

APPALTATORE: Mandatario:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	2
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	2								

INDICE

1	1. PREMESSA.....	4
	1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
2	2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO.....	7
3	3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME OGLIO.....	8
4	4. ANALISI IDROLOGICA.....	15
	4.1. PORTATE AL COLMO E IDROGRAMMI DI PIENA.....	15
	4.2. CALIBRAZIONE DEL MODELLO NUMERICO IDRAULICO: EVENTO DEL NOVEMBRE 2019.....	20
	4.3. DEFINIZIONE DELLE PORTATE PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE PROVVISORIALI.....	24
5.	BIBLIOGRAFIA.....	28

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 – INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO.....	7
FIGURA 2–FIUME OGLIO: AMBITO FISIOGRAFICO (FONTE: P.A.I. – AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO).....	9
FIGURA 3–BACINO E SOTTOBACINO DI INTERESSE DEL FIUME OGLIO.....	10

APPALTATORE: Mandatario:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	3
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	3								

FIGURA 4—PORTATE AL COLMO DEL FIUME OGLIO, PER DIFFERENTI TEMPI DI RITORNO, ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI INTERESSE (ESTRATTO TAB.4.4 DEL DOCUMENTO “PIANO PER LA VALUTAZIONE E LA GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI – ART.7 DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE E DEL D.LGS. N.49 DEL 23.02.2010 – PROFILI FI PIENA DEI CORSI D’ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE”).....	16
FIGURA 5: POSIZIONAMENTO DELLA SEZIONE 017.01.P	17
FIGURA 6 – FIUME OGLIO: IDROGRAMMA DI PIENA ADIMENSIONALE, ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI INTERESSE.....	19
FIGURA 7 – FIUME OGLIO: IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO, ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI INTERESSE.	20
FIGURA 8 – FIUME OGLIO: REGISTRAZIONE IDROMETRICHE PRESSO LA STAZIONE DI MARCARIA (FONTE: AIPO).	21
FIGURA 9 – FIUME OGLIO: REGISTRAZIONE IDROMETRICHE PRESSO LA STAZIONE DI MARCARIA, EVENTO DEL NOVEMBRE 2019 (FONTE: AIPO)...	22
FIGURA 10 – FIUME OGLIO: LIVELLI IDRICI MASSIMI RAGGIUNTI NELL’ANNO, MISURATI PRESSO LA STAZIONE DI MARCARIA, NELL’ULTIMO VENTENNIO.	23
FIGURA 11 – FIUME OGLIO: RICOSTRUZIONE DELL’IDROGRAMMA DI PIENA DELL’EVENTO DEL NOVEMBRE 2019.	23
FIGURA 12 – FIUME OGLIO: CURVA DI DURATA DELLE PORTATE ADIMENSIONALE, NEL TRATTO FLUVIALE SUBLACUALE.	25
FIGURA 13 – FIUME OGLIO: CURVA DI DURATA DELLE PORTATE PRESSO MARCARIA.....	26

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 – CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL SOTTOBACINO DEL FIUME OGLIO DI INTERESSE.....	11
TABELLA 2 – FIUME OGLIO: PORTATE AL COLMO DI PROGETTO ([*] VALORI RICAVATI DA INTERPOLAZIONE DEI VALORI DISPONIBILI PER GLI ALTRI TEMPI DI RITORNO).....	18
TABELLA 3 – FIUME OGLIO: CURVA DI DURATA DELLE PORTATE PRESSO MARCARIA.....	26

APPALTATORE: Mandataria:  Mandanti:   	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA					
PROGETTAZIONE: Mandataria:  Mandanti:  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 4

1 1. PREMESSA

L'intervento in progetto si colloca nell'ambito del Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia, nello specifico nella pianificazione di “*Riqualificazione Milano – Codogno – Cremona – Mantova*”, che comprende anche gli interventi di raddoppio, recentemente ultimati (2015) tra le località di Cavatigozzi e Cremona.

L'obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l'incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse “merci” legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest'ottica, il presente Progetto Esecutivo, compendia gli interventi necessari, nell'ambito della linea *Codogno – Cremona – Mantova*, all'attivazione prioritaria della tratta *Piadena – Mantova*, 1^a fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L'opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34 km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^a fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall'attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario;

APPALDATORE: Mandataria: Mandanti:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandanti:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	5
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	5								

oltre ai relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, nonchè la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista anche la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

Nell’ambito del raddoppio della tratta “*Piadena-Bozzolo*”, la linea in progetto si sviluppa in variante rispetto alla linea storica esistente nel tratto dalla prog. 57+600 alla prog. 59+000, in corrispondenza dell’attraversamento del *Canale Dugale Tagliata*. Relativamente invece al raddoppio della tratta “*Bozzolo – Mantova*”, la nuova linea si sviluppa in variante rispetto alla linea storica esistente nel tratto dalla prog. 66+750 alla prog. 67+950, in corrispondenza dell’attraversamento del *Fiume Oglio*.

Nella presente relazione è riportato quindi lo studio idrologico del bacino del fiume Oglio.

Nel dettaglio, le analisi sono state effettuate secondo le seguenti fasi:

- perimetrazione dei relativi bacini idrografici e valutazione delle relative caratteristiche morfometriche;
- raccolta ed elaborazione delle osservazioni/registrazioni presso le stazioni pluviografiche e idrometriche ricadenti nei bacini idrografici di interesse;
- valutazione delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura considerate;
- determinazione degli idrogrammi di piena di progetto, da imporre come condizioni al contorno nei modelli numerici (idraulici) in regime di moto vario.

Le analisi sono state sviluppate in accordo alla pianificazione di bacino attualmente in vigore, nello specifico alle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano per la Valutazione e la Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Bacino del Fiume Po (2016), dalle Norme tecniche delle costruzioni (NTC18) e dal Manuale di Progettazione Ferroviaria (2019).

APPALTATORE: Mandataria: Mandanti: 	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandanti: 													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	6
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	6								

1.1 Riferimenti normativi

Di seguito, la normativa nazionale e regionale di riferimento:

- Regio Decreto (R.D.) n. 3918/1877
- ***R.D. 27 luglio 1904, n. 523***
- R.D. 27 luglio 1904, n. 368
- R.D. n. 3267/1923
- R.D. 17 maggio 1926, n. 1126
- R.D. n. 215/1933
- ***Legge n. 183/1989, “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”***
- ***D.M. del 14 febbraio 1997 “Direttive tecniche per l’individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico”***
- D.L. n. 180/1998 (Decreto Sarno)
- ***Legge n. 365/2000 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile” (legge Soverato)***
- ***Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni (PGRA) del bacino del Fiume Po (marzo 2016), Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010***
- ***D.Lgs. n. 49/2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni”***
- ***D.Lgs. n. 152/2006 “Norma in materia ambientale”***
- Direttiva n. 2007/60/CE
- ***Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) – D.M. 17 gennaio 2018***
- ***Circolare esplicativa delle NTC 2018 n. 7 del 21 gennaio 2019***

APPALDATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA					
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 7

2.2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

La tratta ferroviaria in progetto (*Piadena-Mantova*) si sviluppa per buona parte all'interno del bacino del Fiume Oglio, attraversando quest'ultimo alla prog. 67+285 km (mediante il viadotto VI02), nel tratto tra Mantova e Bozzolo. Di rilievo anche l'attraversamento del Canale Dugale Tagliata (viadotto VI01), alla prog. 57+950 km nel tratto tra Bozzolo e Piadena, affluente in destra idraulica del Fiume Oglio.

La determinazione delle portate al colmo del Fiume Oglio è quindi finalizzata principalmente allo studio di compatibilità idraulica delle opere di attraversamento in progetto, VI02. Nella figura seguente è riportato il tracciato della "nuova" linea ferroviaria, con evidenziati i due corsi d'acqua maggiori attraversati. Oggetto di studio nella presente relazione è l'attraversamento VI02; si rimanda alla relazione NM5503EZZRIID0002001A per la trattazione del canale Dugale Tagliata.

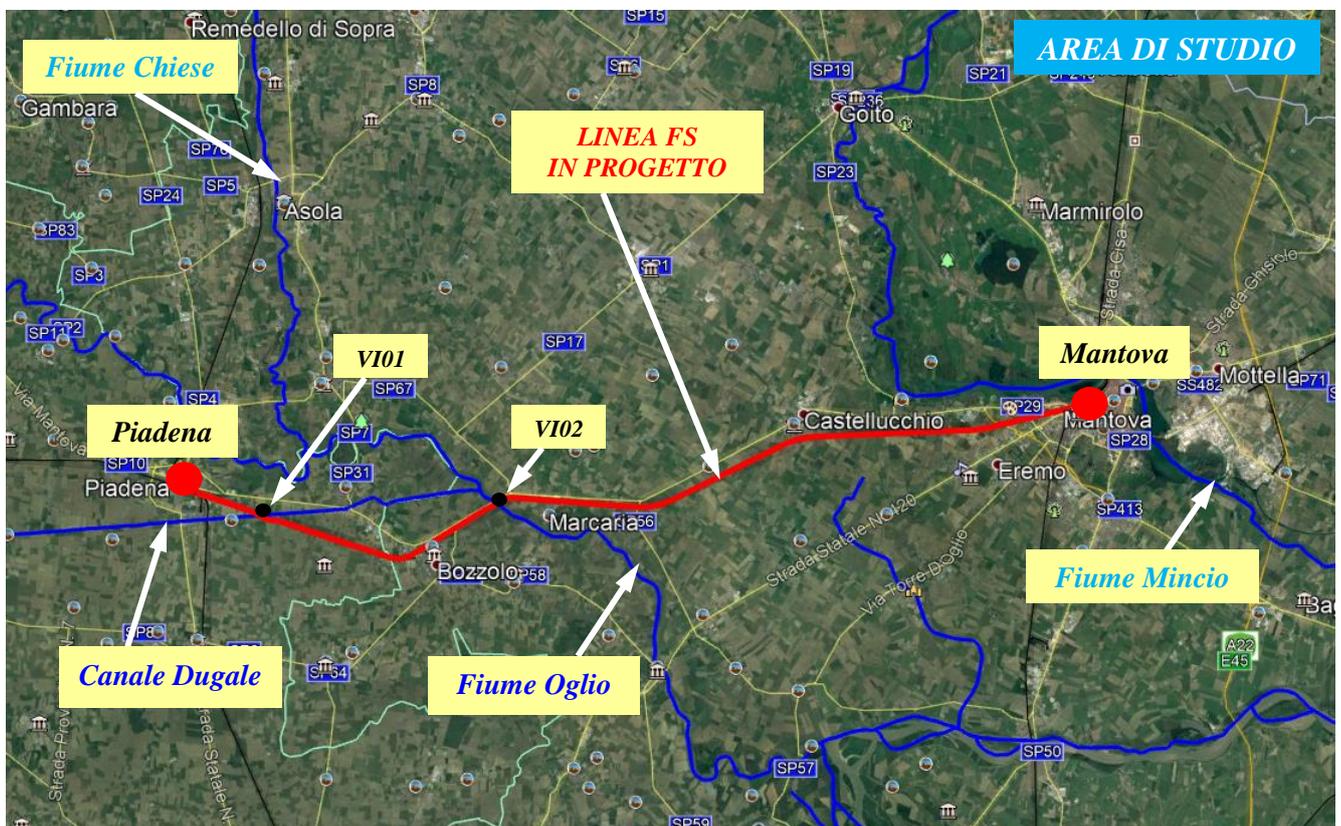


Figura 1 – Inquadramento dell'area di studio.

APPALDATORE: Mandataria: Mandanti:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandanti:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	8
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	8								

3 3. IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME OGLIO

Il Fiume Oglio scorre interamente nella Regione Lombardia e nasce nel comune di Ponte di Legno, (provincia di Brescia), percorre la Val Camonica, alternando tratti ripidi ad altri pianeggianti, immettendosi quindi nel Lago d’Iseo; esce poi dal lago in località Sarnico e confluisce nel fiume Po poco a monte di Borgoforte dopo aver percorso complessivamente 280 km.

Il fiume Oglio scorre prevalentemente in direzione nord-sud e fa parte dei principali fiumi affluenti del fiume Po in sinistra idrografica.

L’intero corso d’acqua in oggetto è caratterizzato da un bacino idrografico avente un’estensione di circa 6360 Km² ed appartiene al II ordine della classificazione di Horton; la quota d’origine del fiume è a 1253 m s.l.m., l’altezza massima del bacino è pari a 3538 m s.l.m. mentre la minima è di 22 m s.l.m.

Il Fiume Oglio è laminato da un vaso naturale che è il lago d’Iseo ed è regolato artificiale dalla diga di Sarnico; nel tratto sopralacuale del suo sviluppo presenta un corso incassato, mentre, più a sud, si sviluppa in ambiente pianeggiante; tra l’uscita del lago d’Iseo e la confluenza, sono individuabili tre diversi tronchi, distinguibili per caratteristiche geometriche e idrauliche.

Il primo, all’uscita del lago d’Iseo, in cui l’alveo è poco inciso, con fondo ciottoloso (determinato dal lago a monte), scarsa presenza di vegetazione nella regione fluviale e flusso concentrato in un unico filone.

Il secondo, intermedio tra il lago e la confluenza in Po, il cui il corso d’acqua ha andamento irregolare, con presenza di difese spondali abbastanza numerose tra la confluenza del F.Cherio e la confluenza del F.Mella; le caratteristiche geometriche dell’alveo inciso sono rappresentate da una larghezza media di 150-200 m, continuamente variabile, da un’altezza media di sponda di 2,5 m, da un materiale d’alveo di granulometria compresa tra il campo della ghiaia e quello della sabbia e da una pendenza di fondo piuttosto elevata.

Il terzo, nella parte terminale di confluenza in Po, in cui il corso d’acqua è delimitato da argini continui, ha andamento meandriforme, con larghezza media dell’alveo inciso di 50-70 m, altezza di 2-3 m e fondo sabbioso-limoso.

Nella figura seguente si riporta l’ambito fisiografico del bacino del Fiume Oglio.

APPALDATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	9
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	9								

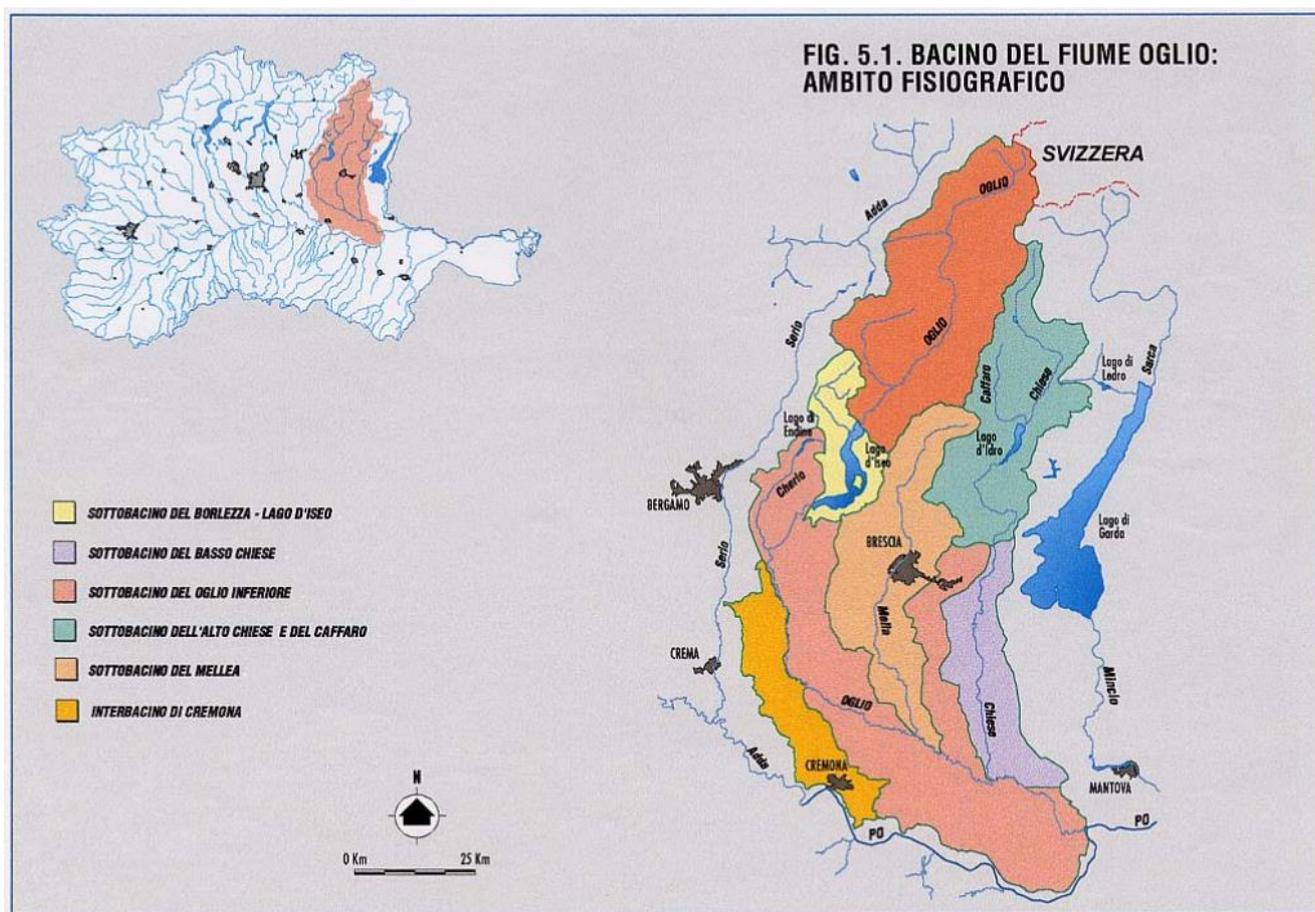


Figura 2–Fiume Oglio: ambito fisiografico (fonte: P.A.I. – Autorità di Bacino del Fiume Po).

Data la “*regolazione controllata*” del deflusso del Fiume Oglio dal lago d’Iseo, il presente studio farà riferimento al solo bacino sublacuale.

Il tratto in esame ha la sezione di chiusura ubicata nel comune di Marcaria, nella parte terminale di confluenza nel fiume Po, in particolare alla progressiva Km 243+964 circa dall’origine del corso d’acqua.

Le caratteristiche morfometriche principali del sottobacino del Fiume Oglio oggetto di studio sono riassunte nella tabella seguente.

APPALTATORE: Mandataria:	Mandanti:	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA					
   	 						PROGETTO NM55
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO							

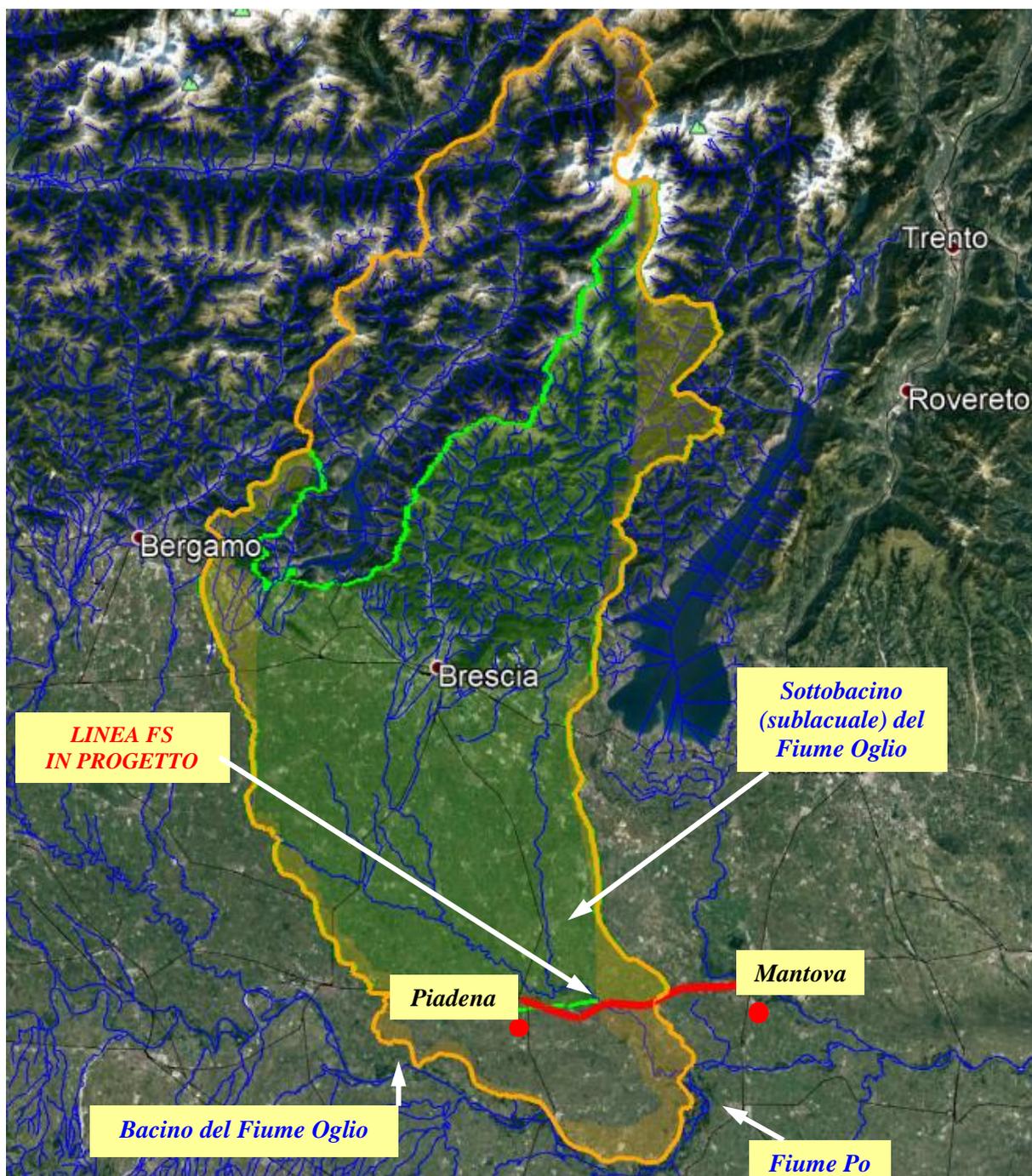


Figura 3–Bacino e sottobacino di interesse del Fiume Oglio.

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>11</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	11
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	11								

Parametro	U.d.m.	Sottobacino (sublacuale)
Superficie	km ²	3934.0
Lunghezza asta	km	134.6
Quota minima h ₀	m slm	22.0
Quota massima h _{max}	m slm	3400.0
Quota media h _{media}	m slm	430.5
Pendenza media i _{med}	m/m	0.025

Tabella 1 – Caratteristiche morfometriche del sottobacino del Fiume Oglio di interesse.

Con riferimento alla regolazione controllata del deflusso del Fiume Oglio dal Lago d’Iseo, essa è operata nello specifico dalla diga/traversa di sbarramento di Sarnico. Quest’ultima è gestita dal Consorzio dell’Oglio; di seguito, sono riportate alcune caratteristiche.

Lago d’Iseo		
Ente gestore dello sbarramento Consorzio dell’Oglio		
<i>1) Superficie</i>		<i>Km²</i>
Bacino imbrifero		1.816,8
Lago		61,0
<i>2) Livelli</i>	<i>Riferiti allo zero idrometrico di Sarnico 185.15 m.s.l.m.</i>	
Massima piena storica	2,370 m	20.09.1960
Massima piena dalla costruzione della diga	1,795 m	
Media del periodo 1933-1996	0,495 m	
Minimo	-0.570 m	06.08.1945
<i>3) Livelli di regolazione</i>	<i>Riferiti allo zero idrometrico di Sarnico 185.15 m.s.l.m.</i>	
Massimo	1.10 m	
Minimo	-0,30 m	
Escursione	1,40 m	Corrispondenti a 85,4 Mmc
Vincoli ai livelli		
<i>3) Fiume Oglio</i>		
Portata massima giornaliera di afflusso	780,0 m ³ /sec	17.09.1960
Portata massima di deflusso	413,0 m ³ /sec	20.09.1960
Portata media annua del periodo 1933-1982	59,0 m ³ /sec	
Portata minima	19,0 m ³ /sec	20.04.1944
<i>3) Serbatoi alpini</i>	<i>Capacità utile</i>	
	8 bacini	Circa 100 Mmc

APPALTATORE: Mandataria:  Mandanti:   	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria:  Mandanti:  													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	12
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	12								

Per quanto concerne la regolazione delle piene, differenti studi sono stati condotti negli anni dal Consorzio, tra questi:

- Studio delle caratteristiche dell' onda di piena artificiale seguito di manovre o di collasso della traversa (1996)
- Verifica idraulica della traversa fluviale di Sarnico (2014)

Il Consorzio dell' Oglio, con oltre 80 anni di esperienza di regolazione delle piene, ha svolto la regolazione del lago d'Iseo cercando sempre di ottimizzare la disponibilità della risorsa con la domanda degli usi attivi a valle del lago, nel rispetto dei limiti di concessione, ma adattando le scelte di gestione all'andamento climatico stagionale, avendo attenzione a ridurre solo al necessario le oscillazioni dei livelli.

Per le situazioni di piena il Consorzio ha avuto sempre come unico riferimento il *Magistrato del Po – Ufficio Operativo* di Mantova, dal quale otteneva indicazioni sulla capacità del Fiume Po di ricevere le acque di piena del Fiume Oglio; in caso di mancanza di capacità, lo svasso del lago veniva mantenuto costante fino a variazione delle condizioni di valle. In questi casi il lago svolgeva una funzione aggiuntiva di laminazione, anche oltre i limiti di concessione e, talvolta, oltre il limite di esondabilità delle sponde del lago stesso. In tutti i casi in cui il Fiume Po si presentava in condizioni di sicurezza, il Consorzio provvedeva in autonomia alla laminazione delle piene utilizzando i dati idrologici acquisiti nei bacini imbrifero e di valle, operando le manovre di regolazione con l'obiettivo di favorire il deflusso dal lago (in base all'andamento delle portate di afflusso), fino al limite entro il quale non si presentavano problemi di esondazioni a valle (cercando comunque di utilizzare le poche golene attive). Naturalmente in questa fase il Consorzio forniva le indicazioni sullo sviluppo delle situazioni al Magistrato del Po e agli amministratori locali dei comuni rivieraschi affinché potessero prevedere attività di prevenzione e protezione dalle esondazioni. Nel tempo sono subentrati altri soggetti che hanno consentito una migliore gestione delle crisi, e si è potuta sfruttare la nuova tecnologia per far circolare più velocemente e più diffusamente le informazioni relative ai fenomeni in atto. Questa semplice regola, e l'assunzione di responsabilità senza riserve da parte del Consorzio, hanno consentito che fosse svolta una funzione di laminazione delle piene, capace di ottenere in moltissime situazioni una riduzione dei livelli di colmo rispetto al regime non regolato.

APPALDATORE: Mandataria:  Mandanti:   	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA					
PROGETTAZIONE: Mandataria:  Mandanti:  						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 13

Per capire le peculiarità della regolazione del lago d’Iseo, si deve tener conto che la realizzazione della traversa fluviale ha previsto un abbassamento dell’incile del fiume di circa 1,20 m e quindi ha aumentato la capacità di deflusso dal lago. Inoltre la semplicità e affidabilità del sistema di movimentazione delle paratoie piane ha sempre permesso rapidità nelle manovre, per cui il Consorzio è stato (ed è) in grado di anticipare l’arrivo dell’onda di piena nel lago (con corrvazione di circa 6-12 ore dall’inizio dell’evento, a seconda dell’ intensità), aumentando il deflusso in modo da ridurre i livelli di colmo. Soprattutto ha permesso una grande flessibilità gestionale nelle manovre di contenimento delle piene. Il Consorzio ha sviluppato un sistema di monitoraggio dei dati idrologici, integrato con i dati rilevati da altri soggetti, in grado di fare una previsione della tipologia di evento in corso; questo consente di operare scelte di gestione in funzione delle condizioni dei livelli del lago e delle contemporanee portate di deflusso. La presenza costante degli operatori presso la traversa fluviale, collegati con l’Ufficio Tecnico e la Direzione presso la sede di Brescia, permette di attivare tempestivamente le procedure di manovra, e di monitorare in continuo l’evoluzione dei fenomeni in atto. L’esperienza maturata ha permesso di adattare la regola di manovra a seconda delle condizioni iniziali del bacino e alla intensità e durata dei fenomeni. Le manovre di incremento del deflusso, solitamente comprese tra 15 e 30 m³/s, sono calibrate nel tempo in funzione della portata presente in alveo, in modo da non provocare pericolose onde di piena. Per questo vengono monitorati i principali affluenti di valle del F. Oglio, dei quali è importante conoscere le portate di afflusso al fiume per evitare, fin quando possibile, di sovrapporre ad esse gli aumenti di deflusso dalla traversa di regolazione. Un’altra peculiarità della regolazione del lago d’Iseo è che anche durante gli eventi eccezionali la regolazione dei deflussi avviene fino ai valori massimi, cioè non si verifica l’apertura totale delle paratoie. Questo perché esistono vincoli fisici nel fiume a valle, che possono provocare pesanti esondazioni oltre certi valori di portata; si ottiene un impatto minore complessivo, in termini di sicurezza alle persone e di rilevanza dei danni al territorio, perché è possibile sfruttare un invaso suppletivo nel lago, oltre il limite di esondazione dei centri abitati, purché contenuto entro valori definiti. Tutto ciò è reso possibile dalla grande flessibilità di manovra della traversa e può essere attuato attivando la collaborazione con i soggetti presenti sul territorio per conoscere nei dettagli le situazioni locali. Negli ultimi anni queste misure hanno permesso soddisfacenti attività di mitigazione delle piene, riconosciute dalle comunità locali, in seguito resesi disponibili a partecipare alla diffusione delle informazioni relative alle piene.

Per quanto riguarda la regolazione operata dalla diga/traversa di Sarnico, i dati storici e l’esperienza consentono di individuare i seguenti valori: $Q_{max} = 440 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{min} = 280 \text{ m}^3/\text{s}$ (rispettivamente, la portata massima

APPALTATORE: Mandatario: Mandanti:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandanti:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	14
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	14								

transitabile in alveo a valle della traversa fluviale e la portata minima quale “soglia di attenzione scarico diga”), portate comunque poi profondamente influenzate a valle dai vari apporti e dalla presenza di nodi critici di discontinuità. L’incremento delle portate a valle non è quindi un parametro costante lungo l’asta fluviale.

In definitiva, in ragione della regolazione svolta dal Consorzio dell' Oglio, soprattutto durante le piene, si ritiene ragionevole fare riferimento nel presente studio al solo bacino sublacuale del Fiume Oglio.

APPALTATORE: Mandataria: Mandanti:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandanti:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	15
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	15								

4 4. ANALISI IDROLOGICA

4.1. Portate al colmo e idrogrammi di piena

In ragione della complessità del sistema idrografico del Bacino del Fiume Oglio, nello specifico della *regolazione controllata* dei deflussi operata dal lago d’Iseo, nonché delle numerose confluenze (Fiume Cherio, Fiume Mella, Fiume Chiese) nel tratto sub lacuale, l’analisi idrologica del sottobacino di interesse (sopra individuato) è stata condotta con riferimento ai seguenti documenti prodotti dalle autorità competenti sul territorio lombardo:

- *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n.49 del 23.02.2010 – Profili fi piena dei corsi d’acqua del reticolo principale*
- *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza, del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio”.*

Lo studio idrologico condotto sul corso d’acqua ha consentito la definizione del regime pluviometrico della zona di interesse e successivamente la determinazione delle portate al colmo di piena, in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini delle aree sopralacuale e sublacuale, nello specifico alle confluenze di corsi d’acqua di rilievo e presso stazioni di misura e centri abitati significativi.

Le portate al colmo di piena del Fiume Oglio possono essere quindi desunte dai documenti sopracitati le cui fonti utilizzate derivano da:

- studi propedeutici al PAI (1996 AdBPo);
- fasce Fluviali (1994-2001);
- studi di fattibilità (2004 AdBPo) che hanno aggiornato in parte il precedente quadro conoscitivo;
- ulteriori approfondimenti effettuati da Regioni, Province, AIPO e altri Enti nell’ambito delle attività di adeguamento della pianificazione territoriale ed urbanistica alle disposizioni del PAI e per la progettazione delle opere idrauliche di difesa previste nei programmi di attuazione del PAI.

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>16</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	16
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	16								

Tali valori delle portate di piena sono stati stimati mediante diverse metodologie, quali modelli idrologici afflussi-deflussi, regolarizzazioni statistiche delle serie storiche disponibili presso le stazioni di misura, metodi di regionalizzazione.

Nello specifico, nel presente studio si è fatto riferimento ai valori della sezione di chiusura del Fiume Oglio denominata “**017.01.P**” (nel documento “*Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n.49 del 23.02.2010 – Profili fi piena dei corsi d’acqua del reticolo principale*”), in corrispondenza del ponte stradale a servizio della SP78, nel comune di Marcaria.

Bacino	Corso d'acqua	Progr. (km)	Sezione Cod.	Denomin.	Superficie m ² /s	Q20 km ²	Q20 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Idrometro Denominazione
Oglio	Oglio sottolac.	206.291	058.01P	Ostiano	3580		510		690	740	Oglio a Ostiano
Oglio	Oglio sottolac.	234.025	030	Confl. Chiese (monte)	3953		430		630	710	
Oglio	Oglio sottolac.	235.310	029	Confl. Chiese (valle)	5510		710		1080	1190	
Oglio	Oglio sottolac.	245.908	017.01P	Marcaria	5746		680		1030	1170	Oglio a Marcaria
Oglio	Oglio sottolac.	264.903	2	Confluenza in Po	6436		680		1030	1170	

Figura 4–Portate al colmo del Fiume Oglio, per differenti tempi di ritorno, alla sezione di chiusura di interesse (estratto Tab.4.4 del documento “*Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n.49 del 23.02.2010 – Profili fi piena dei corsi d’acqua del reticolo principale*”).

APPALTATORE: Mandataria:	Mandanti:	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA				
   	 					
PROGETTAZIONE: Mandataria:	Mandanti:					
  	 					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 17



Figura 5: Posizionamento della sezione 017.01.P

Alla sezione di chiusura di interesse (017.01.P), le portate al colmo del Fiume Oglio (nonché i corrispondenti livelli idrici, h), per differenti tempi di ritorno, ammontano a:

T_R (anni)	Q (m^3/s)	h (m slm)
2	386.0	24.59
20	680.0	25.87
50	798.0	26.33

APPALDATORE: Mandataria:  Mandanti:   	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria:  Mandanti:  													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NM55</td> <td style="text-align: center;">03.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.00.01.001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">18</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	18
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	18								

100	927.0	26.81
200	1030.0	27.23
300	1092.0 ^[*]	27.72 ^[*]
500	1170.0	28.53

Tabella 2 – Fiume Oglio: portate al colmo di progetto ([*] valori ricavati da interpolazione dei valori disponibili per gli altri tempi di ritorno).

Per quanto concerne la determinazione dei corrispondenti idrogrammi di piena (da considerare come condizione al contorno nel modello numerico bidimensionale, in regime di moto vario, sviluppato, rif. NM5503EZZRIID0002001A), si è fatto riferimento agli studi condotti dall’Autorità di bacino del Fiume Po. Nello specifico, per la definizione delle onde di piena di assegnato tempo di ritorno nelle differenti sezioni di chiusura, è stato implementato un modello afflussi-deflussi a parametri concentrati che simula il comportamento dei bacini idrografici come un insieme di serbatoi a mezzo dei quali si attuano i fenomeni di trasferimento e laminazione degli afflussi (*Modello di Nash*).

Per la determinazione degli idrogrammi sintetici in sezioni non strumentate è stata invece applicata una metodologia di stima indiretta (*Prof. Maione, L’ACQUA n.3/2001*), che può essere schematizzata nei seguenti punti:

- stima regionale dei quantili delle portate al colmo;
- stima regionale del rapporto di riduzione $\varepsilon_D(T)$;

Per una descrizione di dettaglio della metodologia adottata si rimanda all’articolo “*Una metodologia di stima indiretta degli idrogrammi sintetici per il progetto di opere di difesa idraulica del territorio*” (*Ballarin, Maione, Mignosa, Tomirotti, L’ACQUA n.3/2001*), nel quale sono proposte formule aggiornate per la stima regionale del rapporto di riduzione e del coefficiente di posizione del picco.

A causa della mancanza di dati idrologici significativi nel tratto del Fiume Oglio a valle della confluenza del Fiume Chiese, la regionalizzazione eseguita nello studio sopracitato non ha dato risultati soddisfacenti, pertanto nelle sezioni vallive gli idrogrammi sintetici sono stati restituiti solo in forma adimensionalizzata rispetto alla portata al colmo.

APPALTATORE: Mandatario: 	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandatario: 													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NM55</td> <td style="text-align: center;">03.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.00.01.001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">19</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	19
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	19								

Si riporta di seguito l'idrogramma adimensionale, prodotto dall'Autorità di bacino del Fiume Po nello studio citato, relativo alla sezione di chiusura 017.01.P, in località Marcaria.

Moltiplicando i valori dell'idrogramma adimensionale per i valori di portata al colmo sopra indicati è possibile ricavare quindi i corrispondenti idrogrammi di piena di progetto, per i vari tempi di ritorno (Tr); nello specifico per $Tr = 50, 200, 300, 500$ anni, in accordo alle indicazioni riportate nella pianificazione di bacino (circa la definizione delle aree di pericolosità idraulica), nonché della normativa nazionale (NTC2018) in materia di compatibilità degli attraversamenti fluviali e del Manuale di progettazione ferroviaria (2019).

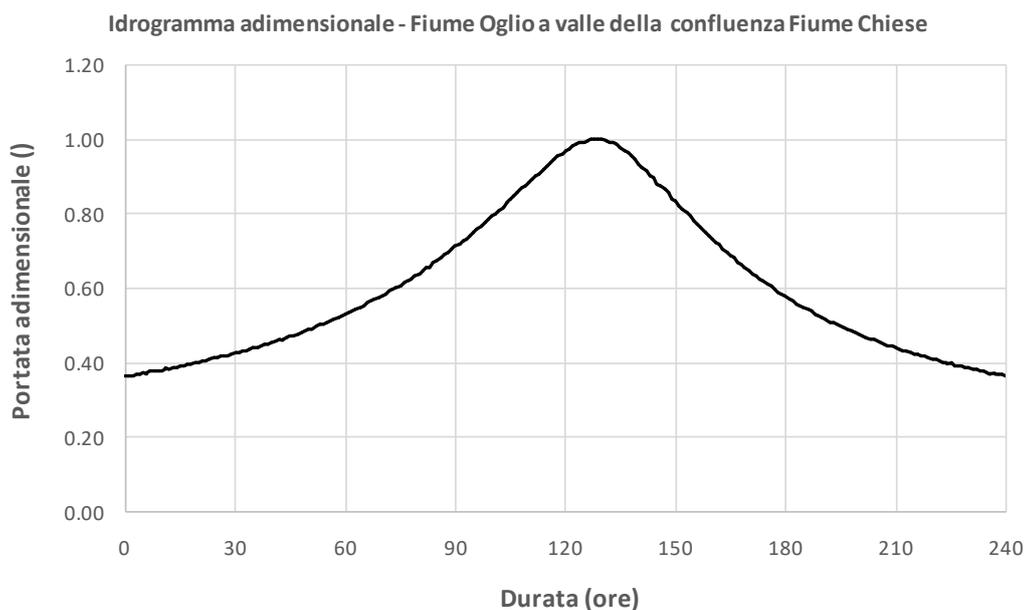


Figura 6 – Fiume Oglio: idrogramma di piena adimensionale, alla sezione di chiusura di interesse.

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	20
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	20								

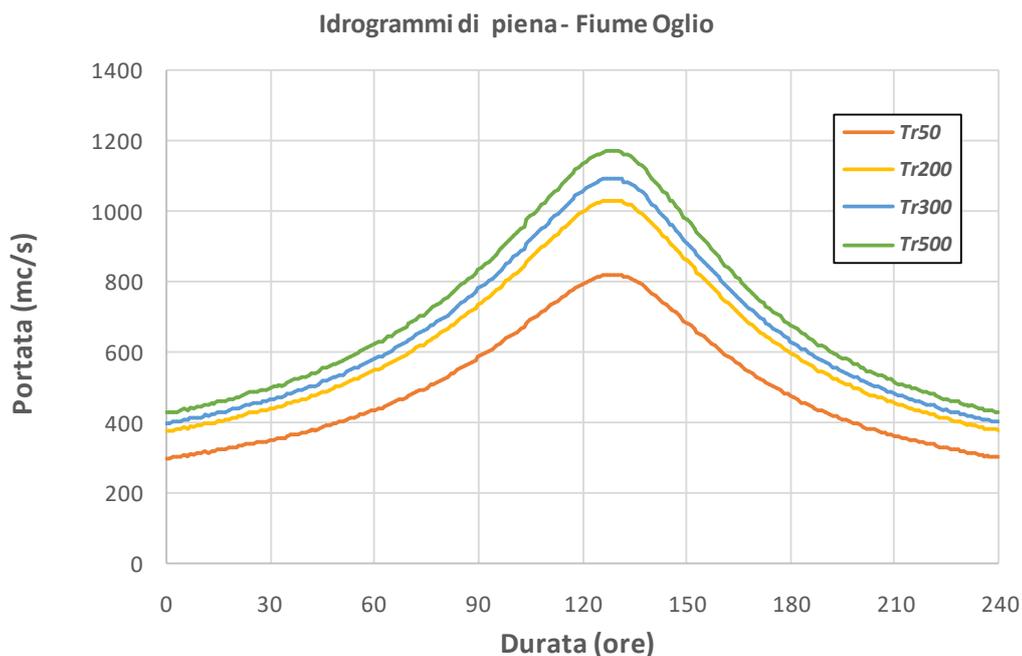


Figura 7 – Fiume Oglio: idrogrammi di piena di progetto, alla sezione di chiusura di interesse.

4.2. Calibrazione del modello numerico idraulico: evento del novembre 2019

Ai fini della calibrazione del modello numerico idraulico (2D, in regime di moto vario) del Fiume Oglio sviluppato (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica annessa, NM5503EZZRIID0002001A), sono state raccolte le registrazioni idrometriche presso la stazione di Marcaria (fonte: *Agenzia Interregionale del Fiume Po, AIPO*) nell'ultimo ventennio (periodo: gennaio 2000-aprile 2020).

APPALTATORE: Mandatario:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA				
PROGETTAZIONE: Mandatario:   					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO					
PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 21

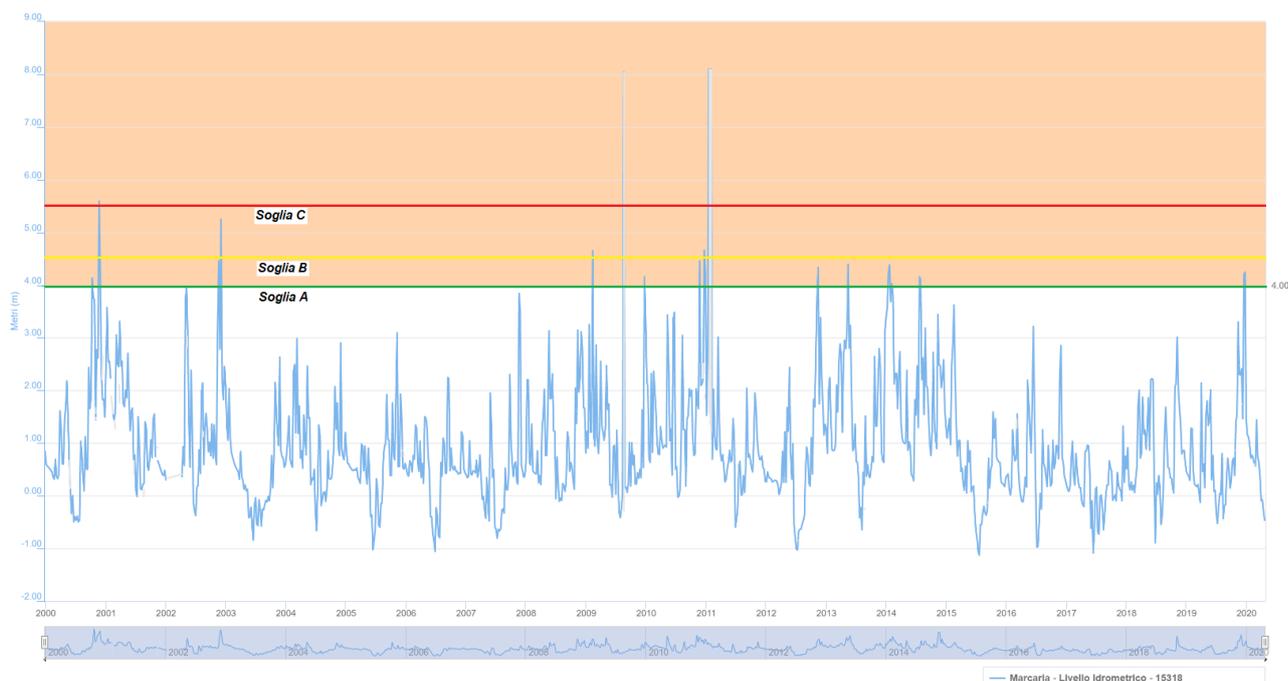


Figura 8 – Fiume Oglio: registrazione idrometriche presso la stazione di Marcaria (fonte: AIPO).

Come riportato nella figura precedente, negli ultimi 20 anni il livello idrometrico (+5,50 m) corrispondente alla “Soglia C” (livello di allarme) è stato raggiunto e/o superato in 3 occasioni; quello (+4,50 m) corrispondente alla “Soglia B” (livello di pre-allarme) è stato raggiunto e/o superato in 7 occasioni, l’ultima nel novembre del 2019; mentre il livello idrometrico (+4,00 m) corrispondente alla “Soglia A” (livello di attenzione) è stato raggiunto e/o superato in 17 occasioni. Si è fatto riferimento proprio all’evento del novembre 2019 per la verifica dell’attendibilità del modello numerico idraulico implementato. In tale occasione, il livello di piena del Fiume Oglio ha raggiunto la quota idrometrica massima di **4,85 m**, da cui un livello idrico di **+24.83 m slm** (in ragione della quota dello zero idrometrico della stazione di Marcaria di +19.98 m slm).

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	22
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	22								

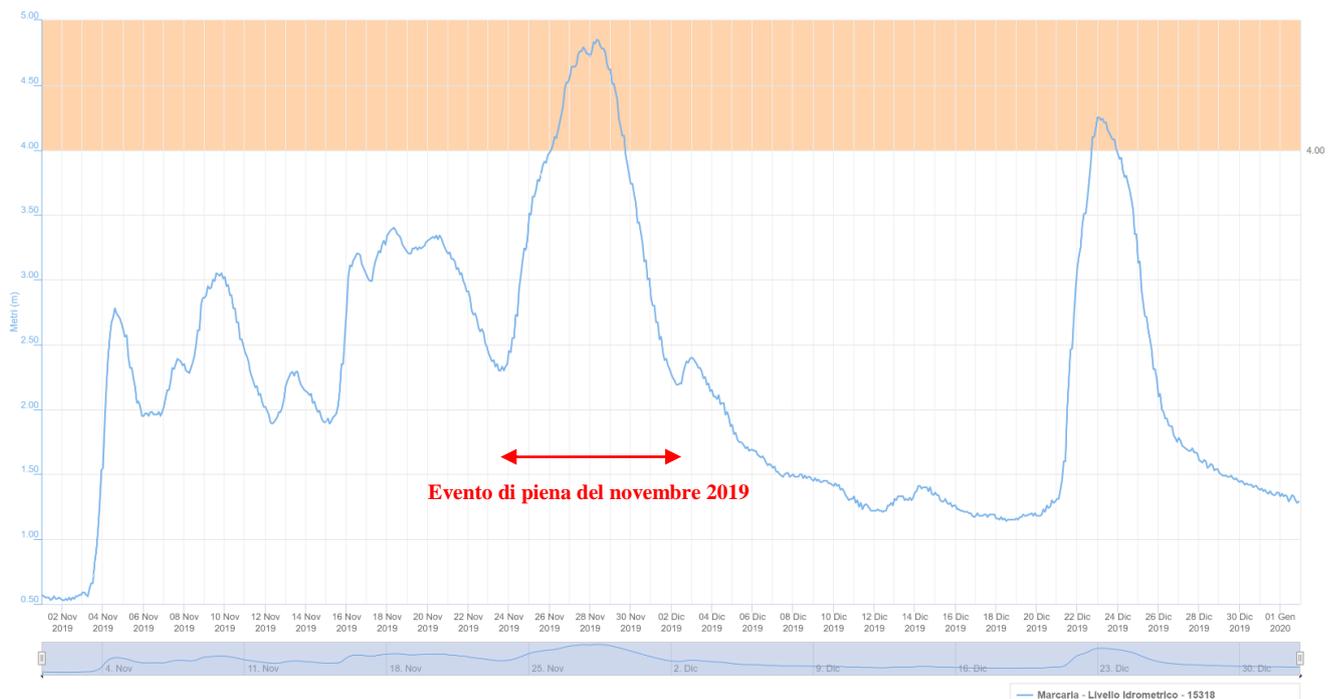


Figura 9 – Fiume Oglio: registrazione idrometriche presso la stazione di Marcaria, evento del novembre 2019 (fonte: AIPO).

Con riferimento ai documenti della pianificazione di bacino, ed in particolare ai livelli idrici per i differenti tempi di ritorno considerati sopra riportati, tale livello idrico (**+24.83 m slm**) corrisponderebbe ad un tempo di ritorno di 3-4 anni. Analizzando nel dettaglio le registrazioni idrometriche raccolte, il livello idrico massimo misurato durante l'evento del novembre 2019 (**+24.83 m slm**) è stato effettivamente raggiunto e/o superato almeno una volta ogni 4 anni, nell'ultimo ventennio, come mostrato nella figura seguente.

Verificata l'attendibilità della ricostruzione dell'evento del novembre 2019 (associabile quindi ad un tempo di ritorno di 4 anni), si è proceduto alla stima della corrispondente portata al colmo, sulla base dei dati forniti dall'Autorità di bacino del Fiume Po. Nello specifico, la portata associata ad un tempo di ritorno di 4 anni ammonta a **464.4 mc/s** (valore ricavato da interpolazione dei valori disponibili per gli altri tempi di ritorno, sopra indicati). Adottando quindi l'idrogramma di piena in forma adimensionale precedentemente introdotto, è stato ricostruito l'idrogramma di piena corrispondente all'evento del novembre 2019 (Figura 11). Nello

APPALTATORE: Mandatario:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA				
PROGETTAZIONE: Mandatario:   					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO					
PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 23

specifico, l'idrogramma di piena ricavato ha una durata di circa 10 giorni, corrispondente alla durata della piena registrata presso l'idrometro di Marcaria, dal 23 novembre 2019 al 2 dicembre 2019.

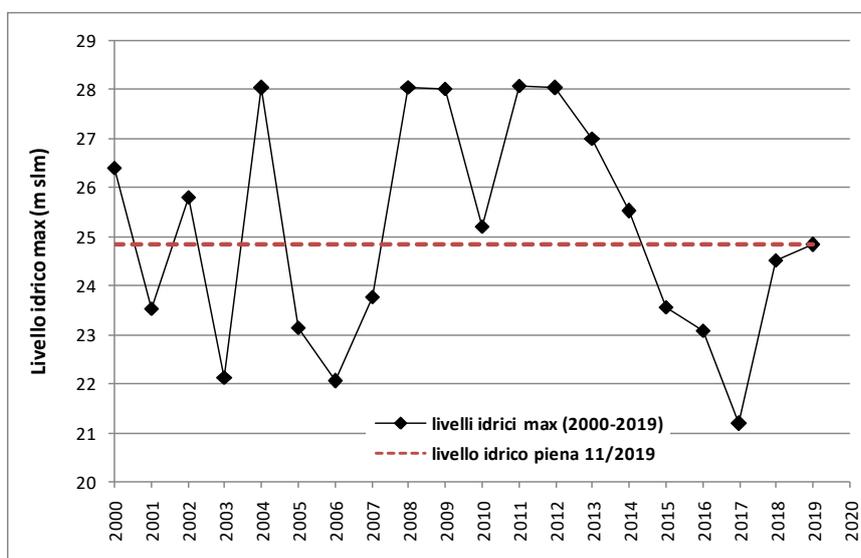


Figura 10 – Fiume Oglio: livelli idrici massimi raggiunti nell'anno, misurati presso la stazione di Marcaria, nell'ultimo ventennio.

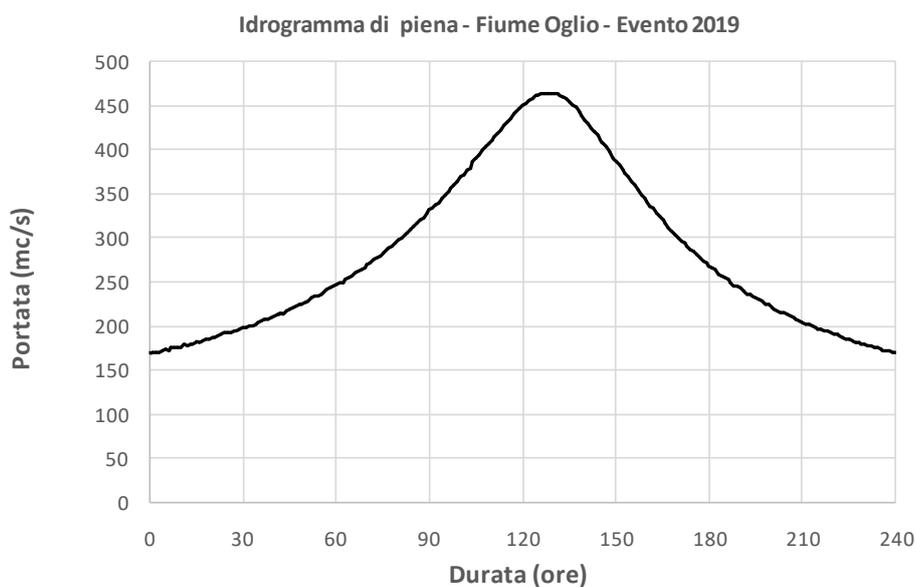


Figura 11 – Fiume Oglio: ricostruzione dell'idrogramma di piena dell'evento del novembre 2019.

APPALTATORE: Mandataria: Mandanti: 	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA					
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandanti: 						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	PROGETTO NM55	LOTTO 03.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.01.001	REV. A	PAGINA 24

4.3. Definizione delle portate per il dimensionamento delle opere provvisionali

Durante la costruzione delle opere di attraversamento fluviale (nel caso specifico del nuovo Viadotto VI02 sul Fiume Oglio), cioè prima che le stesse abbiano raggiunto il loro assetto definitivo, si pone il problema della definizione della portata di riferimento per il dimensionamento delle eventuali opere provvisionali del periodo transitorio.

A tal proposito, per la scelta della portata da utilizzare nella verifica della configurazione di cantiere, si è fatto riferimento alla curva di durata delle portate del Fiume Oglio, nel tratto fluviale sublacuale, riportata nei documenti della pianificazione di bacino.

Nello specifico, tale curva di durata è stata ricavata da procedure di regionalizzazione, a partire dall'elaborazione dei dati giornalieri di portata, indicati nelle Pubblicazioni del S.I.M.N., registrati presso alcune sezioni fluviali di interesse. Il risultato di tali analisi è rappresentato da una curva di durata adimensionale,

$Q^*(D)$, nella forma:

$$Q^*(D) = \frac{Q(D)}{Q_m}$$

con Q_m = portata media annua, valutabile come:

$$Q_m = a \cdot S^b$$

in cui $a = 0.055$, $b = 0.95$ e S = area del bacino in kmq.

Per il tratto sublacuale del Fiume Oglio è fornita la curva di durata adimensionale riportata in Figura 12.

Per ricavare la curva di durata delle portate nella sezione di interesse, si è proceduto quindi alla stima della portata media annua, Q_m , considerando $S = 5746 \text{ kmq}$ (superficie del bacino del Fiume Oglio a Marcaria, come da Figura 4), da cui $Q_m = 205 \text{ mc/s}$.

APPALTATORE: Mandatario:    	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandatario:   													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NM55</td> <td style="text-align: center;">03.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.00.01.001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	25
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	25								

In Figura 13 e in Tabella 3, si riporta la curva di durata delle portate adottata (alla sezione di chiusura del bacino presso Marcaria) in forma grafica e numerica.

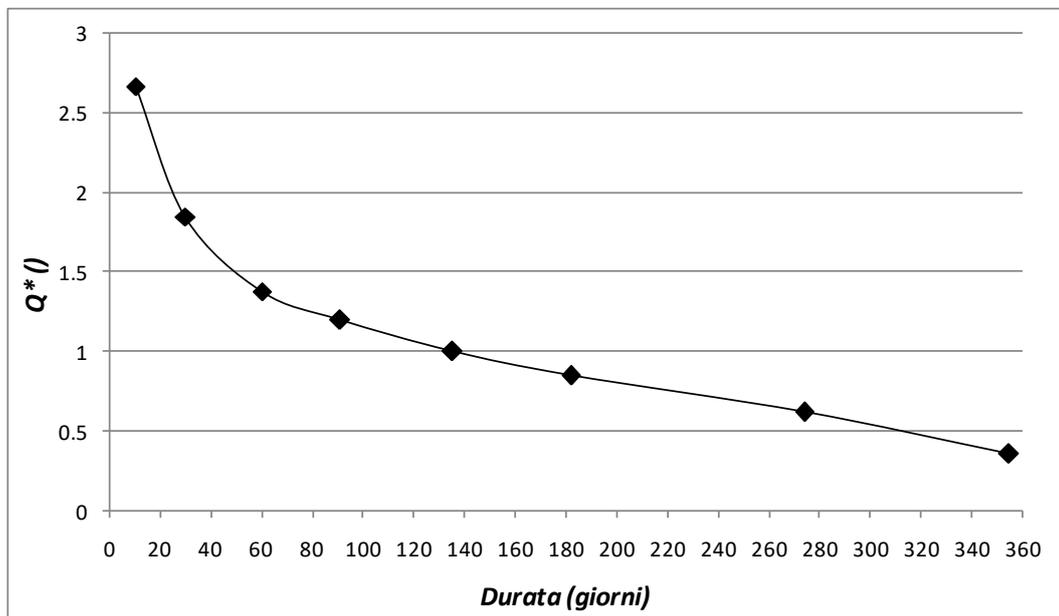


Figura 12 – Fiume Oglio: curva di durata delle portate adimensionale, nel tratto fluviale sublacuale.

APPALTATORE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div>	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROGETTO</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAGINA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NM55</td> <td style="text-align: center;">03.E.ZZ</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">ID.00.01.001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">26</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	26
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	26								

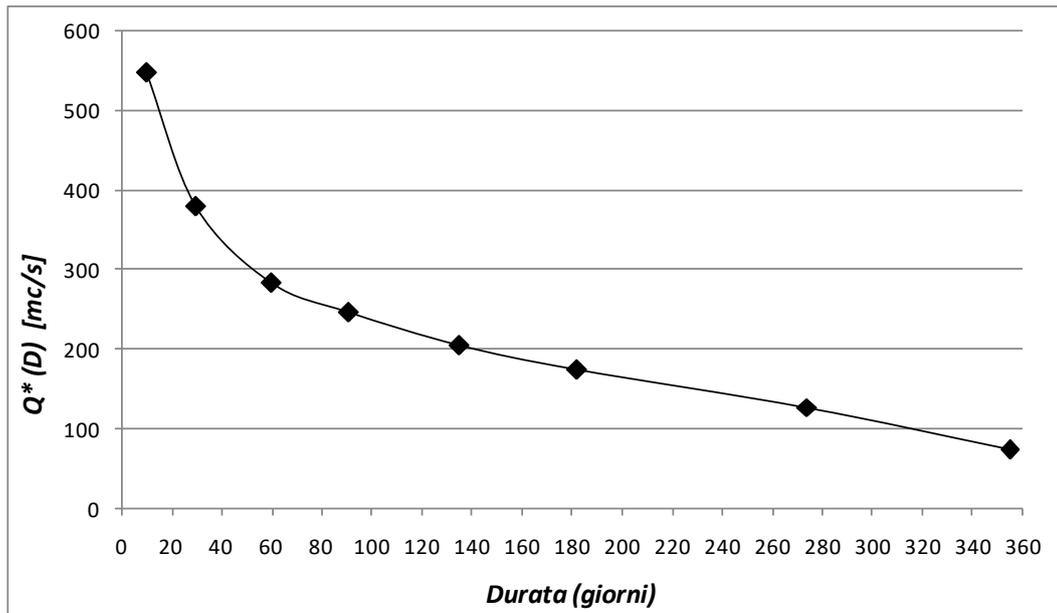


Figura 13 – Fiume Oglio: curva di durata delle portate presso Marcaria.

<i>Durata (giorni)</i>	<i>Q(mc/s)</i>
10	547.4
30	379.3
60	282.9
91	246.0
135	205.0
182	174.3
274	127.1
355	73.8

Tabella 3 – Fiume Oglio: curva di durata delle portate presso Marcaria.

La portata di riferimento è scelta quindi in relazione alla durata delle lavorazioni in alveo, necessarie per la realizzazione del nuovo viadotto (VI02) e all'eventuale periodo di sospensione temporanea del cantiere ammissibile.

<p>APPALTATORE: Mandatario: Mandanti:</p> 	<p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA</p>					
<p>PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandanti:</p> 						
<p>PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO</p>	<p>PROGETTO NM55</p>	<p>LOTTO 03.E.ZZ</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID.00.01.001</p>	<p>REV. A</p>	<p>PAGINA 27</p>

Per maggiori dettagli circa la configurazione delle opere provvisorie ed il corrispondente dimensionamento, si rimanda alla relazione idraulica annessa.

APPALTATORE: Mandataria:  Mandanti:   	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA– MANTOVA												
PROGETTAZIONE: Mandataria:  Mandanti:  													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE IDROLOGICA - FIUME OGLIO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">PROGETTO</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM55</td> <td>03.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.01.001</td> <td>A</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	28
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
NM55	03.E.ZZ	RI	ID.00.01.001	A	28								

5. BIBLIOGRAFIA

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

ADIS . *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica*. Articolo 47 delle NTA del PAI della Regione Sardegna, 2008.

Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.

Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.

De Michele C., Rosso R., Rulli M.C., *IL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE SUL TERRITORIO DELLA LOMBARDIA-Modello di Previsione Statistica delle Precipitazioni di Forte Intensità e Breve Durata*. DIAR-CIMI, Politecnico di Milano, ARPA Lombardia.

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Maione U., *Appunti di idrologia 3*. Le piene fluviali, La Goliardica Pavese, 1977

Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.

Manuale di progettazione RFI (2019).

Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*.Springer, pp. 84-146, 2003.

VenTe Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.