente allagata sono maggiori di circa il 16% rispetto allo scenario 2. Questo dato trova riscontro se si confrontano i volumi transitati dalle brecce negli scenari 2 e 3; nello scenario 3 si ha infatti un aumento del 15.8% rispetto allo scenario 2.

Infine, è stata condotta un'analisi riepilogativa dell'estensione delle aree allagate per tutti i comuni interessati dalla dinamica dell'allagamento (v. Tabella 2). Si rileva che la media del tirante idrico massimo, ponderata per la superficie allagata, è di 0.90 m per lo scenario 2 e 0.95 per lo scenario 3, mentre la media aritmetica dei valori massimi di tirante, ottenuti all'interno di ciascun perimetro comunale, è di 8.35 m per lo scenario 2 e di 8.76 m per lo scenario 3. Si osserva che il territorio di Modena è quello più colpito in termini assoluti, con un'area potenzialmente allagabile di circa 53 km^2 ; tuttavia il comune con la percentuale di territorio alluvionato più alta è quello di Solieria, con il 75% del territorio interessato dall'allagamento nello scenario 3 (71% nello scenario 2).

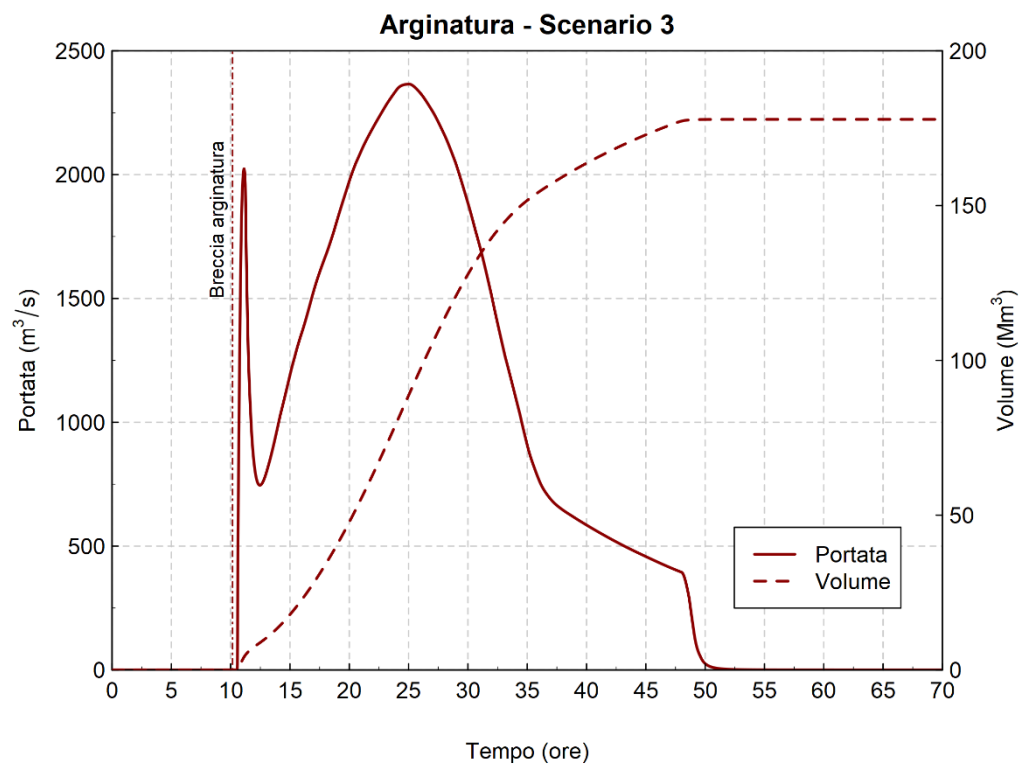


Figura 28. Portata e volume simulati in uscita dalla breccia all'arginatura nello scenario 3.

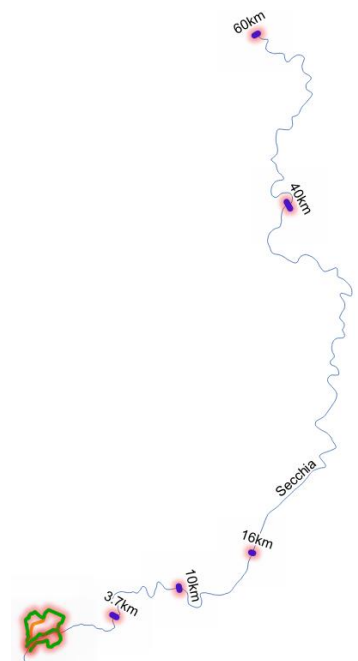
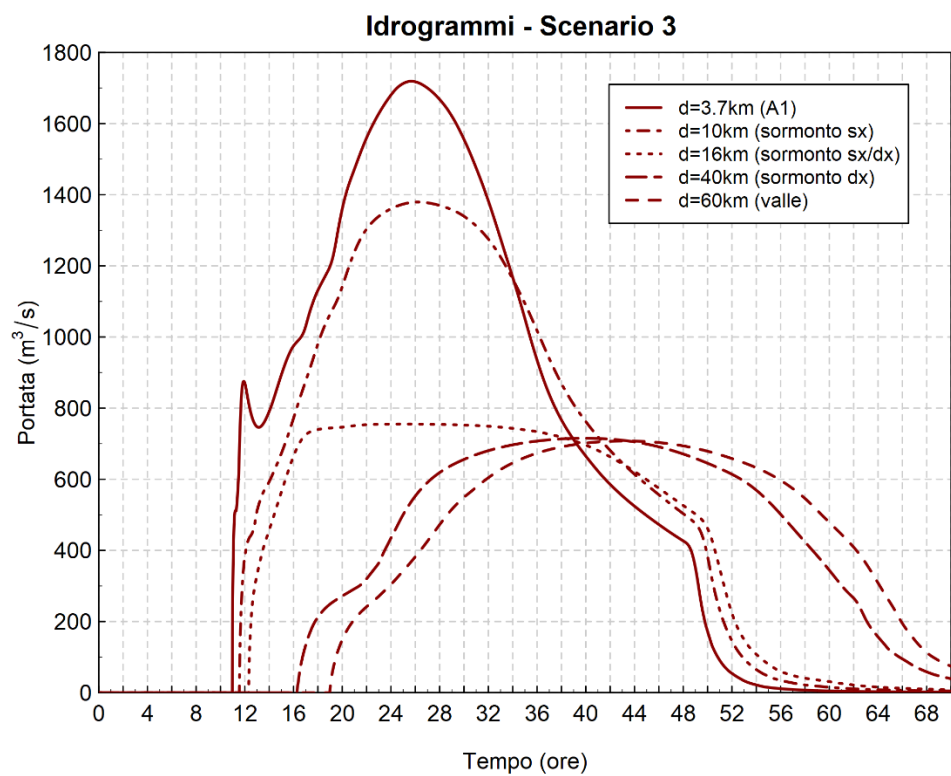


Figura 29. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento lungo l'asta principale per lo scenario 3.

Tabella 2. Statistiche riassuntive dell'estensione e delle caratteristiche dell'allagamento per ciascun comune interessato per gli scenari 2 e 3.

Comune	Scenario 2				Scenario 3			
	area allagata (km ²)	% terr. comunale (-)	Profondità media (m)	Profondità massima (m)	area allagata (km ²)	% terr. comunale (-)	Profondità media (m)	Profondità massima (m)
Modena	47.723	25.92%	0.79	15.23	52.791	28.67%	0.85	15.40
Carpi	37.250	28.56%	0.79	13.02	44.961	34.48%	0.89	13.05
Soliera	36.355	70.87%	0.78	12.78	38.538	75.13%	0.84	12.80
Novi di Modena	32.006	61.02%	1.01	11.90	38.271	72.96%	1.10	11.95
Campogalliano	12.283	34.26%	1.35	11.76	14.552	40.59%	1.32	11.95
Bomporto	9.770	25.32%	0.34	12.57	13.003	33.70%	0.40	12.60
Concordia sulla Secchia	6.656	16.38%	1.54	13.32	6.874	16.91%	1.67	13.38
Bastiglia	5.819	55.76%	0.54	12.53	6.833	65.48%	0.63	12.55
San Prospero	2.953	8.54%	1.84	13.40	3.260	9.43%	1.71	13.43
Camposanto	2.219	9.72%	0.37	4.55	3.048	13.35%	0.37	5.09
San Possidonio	1.824	10.16%	2.05	13.05	2.161	12.04%	1.79	13.10
Cavezzo	1.760	6.58%	2.69	12.41	1.809	6.77%	2.65	12.44
Medolla	0.328	1.21%	0.24	2.73	0.500	1.85%	0.22	2.85
San Felice sul Panaro	0.322	0.62%	0.57	3.39	0.829	1.60%	0.37	3.64
Ravarino	0.275	0.95%	2.75	5.12	0.294	1.02%	3.05	5.62
Rubiera	0.236	0.94%	2.06	3.77	0.289	1.15%	1.97	7.10
Rolo	0.190	1.39%	1.03	3.69	0.625	4.58%	0.68	4.87
Moglia	0.139	0.44%	1.66	11.73	0.699	2.19%	0.80	11.79
Nonantola	0.133	0.24%	1.46	4.43	0.162	0.29%	1.89	4.90
Mirandola	0.105	0.08%	0.35	1.92	0.216	0.16%	0.35	2.11
Finale Emilia	0.062	0.06%	2.07	4.26	0.069	0.07%	2.28	4.78
Crevalcore	0.046	0.04%	2.49	4.50	0.050	0.05%	2.76	5.04
Correggio	0.000	0.00%	0.00	0.00	0.003	0.00%	0.26	1.08
MEDIA PESATA (per area allagata)			0.90				0.95	
MEDIA	8.628	16%	1.251	8.35	9.993	18%	1.254	8.76

4.4 Scenario 4

Lo scenario 4 è caratterizzato dall'apertura istantanea delle 6 bocche di fondo del manufatto principale che si suppone avvenga nel momento in cui l'invaso si trova alla quota di massima regolazione, pari cioè a 46.25 m s.l.m. Si ipotizza, inoltre, che all'istante iniziale le paratoie del manufatto di collegamento con la cassa laterale siano aperte, e che il livello idrico all'interno della cassa laterale stessa sia uguale a quello del comparto in linea. La scala di deflusso delle 6 luci completamente aperte è stata definita confrontando le simulazioni con il comportamento idraulico previsto dal progetto. Su questo aspetto è bene precisare che, essendo la geometria del manufatto e delle opere immediatamente a valle difficilmente rappresentabili nella loro interezza, si è proceduto per tentativi cercando di mantenere da un lato i coefficienti di efflusso usati dal progetto, dall'altro di simulare portate che si avvicinano il più possibile a quelle di progetto. Per ciascuna delle sei bocche è stato usato un coefficiente di efflusso pari a 0.6 per deflusso libero e 0.8 per deflusso rigurgitato, secondo quanto desunto dal progetto. Lo stesso vale per il manufatto di collegamento con il comparto laterale. Si rimanda alla relazione idraulica del progetto per una descrizione di dettaglio dei criteri di dimensionamento e delle scelte progettuali (v. AIPO, 2019).

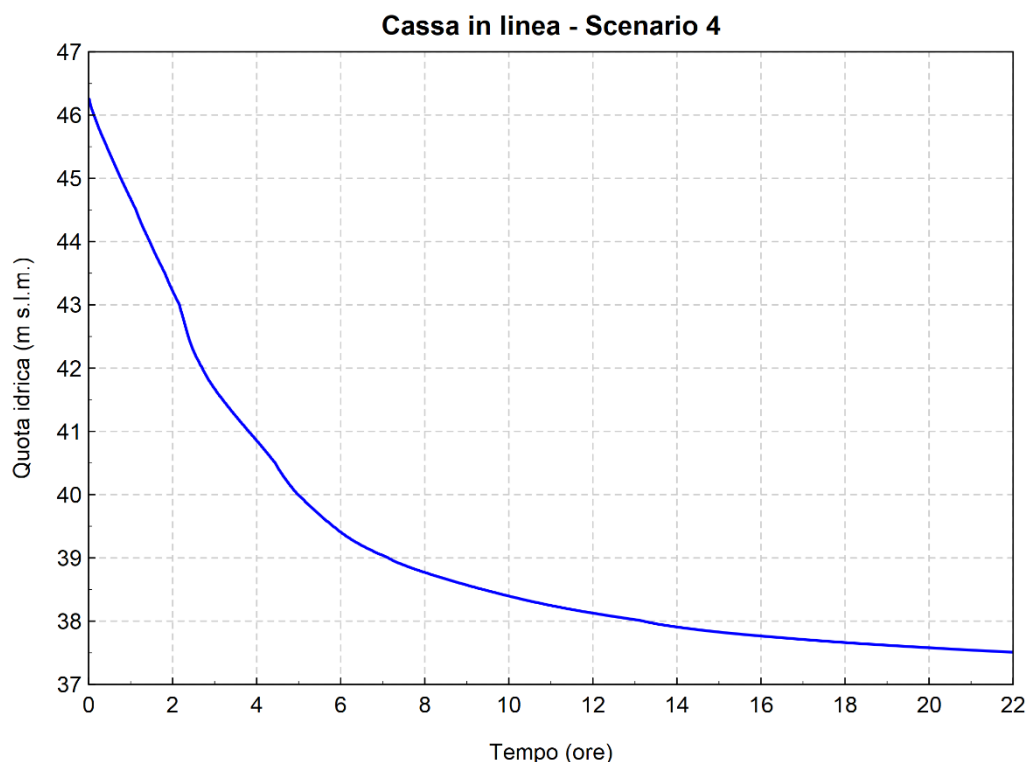


Figura 30. Livello idrico nel comparto in linea per lo scenario 4.

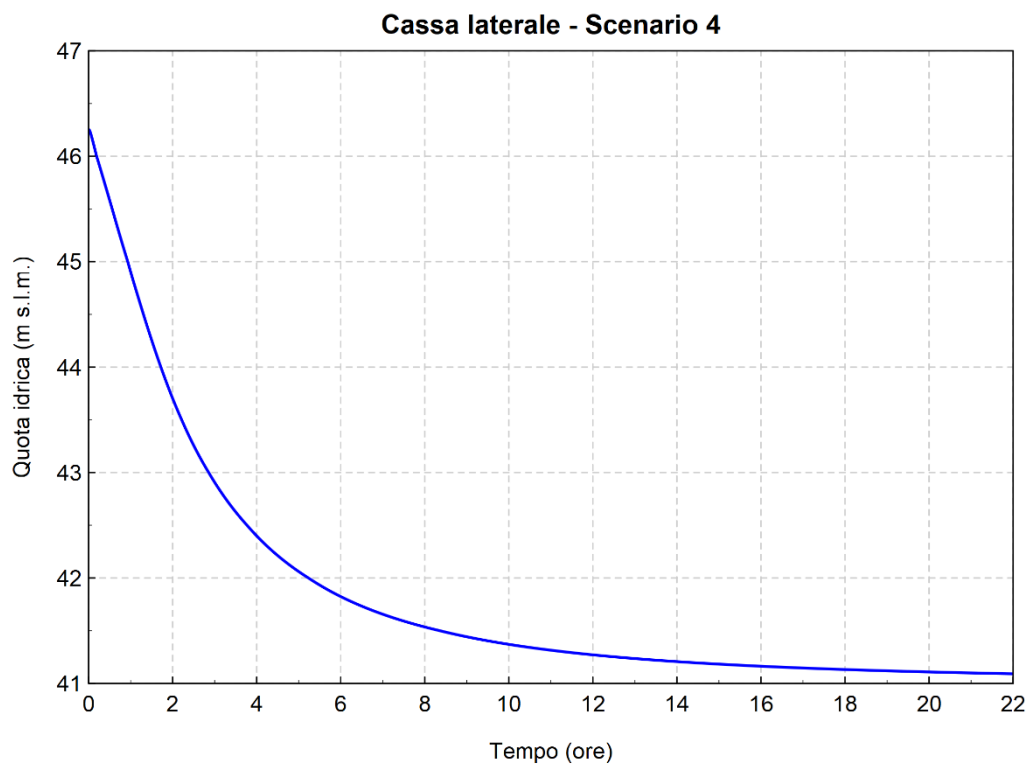


Figura 31. Livello idrico nel comparto laterale per lo scenario 4.

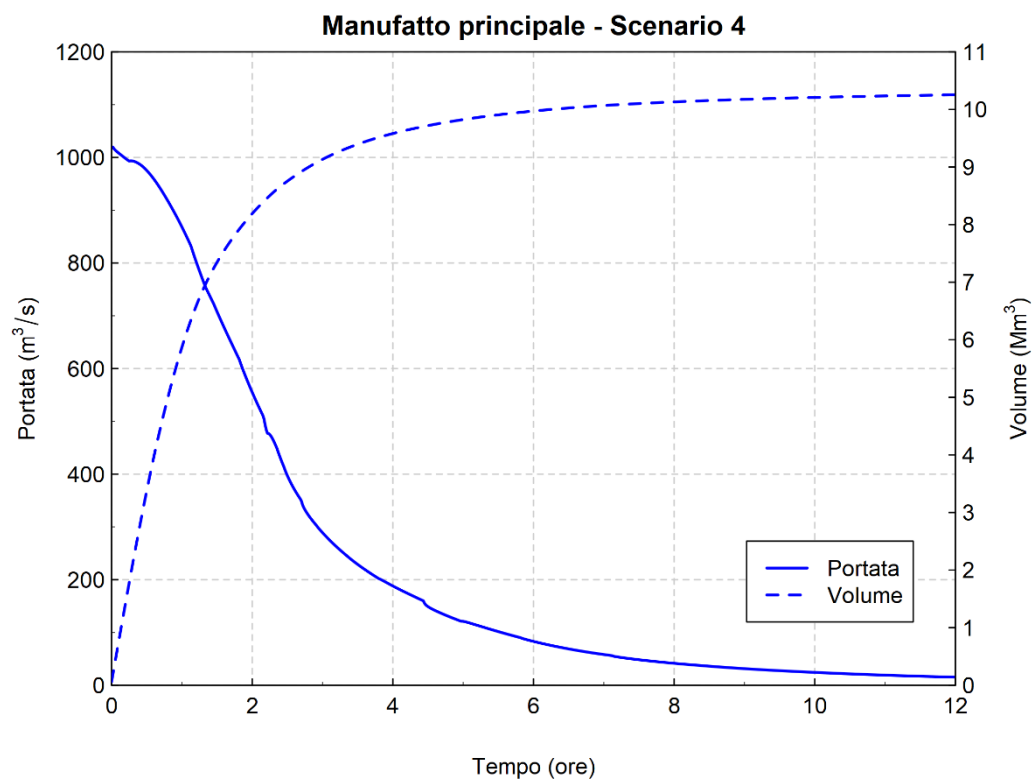


Figura 32. Portata e volume simulati in uscita dalle luci di fondo del manufatto principale per lo scenario 4.

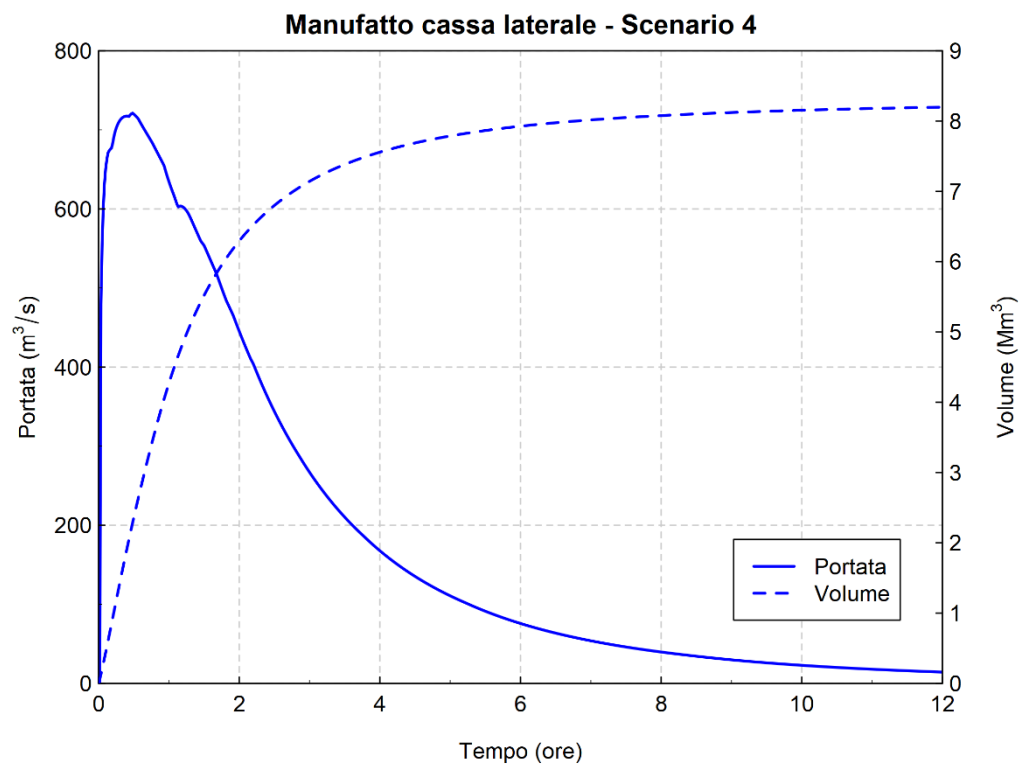


Figura 33. Portata e volume simulati in uscita dal manufatto di collegamento con la cassa laterale per lo scenario 4.

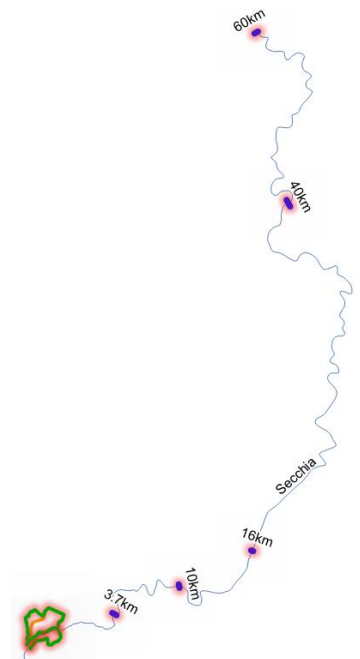
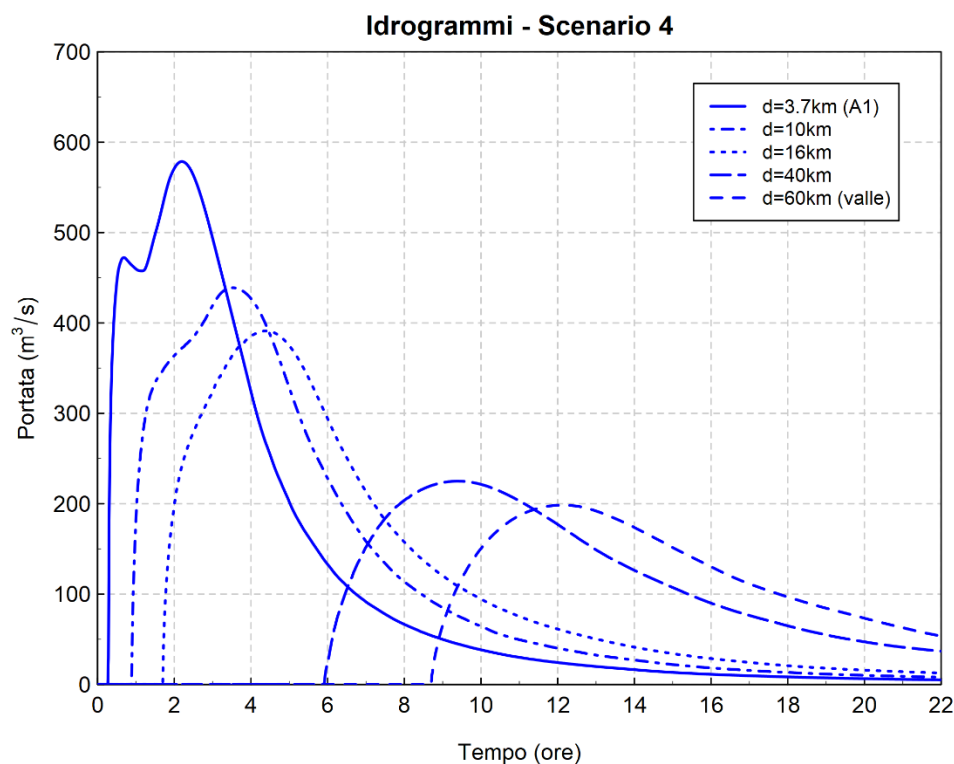


Figura 34. Propagazione dell'onda di piena in 5 sezioni a valle dello sbarramento lungo l'asta principale per lo scenario 4.

L'idrogramma che si produce, come mostrato in Figura 32, ha una portata massima in uscita di circa $1020 \text{ m}^3/\text{s}$ che viene laminata velocemente nei tratti a valle. Infatti, già ad una distanza di 3.7 km il valore di picco scende a circa $580 \text{ m}^3/\text{s}$ (v. Figura 34). Come nello scenario 1, il contributo in volume dalla cassa laterale per lo scenario 4 è di circa 8.2 Mm^3 , mentre la portata di picco in uscita dalla cassa laterale è $721 \text{ m}^3/\text{s}$ (v. Figura 33).

L'estensione massima delle aree soggette ad esondazione differisce di poco rispetto allo scenario 1; le differenze più apprezzabili si evidenziano nelle aree golenali allagate a valle del ponte autostradale, in questo caso significativamente minori rispetto allo scenario 1 (v. Tavole 1.2b e 4.2b). In generale, si può osservare che il deflusso è sempre confinato all'interno del perimetro arginale e che, come nel caso dello scenario 1, il nuovo argine (intervento E in Figura 3) non viene mai sormontato.

BIBLIOGRAFIA

- AIPO, 2020. Studi di propagazione delle onde di piena relative alla cassa di espansione sul fiume secchia, con riferimento al collasso dello sbarramento e alla manovra degli organi di scarico, ai sensi della circolare PCM/Dstn 22806 del 1995. Relazione Fase 1. Convenzione di ricerca tra Università di Bologna e Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO). Gruppo di lavoro: A. Brath, A. Pugliese, A. Domeneghetti.
- AIPO, 2019. MO-E-1357 – Progetto definitivo - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (Ordinanze commissariali n. 7 e 8/2015 e successive modifiche ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente. MO-E-1273 - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A). Progetto definitivo. R.01 – Relazione Generale.
- Brath A., Castellarin A., Di Baldassarre G., Domeneghetti A., 2010. Linee strategiche di intervento per la mitigazione del rischio alluvionale lungo il corso medio-inferiore del Fiume Po. L'Acqua 2, 9–24.
- Castellarin A., Domeneghetti A., Brath A., 2011. Identifying robust large-scale flood risk mitigation strategies: a quasi-2D hydraulic model as a tool for the Po river. Phys. Chem. Earth 36, 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.02.008>
- D'Alpaos, L., Brath, A., Fioravante, V., Gottardi, G., Mignosa, P., Orlandini, S., 2014. Relazione tecnico-scientifica sulle cause del collasso dell'argine del fiume Secchia avvenuto il giorno 19 gennaio 2014 presso la frazione San Matteo. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Di Baldassarre, G., Castellarin, A., Montanari, A., Brath, A., 2009. Probability-weighted hazard maps for comparing different flood risk management strategies: a case study. Nat. Hazards 50, 479–496. <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9355-6>
- Shustikova, I., Domeneghetti, A., Neal, J.C., Bates, P., Castellarin, A., 2019. Comparing 2D capabilities of HEC-RAS and LISFLOOD-FP on complex topography. Hydrol. Sci. J. 64, 1769–1782. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1671982>
- USACE, 2014. Using HEC-RAS for Dam Break Studies. US Army Corps of Engineers.
- USACE, 2016. HEC-RAS River Analysis System. US Army Corps of Engineers.
- Vacondio, R., Aureli, F., Ferrari, A., Mignosa, P., Dal Palù, A., 2016. Simulation of the January 2014 flood on the Secchia River using a fast and high-resolution 2D parallel shallow-water numerical scheme. Nat. Hazards 80, 103–125. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1959-4>

APPENDICE

A.1 Elenco delle tavole allegate

Nelle tabelle seguenti sono elencate le tavole allegate al presente studio. Per tutte le tavole è stata prodotta una versione digitale in formato “pdf”, mentre per quelle indicate con l’asterisco è disponibile anche una versione a stampa.

Tabella 3. Elenco delle tavole per lo scenario 1.

Tavola	Scenario	Scala	Stampa cartacea	Grandezza rappresentata
1.1a	1	1:25.000		Inviluppo delle quote idriche massime
1.2a	1	1:25.000	*	Classi di profondità massime
1.3a	1	1:25.000		Inviluppo delle velocità massime
1.4a	1	1:25.000		Inviluppo delle profondità massime
1.5a	1	1:25.000	*	Tempi di arrivo del fronte d’onda
1.6a	1	1:25.000		Inviluppo dei carichi totali massimi
1.1b	1	1:10.000		Inviluppo delle quote idriche massime
1.2b	1	1:10.000	*	Classi di profondità massime
1.3b	1	1:10.000		Inviluppo delle velocità massime
1.4b	1	1:10.000		Inviluppo delle profondità massime
1.5b	1	1:10.000		Tempi di arrivo del fronte d’onda
1.6b	1	1:10.000		Inviluppo dei carichi totali massimi

Tabella 4. Elenco delle tavole per lo scenario 2.

Tavola	Scenario	Scala	Stampa cartacea	Grandezza rappresentata
2.1a.1-2	2	1:25.000		Inviluppo delle quote idriche massime
2.2a.1-2	2	1:25.000	*	Classi di profondità massime
2.3a.1-2	2	1:25.000		Inviluppo delle velocità massime
2.4a.1-2	2	1:25.000		Inviluppo delle profondità massime
2.5a.1-2	2	1:25.000	*	Tempi di arrivo del fronte d’onda
2.6a.1-2	2	1:25.000		Inviluppo dei carichi totali massimi
2.1b.1-9	2	1:10.000		Inviluppo delle quote idriche massime
2.2b.1-9	2	1:10.000	*	Classi di profondità massime
2.3b.1-9	2	1:10.000		Inviluppo delle velocità massime
2.4b.1-9	2	1:10.000		Inviluppo delle profondità massime
2.5b.1-9	2	1:10.000		Tempi di arrivo del fronte d’onda
2.6b.1-9	2	1:10.000		Inviluppo dei carichi totali massimi

Tabella 5. Elenco delle tavole per lo scenario 3.

Tavola	Scenario	Scala	Stampa cartacea	Grandezza rappresentata
3.1a.1-2	3	1:25.000		Inviluppo delle quote idriche massime
3.2a.1-2	3	1:25.000	*	Classi di profondità massime
3.3a.1-2	3	1:25.000		Inviluppo delle velocità massime
3.4a.1-2	3	1:25.000		Inviluppo delle profondità massime
3.5a.1-2	3	1:25.000	*	Tempi di arrivo del fronte d'onda
3.6a.1-2	3	1:25.000		Inviluppo dei carichi totali massimi
3.1b.1-9	3	1:10.000		Inviluppo delle quote idriche massime
3.2b.1-9	3	1:10.000	*	Classi di profondità massime
3.3b.1-9	3	1:10.000		Inviluppo delle velocità massime
3.4b.1-9	3	1:10.000		Inviluppo delle profondità massime
3.5b.1-9	3	1:10.000		Tempi di arrivo del fronte d'onda
3.6b.1-9	3	1:10.000		Inviluppo dei carichi totali massimi

Tabella 6. Elenco delle tavole per lo scenario 4.

Tavola	Scenario	Scala	Stampa cartacea	Grandezza rappresentata
4.1a	4	1:25.000		Inviluppo delle quote idriche massime
4.2a	4	1:25.000	*	Classi di profondità massime
4.3a	4	1:25.000		Inviluppo delle velocità massime
4.4a	4	1:25.000		Inviluppo delle profondità massime
4.5a	4	1:25.000	*	Tempi di arrivo del fronte d'onda
4.6a	4	1:25.000		Inviluppo dei carichi totali massimi
4.1b	4	1:10.000		Inviluppo delle quote idriche massime
4.2b	4	1:10.000	*	Classi di profondità massime
4.3b	4	1:10.000		Inviluppo delle velocità massime
4.4b	4	1:10.000		Inviluppo delle profondità massime
4.5b	4	1:10.000		Tempi di arrivo del fronte d'onda
4.6b	4	1:10.000		Inviluppo dei carichi totali massimi

A.2 Elenco delle animazioni allegate

Tabella 7. Elenco delle animazioni.

Scenario	Formato video	Grandezza rappresentata
1	mp4	Propagazione dei tiranti idrici (m)
2	mp4	Propagazione dei tiranti idrici (m)
3	mp4	Propagazione dei tiranti idrici (m)
4	mp4	Propagazione dei tiranti idrici (m)