



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
dott. ing. Roberto Bosetti

# autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE  
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

<b>E.9</b>	<b>STUDI SPECIALISTICI</b>
<b>1.</b>	ALLARGAMENTO PONTI SUL FIUME MINCIO E SUL CANALE FISSERO - TARTARO - CANALBIANCO: STUDIO IDRAULICO Relazione idraulica sulle modalità esecutive

0	MAR. 2021	EMISSIONE	EOS	G. VOGEL	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			<b>DIREZIONE TECNICA GENERALE</b>		<b>IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:</b> 
NUMERO PROGETTO: 31/09					

## INDICE

<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GENERALE</b>	<b>4</b>
1.1 IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DELLA TERZA CORSIA	4
1.2 REGIME IDRAULICO DEL FIUME MINCIO	6
1.3 REGIME IDRAULICO DEL CANALE NAVIGABILE FISSERO – TARTARO – CANALBIANCO	7
<b>2. DESCRIZIONE GENERALE DELLA CANTIERIZZAZIONE</b>	<b>8</b>
2.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	8
2.2 PIANIFICAZIONE GENERALE DEL CANTIERE SU TUTTA LA TRATTA	9
<b>3. ORGANIZZAZIONE E AZIONI DI CANTIERE</b>	<b>12</b>
3.1 L'ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	12
3.2 LE OPERE E GLI IMPIANTI A SERVIZIO DEI CANTIERI	13
3.3 I MEZZI O I VEICOLI A SERVIZIO DEI CANTIERI	14
<b>4. LE OPERE PROVVISORIE E LE OPERE DI PROTEZIONE DELLE ARGINATURE</b>	<b>15</b>
4.1 LUNGHEZZA DEL CANTIERE ED ESTENSIONE NELL'AMBITO FLUVIALE	15
4.2 GLI INTERVENTI DI PROTEZIONE DELLE ARGINATURE DEL FIUME MINCIO	16
4.3 RESTRINGIMENTO DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO	17
4.4 INTERFERENZE CON LA NAVIGAZIONE FLUVIALE	17
4.4.1 <i>La navigazione fluviale – premessa</i>	17
4.4.2 <i>Segnaletica lungo le vie navigabili in presenza dei cantieri</i>	20
<b>5. TEMPISTICHE E SUCCESSIONE DELLE FASI REALIZZATIVE</b>	<b>23</b>
5.1 CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI	23
5.2 FASI REALIZZATIVE PER L'ADEGUAMENTO DEGLI ATTRAVERSAMENTI FLUVIALI	23
5.2.1 <i>Fase di traffico 1</i>	23
5.2.2 <i>Fase di traffico 2</i>	24
5.2.3 <i>Fase di traffico 3</i>	25
5.3 SEQUENZA OPERATIVA DELLE PROCEDURE ESECUTIVE	26
5.3.1 <i>Sequenza operativa: Fiume Mincio</i>	26
5.3.2 <i>Sequenza operativa: Canale Fissero – Tartaro – Canalbianco</i>	29
<b>6. ANALISI IDRAULICA IN FASE DI CANTIERE</b>	<b>32</b>
6.1 SCHEMA DI CALCOLO E MODELLO IDRAULICO	32
6.2 FIUME MINCIO	37

6.2.1	<i>Parametri idrodinamici</i>	37
6.2.2	<i>Modalità di deflusso in piena</i>	38
6.3	CANALE FISSERO – TARTARO – CANALBIANCO	45
6.3.1	<i>Parametri idrodinamici</i>	46
6.3.2	<i>Modalità di deflusso in piena</i>	47
<b>7.</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI NELLA FASE ESECUTIVA</b>	<b>53</b>
7.1	INTERAZIONI TRA CANTIERE E OPERE DI DIFESA IDRAULICA (ARGINATURE)	54
7.2	EFFETTI DEL CANTIERE SUL PROFILO D'INVILUPPO DI PIENA	55
7.3	EFFETTI DEL CANTIERE SULL'ASSETTO MORFOLOGICO DELL'ALVEO INCISO	56
7.4	EFFETTI SULLA NAVIGAZIONE FLUVIALE	57
<b>8.</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>59</b>

## **PREMESSA**

Il progetto per la realizzazione della terza corsia dell'Autostrada Brennero – Modena (A22) tra Verona e Modena, prevede l'allargamento delle carreggiate autostradali nord e sud. Di conseguenza, tutte le opere di attraversamento dei corsi d'acqua interessati dal progetto devono essere adeguati.

La presente relazione è inerente alla cantierizzazione dei lavori per l'adeguamento funzionale e sismico del viadotto sul Fiume Mincio ubicato in corrispondenza della progressiva chilometrica 262+446 e la demolizione e la ricostruzione del ponte autostradale sul canale navigabile "Fissero – Tartaro – Canalbianco" in corrispondenza della progressiva chilometrica 261+950.

L'incarico è stato affidato allo scrivente "EOS Ingegneria" con l'obiettivo di valutare le fasi di cantierizzazione, le opere provvisorie e le interferenze delle fasi di lavoro con il regime idraulico del fiume Mincio e del canale Fissero Tartaro.

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE

### 1.1 Il progetto di realizzazione della terza corsia

Il tratto autostradale oggetto di ampliamento ricade nel territorio delle regioni Veneto, Lombardia ed Emilia Romagna nella zona ai piedi delle alpi che parte da Verona e percorre la pianura padana in direzione Modena.

In particolare la tratta interessata dall'ampliamento attraversa le provincie di Verona, Mantova, Reggio Emilia e Modena.

L'autostrada così come configurata in origine si sviluppa per una lunghezza complessiva di 313.08 chilometri tra il passo del Brennero e l'interconnessione con l'Autostrada A1 nei pressi di Modena. La sezione del tracciato attuale è composta da due carreggiate, due corsie di emergenza, da due banchine e da uno spartitraffico centrale.

Le sezioni lungo l'intero tracciato sono di tre tipi a seconda dell'ingombro dello spartitraffico centrale ed in particolare:

- Sezione da 22.10 m complessivi composta da due corsie per senso di marcia di 7.5 m di larghezza, due corsie di emergenza di 2.50 m di larghezza, da due banchine da 0.50 m di larghezza e da uno spartitraffico centrale da 1.10 m.
- Sezione da 24.00 m complessivi composta da due corsie per senso di marcia di 7.5 m di larghezza, due corsie di emergenza di 2.50 m di larghezza, da due banchine da 0.50 m di larghezza e da uno spartitraffico centrale da 3.00 m.
- Sezione da 33.50 m complessivi composta da due corsie per senso di marcia di 7.5 m di larghezza, due corsie di emergenza di 2.50 m di larghezza, da due banchine da 0.50 m di larghezza e da uno spartitraffico centrale da 12.00 m.

Il tratto interessato dalla realizzazione della terza corsia è prevalentemente quello con sezione da 33.50 metri ed è compreso tra l'interconnessione con l'Autostrada A4 nei pressi di Verona e l'interconnessione con l'Autostrada A1 nei pressi di Modena per una lunghezza complessiva di circa 90 chilometri.

La nuova sezione di progetto prevede di utilizzare l'area di spartitraffico centrale al fine di diminuire gli espropri necessari alla realizzazione dell'opera ed in particolare si configurerà con tre corsie di marcia di larghezza 3.75 m ciascuna, due corsie di emergenza con larghezza pari a 3.50 m

(una per ogni senso di marcia), un franco psicotecnico di larghezza 0.45 m per ogni senso di marcia in adiacenza allo spartitraffico, uno spartitraffico di 3.0 m e arginelli erbosi esterni per una larghezza complessiva di progetto pari a 33.50 m.

Per quanto concerne le opere di attraversamento esistenti si prevede l'adeguamento delle stesse per consentire l'ampliamento della corsia.

In particolare i manufatti presenti sono riassumibili in tre categorie distinte:

1. Opere che presentano un varco in corrispondenza dell'attuale spartitraffico che dovrà essere chiuso;
2. Opere adiacenti senza spartitraffico;
3. Opere che per conformazione geometrica e/o capacità portante dovranno essere demolite e ricostruite.

Si evidenzia che all'ultima categoria appartengono gli attraversamenti oggetto della presente relazione ossia il ponte sul canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco e il ponte sul fiume Mincio.



Attraversamento sul fiume Mincio (a sinistra) e sul canale Fissero – Tartaro – Canalbianco (a destra)

Nel dettaglio entrambi gli attraversamenti sono costituiti da due impalcati accostati di larghezza 11.95 m senza spazio tra le due carreggiate per realizzare la terza corsia.

Per essi il progetto prevede l'allargamento a monte idraulico delle pile e delle spalle nonché la demolizione e ricostruzione dell'impalcato per fasi successive fino al raggiungimento della larghezza necessaria per consentire l'ampliamento.

Lo schema statico degli impalcati è del tipo a trave continua su più appoggi con struttura mista acciaio – calcestruzzo.

Le pile esistenti ricadenti negli alvei dei due corsi d'acqua saranno allargate e rinforzate.

## 1.2 Regime idraulico del fiume Mincio

Il fiume Mincio che ha origine dal lago di Garda è un fiume regolato dall'opera di sbarramento di Ponti sul Mincio – Monzambano a sud del lago stesso.

Il Piano di Regolazione del lago di Garda, redatto nel 1957, è stato approvato dal Consiglio Superiore dei LL. PP. nel 1965 e nel 1984 e la Commissione per l'esercizio della regolazione del lago ha stabilito i livelli attualmente operativi e riassunti nella tabella seguente.

Periodo	Normale [m]	Eccezionale [m]
Limite massimo mese di Aprile	+ 1.40	+ 1.75
Limite massimo estivo (da maggio ad agosto)	+ 1.35	-
Limite massimo autunnale (10 sett. – 10 nov.)	+ 0.90	-
Limite minimo	+ 0.063	- 0.05

La regolazione del lago, originariamente affidata al Magistrato alle Acque di Venezia - Nucleo operativo di Verona, dal 2003 è gestita dall'A.I.Po (Agenzia Interregionale per il fiume Po) - Ufficio Operativo di Mantova.

Storicamente la fascia di regolazione del lago ha un'escursione normale di +1.20 m e un'escursione massima di +1.40 m: in occasione di magre eccezionali il livello del lago può scendere a un minimo di -0.05 m e, per eventi meteorici eccezionali, salire a un massimo di +1.75 m.

A sud di Rivalta sul Mincio la morfologia del fiume cambia, formando un complesso sistema paludoso definito "Le Valli del Mincio" fino alle porte di Mantova dove il fiume si trasforma nei tre laghi (Superiore, di Mezzo ed Inferiore) che circondano parzialmente la città.

Il Ponte dei Mulini sostiene a +17.50 m s.l.m. il livello del lago Superiore, che è collegato al lago di Mezzo da due manufatti di scarico, il Vaso di Porto o Vasarone del XIII secolo, e la Vasarina, di origine più recente.

Il Ponte di S. Giorgio separa il lago di Mezzo dal lago Inferiore; la diga Masetti divide il lago Inferiore dalla Vallazza; tutti questi specchi idrici sono mantenuti alla quota di +14.50 m s.l.m.

A valle dei laghi di Mantova e della Vallazza si trova il nodo idraulico di Formigosa, nel comune di Virgilio. Al di là del Fornice di Formigosa le acque del fiume Mincio riprendono il loro corso fino al Po lungo un alveo sistemato a canale navigabile.

Prima dello sbocco in Po a Governolo, nel comune di Roncoferraro, il Mincio è sbarrato da un sostegno scaricatore a tre luci accompagnato da una conca di navigazione.

Il corso d'acqua sfocia in Po e segue il regime idrometrico di quest'ultimo: nella sezione di confluenza la massima piena registrata è a 22.47 m s.l.m. e la minima magra a 10.40 m s.l.m.

E' nel tratto compreso tra lo sbocco in Po e la Vallazza che il percorso autostradale attraversa il corso d'acqua.

### **1.3 Regime idraulico del canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco**

Il canale navigabile Fissero - Tartaro - Canalbianco è un corso d'acqua regolato che si sviluppa a partire da Mantova Valdaro per una lunghezza complessiva pari a circa 135 km (di cui circa 35 km in territorio lombardo) fino al mare, con un percorso sostanzialmente parallelo al fiume Po attraverso le province di Mantova, Verona e Rovigo.

Il canale nel suo complesso è percorribile da imbarcazioni aventi le caratteristiche minime della Va Classe della classificazione C.E.M.T.

Le imbarcazioni della Va Classe C.E.M.T. necessitano di un "tirante d'aria" minimo di 5.25 m e di un pescaggio minimo di 2.5 m.

La portata convogliata all'interno del canale è pressoché costante e pari a circa 30 m<sup>3</sup>/s con una quota di regolazione di 12.50 m s.l.m.

Nella seconda metà degli anni '80 dello scorso secolo furono eseguiti i "Lavori di sistemazione della cunetta d'alveo dell'idrovia Fissero - Tartaro - Canalbianco - Po di Levante mediante dragaggio e rivestimento di sponda" che ha sostanzialmente portato alla configurazione odierna, soprattutto per quanto concerne il tratto lombardo.

## **2. DESCRIZIONE GENERALE DELLA CANTIERIZZAZIONE**

### **2.1 Considerazioni preliminari**

La presente relazione fornisce una descrizione generale del processo di cantierizzazione relativo agli interventi di ampliamento degli attraversamenti fluviali in corrispondenza del fiume Mincio e del Canale Fissero – Tartaro – Canalbianco previsti per la realizzazione della terza corsia dell'Autostrada A22 nella tratta compresa tra Verona e Modena.

Il presente documento ed i relativi allegati hanno lo scopo di descrivere i processi di cantierizzazione per la realizzazione delle opere previste in corrispondenza degli attuali attraversamenti sia in termini di pertinenze che in termine di interferenze con particolare riferimento alle opere idrauliche esistenti ed al regime idraulico dei corsi d'acqua interessati.

I due attraversamenti autostradali sono stati progettati per sostenere i carichi mobili ai sensi dalla Circolare n°384 del 14 febbraio 1962. A seguito dell'aggiornamento normativo in nel campo delle norme tecniche per le costruzioni i manufatti attuali non rispettano quanto prescritto dal vigente D.M. 14.01.2008 e per tale motivo si è dovuto optare per la demolizione parziale e successiva ricostruzione dell'opera.

I nuovi attraversamenti, progettati nel rispetto dei più moderni criteri in materia di tecnica costruttiva e tecnologia dei materiali, avranno una capacità portante in linea con il citato D.M. 14.01.2008 per quanto attiene i ponti di prima categoria.

Le opere in progetto in corrispondenza del fiume Mincio interferiscono con le opere di regimazione idraulica dello stesso corso d'acqua. In ragione di ciò e alla luce delle disposizioni di legge, tuttora vigenti seppure con qualche integrazione e modifica, che hanno regolato e regolano l'attività di Polizia Idraulica e Servizio di Piena (in particolare il R.D. 523/1904 all'art. 96) le competenze in materia di rilascio del null'osta idraulico sono in capo all'A.I.Po (Agenzia Interregionale per il fiume Po) il quale prende in esame e regola tutte le attività che possono arrecare danni alle arginature. Per quanto concerne le opere insistenti sull'idrovia Fissero – Tartaro – Canalbianco – Po di Levante che è amministrativamente di competenza dell'Autorità di Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco, la gestione e la manutenzione ordinaria della via navigabile è curata dalla Regione Veneto e dalla Regione Lombardia le quali hanno facoltà di delegare questi compiti ad Enti direttamente dipendenti oppure ad altre strutture appositamente individuate.

In particolare la Regione Lombardia ha firmato un accordo con l'Agenzia Interregionale per il Fiume Po (A.I.Po) che stabilisce la delega in materia di gestione idraulica e di emissioni di pareri e nulla osta idraulico di tutto il tratto di competenza lombardo.

In relazione all'importante funzione idroviaria che hanno entrambi i corsi d'acqua oltre ad AIPo, sono stati coinvolti, nelle fasi preliminari alla stesura dei presenti documenti, la Regione Lombardia (STER di Mantova) e la Provincia di Mantova che assumono differenti ruoli nella gestione delle idrovie e delle relative infrastrutture connesse.

## **2.2 Pianificazione generale del cantiere su tutta la tratta**

Il progetto prevede l'ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A22 Modena – Brennero tra il casello di Verona Nord e l'intersezione con l'autostrada A1 nei pressi di Modena, per un tratto di complessivi 90 km che si sviluppano in direzione Nord – Sud attraversando le Regioni Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna, nelle Province di Verona, Mantova, Reggio Emilia e Modena.

Nel dettaglio il progetto prevede la realizzazione di una terza corsia autostradale tra le progressive chilometriche 223 e 314, ed è stato suddiviso in tre segmenti territorialmente omogenei riassumibili in:

➤ **Segmento A**

Tra la progressiva chilometrica autostradale 223+100 e 230+717, interamente in territorio veneto;

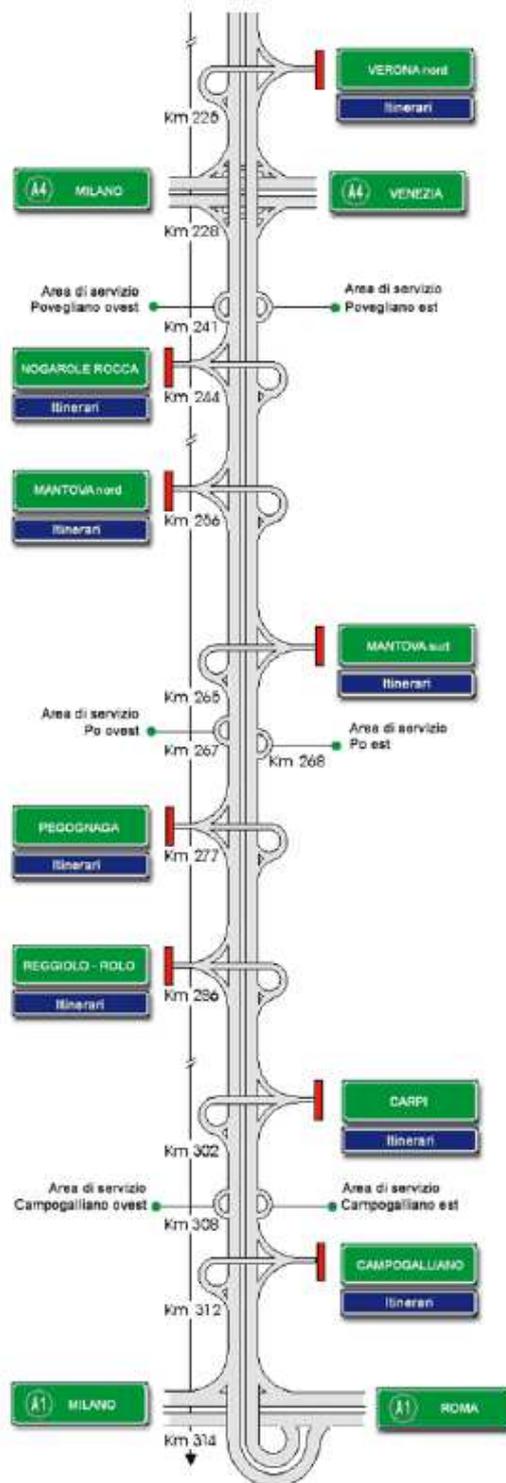
➤ **Segmento B**

Tra la progressiva chilometrica autostradale 230+717 e 312+200 in territorio veneto, lombardo ed emiliano;

➤ **Segmento C**

Tra la progressiva chilometrica autostradale 312+200 e l'intersezione con la A1 Milano – Napoli interamente in territorio emiliano.

Nella figura seguente viene schematizzato il tratto oggetto d'intervento con identificazione della tratta autostradale, dei caselli e delle aree di servizio presenti.



Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento

La sezione attuale presenta una larghezza complessiva di 33.50 m, compreso lo spartitraffico di larghezza pari a 12.0 m, sistemato a verde e provvisto di barriera metallica di sicurezza.

Il progetto prevede la realizzazione della terza corsia per la quasi totalità nella fascia centrale a verde, senza quindi ricorrere ad espropri lungo i margini esterni dell'attuale sede stradale.

La nuova sezione sarà pertanto composta da 3 + 3 corsie di marcia, di larghezza pari a 3,75 m, corsie di emergenza da 3,50 m, franchi da 45 cm in adiacenza allo spartitraffico.

Un'esigenza primaria nella pianificazione della cantierizzazione è quella di garantire il mantenimento di due corsie aperte al traffico per ciascun seno di marcia durante l'intera esecuzione dei lavori, compresi i lavori di rifacimento dei ponti sul Mincio e Fissero Tartaro Canalbianco.

Il manufatto di attraversamento del fiume Mincio è attualmente costituito da due impalcati accostati di larghezza pari a 11,95 m, senza quindi lo spazio utile tra le due carreggiate per la costruzione della terza corsia.

Il restringimento della sezione in corrispondenza dei ponti è stato realizzato mediante il progressivo accostamento della carreggiata in direzione Sud - Nord.

Il progetto prevede pertanto l'allargamento delle pile e delle spalle dei ponti sul lato di monte, rispetto ai corsi d'acqua, seguito dalla completa demolizione e ricostruzione dell'impalcato per fasi successive, così come verrà descritto nei successivi paragrafi.

Il ponte di attraversamento sul canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco è attualmente costituito da un impalcato in calcestruzzo armato precompresso a campata unica di luce pari a circa 25 m. Il progetto prevede la demolizione completa con successiva ricostruzione dell'impalcato con l'allargamento ed allungamento delle pile e delle spalle per fasi successive, così come verrà descritto nei successivi paragrafi.

### 3. ORGANIZZAZIONE E AZIONI DI CANTIERE

#### 3.1 L'organizzazione del cantiere

La localizzazione delle opere di progetto relative all'adeguamento dei due attraversamenti ha necessitato di un'analisi di dettaglio che ha valutato, oltre che le esigenze operative come ad esempio il vincolo di garantire attive due corsie per senso di marcia durante le fasi di adeguamento dei manufatti, anche i seguenti aspetti:

- garantire una capacità produttiva giornaliera, settimanale e mensile in ordine con il cronoprogramma dei lavori sia in termini di consistenza delle attrezzature che delle maestranze da impiegare;
- garantire un'adeguata superficie necessaria ad ospitare le attrezzature, i macchinari e le aree di stoccaggio dei materiali senza interferire eccessivamente con le opere idrauliche presenti;
- consentire una facile accessibilità rispetto alla viabilità locale e alle aree golenali;
- limitare l'impatto sulla sezione di deflusso sia dell'alveo inciso, sia nelle aree golenali;
- evitare di indebolire le arginature con particolare riferimento a quelle del fiume Mincio;
- limitare gli impatti sul traffico navale sia commerciale che turistico.

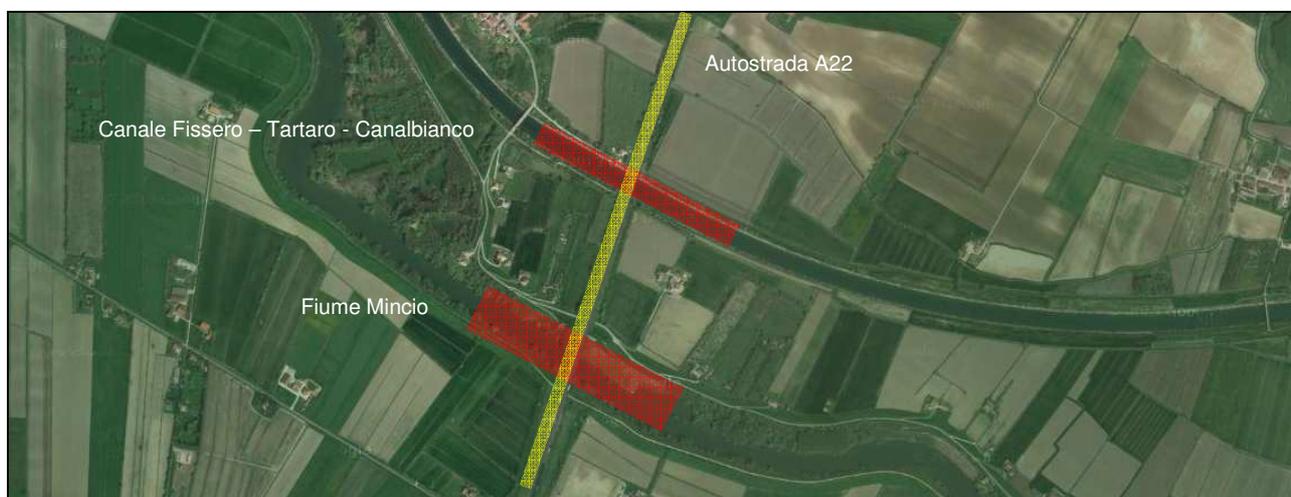
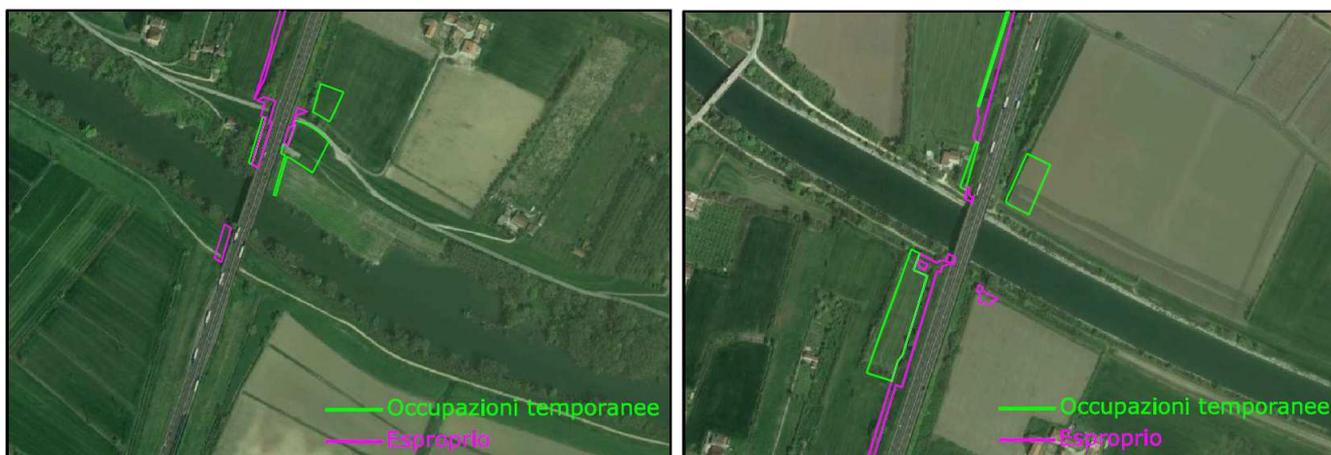


Immagine aerea degli attraversamenti oggetto d'intervento

Si prevede di creare due sub-cantieri operativi collocati rispettivamente in corrispondenza del fiume Mincio e del canale Fissero –Tartaro – Canalbianco come riportato schematicamente nell'elaborato grafico (Allegato 2.5) alla presente relazione.

Le aree di cantiere verranno realizzate in corrispondenza di quelle oggetto d'esproprio e di occupazione temporanea.



Indicazione delle aree oggetto di esproprio ed occupazione temporanea (a sx Fiume Mincio – a dx Fissero Tartaro)  
In particolare si prevede che nelle aree oggetto di occupazione temporanea vengano realizzati i baraccamenti, le zone di deposito e gli impianti a servizio del cantiere.

I cantieri operativi avranno la funzione di coordinamento e controllo delle lavorazioni afferenti ad ogni attraversamento e avranno la funzione di deposito materiali, mezzi, attrezzature e stoccaggio materiali. Si precisa inoltre che gli stessi cantieri operativi non influiranno in maniera negativa sulle dinamiche dei corsi d'acqua ne sulle arginature presenti che, come descritto nei successivi capitoli, verranno adeguatamente protette da opere realizzate preventivamente.

### **3.2 Le opere e gli impianti a servizio dei cantieri**

Come riportato nel precedente paragrafo entrambi gli interventi di adeguamento degli attraversamenti utilizzeranno un'area di cantiere unica denominata "campo – base".

Il "campo – base" verrà dotato degli apprestamenti necessari alla funzione di controllo e coordinamento delle operazioni oltre che di tutti gli apprestamenti necessari alla cantierizzazione che verranno compiutamente descritti negli elaborati relativi alla gestione della sicurezza in cantiere.

Appare utile evidenziare in tale sede che è indispensabile che all'interno nel campo base venga adottato un sistema di controllo dei livelli dei fiumi interessati dalle lavorazioni (ad esempio un

idrometro temporaneo). Si prevede inoltre di interfacciarsi con gli uffici A.I.Po al fine di controllare le condizioni idrauliche dei corsi d'acqua.

Oltre a quanto sopra descritto si rende indispensabile anche il controllo del traffico navale sia lungo l'idrovia Fissero – Tartaro – Canalbianco, sia lungo il corso del fiume Mincio soprattutto nel caso in cui si renda necessario il transito di imbarcazioni di notevole dimensioni.

Tale controllo dovrà prevedere periodiche comunicazioni agli enti preposti (A.I.Po, Regione Lombardia e Provincia di Mantova) dello stato di avanzamento dei lavori ed eventuali convocazioni di riunioni necessarie a concordare le operazioni durante le fasi lavorative maggiormente impattanti sulle opere di difesa idraulica o sul traffico navale.

Nei cantieri operativi verranno collocati tutti gli impianti necessari al funzionamento delle macchine e delle attrezzature e la creazione delle aree di stoccaggio dei materiali e di ricovero dei mezzi.

All'interno dei cantieri operativi sono previste inoltre molteplici aree in cui si articoleranno più specificatamente le attività funzionali alla realizzazione delle opere in progetto.

### **3.3 I mezzi o i veicoli a servizio dei cantieri**

Per la realizzazione delle opere relative ad entrambi gli attraversamenti si può prevedere l'impiego dei classici macchinari per la realizzazione di opere civili ed identificabili come segue:

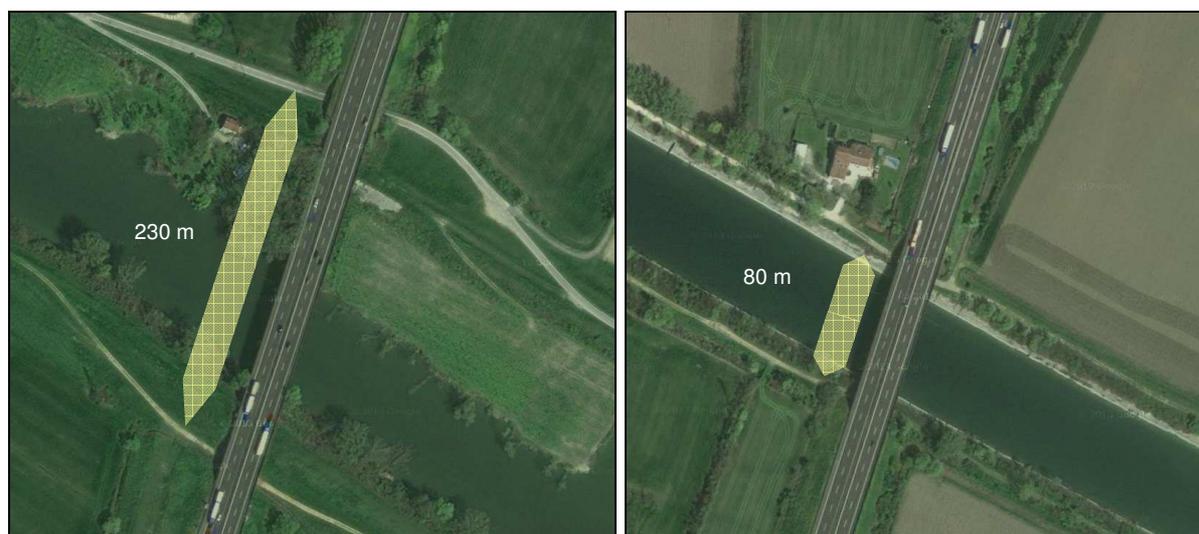
- Autocarri e dumper
- Autogru idrauliche ed a traliccio
- Autobetoniere e autobotti
- Pompe per calcestruzzo
- Trivelle per esecuzione pali
- Trivelle per esecuzione micropali
- Perforatrici per tiranti
- Macchine per jet grouting
- Pale meccaniche
- Escavatori
- Rulli compattatori
- Compressori
- Vibratori per calcestruzzo, vibrofinitrici
- Autovetture

## 4. LE OPERE PROVVISORIALI E LE OPERE DI PROTEZIONE DELLE ARGINATURE

### 4.1 Lunghezza del cantiere ed estensione nell'ambito fluviale

Le opere di adeguamento degli attraversamenti fluviali del fiume Mincio e del canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco interessano una lunghezza di circa un chilometro di tratta autostradale. I due corsi d'acqua sono tra loro pressoché paralleli in corrispondenza degli attraversamenti e distano tra loro circa 400 m.

L'estensione dei corsi d'acqua nel senso trasversale agli stessi è rispettivamente di circa 230 m per il fiume Mincio (da sommità arginale a sommità arginale) e di circa 80 m per il canale Fissero – Tartaro – Canalbianco (da sponda a sponda).



Estensione trasversale degli attraversamenti oggetto d'intervento

Le opere di adeguamento previste, come già descritto in precedenza, interessano tutta la sezione di deflusso dei due corsi d'acqua e un'estensione longitudinale di circa 150 m sia per il fiume Mincio che per il canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco.

La principale interferenza dei corsi d'acqua è dettata dalla necessità di creare delle isole provvisorie che consentano di operare in condizioni di asciutto sulle pile in alveo. Tale opera provvisoria consentirà, oltre che l'adeguamento delle fondazioni e del corpo delle pile, anche di creare un piano di lavoro temporaneo per le operazioni di demolizione dei vecchi impalcati e di posa di quelli nuovi.

## 4.2 **Gli interventi di protezione delle arginature del fiume Mincio**

La necessità di intervenire in corrispondenza di tutte le pile e delle spalle dell'attuale manufatto di attraversamento implica un parziale rimaneggiamento delle arginature esistenti. Al fine di risolvere le problematiche derivanti da tale rimaneggiamento è stato introdotto un sistema di protezione delle arginature stesse che permetta la movimentazione del materiale garantendo nel contempo la stabilità durante la fase di cantiere e la tenuta idraulica nella successiva fase post – opera.

Il sistema di protezione delle arginature è così composto:

- Doppia fila di jet-grouting compenetrato con caratteristiche compatibili con i terreni costituenti l'arginatura;
- Palancolato in acciaio con funzioni di barriera idraulica e di sostegno strutturale.

Le colonne di jet-grouting verranno realizzate in sommità arginale, sia in sinistra che in destra idraulica. Lo spessore della colonna sarà pari a 1.80 m complessivi costituiti da due colonne tra loro compenetrante ed aventi profondità di circa 16.50 m fino a raggiungere la profondità di un metro sotto la quota minima dell'alveo inciso.

L'estensione planimetrica delle colonne di jet-grouting è pari a circa 45 m per quanto concerne il corpo centrale da realizzarsi parallelamente all'argine e 15 m di ammorsamento a monte e valle da realizzarsi con un'angolazione di circa 25° rispetto alle arginature stesse.

Pertanto l'estensione complessiva è di circa 75 m, sia in sinistra che in destra idraulica, con realizzazione in due fasi temporali distinte così come meglio descritto nel paragrafo relativo alla successione delle diverse procedure esecutive.

Il palancolato metallico, con funzioni strutturali di contenimento delle spinte derivanti dal terreno e dal possibile innalzamento delle acque, verrà realizzato in destra idraulica in corrispondenza della pila 6 collocata all'interno dell'arginatura.

Il palancolato verrà realizzato a lato fiume per una lunghezza di 75 m e ad una distanza di circa 9 m dalla colonna di jet-grouting. Esso avrà una profondità complessiva di 12 m (1/3 al di fuori dell'arginatura e 2/3 infisso nell'arginatura).

Tale palancolato sarà realizzato con due metodologie costruttive distinte ed in particolare:

1. infissione della palancola di lunghezza 12 m all'esterno dell'impalcato esistente;
2. infissione di 4 conci successivi di palancola da 3 m saldati tra loro nel corso della fase di infissione al di sotto dell'impalcato esistente.

Il palancoolato realizzato con la prima metodologia di infissione ha uno sviluppo pari a circa 49 m compresi gli ammorsamenti e il secondo ha uno sviluppo di circa 26 m.

All'ultimazione dei lavori la parte di palancoolato al di sotto dell'impalcato verrà tagliato in corrispondenza della scarpata arginale mentre la parte restante verrà estratta.

### **4.3 Restringimento della sezione di deflusso**

Il progetto di ampliamento degli attraversamenti in corrispondenza sia del fiume Mincio che del canale Fissero – Tartaro – Canalbianco prevede il parziale restringimento della sezione di deflusso di entrambi i corsi d'acqua.

Esso è dovuto alla realizzazione di isole provvisorie necessarie per l'esecuzione del jet-grouting che permette di lavorare all'asciutto sulle fondazioni.

Il restringimento prevede un varco di circa 15 m che permetta il transito delle imbarcazioni senza sensibili modifiche della capacità di deflusso della sezione durante gli eventi di piena. Inoltre verrà garantito il tirante d'aria necessario alla navigazione commerciale in corrispondenza dell'attraversamento del canale Fissero – Tartaro – Canalbianco.

Entrambe le sponde del restringimento verranno difese con la messa in opera per tutto lo sviluppo di pietrame non gelivo della pezzatura minima di 50 kg.

Il jet-grouting in corrispondenza delle pile in alveo avrà una sezione tipo ad H con altezza totale pari a 12 m e larghezza massima pari a 10.5 m. Lo spessore della parete sarà pari a 1.8 m.

I muri provvisori in jet-grouting saranno demoliti non appena ultimate le operazioni di completamento degli attraversamenti al fine di ridurre l'arco temporale di restringimento della sezione di deflusso.

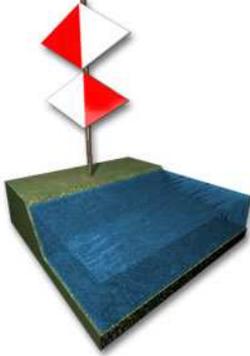
### **4.4 Interferenze con la navigazione fluviale**

#### **4.4.1 La navigazione fluviale – premessa**

Per navigare in sicurezza lungo le vie navigabili artificiali come il canale Fissero – Tartaro – Canalbianco e lungo i fiumi navigabili come il fiume Mincio occorre seguire determinati tragitti d'allineamento, dirigendo la prora verso la segnaletica predisposta lungo la sponda. I principali segnali sono quattro "di sponda" con significato di chiamata, rimando, chiamata e rimando, prosecuzione. Esistono poi altri importanti segnali di cui si riporta un breve estratto necessario

all'approntamento della segnaletica fluviale al fine di garantire le condizioni di navigazione in sicurezza a seguito dell'installazione di cantieri in corrispondenza dei tratti navigabili.

	<p><b>SEGNALE DI CHIAMATA</b></p> <p>Dirigersi verso la sponda dove si trova il segnale</p>
	<p><b>SEGNALE DI RIMANDO</b></p> <p>Abbandonare la sponda dove si trova il segnale</p>
	<p><b>SEGNALE DI CHIAMATA E RIMANDO</b></p> <p>Dirigersi verso la sponda e abbandonarla immediatamente dopo averla raggiunta</p>

	<p><b>SEGNALE DI PROSECUZIONE</b></p> <p>Proseguire lungo la sponda dove si trova il segnale fino ad avviso successivo</p>
	<p><b>SEGNALE DI SCOSTATA</b></p> <p>Allontanarsi verso la sponda e rientrare immediatamente</p>

Il regolamento guida della segnaletica fluviale e delle vie di navigazione interna per i tratti analizzati nella presente relazione è quello riportato nell'“Intesa interregionale tra le regioni Emilia Romagna, Lombardia, Veneto e Piemonte per l'esercizio delle funzioni amministrative regionali in materia di navigazione interna sul fiume Po e idrovie collegate”.

Si evidenzia che tale regolamento all'art. 72 “Passaggio sotto i ponti” prescrive il divieto di incrociare o sorpassare al di sotto degli impalcati e nelle loro immediate vicinanze.

Se sussiste il pericolo di incrociare in vicinanza o sotto un ponte, l'unità nautica in ascesa deve attendere a valle del ponte che quella in discesa sia transitata. Qualora la sicurezza della navigazione lo richieda, le unità nautiche devono annunciare per tempo il loro avvicinarsi al ponte emettendo «un suono prolungato».

In accordo con l'Agenzia Interregionale per il Fiume Po, Regione Lombardia e la Provincia di Mantova si prevede l'installazione di alcuni apprestamenti che consentano di agevolare il transito dei natanti in corrispondenza degli attraversamenti del fiume Mincio e del canale Fissero – Tartaro – Canalbianco durante l'esecuzione delle opere.

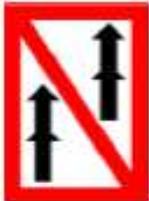
#### 4.4.2 Segnaletica lungo le vie navigabili in presenza dei cantieri

Entrambi i cantieri previsti, come riportato nei precedenti paragrafi, prevedono la realizzazione di isole provvisorie necessarie per le fasi di adeguamento delle fondazioni esistenti e per le fasi di demolizione e ricostruzione del nuovo impalcato.

La sezione di entrambi i corsi d'acqua verrà modificata introducendo un restringimento su entrambe le sponde che prevede un varco di circa 15 m atto a consentire il transito delle imbarcazioni.

Alla luce di ciò ed in relazione al fatto che tale restringimento costituisce una possibile fonte di rischio per le imbarcazioni transitanti si prevede di istituire, in accordo con gli enti preposti alla gestione e alla regolazione della navigazione fluviale, un senso unico alternato con relativa segnaletica di avvertimento.

Il regolamento sopra citato riporta tre segnaletiche di riferimento per l'attuazione del senso unico lungo la via navigabile ed in particolare:

	<p><b>DIVIETO DI SORPASSARE ED INCROCIARE</b></p> <p>Il segnale indica l'obbligo di accordarsi alle unità nautiche che precedono e acconsentire il passaggio a quelli che provengono in senso contrario.</p>
	<p><b>DIVIETO DI SORPASSO TRA CONVOGLI</b></p>
	<p><b>DIVIETO DI QUALSIASI TIPO DI SORPASSO</b></p>

Oltre ad istituire il senso unico alternato si prevede l'apposizione della cartellonistica di avvertimento di pericolo generico e di larghezza della via navigabile limitata indicante sul pannello la cifra espressa in metri della larghezza effettiva del varco di transito.

	<p><b>SEGNALE DI PERICOLO</b> Effettuare cauta navigazione</p>
	<p><b>SEGNALE DI LIMITAZIONE</b> Limitazione della larghezza della via navigabile (verrà indicata l'effettiva larghezza del varco)</p>

Per consentire e agevolare le manovre dei natanti in corrispondenza dei restringimenti provvisori della via navigabile verranno installate sia a monte che a valle degli attraversamenti delle bricco (compatibili con le prescrizioni dettate dal Parco del Mincio in cui si collocano gli interventi). Si veda la tavola (Allegato 2.4) per maggior dettaglio. Si sottolinea inoltre che la segnaletica fluviale di cantiere individuata dovrà essere installata ed eventualmente integrata in accordo con l'Ufficio Navigazione di AIPo.



Al termine delle lavorazioni, una volta rimosse le opere provvisorie in alveo e a seguito dell'ultimazione dell'impalcato verranno installati i seguenti apprestamenti definitivi:

- A monte e a valle delle pile in alveo verranno installati dei riflettori radar su appositi pali agganciati ai fusti delle pile stesse;
- In corrispondenza dell'impalcato al di sopra di entrambe le vie navigabili verrà collocato in posizione centrale un fanale a luce gialla insieme ad un rombo di colore giallo posti che secondo quanto disposto dall'art. 72 del regolamento di navigazione indicano che è consentito l'incrocio tra le imbarcazioni e la navigazione è autorizzata nei due sensi.

## 5. **TEMPISTICHE E SUCCESSIONE DELLE FASI REALIZZATIVE**

### 5.1 **Cronoprogramma degli interventi**

Al fine di minimizzare l'impatto dei lavori sull'esercizio autostradale e quindi garantire sempre lo scorrimento del traffico su 2+2 corsie, si prevede un programma d'intervento frazionato in tre fasi. Come parametro di riferimento sono stati presi in considerazione i tempi più celeri impiegati in lavori analoghi, caratterizzati cioè da lavorazioni pianificate su più turni, diurni e notturni, nonché nei giorni festivi.

Si prevede pertanto che le lavorazioni in capo all'adeguamento dei manufatti di attraversamento del Fissero – Tartaro – Canalbianco e del fiume Mincio dovranno pertanto essere ultimati entro 650 giorni naturali e consecutivi pari a 93 settimane.

### 5.2 **Fasi realizzative per l'adeguamento degli attraversamenti fluviali**

Per la realizzazione degli attraversamenti sono state suddivisi i lavori in tre fasi di traffico omogenee. Tali fasi di traffico racchiudono al loro interno le sottofasi di lavoro necessarie ad ultimare le opere che consentano di mantenere attive sempre quattro corsie di marcia (due per senso di marcia) minimizzando così il rischio di congestione del traffico stesso.

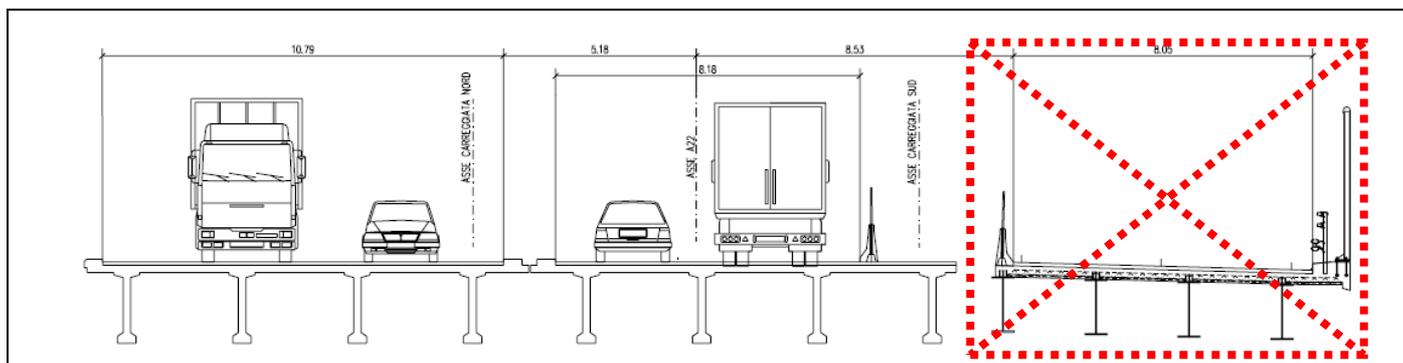
#### 5.2.1 **Fase di traffico 1**

La fase di traffico 1 prevede la realizzazione di un complesso di opere che consentano di dare avvio alla realizzazione di tutte le opere strutturali previste.

In particolare si prevede che in tale fase vengano realizzate le seguenti lavorazioni:

- Allestimento del cantiere con i relativi impianti temporanei;
- Apposizione della segnaletica fluviale di sicurezza;
- Realizzazione delle opere provvisorie a difesa delle piene lungo l'arginatura del fiume Mincio (jet-grouting arginale e palancoato difensivo) lato monte;
- Scavi di fondazione delle pile e delle spalle secondo la sequenza operativa illustrata nei paragrafi successivi;
- Realizzazione delle isole di lavoro per le pile in alveo;
- Demolizione dell'impalcato esistente;
- Realizzazione dei nuovi pali di fondazione;

- Realizzazione delle fondazioni delle spalle e delle pile secondo la sequenza operativa illustrata nei paragrafi successivi;
- Realizzazione delle opere di elevazione delle spalle e delle pile;
- Montaggio nuovo impalcato;
- Realizzazione dei sottopassi e dei tombini previsti.



Schema fase di traffico 1 (in rosso la corsia chiusa al traffico)

### 5.2.2 Fase di traffico 2

In tale fase si prevede la deviazione del traffico autostradale sul nuovo impalcato realizzato nella fase precedente.

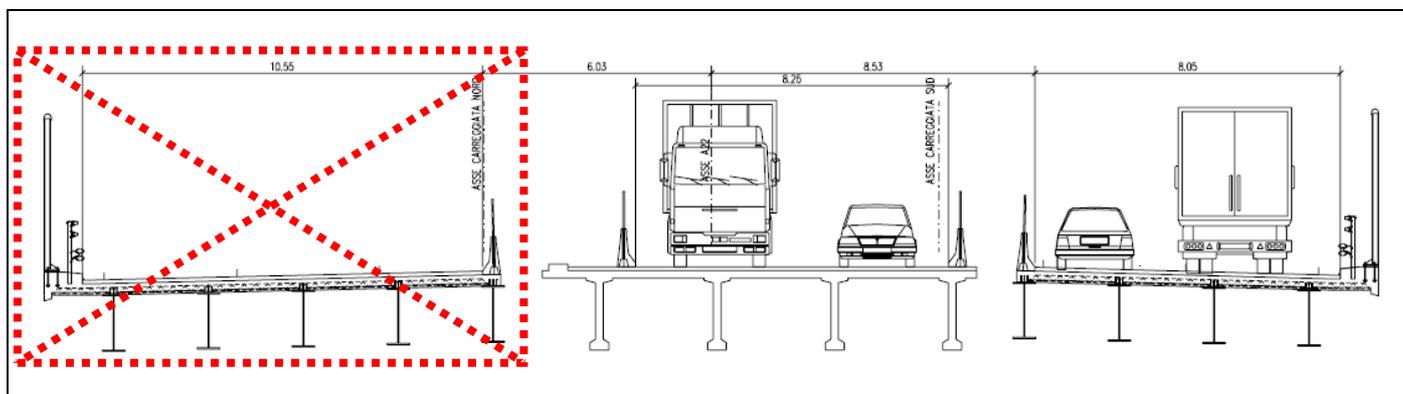
Tale deviazione consente di mantenere attive sempre quattro corsie di marcia (due in corrispondenza del nuovo impalcato per il traffico in direzione Modena e due sul vecchio impalcato in direzione Verona) minimizzando così il rischio di congestione del traffico stesso.

Si prevede la realizzazione di un complesso di opere che consentano di adeguare le opere strutturali degli attuali manufatti di attraversamento.

In particolare è previsto che vengano realizzate le seguenti lavorazioni:

- Deviazione del traffico autostradale;
- Completamento delle opere provvisorie a difesa delle piene lungo l'arginatura del fiume Minicio (jet-grouting arginale e palancolato difensivo);
- Jet-grouting per ampliamento fondazioni;
- Demolizione impalcato esistente;
- Realizzazione dei nuovi pali di fondazione;
- Realizzazione delle fondazioni delle spalle e delle pile secondo la sequenza operativa illustrata nei paragrafi successivi;

- Realizzazione delle opere di elevazione delle spalle e delle pile;
- Montaggio nuovo impalcato;



Schema fase di traffico 2 (in rosso la corsia chiusa al traffico)

### 5.2.3 Fase di traffico 3

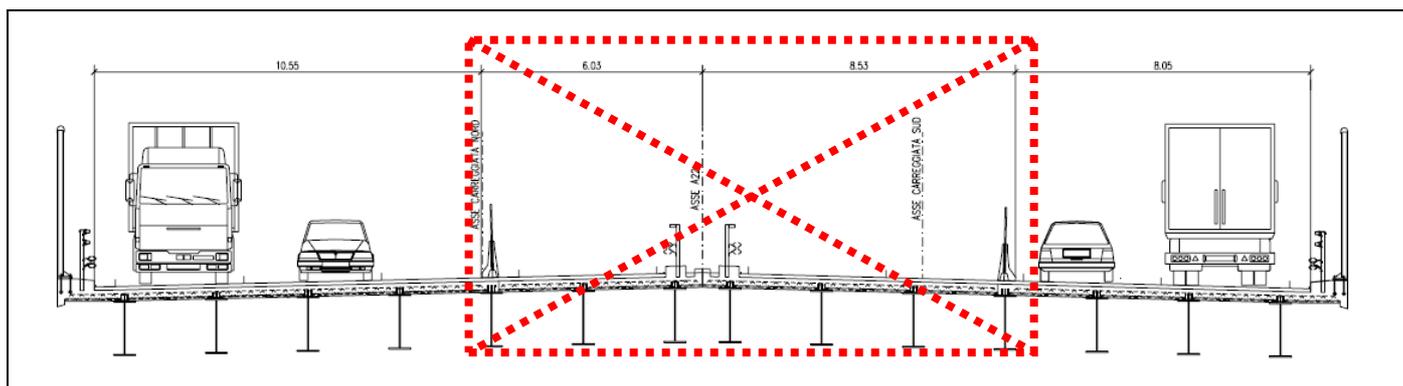
In tale fase si prevede la deviazione del traffico autostradale sul nuovo impalcato realizzato nelle due fasi precedenti.

La deviazione consente di mantenere attive sempre quattro corsie di marcia.

Si prevede la realizzazione di un complesso di opere che consentano di ultimare l'adeguamento delle opere strutturali.

In particolare è previsto che vengano realizzate le seguenti lavorazioni:

- Deviazione del traffico autostradale;
- Jet-grouting per ampliamento fondazioni;
- Demolizione impalcato esistente;
- Realizzazione dei nuovi pali di fondazione;
- Realizzazione delle fondazioni delle spalle e delle pile secondo la sequenza operativa illustrata nei paragrafi successivi;
- Realizzazione delle opere di elevazione delle spalle e delle pile;
- Montaggio nuovo impalcato e opere di finitura;
- Rimozione delle isole di lavoro in alveo e ripristino delle quote di scorrimento dei corsi d'acqua;
- Rimozione di parte del palancolato provvisorio e taglio delle palancole in eccedenza in corrispondenza dell'arginatura del fiume Mincio;
- Dismissione del cantiere.



Schema fase di traffico 3 (in rosso la corsia chiusa al traffico)

### 5.3 Sequenza operativa delle procedure esecutive

L'elaborazione della sequenza operativa relativa alle procedure esecutive da mettere in atto per la realizzazione delle opere in progetto ha considerato due presupposti da perseguire durante tutta la fase di cantiere ossia:

1. Garantire un'adeguata protezione delle arginature;
2. Garantire un'adeguata protezione delle aree di lavoro dai livelli di piena.

Tali principi hanno portato all'elaborazione di una sequenza operativa che consenta di minimizzare i rischi di entrambe le componenti sopra citate.

Le fasi che costituiscono la sequenza operativa sono state identificate distintamente per il fiume Mincio e per il canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco considerando le differenti caratteristiche dei due corsi d'acqua. Si evidenzia, come già emerso nei paragrafi precedenti, che le lavorazioni afferenti ai due corsi d'acqua verranno eseguite contemporaneamente al fine di minimizzare gli impatti sulla circolazione stradale. Di seguito si riportano nel dettaglio le fasi delle sequenze operative distinte per i due corsi d'acqua.

#### 5.3.1 Sequenza operativa: Fiume Mincio

Tutta la sequenza operativa descritta nel seguito è dettagliata nell'elaborato grafico allegato alla presente relazione (Allegato 2.2).

#### Fase 01: Realizzazione opere di protezione arginale

Si prevede la realizzazione, in sinistra ed in destra idraulica, delle opere a protezione delle arginature ed in particolare i muri in jet-grouting nei tratti a monte dell'attraversamento. La presenza dell'attuale impalcato non consente di realizzare il jet-grouting in modo continuo lungo le sommità

arginali. Si prevede quindi di realizzare un jet-grouting verticale da monte verso valle fino all'altezza della corsia in direzione Modena per poi procedere con un jet-grouting inclinato al di sotto dell'impalcato.

Si prevede inoltre la realizzazione del palancolato in destra idraulica al fine di proteggere l'area di scavo in corrispondenza della pila inglobata nell'arginatura.

### **Fase 02: Scavo fondazioni Pila 1 e Pila 5**

In tale fase è previsto lo scavo di sbancamento per la messa a nudo delle fondazioni in corrispondenza della pila 1 e della pila 5 all'interno dell'area golenale del fiume Mincio. Successivamente si prevede anche la realizzazione dello scavo di sbancamento fino alla quota d'imposta dei nuovi pali per l'ampliamento delle pile.

L'accesso dei mezzi avverrà attraverso l'area golenale limitrofa alle arginature.

### **Fase 03: Realizzazione nuovi pali di fondazione Pila 1 e Pila 5**

Questa fase prevede la realizzazione dei nuovi pali di fondazione in corrispondenza della Pila 1 e della Pila 5 con completamento dell'allargamento della fondazione che consente l'appoggio del nuovo impalcato. Si prevede che le macchine operatrici accedano alle aree di scavo fino alla quota d'imposta dei nuovi pali dall'area golenale limitrofa alle arginature.

### **Fase 04: Realizzazione isole di lavoro Pila 3 e Pila 4 e scavi di fondazione Pila 2 e Pila 6**

Realizzazione delle isole di lavoro in corrispondenza della Pila 3 e della Pila 4 con restringimento della sezione di deflusso del fiume Mincio. Le isole di lavoro verranno realizzate con materiale inerte idoneamente compattato per consentire il transito dei mezzi e le scarpate verranno protette dall'erosione delle acque da massi di cava non gelivi di pezzatura non inferiore a 50 kg.

All'interno delle isole in corrispondenza delle pile 3 e 4 è prevista la realizzazione di un jet-grouting che consenta la messa a nudo della fondazione esistente.

In successione verranno eseguiti lo scavo per la messa a nudo della Pila 2, lo scavo di sbancamento della spalla nord, lo scavo di sbancamento della pila 6 e lo scavo di sbancamento della spalla sud.

Tutti gli scavi di sbancamento dovranno essere eseguiti dopo il tombamento degli scavi in corrispondenza della Pila 1 e della Pila 5 per evitare la presenza contemporanea di scavi aperti a lato campagna e a lato fiume delle arginature.

Si evidenzia che il tombamento del terreno a seguito del completamento delle fondazioni della Pila 1 e della Pila 5 verranno idoneamente compattati e rullati fino ad ottenimento di una costipazione adeguata.

#### **Fase 05: Realizzazione nuovi pali di fondazione Pila 2, Pila 3, Pila 4, Pila 6 e spalle**

In questa fase si prevede la realizzazione dei nuovi pali di fondazione in corrispondenza della Pila 2, della Pila 3, della Pila 4, della Pila 6 e delle due spalle con completamento dell'allargamento della fondazione per appoggiare il nuovo impalcato.

#### **Fase 06: Completamento nuovo impalcato corsia sud**

E' previsto il completamento di tutte le opere di sostegno del nuovo impalcato al fine di creare l'allargamento dell'attraversamento. Si prevede, oltre che la posa del nuovo implacato sulla parte di pile e spalle ampliate, anche la rimozione dell'impalcato in corrispondenza della corsia nord con deviazione del traffico gravante su quest'ultima in corrispondenza dell'impalcato restante.

Si prevede inoltre la realizzazione dei terrapieni di completamento delle spalle nella porzione di monte dell'attraversamento.

#### **Fase 07: Scavo fondazioni Pila 1 e Pila 5 (sotto impalcato rimosso corsia nord)**

In tale fase si prevede lo scavo di sbancamento in corrispondenza della Pila 1 e della Pila 5 esistenti in corrispondenza dell'impalcato demolito.

#### **Fase 08: Adeguamento pali di fondazione Pila 1, Pila 2, Pila 3, Pila 4, Pila 5 (sotto impalcato rimosso corsia nord)**

La fase 08 prevede l'adeguamento dei pali di fondazione in corrispondenza della Pila 1 Pila 2, Pila 3, Pila 4 e della Pila 5 in corrispondenza dell'impalcato demolito con completamento dell'allargamento della fondazione che consente l'appoggio del nuovo impalcato.

#### **Fase 09: Scavo di fondazione Pila 6 e spalle**

Si prevede lo scavo di sbancamento per la messa a nudo della Pila 6, lo scavo di sbancamento della spalla nord e lo scavo di sbancamento della spalla sud.

Tutti gli scavi di sbancamento avverranno a seguito del tombamento degli scavi in corrispondenza delle altre pile evitando la presenza contemporanea di scavi a lato campagna e a lato fiume delle arginature.

#### **Fase 10: Realizzazione nuovi pali di fondazione Pila 6 e spalle**

La fase 10 prevede la realizzazione dei nuovi pali di fondazione in corrispondenza della Pila 6 e delle due spalle e completamento dei rilevati in corrispondenza delle spalle lungo la corsia nord con completamento dell'allargamento della fondazione che consente l'appoggio del nuovo impalcato.

#### **Fase 11: Completamento nuovo impalcato corsia nord e rimozione impalcato centrale**

In tale fase si prevede la messa in opera del nuovo impalcato della corsia nord e la demolizione e rimozione dell'impalcato centrale.

#### **Fase 12: Realizzazione nuovi pali di fondazione sotto impalcato centrale pile**

Si prevede il completamento di tutte le fondazioni in corrispondenza delle pile nella porzione centrale dell'impalcato. Ciò avverrà prima dello scavo di fondazione delle spalle al fine di preservare parte delle arginature.

Successivamente verrà eseguita la rimozione del palancole provvisorio con estrazione delle palancole esterne all'impalcato e taglio della sommità delle palancole al di sotto dell'impalcato con conseguente riprofilatura della scarpata arginale.

#### **Fase 13: Scavo di fondazione spalle**

In tale fase si prevede lo scavo di fonazione in corrispondenza della parte centrale delle spalle. Lo scavo dovrà avvenire a seguito del tombamento degli scavi in corrispondenza delle pile.

#### **Fase 14: Completamento spalle**

Verrà eseguito il completamento dei manufatti costituenti le spalle che consente l'appoggio del nuovo impalcato centrale.

#### **Fase 15: Completamento impalcato di attraversamento**

In ultima istanza avverrà il completamento dell'impalcato con la messa in opera della porzione centrale e l'ultimazione delle opere previste.

Verranno quindi rimosse le isole centrali e verrà risagomato l'alveo secondo la geometria iniziale. Si prevede inoltre di mantenere il jet-grouting all'interno delle arginature al fine di garantire la perfetta tenuta idraulica delle stesse.

### **5.3.2 Sequenza operativa: Canale Fissero – Tartaro – Canalbianco**

Tutta la sequenza operativa descritta nel seguito è dettagliata nell'elaborato grafico allegato alla presente relazione (Allegato 2.3).

#### **Fase 01: Realizzazione isole e scavo di fondazione spalle**

Realizzazione delle isole di lavoro in corrispondenza delle due pile in alveo con restringimento della sezione di deflusso. Le isole di lavoro verranno realizzate con materiale inerte idoneamente compattato per consentire il transito dei mezzi e le scarpate verranno protette dall'erosione delle acque da massi di cava non gelivi di pezzatura non inferiore a 50 kg.

All'interno delle isole, in corrispondenza delle pile, è prevista la realizzazione di un jet-grouting che consenta la messa a nudo della fondazione esistente.

In successione verranno eseguiti lo scavo di sbancamento della spalla nord e della spalla sud.

### **Fase 02: Realizzazione nuovi pali di fondazione pile e spalle**

In questa fase si prevede la realizzazione dei nuovi pali di fondazione in corrispondenza delle pile in alveo e delle spalle con completamento dell'allargamento della fondazione che consente l'appoggio del nuovo impalcato.

### **Fase 03: Completamento nuovo impalcato corsia sud e rimozione vecchio impalcato corsia nord**

E' previsto il completamento di tutte le opere di sostegno del nuovo impalcato al fine di creare l'allargamento dell'attraversamento. Si prevede, oltre che la posa del nuovo impalcato sulla parte di pile e spalle ampliate, anche la rimozione dell'impalcato in corrispondenza della corsia nord con deviazione del traffico gravante su quest'ultima in corrispondenza dell'impalcato restante.

Si prevede inoltre la realizzazione dei terrapieni di completamento delle spalle nella porzione di monte dell'attraversamento e lo scavo di fondazione delle spalle nella porzione di valle delle stesse.

### **Fase 04: Realizzazione nuovi pali di fondazione (sotto impalcato rimosso corsia nord)**

In tale fase si prevede l'adeguamento dei pali di fondazione in corrispondenza delle pile e delle spalle al di sotto dell'impalcato demolito con completamento dell'allargamento della fondazione che consente l'appoggio del nuovo impalcato.

### **Fase 05: Completamento nuovo impalcato corsia nord e rimozione impalcato centrale**

Si prevede, oltre che la posa del nuovo impalcato sulla parte di pile e spalle della corsia nord, anche la rimozione dell'impalcato centrale con deviazione del traffico sui due nuovi impalcati.

Si prevede inoltre la realizzazione dei terrapieni di completamento delle spalle nella porzione di valle dell'attraversamento e lo scavo di fondazione delle spalle nella porzione centrale dell'impalcato.

### **Fase 06: Realizzazione nuovi pali di fondazione sotto impalcato centrale**

Si prevede il completamento di tutte le fondazioni in corrispondenza delle pile e delle spalle nella porzione centrale dell'impalcato.

Successivamente verranno rimosse le isole centrali provvisorie e ristabilita la sezione originale del canale.

### **Fase 07: Completamento impalcato di attraversamento**

In ultima istanza avverrà il completamento dell'impalcato con la messa in opera della porzione centrale e l'ultimazione delle opere previste.

## 6. ANALISI IDRAULICA IN FASE DI CANTIERE

### 6.1 Schema di calcolo e modello idraulico

Lo schema di calcolo utilizzato per la determinazione del profilo idraulico della corrente nel tratto di corso d'acqua in corrispondenza del ponte, è quello del moto **stazionario monodimensionale**, in cui la portata transitante, lungo il tratto interessato, risulta costante e la geometria dell'alveo è variabile nello spazio, ma non nel tempo.

L'adozione dello schema di moto permanente, sebbene comporti alcune approssimazioni, è giustificata in quanto il tratto di alveo di interesse in corrispondenza del manufatto di attraversamento autostradale è rettilineo e stabile, per cui la trattazione monodimensionale risulta applicabile.

Il modello descrive il moto uni-dimensionale, stazionario, di una corrente non uniforme, tale che, in ogni sezione, la distribuzione delle pressioni possa essere considerata di tipo idrostatico. Il modello è a fondo fisso e può applicarsi senza problemi con pendenze di fondo non troppo elevate (comunque non superiori al 10%).

Per la determinazione del profilo della superficie libera del tratto di corso d'acqua in oggetto si sono utilizzate le equazioni quasi – bidimensionali e in regime stazionario di una corrente a pelo libero in alveo quasi cilindrico con portata costante (steady state). Le equazioni che governano il moto sono state risolte applicando il codice di calcolo HEC-RAS, sviluppato da Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers (release 4.1.0, Gennaio 2010), del quale verrà fornita una descrizione nel seguito.

La simulazione dei fenomeni di esondazione da alvei fluviali e la relativa inondazione delle aree limitrofe è piuttosto complessa. L'adozione di una schematizzazione semplificata, come la soluzione in condizioni di moto monodimensionale delle equazioni che governano il moto della corrente, trova giustificazione nella necessità di giungere in maniera speditiva quanto esaustiva all'individuazione delle possibili criticità.

Tale approccio permette di delineare gli aspetti essenziali dei possibili scenari di piena che possono verificarsi sul tratto oggetto dell'analisi, consentendo di definire in maniera fisicamente attendibile i livelli idrometrici.

La disponibilità di rilievi affidabili della geometria dell'alveo e della pendenza media dei vari tratti consente di attribuire un buon grado di accuratezza al profilo di moto calcolato per le diverse configurazioni previste.

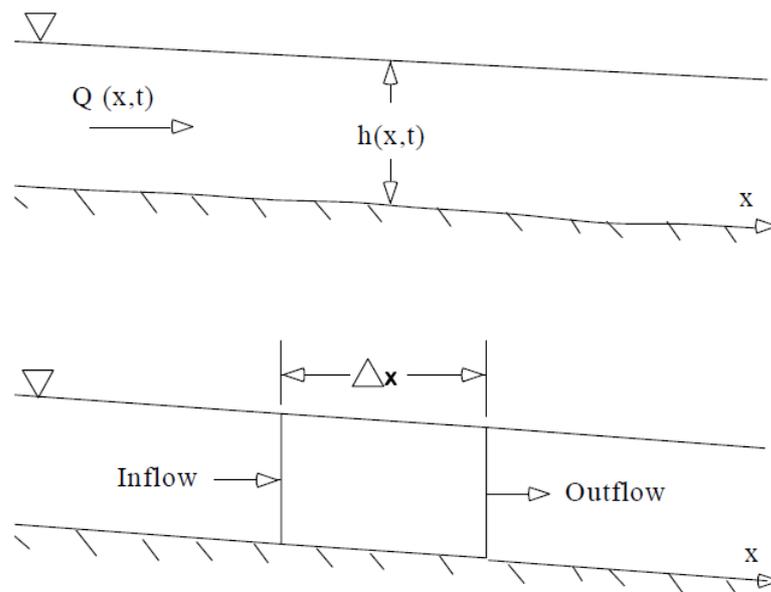
Le leggi fisiche che governano il flusso di un fluido all'interno di un contorno fissato sono:

- il principio di conservazione della massa (continuità);
- il principio di conservazione del momento o della quantità di moto.

Tali leggi sono espresse matematicamente nella forma di equazioni differenziali parziali. Lo schema di derivazione di tali equazioni presentato di seguito è basato sui seguenti testi: ASCE (1996) *River Hydraulics*, as adapted from the U.S.A.C.E.: no.18 Chow V. T. (1959) *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Co, N.Y. Henderson F. M. (1966) *Open Channel Flow*, Macmillan, N.Y..

Si consideri il volume elementare di controllo mostrato nella Figura di seguito. Si noti che la distanza  $x$  è misurata longitudinalmente rispetto la direzione di flusso del fluido. Nella parte centrale del volume di controllo la portata e l'area totale sono indicati rispettivamente con  $Q(x,t)$  e  $A_T$ . L'area totale è data dalla somma dell'area bagnata  $A$  e dalla rimanente area asciutta della sezione trasversale  $S$ .

La conservazione della massa per un volume di controllo afferma che la quantità netta di portata all'interno del volume di controllo è uguale alla differenza di portata entrante ed uscente dal volume stesso nel tempo.



La portata entrante (*Inflow*) può essere scritta come:

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

La portata uscente (*Outflow*) come:

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

e la variazione di volume come:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x$$

Assumendo che  $\Delta x$  sia sufficientemente piccolo, la variazione della massa all'interno del volume di controllo è pari a:

$$\rho \frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x = \rho \left[ \left( Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left( Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_l \right]$$

dove  $Q_l$  è la portata laterale entrante nel volume di controllo e  $\rho$  è la densità del fluido.

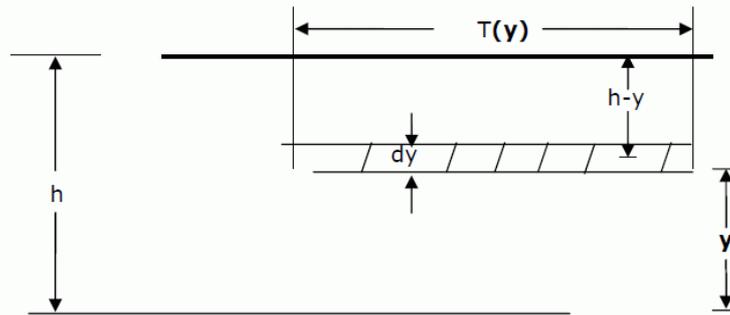
La stessa equazione, semplificata e divisa ambo le parti per  $\rho \Delta x$  fornisce la forma classica dell'equazione di continuità:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

L'equazione di conservazione del momento è invece espressa mediante la seconda legge di Newton scritta come:

$$\sum F_x = \frac{d\vec{M}}{dt}$$

La conservazione del momento per un volume di controllo afferma che la somma del valore netto della quantità di moto entrante nel volume (flusso di quantità di moto) e della sommatoria di tutte le forze esterne agenti sul volume è uguale al grado di accumulo della quantità di moto. Si tratta di un'equazione vettoriale applicata in direzione x. Il flusso di quantità di moto (MV) è dato dalla massa del fluido moltiplicata per il vettore velocità in direzione del flusso. Si considerano tre forze distinte: la pressione, la gravità e l'attrito.



Forze di pressione: la figura mostra il caso generale di una sezione trasversale. La distribuzione della pressione è assunta di tipo idrostatico (varia linearmente con la profondità) e la forza di pressione totale è calcolata come l'integrale del prodotto tra pressione e area sulla verticale della sezione. Dopo Shames (1962), la forza di pressione può essere scritta come:

$$F_p = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy$$

dove  $h$  è la quota del pelo libero,  $y$  è la quota del fondo alveo,  $T(y)$  è una funzione che lega la larghezza sezione trasversale alla distanza dal fondo alveo.

Se  $F_p$  è la forza in direzione longitudinale nel punto medio del volume di controllo, la forza nell'estremo di monte del volume di controllo può essere scritta come:

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

e nell'estremo di valle come:

$$F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

La somma delle forze di pressione per il volume di controllo considerato può perciò essere scritta come:

$$F_{pn} = \left| F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B$$

che, semplificando, porta a:

$$F_{pn} = -\frac{\partial F_p}{\partial x} \Delta x + F_B$$

in cui  $F_{pn}$  è la forza di pressione netta per il volume di controllo e  $F_B$  è la forza esercitata dalla banca in direzione longitudinale sul fluido.

Applicando la regola di Leibniz si può svolgere l'equazione differenziale ottenendo:

$$F_{pn} = -\rho g \Delta x \left[ \frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial y} dy \right] + F_B$$

che, semplificata, porta a:

$$F_{pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x$$

Forza di gravità: la forza dovuta alla gravità sul fluido nel volume di controllo in direzione x è:

$$F_g = -\rho g A \sin \theta \Delta x$$

in cui  $\theta$  è l'angolo che il fondo del canale forma rispetto all'orizzontale. Per corsi d'acqua naturali il valore dell'angolo è sufficientemente piccolo da poter considerare  $\theta \approx \tan \theta \approx -\partial z_0 / \partial x$ , dove  $z_0$  è l'altezza del fondo. Riscrivendo, si ha:

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x$$

Forza d'attrito: le forze d'attrito tra il canale e il fluido possono essere scritte come:

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x$$

dove  $\tau_0$  è la tensione tangenziale media sul contorno agente sul contorno del fluido,  $P$  rappresenta il contorno bagnato. Il segno negativo indica che, procedendo longitudinalmente da monte verso valle, la forza dovuta all'attrito agisce in senso opposto al moto.

Il valore di  $\tau_0$  può essere espresso in funzione del coefficiente di Chezy (C):

$$\tau_0 = \rho \frac{g}{C} \sqrt{RS_f}$$

che, sostituita su  $F_f$  restituisce:

$$F_f = \rho g A S_f \Delta x$$

con

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{R^{4/3} A^2}$$

con  $R$  il raggio idraulico e  $n$  il coefficiente di Manning.

Andando a riscrivere l'equazione di conservazione della quantità di moto, ricordando che il tirante  $z$  è uguale a  $z_0 + h$  si ottiene la forma finale:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

I profili di superficie libera sono stati computati tra due sezioni successive attraverso l'equazione di conservazione dell'energia, espressa come segue:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_g$$

e l'equazione della conservazione della quantità di moto espressa come segue:

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{gA_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) LS_0 - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L\bar{S}_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{gA_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

## 6.2 Fiume Mincio

Per la realizzazione del modello idraulico del fiume Mincio si è fatto riferimento, come base di partenza, a quanto descritto nelle relazioni di Compatibilità Idraulica a corredo del progetto definitivo. Nei successivi paragrafi si riporta un riassunto degli aspetti principali che si sono considerati per procedere alla modellazione idraulica necessaria alla valutazione delle fasi di cantiere in relazione al regime idraulico del corso d'acqua.

### 6.2.1 Parametri idrodinamici

#### Assetto geometrico dell'alveo

Il tratto di fiume Mincio oggetto di interesse nello studio di compatibilità idraulica risulta compreso tra il nodo di Formigosa, a valle dell'immissione del canale diversivo, e la confluenza in Po.

La geometria del corso d'acqua è stata estrapolata dalle sezioni trasversali fornite dall'AIPO (Ufficio Operativo di Mantova), aggiornate al 2009.

La descrizione dettagliata del tratto d'alveo nell'intorno del ponte dell'A22 fa affidamento alle rilevazioni topografiche condotte dalla stessa Società. I dati a disposizione risultano essere molto dettagliati, in quanto comprensivi di piano quotato in corrispondenza del manufatto e di rilievo batimetrico. Interpolando il piano quotato e la batimetria, si sono ricostruite le sezioni trasversali di infittimento.

#### Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Le caratteristiche morfologiche generali sono da considerarsi omogenee per tutto il tratto analizzato e riassumibili come segue:

- La principale struttura è di tipo unicursale con andamento meandriforme e sinuoso;
- Tutto il tratto è strettamente vincolato dalla presenza di opere di difesa e di arginature.
- Si rileva la presenza di paleoalvei sinuosi e meandriformi, sia in destra idrografica che in sinistra idrografica, spesso fiancheggiati dalle relative scarpate di erosione fluviale.

Il corso d'acqua, in tale tratto, risulta mediamente stabile sia per quanto concerne l'assetto planimetrico sia per quanto riguarda il profilo altimetrico del fondo.

### **Opere di difesa idraulica – arginature**

A valle del nodo idraulico di Formigosa, il corso del Mincio è fortemente vincolato dalle arginature ubicate quasi sempre in frodo al corso d'acqua.

Circa 1 km a valle dell'attraversamento di Pietole è ubicata la traversa di Governolo e l'adiacente conca di navigazione. In prossimità dell'immissione nel fiume Po, in sinistra idraulica, è presente il canale artificiale in cui è ubicata la conca di S. Leone che mette in comunicazione il Po con il Canalbiano.

#### *6.2.2 Modalità di deflusso in piena*

L'analisi è finalizzata alla ricerca delle caratteristiche idrauliche del moto della corrente in condizione di piena, rappresentate dai valori dei livelli idrici e delle velocità della corrente all'interno dell'alveo inciso e delle aree golenali.

Scopo dell'analisi consiste nel verificare che le modifiche locali della sezione di deflusso durante la fase di cantiere consentano il transito della piena di progetto senza incidere negativamente sul deflusso in corrispondenza del manufatto di attraversamento assicurando livelli idrici compatibili con le opere interferenti.

Il confronto tra la condizione di deflusso antecedente alla fase di cantierizzazione e quella concomitante alla fase realizzativa delle opere permette di valutare gli effetti idraulici dell'intervento previsto.

I calcoli idraulici per la determinazione delle modalità di deflusso in piena considerano i seguenti aspetti di dettaglio:

- a) Schema di calcolo e modello idraulico come già descritto in precedenza;
- b) Condizioni al contorno;
- c) Taratura del modello;
- d) Condizioni di riferimento: modellazioni eseguite.

## Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno da assegnare al modello di calcolo del tratto di Mincio interessato sono:

- il **valore della portata** al colmo di riferimento, che costituisce la condizione al contorno di **monte**;
- la condizione idraulica di **livello nella sezione di valle**, in quanto la condizione di moto è quella di corrente lenta.

Con riferimento al Piano di Assetto Idrogeologico il valore della portata al colmo di piena assunta come condizione al contorno di monte risulta essere pari a 200 m<sup>3</sup>/s.

La simulazione è stata condotta assumendo la condizione più gravosa rappresentata dall'instaurarsi del profilo di rigurgito indotto dalla piena di Po con tempo di ritorno di 200 anni.

Nella sezione di valle, la condizione al contorno consiste nell'imporre il valore del livello idrico con riferimento alla piena di progetto del fiume Po.

Il livello utilizzato come condizione al contorno è stato ottenuto simulando l'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni effettuata per l'analisi idraulica della Compatibilità Idraulica a corredo della progettazione definitiva e i dati forniti dall'AIPO nel Catasto Arginature Maestre del Fiume Po (aggiornamento 2005), sempre con riferimento al profilo alla piena con tempo di ritorno di 200 anni.

## Taratura del modello

La scelta dei coefficienti di scabrezza utili ai fini della taratura del modello è stata effettuata a partire dai dati di uso del suolo della Regione Lombardia e per la determinazione del valore di scabrezza delle singole aree sono state utilizzati i valori tra quelli proposti da Chow nel 1959.

DESCRIZIONE SECONDO USO DEL SUOLO REGIONE LOMBARDIA	COEFFICIENTE DI MANNING ADOTTATO [m <sup>-1/3</sup> s]	DESCRIZIONE PROPOSTA DA CHOW
Formazioni ripariali	0.05	Light brush and trees
Vegetazione dei greti	0.07	Medium to dense brush
Tessuto residenziale rado e nuclei-forme	0.016	Asphalt rough
Pioppeti	0.05	Light brush and trees
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	0.035	High grass

DESCRIZIONE SECONDO USO DEL SUOLO REGIONE LOMBARDIA	COEFFICIENTE DI MANNING ADOTTATO [m <sup>-1/3</sup> s]	DESCRIZIONE PROPOSTA DA CHOW
Bacini idrici naturali	0.01	Water
Vegetazione degli argini sopraelevati	0.045	High grass
Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere	0.05	Scattered brush and heavy weeds
Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali	0.035	Clean, straight, full, no rifts or deep pull, more stones and weeds
Tessuto residenziale sparso	0.016	Asphalt rough
Seminativi semplici	0.035	Scattered brush and heavy weeds
Cascine	0.016	Asphalt rough
Boschi di latifoglie a densità media e alta	0.1	Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches
Tessuto residenziale discontinuo	0.016	Asphalt rough
Aree verdi incolte	0,04	Cultivated areas no crop
Parchi e giardini	0.06	Light brush and trees
Impianti sportivi	0.05	Light brush and trees
Vigneti	0.035	Mature row crops
Altre legnose	0.05	Light brush and trees
Cespuglieti in aree di agricole abbandonate	0.14	Medium to dense brush
Spagge dune ed alvei ghiaiosi	0.024	Gravel
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	0.06	Light brush and trees
Insedimenti produttivi agricoli	0.011	Asphalt rough
Frutteti e frutti minori	0.045	Mature row crops

DESCRIZIONE SECONDO USO DEL SUOLO REGIONE LOMBARDIA	COEFFICIENTE DI MANNING ADOTTATO [ $m^{-1/3} s$ ]	DESCRIZIONE PROPOSTA DA CHOW
Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	0.05	Light brush and trees
Colture orticole a pieno campo	0.8	Medium to dense brush
Impianti di servizi pubblici e privati	0.016	Asphalt rough
Insedimenti industriali artigianali commerciali	0.016	Asphalt rough
Reti stradali e spazi accessori	0.016	Asphalt rough
Aree portuali	0.016	Asphalt rough
Cantieri	0.025	Earth, no vegetation
Tessuto residenziale continuo me- diamente denso	0.016	Asphalt rough
Seminativi arborati	0.05	Mature field crops

Alla luce di quanto riportato nella tabella soprastante e delle considerazioni effettuate sul diametro dei sedimenti costituenti il tratto di alveo modellato, la scelta dei coefficienti di scabrezza secondo Manning è risultata essere il valor medio proposto da Chow in ogni singola area con differente uso del suolo.

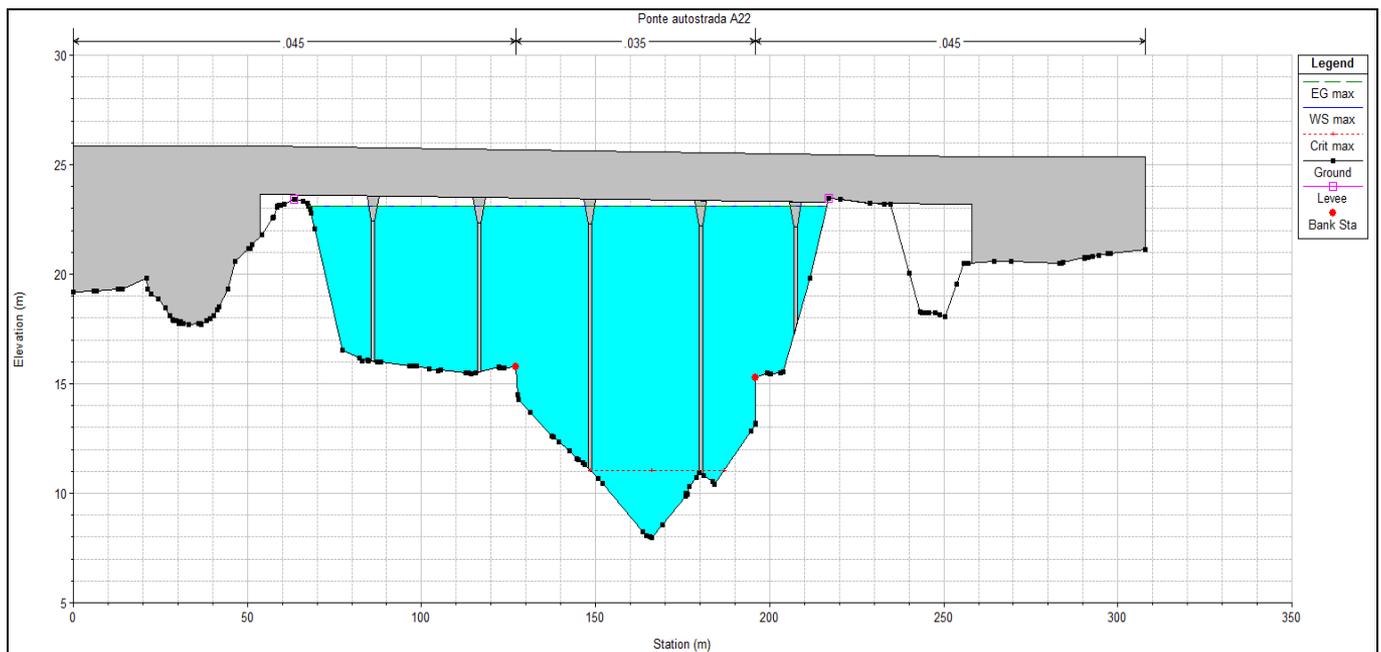
#### **Condizioni di riferimento: modellazioni eseguite**

Le condizioni di riferimento per la valutazione degli effetti idrodinamici durante la fase di cantiere sono state condotte con riferimento alla presenza del restringimento al di sotto dell'impalcato lasciando immutate gli altri parametri sopra descritti.

Nel dettaglio, dal punto di vista idraulico, è stata utilizzata una portata pari a  $200 m^3/s$  come condizione al contorno di monte ed una quota pari alla quota di piena di Po pari a 23.08 m s.l.m. come condizione al contorno di valle.

Le sezioni trasversali di riferimento sono quelle derivanti dal piano quotato effettuato da Autostrade del Brennero nell'anno 2009 per l'intorno di circa 100 m rispetto il ponte autostradale. Le rimanenti sezioni sono state derivate dal rilievo commissionato dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po nel 2009 e, per il tratto di valle, dal Modello Digitale del Terreno aggiornato al 2005.

La quota dell'intradosso del ponte autostradale per tutta la durata del cantiere è pari a 23.41 m s.l.m. Dai risultati della modellazione si evince che il fiume Mincio, nella configurazione di stato di fatto, presenta un livello di piena pari a 23.13 m s.l.m., contro una quota dell'intradosso del ponte calcolata in asse pari a 23.41 m s.l.m. Il franco di sicurezza al passaggio della piena risulta essere pari a 0.28 m. Nelle immagini sottostanti si riportata la sezione in corrispondenza del ponte autostradale con la relativa tabella della simulazione condotta.



Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada sul fiume Mincio (configurazione di stato di fatto)

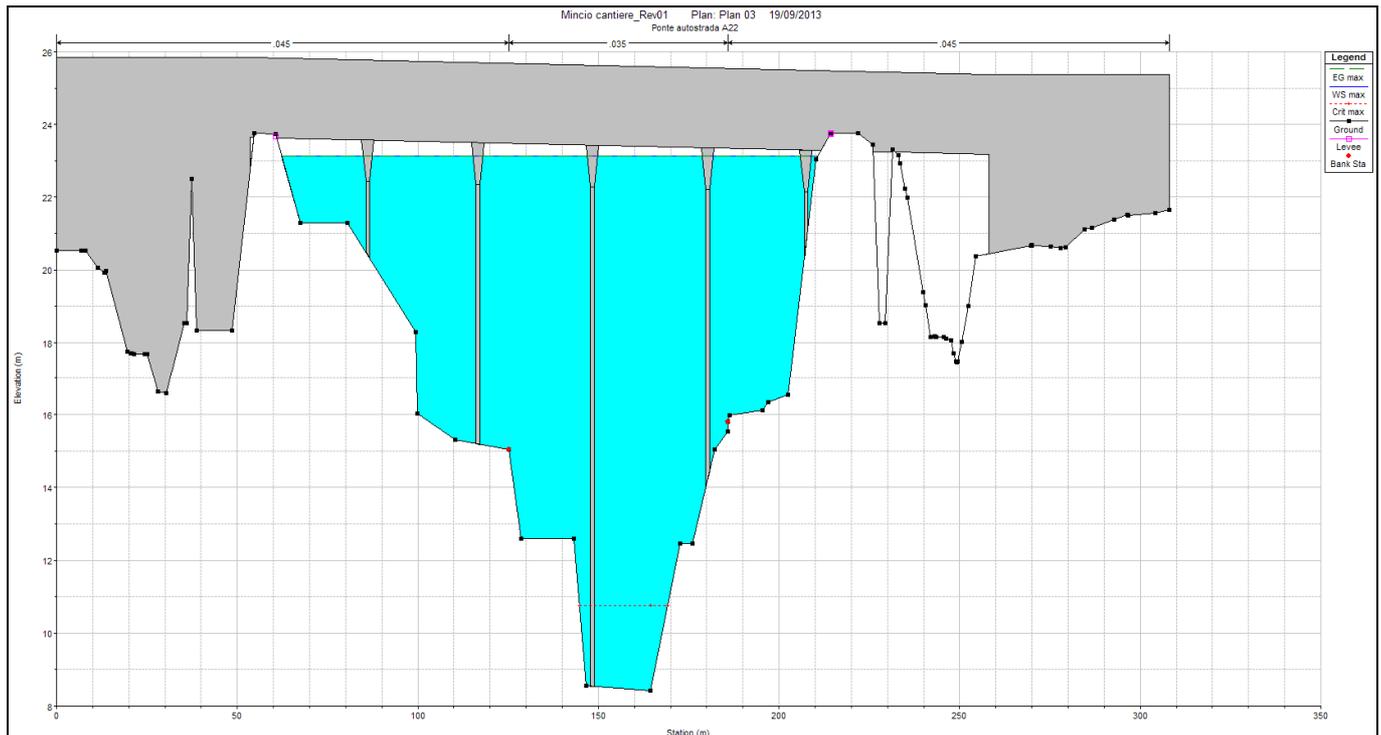
Grandezze di interesse riportate in tabella:

- Q Total = Portata transitante espressa in [m<sup>3</sup>/s]
- W.S. Elev. = Quota del livello idrico espressa in [m s.l.m.]
- Crit. W.S. = Quota dell'altezza critica espressa in [m s.l.m.]
- Vel. Tot. = Velocità della corrente espressa in [m/s]
- Hydr Depth = Livello idrico della sezione espresso in [m]

River:	River_Mincio	Profile:	max		
Reach:	Fissero	RS:	13400	↓	↑
		Plan:	Plan 01		
Plan: Plan 01 River_Mincio Fissero RS: 13400 Profile: max					
E.G. US. (m)	23.13	Element	Inside BR US	Inside BR DS	
W.S. US. (m)	23.13	E.G. Elev (m)	23.13	23.13	
Q Total (m3/s)	200.00	W.S. Elev (m)	23.13	23.13	
Q Bridge (m3/s)	200.00	Crit W.S. (m)	11.04	11.05	
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	15.17	14.70	
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.15	0.15	
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	1299.87	1326.76	
Weir Submerg		Froude # Chl	0.01	0.01	
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	6795.63	6883.09	
Min El Weir Flow (m)	25.38	Hydr Depth (m)	9.62	9.45	
Min El Prs (m)	23.65	W.P. Total (m)	245.45	254.68	
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	110999.7	111671.2	
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	135.13	140.47	
BR Open Area (m2)	1436.55	Frctn Loss (m)	0.00	0.00	
BR Open Vel (m/s)	0.15	C & E Loss (m)	0.00	0.00	
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	0.17	0.16	
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00	

Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale (configurazione di stato di fatto)

Per quanto concerne la simulazione condotta con la geometria dell'alveo durante la fase di cantiere il fiume, al di sotto del ponte autostradale, presenta un tirante equivalente allo stato di fatto (stesso livello pari a 23.13 m s.l.m.) con un franco di 0.28 m. Si riporta nella figura seguente l'estratto delle caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza del ponte dell'Autostradale e la relativa sezione nella configurazione di cantiere.



Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada sul fiume Mincio (configurazione di cantiere)

Grandezze di interesse riportate in tabella:

- $Q$  Total = Portata transitante espressa in  $[m^3/s]$
- W.S. Elev. = Quota del livello idrico espressa in  $[m\ s.l.m.]$
- Crit. W.S. = Quota dell'altezza critica espressa in  $[m\ s.l.m.]$
- Vel. Tot. = Velocità della corrente espressa in  $[m/s]$
- Hydr Depth = Livello idrico della sezione espresso in  $[m]$

Plan: Plan 03 River Mincio Fissero RS: 13400 Profile: max				
E.G. US. (m)	23.13	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	23.13	E.G. Elev (m)	23.13	23.13
Q Total (m3/s)	200.00	W.S. Elev (m)	23.13	23.13
Q Bridge (m3/s)	200.00	Crit W.S. (m)	10.77	10.70
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	14.70	14.70
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.18	0.18
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	1107.24	1106.39
Weir Submerg		Froude # Chl	0.02	0.02
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	5561.68	5578.98
Min El Weir Flow (m)	25.38	Hydr Depth (m)	8.23	8.21
Min El Prs (m)	23.65	W.P. Total (m)	229.31	231.58
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	90310.6	90467.0
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	134.55	134.69
BR Open Area (m2)	1150.17	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.18	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	0.23	0.23
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale (configurazione di cantiere)

Dal punto di vista idraulico è possibile affermare che il restringimento temporaneo in fase di cantiere non induce sensibili modifiche al deflusso delle acque in termini di livelli idrici e sussiste un incremento trascurabile della velocità media lungo la sezione indotta dal restringimento (0.15 m/s nello stato di fatto e 0.18 m/s in fase di cantiere).

### 6.3 Canale Fissero – Tartaro – Canalbianco

Per la realizzazione del modello idraulico del canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco, in analogia a quanto già precedentemente detto per la modellazione del fiume Mincio, si è fatto riferimento a quanto descritto nelle relazioni di Compatibilità Idraulica a corredo del progetto definitivo. Nei successivi paragrafi si riporta un riassunto degli aspetti principali che si sono considerati

per procedere alla modellazione idraulica necessaria alla valutazione delle fasi di cantiere in relazione al regime idraulico del corso d'acqua.

### 6.3.1 Parametri idrodinamici

#### Assetto geometrico dell'alveo

Il tratto di canale navigabile oggetto di interesse nel presente studio di compatibilità idraulica risulta compreso tra la conca di Valdaro e località Ca' Basse (circa 8 km a monte dell'immissione del fiume Tione).

Le sezioni trasversali del primo tronco, posto tra la conca di Valdaro e la conca di Trevenzuolo, presentano una cunetta di fondo larga circa 28 m, con sponde aventi scarpa 4:1 (h:v), rivestite con lastre di calcestruzzo armato nella fascia superiore, ossia la parte di sponda interessata dal moto ondosso delle navi in transito.

Nello specifico la sezione tipo del primo tronco ha una larghezza della cunetta di base di 28.90 m, posta ad una quota di circa 9.40 m s.l.m., le sponde partono da una quota di 9.40 m s.l.m. e arrivano a 14.00 m s.l.m. e possiedono uno sviluppo orizzontale di 8.50+10.60 m s.l.m..

La sponda rivestita da lastre di calcestruzzo va da una quota di 11.40 m s.l.m. fino ad una quota di 14.00 m s.l.m..

#### Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Le sezioni trasversali sono omogenee lungo vari tratti longitudinali e dal punto di vista planimetrico non si può considerare come un normale fiume, quanto piuttosto un canale artificiale, avente altresì raggi di curvatura stabiliti per legge.

#### Opere di difesa idraulica – arginature

Il tratto oggetto di studio, essendo esso stesso un canale artificiale, presenta un elevato numero di opere di difesa con la duplice funzione di regolazione delle acque e di difesa dalle stesse.

Appare utile evidenziare nel presente paragrafo che all'interno dell'area immediatamente a ridosso dell'attraversamento sul canale Fissero – Tartaro – Canalbianco ricadono ulteriori opere idrauliche non a servizio del canale navigabile ma con funzioni di difesa idraulica dalle acque di piena di Mincio e di rigurgito da Po.

Tutto il tratto analizzato è contiguo alle opere di difesa passiva (arginatura maestra) del fiume Mincio posta ad una quota pressoché costante di circa 29.55 m s.l.m..

### 6.3.2 Modalità di deflusso in piena

Al fine di determinare gli effetti della cantierizzazione per la realizzazione dell'opera in progetto, è stato creato un modello monodimensionale di parte di canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco per il tratto che va a monte dalla botte sifone in corrispondenza dell'immissione della Vallazza e a valle fino a località Ca' Basse, circa 8 km prima dell'immissione del fiume Tione.

Il confronto tra la condizione di deflusso antecedente alla fase di cantierizzazione e quella concomitante alla fase realizzativa delle opere permette di valutare gli effetti idraulici dell'intervento previsto.

I calcoli idraulici per la determinazione delle modalità di deflusso in piena, in analogia a quanto fatto per il fiume Mincio, considerano i seguenti aspetti di dettaglio:

- a) Schema di calcolo e modello idraulico come già descritto in precedenza;
- b) Condizioni al contorno;
- c) Taratura del modello;
- d) Condizioni di riferimento: modellazioni eseguite.

### Condizioni al contorno

Non avendo contributi di portata naturale provenienti da monte nel tratto in esame perché formalmente ci si trova alla 'sorgente' del canale navigabile, la portata al colmo di riferimento è stata posta pari a 30 m<sup>3</sup>/s. Tale valore risulta dalla comunicazione del Ministero dei Lavori Pubblici - Magistrato per il Po - Ufficio Operativo di Mantova (oggi Agenzia Interregionale per il fiume Po - AIPO, U.O. di Mantova).

La condizione di valle per il calcolo in moto stazionario è data dalla quota di riferimento imposta nel tratto di canale navigabile in esame, pari a 12.50 m s.l.m..

### Taratura del modello

Vista l'assenza di dati relativi ad onde di piena transitanti all'interno del canale navigabile e visto inoltre che il canale navigabile viene tenuto costantemente ad una quota imposta dal regolamento di navigazione interna, non è stato necessario effettuare una taratura del modello monodimensio-

nale e si sono tenuti i valori medi di scabrezza proposti da Chow per il calcestruzzo di rivestimento delle sponde e per alveo pulito e rettilineo nell'inciso.

### **Condizioni di riferimento: modellazioni eseguite**

Le condizioni di riferimento per la valutazione degli effetti idrodinamici durante la fase di cantiere sono state condotte con riferimento alla presenza del restringimento al di sotto dell'impalcato lasciando immutate gli altri parametri sopra descritti.

Nel dettaglio, dal punto di vista idraulico, è stata utilizzata una portata pari a  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  come condizione al contorno di monte ed una quota pari alla quota di regolazione pari a 12.50 m s.l.m. come condizione al contorno di valle.

Le sezioni trasversali di riferimento sono quelle derivanti dal piano quotato effettuato da Autostrade del Brennero nell'anno 2009, confrontate ed equiparate alla sezione tipo del canale con inserimento della geometria del restringimento di sezione provvisorio necessario per l'esecuzione delle opere previste.

Nello specifico sono state utilizzate le sezioni trasversali derivanti dal rilievo di Autostrade del Brennero (da monte verso valle: T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-11, T-12, T-13, T-14, T-15).

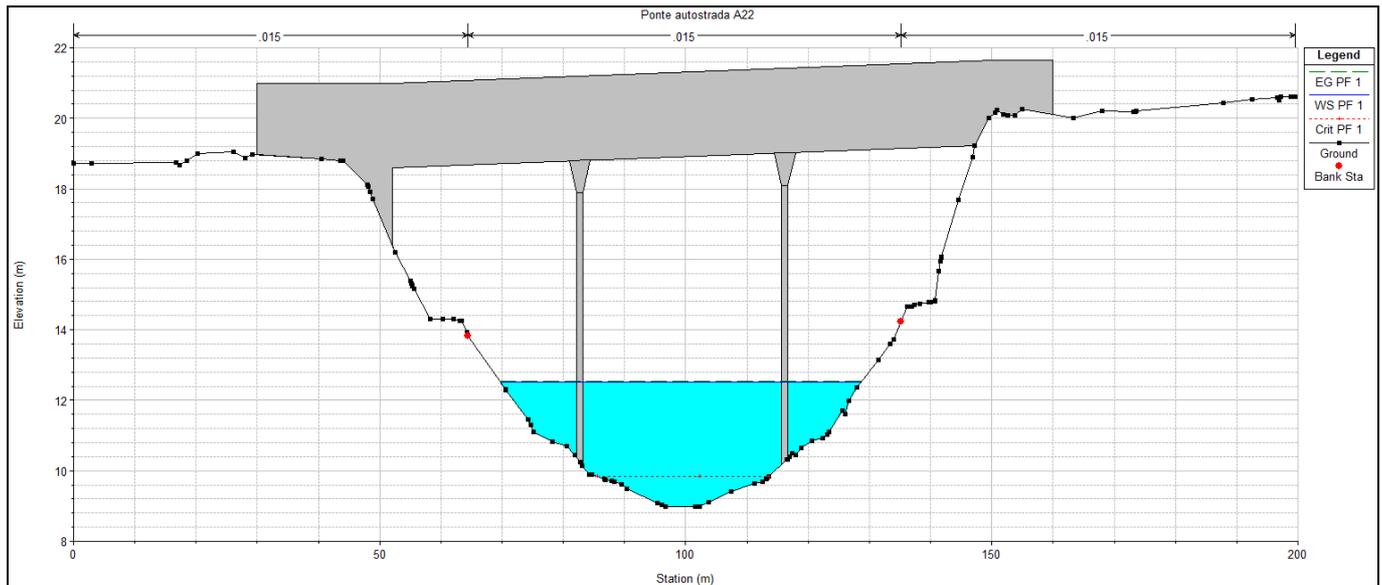
La modifica della geometria delle sezioni è stata eseguita al di sotto dell'impalcato e immediatamente a monte e a valle dello stesso. In particolare sono state modificate le sezioni T3, T4, T5, T11, T12, T13 ed eliminate le sezioni T2 e T14.

Per consentire una corretta modellazione sono state interpolate le sezioni ogni 30 m tra le sezione T1 - Monte e tra la sezione T15 – Valle. Il restringimento di sezione è stato modellato con un'opportuna combinazione dei dati topografici e i dati progettuali della sezione tipo di cantiere con una successiva interpolazione delle sezioni ogni 2 m al fine di infittire il dominio di calcolo del modello.

Per la modellazione geometrica del ponte si sono utilizzate le tavole progettuali del "*Progetto Definitivo per la realizzazione della terza corsia nel tratto compreso tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)*". Allo stato attuale e per tutta la durata del cantiere la quota del ponte autostradale è stata posta a 19.00 m s.l.m.m..

Il coefficiente di scabrezza secondo Manning è stato posto pari a  $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  per il cunettone di fondo e pari a  $0.015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  in corrispondenza delle lastre di calcestruzzo presenti sulle sponde.

Dai risultati della modellazione si evince che il canale al di sotto del ponte autostradale, nella configurazione di stato di fatto, presenta un livello pari a 12.61 m s.l.m.m., contro una quota dell'intradosso del ponte calcolata in asse al canale pari a 19.00 m s.l.m.m.. Il tirante d'aria garantito è quindi di 6.39 m. Si riporta nella figura seguente l'estratto delle caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza del ponte dell'Autostradale e la relativa sezione.



Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di fatto)

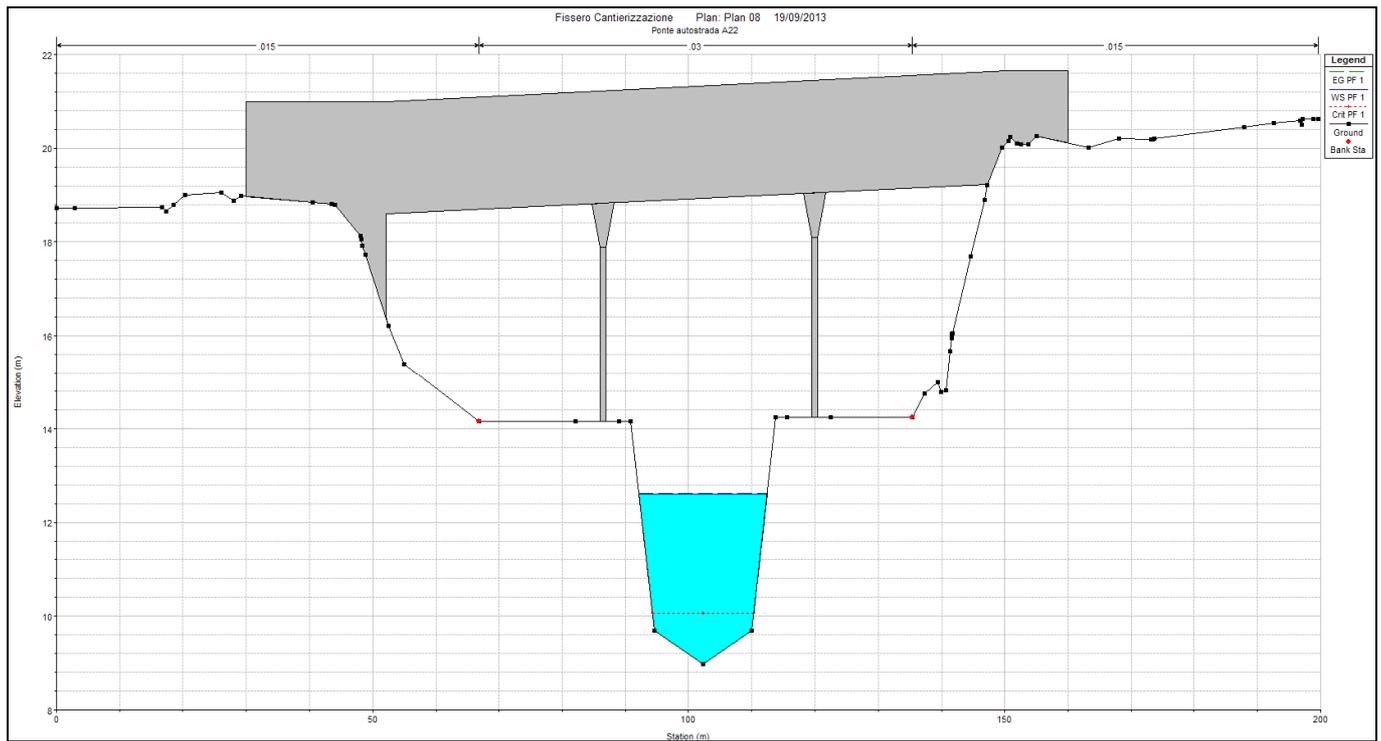
Grandezze di interesse riportate in tabella:

- Q Total = Portata transitante espressa in [m<sup>3</sup>/s]
- W.S. Elev. = Quota del livello idrico espressa in [m s.l.m.]
- Crit. W.S. = Quota dell'altezza critica espressa in [m s.l.m.]
- Vel. Tot. = Velocità della corrente espressa in [m/s]
- Hydr Depth = Livello idrico della sezione espresso in [m]

Plan: Plan 02 Fissero A22 RS: 6.5 Profile: PF 1				
E.G. US. (m)	12.61	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	12.61	E.G. Elev (m)	12.61	12.61
Q Total (m3/s)	30.00	W.S. Elev (m)	12.61	12.60
Q Bridge (m3/s)	30.00	Crit W.S. (m)	9.81	9.83
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.59	3.63
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.22	0.22
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	138.48	136.63
Weir Submerg		Froude # Chl	0.04	0.05
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	197.44	193.80
Min El Weir Flow (m)	18.70	Hydr Depth (m)	2.38	2.37
Min El Prs (m)	19.24	W.P. Total (m)	68.34	67.75
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	7391.6	7269.8
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	58.11	57.63
BR Open Area (m2)	645.62	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.22	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	0.33	0.34
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale (configurazione di stato di fatto)

Per quanto concerne la simulazione condotta con la geometria dell'alveo durante la fase di cantiere il canale, al di sotto del ponte autostradale, presenta un tirante sostanzialmente equivalente allo stato di fatto (12.60 m) garantendo, in asse al canale stesso un tirante d'aria di 6.40 m. Si riporta nella figura seguente l'estratto delle caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza del ponte dell'Autostradale e la relativa sezione nella configurazione di cantiere.



Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di cantiere)

Grandezze di interesse riportate in tabella:

- Q Total = Portata transitante espressa in [m<sup>3</sup>/s]
- W.S. Elev. = Quota del livello idrico espressa in [m s.l.m.]
- Crit. W.S. = Quota dell'altezza critica espressa in [m s.l.m.]
- Vel. Tot. = Velocità della corrente espressa in [m/s]
- Hydr Depth = Livello idrico della sezione espresso in [m]

Plan: Cant 01    Fissero    A22    RS: 6.5    Profile: PF 1				
River: Fissero		Profile: PF 1		
Reach: A22		RS: 6.5		Plan: Cant 01
E.G. US. (m)	12.62	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	12.60	E.G. Elev (m)	12.62	12.62
Q Total (m3/s)	30.00	W.S. Elev (m)	12.60	12.60
Q Bridge (m3/s)	30.00	Crit W.S. (m)	10.07	10.07
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.63	3.63
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.52	0.52
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	57.34	57.30
Weir Submerg		Froude # Chl	0.10	0.10
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	90.91	90.81
Min El Weir Flow (m)	18.66	Hydr Depth (m)	2.83	2.83
Min El Prs (m)	19.22	W.P. Total (m)	23.04	23.03
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	3510.0	3506.8
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	20.28	20.27
BR Open Area (m2)	494.40	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.52	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	1.78	1.79
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale (configurazione di cantiere)

Dal punto di vista idraulico è possibile affermare che il restringimento temporaneo in fase di cantiere non induce sensibili modifiche al deflusso delle acque in termini di livelli idrici e sussiste un incremento trascurabile della velocità media lungo la sezione indotta dal restringimento (0.22 m/s nello stato di fatto e 0.52 m/s in fase di cantiere). In allegato alla presente relazione (Allegato 2.1) sono riportati i report di calcolo sia per il fiume Mincio sia per il Fissero – Tartaro - Canalbianco.

## 7. IDENTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI NELLA FASE ESECUTIVA

La fase di identificazione degli impatti evidenzia gli effetti attesi su entrambi i corsi d'acqua nei tratti presi in esame sia in termini negativi sia in termini positivi.

L'interazione con le grandezze idrauliche è stata definita in relazione ai seguenti criteri per la fase di giudizio delle opere:

- coerenza con la fase di progettazione;
- interferenze con le grandezze idrodinamiche oggetto d'intervento;
- interazione con la navigazione.

Tali criteri permettono di esprimere un giudizio sulla positività o negatività dell'interazione tra opere e grandezze idrauliche in termini di magnitudo della stessa.

Al fine di identificare visivamente la caratterizzazione degli impatti è stata elaborata una scala qualitativa (rimarcata dal colore per essere immediatamente percepibile), come di seguito riportata:

Positiva Forte	
Positiva Media	
Positiva Debole	
Assente	
Negativa Debole	
Negativa Media	
Negativa Forte	

L'identificazione degli impatti è stata elaborata considerando la fase di cantiere che rappresenta il periodo maggiormente critico anche in relazione alla necessità di agire sulle opere di difesa idraulica presenti come ad esempio le arginature maestre.

Per quanto concerne l'analisi degli stessi impatti in fase di esercizio si rimanda ai risultati emersi nelle relazioni di compatibilità idraulica elaborate in fase di progettazione definitiva.

### 7.1 Interazioni tra cantiere e opere di difesa idraulica (arginature)

L'interazione con le opere di difesa idraulica è particolarmente evidente per quanto concerne l'adeguamento dell'attraversamento del fiume Mincio.

Il complesso di opere previsto prevede un pesante rimaneggiamento delle arginature sia in destra idraulica (adeguamento della pila 6) sia in sinistra idraulica (adeguamento della spalla nord).

Per tale interazione si identificano i seguenti impatti:

- Impatto sulla stabilità del corpo arginale lato fiume:

Negativa Forte	
----------------	--

Tale impatto viene risolto tramite la realizzazione di opere di difesa del corpo arginale (jet-grouting in destra e sinistra idraulica e palancole metalliche in destra idraulica) e con la differenziazione delle sequenze operative di scavo delle fondazioni a lato campagna e a lato golenale.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:

Assente	
---------	--

- Impatto sulla tenuta idraulica del corpo arginale:

Negativa Forte	
----------------	--

Tale impatto viene risolto tramite la realizzazione di opere di difesa del corpo arginale con jet-grouting in destra e sinistra idraulica. Sarà onere dell'impresa verificare inoltre la tenuta idraulica del jet-grouting all'interno del corpo arginale attraverso opportune prove di permeabilità da definire nella fase esecutiva.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:

Assente	
---------	--

- Impatto sulla stabilità del corpo arginale lato cantiere:

Negativa Debole	
-----------------	--

Tale impatto viene risolto attraverso sbadacchiature e rinforzi degli scavi che dovranno essere previsti in fase esecutiva. Si evidenzia comunque che il jet-grouting interno alle arginature e il palancoato metallico costituiscono anche supporto strutturale agli scavi di cantiere e che le scarpate arginali non dovranno avere pendenze superiori a 1/1.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:

Assente	
---------	--

- Impatto sulla tenuta idraulica del corpo arginale post-opera:

Positiva Media	
----------------	--

La realizzazione di opere di difesa del corpo arginale con jet-grouting in destra e sinistra idraulica consente di ridurre eventuali effetti di destabilizzazione del corpo arginale dovuto a filtrazioni indesiderate. Il jet-grouting consente di creare una barriera impermeabile con conseguente incremento della stabilità globale dell'arginatura.

## 7.2 Effetti del cantiere sul profilo d'involuppo di piena

L'analisi idrodinamica condotta con i modelli idraulici sopra descritti ha consentito la valutazione degli impatti su tali grandezze a seguito delle modifiche geometriche delle sezioni di deflusso al di sotto degli impalcati e in prossimità di essi.

- Effetti in termini di livello idrico durante gli eventi di piena

Assente	
---------	--

Tale impatto si identifica sostanzialmente, sia del canale Fissero – Tartaro – Canalbianco sia per il fiume Mincio, con il restringimento dell'alveo causato dalle isole in corrispondenza delle pile.

Per il fiume Mincio è stata implementato anche il ringrosso temporaneo delle arginature a seguito della messa in opera del palancoato metallico e del jet-grouting arginale.

In entrambi i corsi d'acqua i livelli di piena non vengono influenzati dalla modifica locale della sezione di deflusso.

- Effetti in termini di velocità media della corrente

Assente	
---------	--

Tale impatto si identifica sostanzialmente, sia del canale Fissero – Tartaro – Canalbianco sia per il fiume Mincio, con l'incremento localizzato della velocità della corrente in corrispondenza del restringimento dell'alveo.

In entrambi i corsi d'acqua i valori di velocità media della corrente subiscono un incremento trascurabile.

Essendo stata valutata la velocità media lungo la sezione verranno comunque protette le scarpate delle isole con una difesa in pietrame al fine di fronteggiare eventuali fenomeni di erosioni localizzati o incrementi della velocità indotta da turbolenza della corrente o dal moto ondoso creato dalle imbarcazioni in transito lungo entrambi i corsi d'acqua.

### 7.3 Effetti del cantiere sull'assetto morfologico dell'alveo inciso

L'interazione con l'assetto morfologico dell'alveo inciso risulta essere evidente per entrambi gli attraversamenti.

Il complesso di opere previsto prevede una modifica temporanea della conformazione dell'alveo inciso con creazione di isole di lavoro.

Per tale interazione si identificano i seguenti impatti:

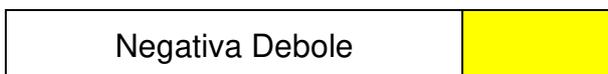
- Effetti sulla conformazione planimetrica dell'alveo:



Tale impatto si identifica sostanzialmente con il restringimento dell'alveo. Verranno comunque impedito divagazioni planimetriche dello stesso attraverso la realizzazione di una difesa spondale in massi a protezione del restringimento e dell'imbocco e dello sbocco dello stesso.

Per quanto concerne il fiume Mincio sarà inoltre cura dell'impresa monitorare, durante la fase esecutiva, l'evoluzione planimetrica del corso d'acqua a monte a valle per un tratto non inferiore a 500 m al fine di evitare la divagazione dell'alveo inciso causato dalla modifica locale della corrente in corrispondenza della sezione dell'impalcato. Appare utile evidenziare che qualora si riscontrassero anomalie nell'assetto planimetrico del corso d'acqua si provvederà tempestivamente a contattare gli uffici preposti al controllo e al monitoraggio del corso d'acqua per mettere in atto eventuali interventi correttivi.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:



- Effetti sulla conformazione altimetrica del fondo:

Negativa Debole	
-----------------	--

Tale impatto si identifica sostanzialmente con possibili erosioni localizzate del fondo o delle sponde in corrispondenza del cambio di geometria del corso d'acqua indotto dalla presenza del restringimento. Tale criticità viene risolta attraverso la realizzazione di una difesa spondale in massi a protezione del restringimento e dell'imbocco e dello sbocco dello stesso.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:

Assente	
---------	--

#### 7.4 Effetti sulla navigazione fluviale

L'interazione con la navigazione fluviale risulta essere evidente per entrambi gli attraversamenti. Il complesso di opere prevede una modifica temporanea della via navigabile con la realizzazione di isole di lavoro che restringono la sezione fino a 15 m di larghezza di transito delle imbarcazioni.

- Effetto sulla circolazione fluviale:

Negativa Forte	
----------------	--

Tale impatto si identifica sostanzialmente nella necessità di trasformare i tratti di canale a doppio senso di navigazione in tratti di canale a senso unico alternato. Tale impatto viene mitigato attraverso la messa in opera di una specifica segnaletica di circolazione fluviale a monte, a valle ed in corrispondenza dei restringimenti.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:

Negativa Debole	
-----------------	--

- Effetto sul transito delle imbarcazioni lungo una sezione ristretta:

Negativa Media	
----------------	--

Tale impatto si concretizza sostanzialmente con il rischio di urti delle imbarcazioni in corrispondenza del restringimento della via navigabile. Tale rischio viene mitigato attraverso la realizzazione di briccole a monte e a valle del restringimento che consentano di agevolare le manovre di allineamento delle imbarcazioni.

Valutazione dell'impatto residuo a seguito dell'adozione delle misure di compensazione:

Assente	
---------	--

➤ Effetto sul transito delle imbarcazioni post-opera:

Positiva Media	
----------------	--

A seguito dell'ultimazione dei lavori verrà implementata la segnaletica fluviale con l'apposizione di riflettori radar su appositi pali agganciati ai fusti delle pile stesse ed in corrispondenza dell'impalcato al di sopra di entrambe le vie navigabili verrà collocato in posizione centrale un fanale a luce gialla insieme ad un rombo di colore giallo ad indicazione della direzione di transito al di sotto dell'impalcato.

Tali apprestamenti consentiranno un miglioramento delle infrastrutture di supporto alla via navigabile sia lungo il fiume Mincio, sia lungo il canale Fissero – Tartaro – Canalbianco.

In ultima istanza si evidenzia che negli ultimi anni il traffico fluviale non presenta flussi consistenti di imbarcazioni. Tale aspetto costituisce un ulteriore fattore di sicurezza nei confronti delle cantierizzazioni previste.

## **8. ALLEGATI**

- 2.1 – Report modello idraulico in fase di cantiere
- 2.2 – Sequenza operativa Fiume Mincio
- 2.3 – Sequenza operativa Fissero – Tartaro – Canalbianco
- 2.4 – Segnaletica fluviale provvisoria in fase di cantiere
- 2.5 – Individuazione delle aree di cantiere
- 2.6 – Elaborato grafico di dettaglio opere provvisionali Fiume Mincio sponda sinistra
- 2.7 - Elaborato grafico di dettaglio opere provvisionali Fiume Mincio sponda destra
- 2.8 – Tracciamento opere provvisionali fiume Mincio
- 2.9 – Tracciamento opere provvisionali Fissero – Tartaro - Canalbianco
- 2.10 – Relazione di calcolo palancolato metallico