

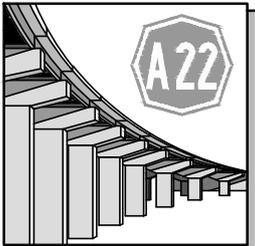


IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

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)

E.1	STUDI SPECIALISTICI - STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA
A.3.1.	FIUME MINCIO Relazione di compatibilità idraulica

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

SOCIETA' PER AZIONI AUTOSTRADA DEL BRENNERO - TRENTO

autostrada del brennero

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

RECEPIMENTO PRESCRIZIONI DECRETO DI COMPATIBILITA' AMBIENTALE

A	STUDIO PER LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA
A.3.1	Fiume Mincio Relazione di compatibilità idraulica

0	giugno '12	EMISSIONE	EOS	G. Vogel	C. Costa
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: FEBBRAIO 2012		 EOS Studio di ingegneria EOS - Studio di Ingegneria C.so Garibaldi 79, Villafranca di Verona (VR) mail: eos.ingegneria@gmail.com	IL TECNICO:		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:
NUMERO PROGETTO: 16/12					

Indice

Indice	1
Indice delle Figure	2
Indice delle Tabelle	3
Premessa	4
1 Inquadramento generale	6
1.1 Il fiume Mincio	6
1.2 Riferimenti normativi.....	9
2 Descrizione generale del progetto	10
2.1 Interventi sulle opere d’arte	13
2.1.1 Ponte sul fiume Mincio: stato di fatto	13
2.1.2 Ponte sul fiume Mincio: stato di progetto	14
3 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale	15
4 Analisi Idrologica	18
4.1 Stazioni meteorologiche	19
4.2 Analisi delle precipitazioni	22
4.3 Piano di Assetto Idrogeologico	22
4.3.1 Sezioni di chiusura	22
4.3.2 Definizione della portata di progetto	23
4.3.3 Portate di piena registrate	24
5 Analisi idraulica	25
5.1 Assetto geometrico dell’alveo	25
5.2 Caratteristiche morfologiche dell’alveo.....	27
5.3 Caratteristiche granulometriche del materiale d’alveo.....	28
5.4 Opere di difesa idraulica	29
5.5 Manufatti interferenti.....	30
5.6 Modalità di deflusso in piena.....	32
5.6.1 Schema di calcolo e modello idraulico	32
5.6.2 Condizioni al contorno	38
5.6.3 Taratura del modello	38

5.6.4	Condizioni di riferimento	41
6	Verifica di compatibilità idraulica ed effetti degli interventi in progetto	42
6.1	Profilo di inviluppo di piena.....	42
6.1.1	Stato di fatto	42
6.1.2	Stato di progetto	45
6.2	Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo	47
6.3	Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti	47
6.4	Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento	48
6.5	Modifiche indotte sull'assetto morfologico planoaltimetrico dell'alveo inciso e di piena	48
6.6	Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.....	49
6.7	Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.....	49
6.8	Erosioni localizzate in corrispondenza delle pile in alveo	49
6.8.1	Formula di Holmes	49
7	Conclusioni	52
8	Allegati	54

Indice delle Figure

Figura 1 – Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento	11
Figura 2 – Stato attuale attraversamento fiume Mincio.....	13
Figura 3 – Stato di progetto attraversamento fiume Mincio	14
Figura 4 – Aree sottoposte a protezione e a vincolo paesistico – ambientale	18
Figura 5 - Planimetria del tratto vallivo di Mincio modellato	24
Figura 6 - Dettaglio delle sezioni trasversali utilizzate nel modello in corrispondenza dell'immissione del Mincio in Po.....	26
Figura 7 – Morfologia dell'alveo (tratto terminale ponte autostradale e ponte di Governolo)	28
Figura 8 - Estratto planimetrico del nuovo ponte in progetto	32
Figura 9 - Estratto della carta di uso del suolo della Regione Lombardia	39
Figura 10 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Fiume Mincio (configurazione di stato di fatto).....	43
Figura 11 - Planimetria del tratto di Fiume Mincio modellato con la presenza delle sezioni interpolate.....	43

Figura 12 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di fatto.....	44
Figura 13 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di fatto.....	44
Figura 14 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di progetto)	45
Figura 15 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di progetto	46
Figura 16 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di progetto	46
Figura 17 – A Sinistra ortofoto dell’attraversamento autostradale e a destra DTM.....	48

Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Limiti di regolazione del lago di Garda in metri (rispetto allo zero idrometrico di Porta Verona a Peschiera: 64.03 m s.l.m.).....	7
Tabella 2 – Tipologie delle aree protette presenti nelle macrosezioni del fiume Mincio	17
Tabella 3 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Stazioni pluviometriche del bacino, anni di misura, quota sul mare e precipitazione media annua	20
Tabella 4 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Altezze di precipitazione media annua misurate ed integrate delle stazioni pluviometriche utilizzate nel bacino del Mincio.....	21
Tabella 5 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Altezze di precipitazione media mensili integrate nel bacino del Mincio (mm)	21
Tabella 6 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Sezioni di calcolo e precipitazioni medie annue	22
Tabella 7 – Valori delle portate di piena storiche nel bacino Sarca-Mincio	24
Tabella 8 – Valori dei diametri caratteristici del materiale d’alveo.....	29
Tabella 9 – Lunghezza delle campate del ponte attuale.....	31
Tabella 10 - Lunghezza delle campate del ponte di progetto.....	31
Tabella 11 - Corrispondenza tra uso del suolo, coeff. di Manning e descrizione proposta da Chow	41

Premessa

Il progetto di realizzazione della terza corsia dell'Autostrada Brennero – Modena (A22) prevede l'allargamento delle carreggiate autostradali nord e sud. Di conseguenza, tutte le opere d'arte che si trovano nella tratta interessata dal progetto di terza corsia devono essere allargate

La presente relazione di Valutazione di Compatibilità Idraulica riguarda i lavori per l'adeguamento funzionale e sismico del viadotto sul Fiume Mincio ubicato in corrispondenza della progressiva chilometrica 262+446.

Il ponte, progettato per sostenere i carichi mobili ai sensi della Circolare n°384 del 14 febbraio 1962, non rispetta 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. Il nuovo ponte, progettato nel rispetto dei più moderni criteri in materia di tecnica costruttiva e tecnologia dei materiali, avrà una capacità portante in linea con il citato D.M. 14.01.2008 per quanto attiene i ponti di prima categoria.

Facendo seguito alla procedura di VIA è stato emanato il Decreto Interministeriale 401 del 18/07/2011 da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Tale decreto contiene la seguente prescrizione: *"prima dell'avvio dei lavori, il proponente dovrà predisporre uno studio di compatibilità, da sottoporre all'Autorità competente, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino, che documenti, in conformità alla nota prot. 4635(33) del 20/07/2010 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e secondo l'art. 38 delle NA del PAI adottato con Del.Com.Istit. 18 del 26/04/2001, come le opere non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità d'invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo"*.

La presente relazione di Valutazione di Compatibilità Idraulica è stata affidata allo scrivente studio "EOS – Studio d'Ingegneria" con lo scopo di predisporre uno studio che documenti come le opere in progetto non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale.

Competenze per l'emissione del parere

La Direttiva dell'Autorità di bacino del fiume Po approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 (aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006) contenente i *"criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B"*,

al capitolo 1.3, ultimo capoverso, dispone quanto segue in ordine alle competenze per l'emissione del parere su progetti sottoposti a procedura di VIA:

“Sono comunque da sottoporre a parere dell’Autorità di bacino le categorie di opere di carattere infrastrutturali soggette a valutazione di impatto ambientale individuate nel DPCM 10 agosto 1988 n. 377 e nel D.P.R. 12 aprile 1996, Allegato A, e successive modificazioni e integrazioni.”

Trattandosi nel caso del presente progetto, di un’opera sottoposta a VIA, sussiste pertanto la competenza dell’Autorità di Bacino del fiume Po, pur non trattandosi di uno dei corsi d’acqua (Po; Tanaro; Dora Riparia; Dora Baltea; Ticino; Adda; Oglio) elencati al primo capoverso del citato cap. 1.3. della direttiva.

1 Inquadramento generale

Il Fiume Mincio costituisce la parte inferiore del più ampio complesso idrografico del Sarca – Garda – Mincio.

Il Sarca nasce dalla Presanella e dall'Adamello e confluisce all'estremità superiore del lago di Garda. Il rapporto tra la superficie del lago di Garda pari a 368 km² e quella del bacino idrografico nel suo complesso pari a 2'350 km² è di 1:6 ed è molto più grande di quello degli altri laghi alpini, come l'Eridio che ha un rapporto 1:86 e dei laghi Maggiore, Lario e Sebino che hanno un rapporto di circa 1:31.

Tale rapporto mostra quanto sia forte il potere del lago di Garda nel moderare i deflussi e nel laminare le piene.

1.1 Il fiume Mincio

Alto corso del Mincio

Il bacino del fiume Mincio ha origine allo sbarramento di Ponti sul Mincio – Monzambano. All'entrata in funzione della diga nel 1951, la sezione di chiusura del bacino Sarca - Garda è stata spostata da Peschiera alla sezione idrometrica alla Diga.

Il lago di Garda è alimentato dall'acquifero che scorre nelle rocce calcaree fratturate del versante orientale del lago e che si ipotizza essere alimentato anche dall'Adige attraverso le fratture tettoniche della faglia Garda – Sirmione inoltre si stima che l'apporto sotterraneo non sia indifferente.

Il regime idrologico naturale del Sarca è alterato dalla regolazione dell'invaso idroelettrico di Molveno e di altri bacini idroelettrici minori.

Il Piano di Regolazione del lago di Garda, redatto nel 1957, è stato approvato dal Consiglio Superiore dei LL. PP. nel 1965.

Gli utenti di valle sono consorziati nel Consorzio di II grado di bonifica e di utilizzazione idrica del Mincio; nel 1984 la Commissione per l'esercizio della regolazione del lago ha stabilito i livelli attualmente operativi e riassunti in Tabella 1.

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

Tabella 1 – Limiti di regolazione del lago di Garda in metri (rispetto allo zero idrometrico di Porta Verona a Peschiera: 64.03 m s.l.m.)

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

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 metri e, per eventi meteorici eccezionali, salire a un massimo di +1.75 m.

L'edificio regolatore di Ponti sul Mincio - Monzambano (di seguito denominato Diga) alimenta il fiume Mincio, il canale Virgilio e il canale Seriola Prevaldesca. La Seriola Prevaldesca serve il comprensorio irriguo del Consorzio di Bonifica della Fossa di Pozzolo e la centrale idroelettrica ENEL "Buse" in località Borghetto.

Il canale Virgilio alimenta gli impianti idroelettrici "Montina" a Monzambano e "Montecorno" a Pozzolo e i canali irrigui dei Consorzi dei Colli Morenici del Garda e dell'Alta e Media Pianura Mantovana. Subito a valle della Diga, il depuratore di Peschiera scarica le acque reflue trattate, provenienti dal sistema di collettamento circumlacuale. La capacità depurativa dell'impianto, che è di 330'000 abitanti equivalenti, risulta di gran lunga insufficiente nel periodo estivo.

A Pozzolo il fiume Mincio è sbarrato dal Partitore di Pozzolo, che devia parte della portata in arrivo da monte nello Scaricatore di Mincio e la avvia allo Scaricatore Pozzolo - Maglio del Consorzio di Bonifica della Fossa di Pozzolo, che regola le paratoie per incarico dell'AIPO. Nei periodi di piena la portata eccedente al valore di concessione viene deviata attraverso il manufatto di sostegno Rotta di Marengo nel Diversivo del Mincio.

All'altezza di Goito la maggior parte delle acque del fiume viene deviata da una soglia fissa verso il canale Naviglio; solo la portata eccedente la capacità del Naviglio, insieme alla quantità che in passato serviva il mulino di Goito, si riversa nel fiume. All'altezza del ponte della Gloria (SS 236) un sensore a ultrasuoni trasmette i valori del livello idrometrico al Consorzio del Mincio.

Al Partitore di Casale di Sacca inizia il canale Diversivo di Mincio, alimentato da uno sfioratore a soglia fissa, che ha una capacità di 320 m³/s. Il Piano regolatore delle acque del Mincio stabilisce che la portata del fiume eccedente i 50 m³/s venga deviata nel Diversivo. Oltre al fiume Mincio recapitano nel Diversivo anche lo scaricatore Pozzolo – Maglio, nei pressi di Soave, per un massimo di 130 m³/s e il canale Acque Alte, scolmatore di piena del fiume Tione, per una portata di circa 28 m³/s. Il Diversivo aggira la città di Mantova e si immette nel Mincio a valle dello sbarramento di Formigosa proteggendo la città dal rigurgito di Po.

Le Valli, i laghi di Mantova e la Vallazza

A sud di Rivalta sul Mincio la morfologia del fiume cambia, formando un complesso sistema paludoso definito “Le Valli del Mincio” riconosciuto come Riserva Naturale dalla Regione Lombardia nel 1984, come Sito di Importanza Internazionale dalla Convenzione internazionale di Ramsar del 1971, come Zona di Protezione Speciale (ZPS) e Sito di Importanza Comunitario (SIC) dalle Direttive CEE 79/409 e 92/43. La peculiarità di tale zona è di essere una zona umida, dove le acque permangono ad esigua profondità per un periodo di tempo sufficientemente lungo da consentire la formazione di un sedimento e la crescita di idrofite galleggianti o emergenti (Mitsch 1994).

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 recente, che è attualmente fuori servizio per lavori di sistemazione: tali interventi rallentano la corrente del fiume e regolano, con l'altezza idrometrica del lago Superiore, anche la portata entrante nel lago di Mezzo. 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. La zona umida “Vallazza”, riconosciuta come Riserva Naturale nel 1991, SIC (Direttiva 92/43/CEE) e zona Ramsar (Direttiva 79/409/CEE) si trova all'interno del sito inquinato di importanza nazionale “Laghi di Mantova”.

Il lago Superiore ha una superficie di 3.80 km², mentre il lago di Mezzo e il lago Inferiore hanno un'estensione pari a 1.07 km² e 1.45 km² rispettivamente. Il volume di invaso dei tre laghi da monte a valle è rispettivamente 14.5 hm³, 3.27 hm³ e 4.36 hm³ (Osservatorio dei Laghi Lombardi 2004).

Il basso corso del Mincio

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.

In caso di chiusura delle paratoie del Fornice di Formigosa, l'impianto idrovoro di Formigosa e lo scaricatore Vallazza - Fissero permettono di scaricare le acque dei laghi nel Mincio, il primo, e nel canale navigabile Fissero-Tartaro, il secondo.

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: a monte dello scaricatore e a valle della conca sono ubicati due sensori di livello idrometrico. Il sostegno mantiene, a monte, il livello del fiume a +14.00 m s.l.m. e, di conseguenza, a +14.50 m s.l.m. il livello idrico della Vallazza e dei laghi. 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.

1.2 Riferimenti normativi

L'elemento normativo principale da seguire al fine di valutare la compatibilità idraulica delle opere in progetto è il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) con le relative Norme di Attuazione e Direttive di piano.

In particolare per quanto concerne gli aspetti di dettaglio legati alla valutazioni di compatibilità idraulica delle opere da progettare nell'ambito territoriale interessato dalla zonizzazione della regione fluviale identificata dal PSFF, si fa riferimento alla **“Direttiva contenete i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B”** approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 – aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po con l'art. 38 disciplina gli “interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico” che ricadono all'interno delle fasce A e B:

*“1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno **studio di compatibilità**, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.*

2. L'Autorità di Bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di Bacino.

3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall’Autorità di Bacino.”

Tale articolo è ripreso all’interno della Direttiva n. 4 “Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all’interno delle fasce “A” e “B”, approvata con deliberazione del Comitato istituzionale n. 2 dell’11 maggio 1999 – aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006. La citata direttiva, vigente ai sensi dell’art. 15 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), approvato con D.P.C.M 24 luglio 1998 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 9 novembre 1998 n. 262, per l’ambito territoriale interessato dalla zonizzazione della regione fluviale dello stesso PFSS, è estesa all’intero ambito territoriale di riferimento del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) di cui al Titolo II delle relative Norme di attuazione.

La legge 183/89, all’art. 17 comma 3 lettera m, specifica “l’indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell’ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici”.

2 Descrizione generale del progetto

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 secondo 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 stazioni di servizio presenti.

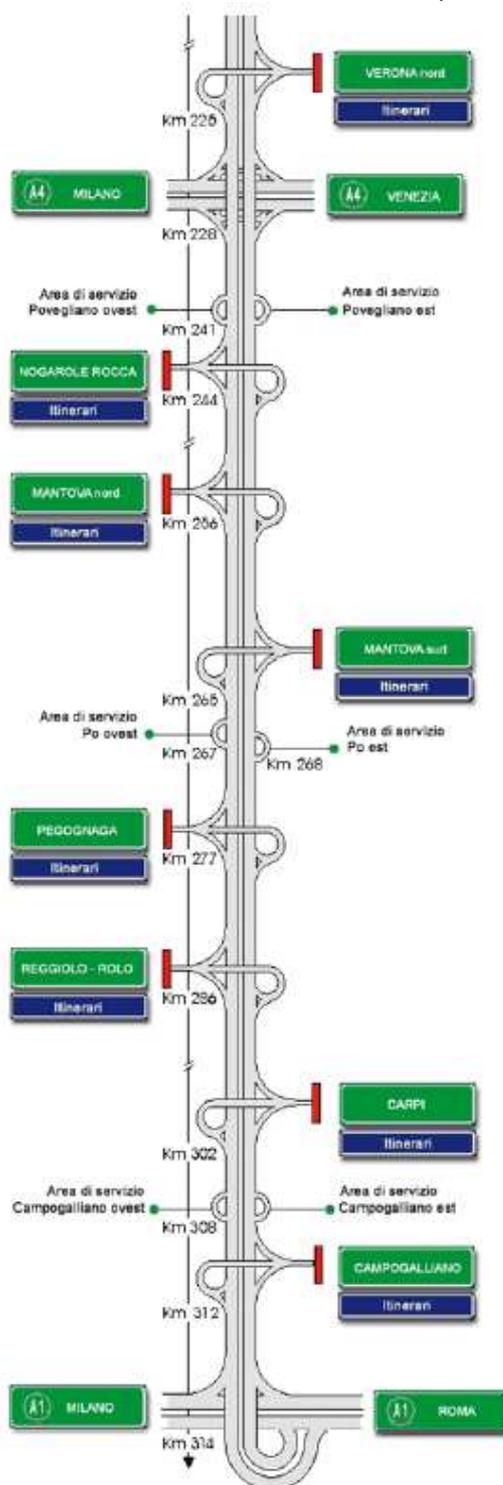


Figura 1 – Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento

Il **Segmento A** comprende la parte più a nord dell'intervento e inizia poche centinaia di metri a nord del casello autostradale di "Verona Nord" e si conclude alla nei pressi del manufatto di attraversamento della linea ferroviaria Verona - Mantova, ove le carreggiate iniziano a separarsi per proseguire con spartitraffico più ampio (da 3.00 m a 12.00 m).

Il progetto prevede l'adeguamento delle attuali carreggiate autostradali con allargamento su ambo i lati al fine di realizzare la terza corsia di marcia e la corsia di emergenza con ampiezza minima pari a 3.50 m.

Il **Segmento B** comprende la parte più estesa della terza corsia si sviluppa dal manufatto di attraversamento della linea ferroviaria Verona – Mantova, in direzione Modena.

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 ed arginelli erbosi esterni alla piattaforma pavimentata.

Nel presente tratto rientrano gli interventi previsti sulle opere di attraversamento del canale diversivo Fissero-Tartaro (lunghezza di circa 98 m, in corrispondenza della progressiva chilometrica 261+949), del fiume Mincio oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica (lunghezza di circa 220 m, in corrispondenza della progressiva chilometrica 262+446) e del fiume Po (lunghezza di circa 1.000 m in corrispondenza della progressiva chilometrica 269+115).

In particolare il manufatto di attraversamento del fiume Mincio è 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.

Si 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 da realizzare la sezione finale.

Nel **Segmento C** compreso tra Campogalliano e l'intersezione con l'Autostrada A1 Milano – Napoli, il progetto prevede il completo rifacimento dello svincolo di interconnessione i due tratti autostradali.

2.1 Interventi sulle opere d'arte

Per la realizzazione della terza corsia è necessario l'allargamento delle carreggiate autostradali con conseguente adeguamento di tutte le opere d'arte che si trovano nella tratta interessata.

In particolare nel Segmento B è presente il manufatto di attraversamento del fiume Mincio in corrispondenza delle progressiva chilometrica 262+446.

2.1.1 Ponte sul fiume Mincio: stato di fatto

Attualmente il ponte è costituito da due impalcati accostati di lunghezza 221 m e larghezza 11.95 m.

Per una serie di cause concatenate (uso di sali disgelanti, cicli di gelo-disgelo, fenomeni di fatica, etc.), su tale opera sono presenti evidenti fenomeni di degrado, inoltre il ponte, progettato per sostenere i carichi mobili ai sensi dalla Circolare n°384 del 14 febbraio 1962, non rispetta quanto prescritto dal vigente D.M. 14.01.2008.

In relazione a quanto sopra descritto si prevede una demolizione parziale con successiva ricostruzione dell'opera.

Nella Figura 2 seguente viene riportato l'attuale schema dell'impalcato.

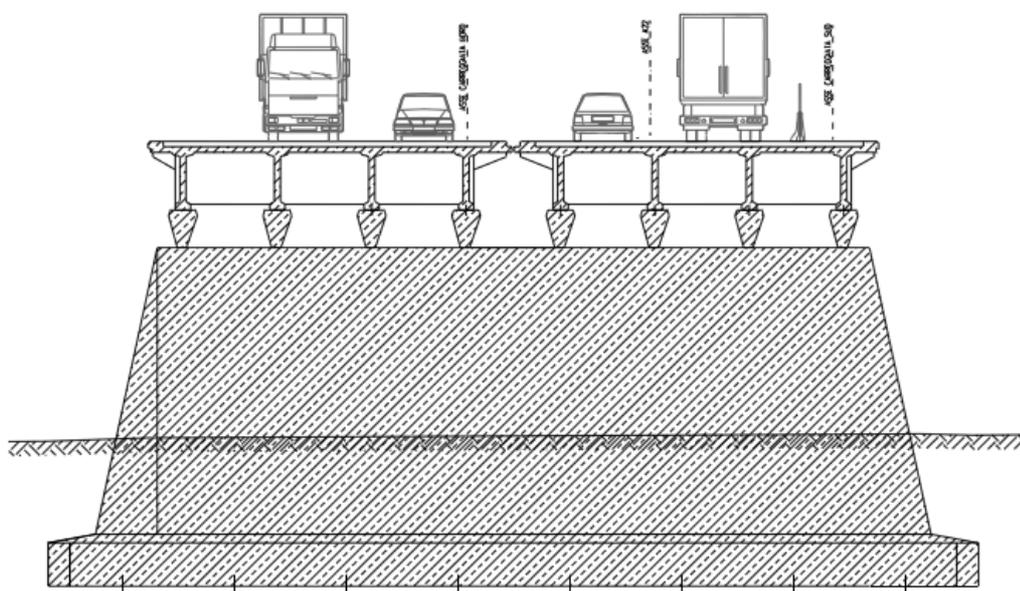


Figura 2 – Stato attuale attraversamento fiume Mincio

2.1.2 Ponte sul fiume Mincio: stato di progetto

Il progetto prevede l'allargamento unilaterale delle pile e delle spalle, nonché la completa demolizione e ricostruzione dell'impalcato per fasi successive, così da raggiungere la larghezza della prevista sezione finale.

La sezione trasversale è costituita da due impalcati separati, uno per carreggiata, composti ciascuno da sette travi principali in acciaio di altezza di 1.50 m e interasse pari a 2.50 m.

Ogni 4.60 m le travi sono irrigidite da traversi di campata di altezza 0.7 m. I traversi di testata hanno la stessa sezione resistente delle travi principali e, per facilitare il montaggio e la sostituzione futura degli appoggi, essi hanno un fazzoletto di rinforzo verticale centrale che permette il sollevamento dell'impalcato mediante appositi martinetti.

Sulle piattabande superiori delle travi principali poggiano le piastre tralicciate prefabbricate, di spessore 0.07 m, sulle quali viene gettata la soletta in calcestruzzo armato dello spessore minimo di 0.3 m.

Nella Figura 3 viene riportato un estratto della configurazione di progetto prevista.

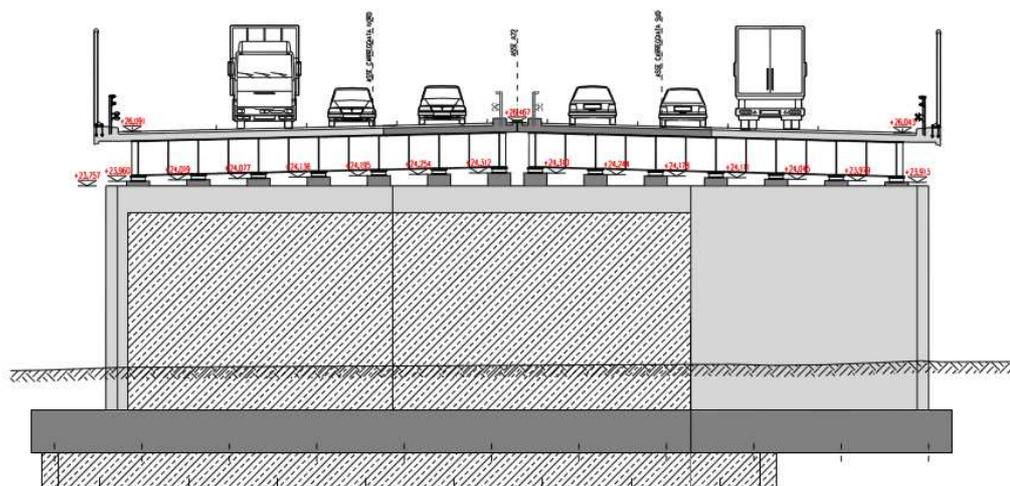


Figura 3 – Stato di progetto attraversamento fiume Mincio

Per quanto riguarda le opere interferenti con il corso d'acqua si evidenzia che le pile esistenti vengono allargate e rinforzate. Le nuove pile hanno infatti uno spessore di 1.40 m, contro uno spessore di 1.00 m delle pile esistenti. Per rendere uniforme la larghezza della pila si esegue un ringrosso di 20 cm su entrambi i lati del tratto esistente.

I nuovi getti vengono collegati alla struttura esistente mediante connettori aventi diametro 20/40 mm.

Per ogni pila vengono realizzati 22 nuovi pali trivellati di fondazione, con diametro di 1.20 m e lunghezza di 40 m con conseguente allargamento della platea di fondazione.

Il nuovo blocco viene unito alla pila esistente mediante putrelle HEM160 in acciaio S355 lunghe 3.0 m e annegate nel getto della fondazione di progetto ad interasse di 1.0 m.

Le pile in alveo sono rese accessibili da isole in rilevato assicurate con scogliere in massi ciclopici. Lo scavo di accesso alle fondazioni delle 2 pile in alveo è realizzato all'interno di una paratia in jet grouting profonda 12 m con spessore 1.80 m e rinforzata mediante micropali 101/8 mm in acciaio S355 ancorati superiormente ad un cordolo in cemento armato.

Le spalle vengono completamente ricostruite e si fondano su pali di grosso diametro pari a 1.20 m e lunghezza di 40 m.

In corrispondenza delle spalle si prevede un giunto di dilatazione a pettine in acciaio CORTEN.

Il giunto, arretrato rispetto alla zona degli appoggi per evitare eventuali infiltrazioni e percolazioni sulle testate delle travi principali e sugli appoggi stessi, è completamente ispezionabile, così come le testate delle travi. Per questo è stata prevista una camera di ispezione su tutte e due le spalle, con porte di accesso in acciaio inossidabile.

3 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale

Si descrivono nel presente capitolo le caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale del Mincio, traendo le informazioni di carattere generale dallo studio dell'Autorità di Bacino del Fiume Po denominato "Linee Generali di assetto idraulico e idrogeologico (Mincio)".

In area lombarda il Mincio scorre dal Lago di Garda al Po all'interno di un alveo dapprima ben definito e poi sempre più ampio con tendenza all'impaludamento più a valle, sino all'espansione nel sistema lacustre di Mantova, scomposto in tre bacini, Lago Superiore, Lago di Mezzo e Lago Inferiore. Il Mincio prosegue poi con un alveo di pianura, interamente canalizzato entro alti argini, sino allo sbocco nel Po.

Paesaggisticamente l'ambito fluviale risulta essere articolato in cinque aree:

- Collinare: dal confine settentrionale fino a Volta Mantovana con presenza di colline moreniche intervallate da aree leggermente ondulate o pianeggianti, da conche e da vallecole. La Valle del Mincio è fortemente incassata, terrazzata e meandriforme con presenza di meandri sospesi;

- **Pedecollinare:** si estende da Volta Mantovana a Goito. È dominata dalla valle fluviale del Mincio, ben delimitata da terrazzi di vario ordine. Il letto del fiume è abbastanza largo, piatto, ciottoloso e con alcuni isolotti (isole di Massimbona, di Corte Dossi e di Torre). I segni dell'attività estrattiva sono diventati una componente del paesaggio che risulta profondamente modificato nelle sue caratteristiche geomorfologiche;
- **Alta pianura:** a sud di Goito la valle del Mincio si allarga ed è sempre delimitata da terrazzi. La costruzione di argini, la regimentazione delle acque e la bonifica hanno reso possibile l'utilizzo agricolo di questa fascia anche se in zone limitate cresce ancora la vegetazione spontanea. Anche in questo caso l'attività estrattiva ha interessato aree molto estese sia sotto che sopra falda. In questa zona è compreso, con tutta la sua importanza naturalistica, il Bosco Fontana;
- **Lacustre:** la conca lacustre si apre a Rivalta e prosegue oltre Mantova circondando la città a nord e ad est, articolandosi in tre bacini: il Lago Superiore, le cui sponde sono morfologicamente asimmetriche; il Lago di Mezzo e quello Inferiore le cui rispettive sponde sono state spesso modificate dall'azione dell'uomo.
- **Mincio inferiore:** è l'area occupata del fiume a sud di Mantova fino alla confluenza con il Po. L'alveo è limitato da arginature di contenimento delle piene del Po.

Il fiume scorre quasi interamente nel Parco Regionale del Mincio il cui comprensorio è di 15950 ha ricadenti nei territori comunali di: Mantova, Ponti sul Mincio, Monzambano, Volta Mantovana, Goito, Marmirolo, Porto Mantovano, Rodigo, Curtatone, Virgilio, Bagnolo San Vito, Roncoferraro e Sustinente, tutti in provincia di Mantova. Le aree a maggior pregio naturalistico sono state costituite a riserva naturale come le Riserve Regionali Valli del Mincio e Vallazza (si veda tabella Tabella 2).

Tratto	Tipologia di area protetta
Diga di Ponti sul Mincio – Monzambano – Pozzolo	Parco Naturale Regionale
Pozzolo – Goito	Parco Naturale Regionale
Goito – Rivalta	Parco Naturale Regionale
Valli del Mincio, laghi di Mantova, Vallazza	Zona Ramsar S.I.C. Z.P.S. Riserva Naturale Regionale Parco Naturale Regionale Parco periurbano
Basso corso del Mincio	Parco Naturale Regionale

Tabella 2 – Tipologie delle aree protette presenti nelle macrosezioni del fiume Mincio

In particolare, le Valli del Mincio sono attualmente classificate, ai sensi della Legge Quadro Regionale su Parchi e Riserve (L.R. 86/83) come Riserva naturale regionale (D.G.R. n.III/1739 del 11/10/1984) con le seguenti finalità istitutive:

- a) tutelare le caratteristiche naturali e paesaggistiche delle valli;
- b) assicurare, nello spirito della convenzione di Ramsar, l'ambiente idoneo alla sosta e alla nidificazione dell'avifauna;
- c) disciplinare e controllare la fruizione del territorio ai fini scientifici e didattico - ricreativi.

L'importanza naturalistica e la biodiversità delle Valli del Mincio sono state a più riprese riconosciute anche in ambito internazionale. Le Valli sono infatti designate come:

- Zona umida di importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar (codice identificativo 3IT037);
- Zona di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della Direttiva 79/409/CEE (c.d. Direttiva Uccelli);
- Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (c.d. Direttiva Habitat), identificate con il codice IT20B0009. Le Valli fanno dunque parte integrante della rete ecologica europea denominata NATURA 2000.

La zona umida "Vallazza", riconosciuta come Riserva Naturale Orientata nel 1991, SIC (Direttiva 92/43/CEE) e zona Ramsar (Direttiva 79/409/CEE) si trova all'interno del sito inquinato di importanza nazionale "Laghi di Mantova".

Il territorio del Parco del Mincio è tutelato come bene paesaggistico ai sensi dell'Articolo 142 comma 1 lett. F "Aree tutelate per legge" del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio Dlgs 22.01.2004 n. 42 come riportato in Figura 4.

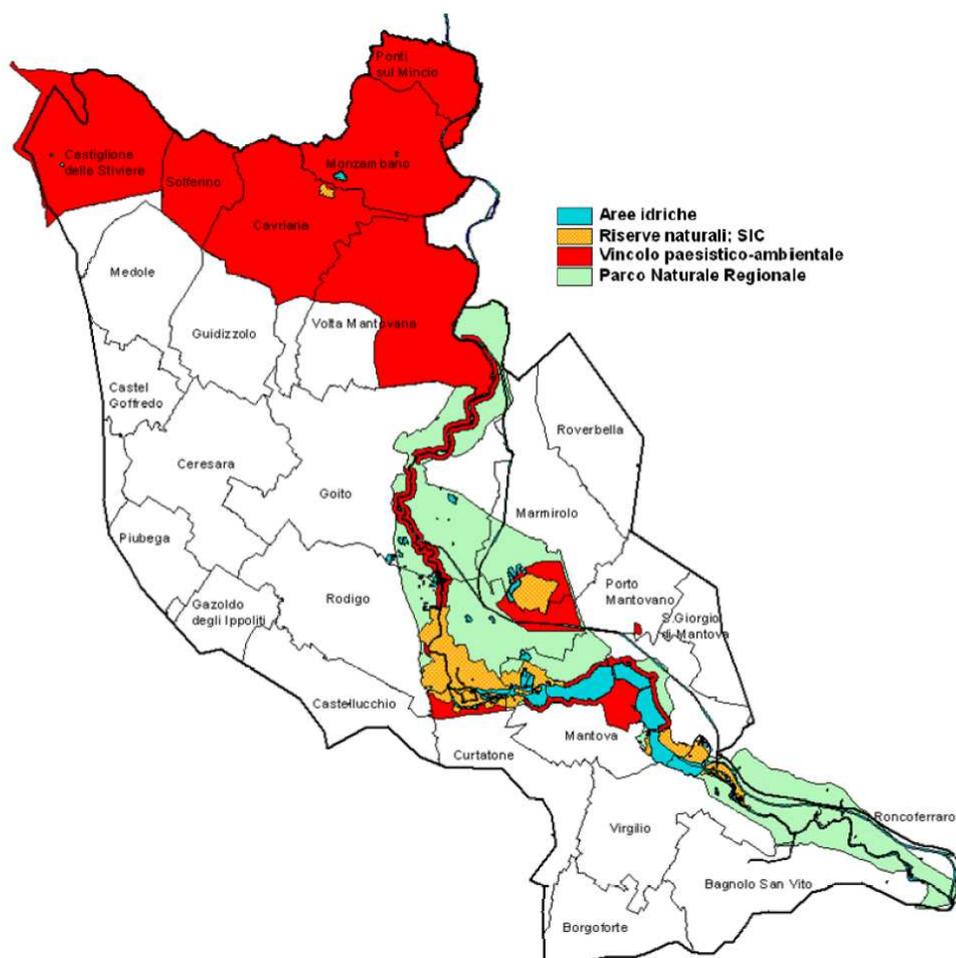


Figura 4 – Aree sottoposte a protezione e a vincolo paesistico – ambientale

Dal punto di vista prettamente ambientale le Riserve naturali e i Siti della Rete Europea Natura 2000 racchiudono al proprio interno veri e propri scrigni di biodiversità.

Le zone umide sono l’habitat perfetto per aironi, garzette, nitticore e falchi di palude e numerose altre specie protette.

4 Analisi Idrologica

Le caratteristiche idrologiche del bacino del Sarca sono di tipo pluviometrico continentale, mentre quelle del complesso Garda – Mincio sono di tipo sub-litoraneo padano. In particolare il secondo presenta due massimi e due minimi sostanzialmente equivalenti. I massimi primaverili e autunnali hanno valori medi mensili dell’ordine di 80-85 mm di pioggia, i minimi estivi e invernali dell’ordine dei 62 mm. Il totale delle precipitazioni medie annue oscilla tra i 955 e i 1050 mm per il Sarca e il Garda e di circa 850 mm per il Mincio.

4.1 Stazioni meteorologiche

Il bacino del Mincio possiede venti stazioni di misura delle precipitazioni gestite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, da ERSAF e da AdBPo. I dati utilizzati fanno riferimento al P.T.U.A. della Regione Lombardia attualmente in vigore.

Nella tabella seguente si riportano i dati riferiti al nome della stazione, ai periodi di misura disponibili (e senza lacune nei dati), la quota della stazione sul livello medio mare, l'altezza di precipitazione media annua già depurata delle serie di dati incomplete.

Stazione	Periodo di misura disponibile	Quota [m s.l.m.]	Altezza di precipitazione media annua [mm]
Borgoforte	1951-1961, 1967-1977, 1979, 1981-1982, 1984, 1996, 2000-2003	19	690
Calliera di Goito	1980, 1982-2003	32	701
Castiglione d. S.	1951-1958, 1960, 1972-1977, 1979-1992, 1994-2003	112	866
Ceresara	1951-1969, 1996-2003	44	747
Cerlongo di Goito	1979-1984, 1996, 1997	45	709
Governolo	1951-1962, 1967-1983, 1986, 1988-1995	16	643
Guidizzolo	1982-2003	65	756
Mantova	1951-2002	20	678
Monzambano	1951-1980, 1983, 1984, 1986, 1988-1990, 1995-1997	90	1166
Piubega	1993-2001	41	743
Rodigo	1996-2003	35	678
Travata	2000-2003	17	-
Volta Mantovana	1992-2001	84	617
Peschiera del Garda	1951-1984, 1986-1997	67	813
Cavriana	1990-2001	120	771
Curtatone	1992-2001	26	439
Goito	1992-2001	33	608
Piubega	1970-1995	40	724

Stazione	Periodo di misura disponibile	Quota [m s.l.m.]	Altezza di precipitazione media annua [mm]
Roverbella	1992-2001	42	728
Volta Mantovana	1970, 1972-2003	98	712

Tabella 3 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Stazioni pluviometriche del bacino, anni di misura, quota sul mare e precipitazione media annua

Partendo dai dati disponibili, per ogni stazione di misura, sono state calcolate le precipitazioni medie annue, tralasciando gli anni di osservazione incompleti, cioè quelli mancanti di uno o più valori di precipitazione mensile. Le precipitazioni medie annue così ottenute sono riportate nella tabella seguente:

Stazione	Quota [m s.l.m.]	Altezza di precipitazione media annua misurata [mm]	Altezza di precipitazione media annua integrata [mm]
Borgoforte	19	705	690
Calliera di Goito	32	706	701
Castiglione d. S.	112	859	866
Ceresara	44	719	747
Cerlungo di Goito	45	709	709
Governolo	16	635	643
Guidizzolo	65	768	756
Mantova	20	673	678
Monzambano	90	1073	1166
Piubega	41	736	743
Rodigo	35	893	795
Volta Mantovana	84	666	617
Peschiera del Garda	67	811	813
Cavriana	120	771	771
Curtatone	26	438	439
Goito	33	615	608

Stazione	Quota [m s.l.m.]	Altezza di precipitazione media annua misurata [mm]	Altezza di precipitazione media annua integrata [mm]
Piubega	40	717	724
Roverbella	42	728	728
Volta Mantovana	98	716	712

Tabella 4 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Altezze di precipitazione media annua misurate ed integrate delle stazioni pluviometriche utilizzate nel bacino del Mincio

In Tabella 5 sono invece riportati i valori di precipitazione media:

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic
Mincio a Monzambano	55	62	69	101	104	112	105	119	96	116	151	76
Mincio a Marmirolo	54	61	67	99	102	109	103	116	94	113	147	74
Mincio a Goito	54	59	67	99	101	109	101	115	95	115	145	75
Mincio a Mantova	52	54	63	93	95	103	94	108	92	111	134	72
Confluenza Mincio - Po	52	53	62	92	94	101	92	107	91	110	131	72

Tabella 5 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Altezze di precipitazione media mensili integrate nel bacino del Mincio (mm)

A partire da tali valori, con i dati degli afflussi meteorici riportati nella “Pubblicazione n. 17 – Dati caratteristici dei corsi d’acqua italiani” (SIMN, 1980) tramite il metodo dei topoietai si sono calcolate le precipitazioni medie annue (Tabella 6) dei quattro bacini sottesi a partire dal bacino di Monzambano.

Sezione	Precipitazione [mm]
Mincio a Monzambano	1166
Mincio a Marmirolo	1138
Mincio a Goito	1131
Mincio a Mantova	1071

Sezione	Precipitazione [mm]
Confluenza Mincio – Po	1057

Tabella 6 – Fonte P.T.U.A. Regione Lombardia - Sezioni di calcolo e precipitazioni medie annue

4.2 Analisi delle precipitazioni

L'analisi delle precipitazioni risulta ininfluente per la determinazione della portata massima transitabile all'interno del fiume Mincio in quanto, a partire da Ponti sul Mincio, il fiume è regolato artificialmente mediante una traversa dotata di paratoie mobili. Le indicazioni fornite dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po, Ufficio Operativo di Mantova, hanno permesso di definire una portata massima dipendente non dalle condizioni idrologiche del bacino idrografico con chiusura alla sezione di controllo della diga di Ponti sul Mincio, ma dalla regolazione programmata delle quote del lago, fissate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel 1965 ed attualmente di competenza di A.I.Po, U.O. di Mantova.

La portata massima transitabile in Mincio è funzione della **massima portata transitabile** all'interno del canale diversivo della città di Mantova e **pari a 200 m³/s**. Un riscontro di tale valore è indicato all'interno delle "Linee generali di assetto idraulico ed idrogeologico nel bacino del Mincio" a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Po. In tale documento si evidenzia come la portata massima, fissata come detto in 200 m³/s, viene ripartita tra il Mincio naturale e alcuni canali scolmatori artificiali.

Il Mincio naturale a partire da Pozzolo riesce a contenere 70 m³/s, a partire da Sacca tale valore scende a 50 m³/s. La parte eccedente viene fatta defluire all'interno dello scaricatore Maglio - Pozzolo (portata massima 130 m³/s) e successivamente nel cosiddetto "Diversivo Mincio".

A Valdaro, a valle dei laghi di Mantova e della Vallazza, un impianto di sollevamento costituito da 38 pompe che garantiscono una portata di 50 m³/s, scarica la portata transitante dai Laghi di Mantova all'interno del tratto terminale del Mincio, ottenendo di nuovo nell'alveo naturale la portata massima di 200 m³/s.

4.3 Piano di Assetto Idrogeologico

4.3.1 Sezioni di chiusura

La sezione di chiusura utilizzata nella modellazione idraulica è rappresentata dalla sezione trasversale di Mincio naturale posta a valle del fornice di Formigosa e dell'immissione del Diversivo in Mincio.

Al fine della determinazione della portata massima da inserire come condizione di monte del modello idraulico descritto nel seguito, si sono considerate le portate massime derivanti dai singoli contributi del canale Diversivo e della Vallazza, tramite l'impianto di sollevamento di Valdaro come descritto nel precedente paragrafo.

In tale sezione la portata massima è di 200 m³/s.

4.3.2 Definizione della portata di progetto

Nella determinazione della piena di progetto, il tempo di ritorno utilizzato nelle verifiche idrauliche del ponte deve risultare non inferiore, per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, a quello assunto per la delimitazione della fascia B.

Si ricorda, come indicato dall'AdBPO nel Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del fiume Po che, per i corsi d'acqua arginati (arginature esistenti), la Fascia B è fatta coincidere con il piede esterno dell'argine maestro, anche nelle situazioni in cui l'argine maestro sia eventualmente inadeguato al contenimento della piena di riferimento per la fascia stessa (tempo di ritorno 200 anni).

La delimitazione delle fasce fluviali del fiume Mincio dipende dai seguenti caratteri specifici del corso d'acqua:

- I deflussi sono interamente regolati dall'opera di Salionze, alla quale peraltro le portate giungono regolate dall'effetto di laminazione del lago di Garda, del quale il Mincio è l'emissario.

La portata di piena cui è possibile fare riferimento è quindi quella massima rilasciata da Salionze, pari a 200 m³/s ed ad essa non è associabile un tempo di ritorno definito.

- La sistemazione idraulica di valle è dimensionata rispetto a tale portata, fino all'abitato di Pozzolo, da cui si dirama lo scolmatore Pozzolo – Maglio in grado di convogliare un massimo di 130 m³/s.

A valle di tale opera, fino ai laghi di Mantova, il corso d'acqua non presenta opere di sistemazione idraulica, essendo peraltro generalmente adeguato al deflusso della portata massima residua di 70 m³/s fino a Sacca (da dove si dirama il Diversivo Mincio) e pari a 50 m³/s fino a Mantova; a valle dell'immissione del diversivo nel fiume Mincio, in località Formigosa, la portata massima è pari a 200 m³/s (fonte: Autorità di Bacino del Fiume Po).

Nel tratto da Mantova alla confluenza in Po, superata l'area lacuale denominata "Vallazza", dal nodo idraulico di Formigosa, il corso d'acqua è vincolato da arginature ravvicinate e continue che seguono l'andamento sinuoso – meandriforme dell'alveo.

Quindi, nel tratto interessato dalla presenza del ponte di attraversamento autostradale la fascia di esondazione coincide con l'area delimitata dalle arginature fino alla confluenza in Po, come indicato nella Figura 5.

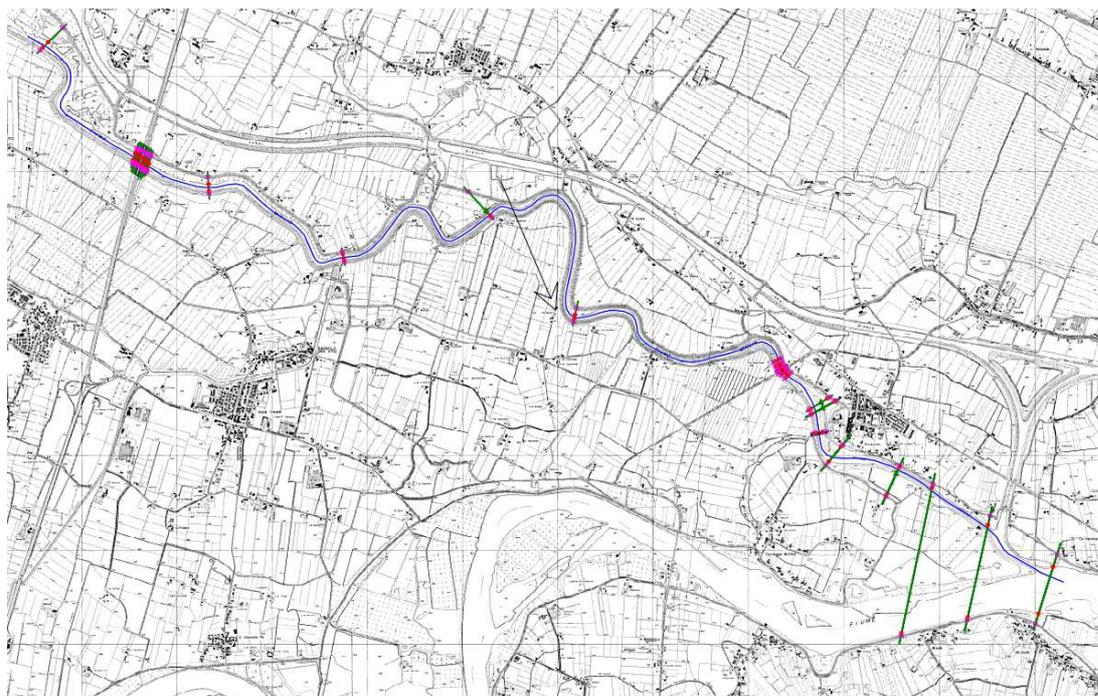


Figura 5 - Planimetria del tratto vallivo di Mincio modellato

Si conclude quindi che, non potendo applicare l'analisi idrologica per la definizione della portata con tempo di ritorno pari a 200 anni, la portata di piena di progetto per la verifica di compatibilità idraulica risulta pari a $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3.3 Portate di piena registrate

I valori storici delle portate di piena, per il bacino del Sarca ed il bacino del Mincio, sono riportati in Tabella 7 (fonte: Autorità di Bacino del Fiume Po):

Sezione	Superficie	H media	H min	Q max	qmax	Data
	km^2	m s.l.m.	m s.l.m.	$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$	
Nambron	21.2	2329	-	70	3.3	17/09/1960
Monzambano	2350.0	88	61	163	0.07	13-14/11/1960

Tabella 7 – Valori delle portate di piena storiche nel bacino Sarca-Mincio

Nell'arco degli anni si sono susseguiti numerosi eventi alluvionali all'interno del bacino del Sarca – Mincio. Di seguito vengono elencati i più importanti degli ultimi due secoli.

- 1801: piena di notevole entità sul Po con allagamenti particolarmente gravi nel Mantovano e nel Reggiano;
- 1807: piena sul Po con rotta in sinistra a Serravalle e Sustinente e contemporaneamente rotture degli argini sum Mincio e sull'Oglio (1-2 dicembre);
- 1879: allagamenti del Mincio a Mantova;
- 1906: alluvione nel bacino del Sarca (novembre);

- 1928: alluvione nel bacino del Sarca (novembre);
- 1951: allagamenti nel basso mantovano ad opera del Mincio (novembre – in concomitanza con quella che viene generalmente chiamata “alluvione del Polesine”);
- 1960: allagamenti dei paesi rivieraschi del Lago di Garda (settembre);
- 1966: alluvione nel bacino del Sarca (3-4 novembre).

Nel tratto di Mincio in prossimità del ponte dell'Autostrada del Brennero non sono registrate portate di piena o livelli conosciuti, pertanto non è possibile avere uno storico specifico alla sezione di chiusura del ponte.

Visto il carattere prettamente artificiale delle portate attualmente transitabili in Mincio, a valle dello sbarramento di Ponti sul Mincio, è comunque corretto l'utilizzo dei valori riportati per le sezioni di monte.

5 Analisi idraulica

5.1 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.

Allo scopo di rappresentare la geometria attuale del corso d'acqua, si è fatto riferimento alle sezioni trasversali fornite dall'AIPO (Ufficio Operativo di Mantova), aggiornate al 2009. Tali sezioni sono state determinate da un rilievo topografico, in coordinate UTM-WGS84 Fuso 32 e risultano estese per l'intero alveo di piena, fino alle arginature che delimitano la fascia B. Le quote altimetriche sono state rilevate in valore assoluto tramite appoggio a capisaldi IGM.

Le sezioni topografiche di AIPO coprono l'intero tratto interessato, fino alla confluenza in Po, e risultano posizionate in modo tale da rappresentare correttamente le singolarità d'alveo, in particolare in corrispondenza del ponte e del manufatto regolatore di Governolo.

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 sia per quanto riguarda lo stato di fatto sia per la configurazione di progetto in prossimità del manufatto di attraversamento.

La simulazione delle condizioni più gravose, essenzialmente dovute al rigurgito della piena del Po, impongono di dover utilizzare ulteriori sezioni a valle di quelle fornite dall'AIPO, al fine di imporre le necessarie condizioni al contorno.

Le sezioni trasversali del tratto di confluenza sono state ottenute interpolando, con passo 2 m, il DTM del Fiume Po, fornito dagli uffici della sede centrale di AIPO aggiornato al 2005. Le sezioni rilevate per mezzo del DTM sono le seguenti:

- Sez. 3383.763: è stata scelta per tenere in considerazione la conca di Governolo come area inondabile;
- Sez. 2840.247 e Sez. 2129.236: fanno riferimento al tratto finale del Mincio e sono state ottenute considerando l'intero alveo di piena, comprese le arginature delimitanti la fascia B;
- Sez. 1714.009 e Sez. 1005.136: considerano l'intera confluenza e comprendono gli argini maestri di sinistra e di destra Po, delimitanti la fascia fluviale B, come riportato nella Figura 6;
- Sez. 150.899: rappresenta l'intera sezione trasversale del fiume Po.

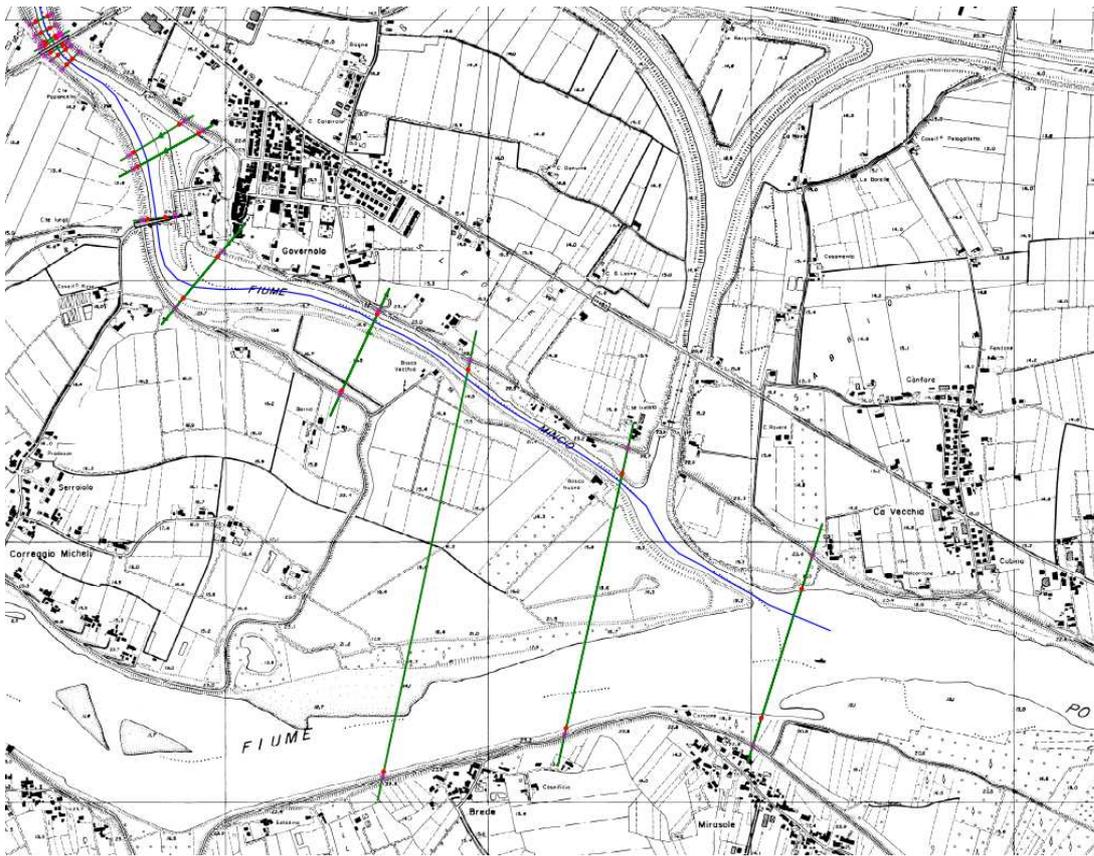


Figura 6 - Dettaglio delle sezioni trasversali utilizzate nel modello in corrispondenza dell'immissione del Mincio in Po

Nel tratto compreso tra la Sez. 10553.1 e la Sez. 6804.36, l'indisponibilità di un numero sufficiente di sezioni rilevate non ha consentito di riprodurre con esattezza la posizione

dell'arginatura di sinistra. Tale imprecisione nell'assetto geometrico è però trascurabile, sia per la brevità del tratto interessato da questa sia per effetto della condizione di valle dovuta alla piena del Po, che impone una quota quasi costante a tutto il profilo di rigurgito.

Il tratto di confluenza, compreso tra la Sez. 2129.236 e la Sez. 1714.77, è stato approssimato con una successione di sezioni trasversali, scelte in modo da rappresentare adeguatamente l'immissione della corrente del Mincio nel Po.

Tutte le sezioni trasversali sono georeferenziate in coordinate UTM-WGS84 Fuso 32.

5.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Appare subito evidente che l'intero corso del fiume Mincio presenta caratteristiche morfologiche dell'alveo estremamente diversificate a seconda che si consideri il primo tratto compreso tra il lago di Garda e Rivalta sul Mincio, il secondo tratto delle valli e i laghi di Mantova e il tratto terminale da Formigosa alla confluenza in Po.

Nella presente relazione di compatibilità idraulica ci si è focalizzati nell'ultimo tratto del corso interessato dall'opera di attraversamento dell'Autostrada A22.

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 (si veda l'immagine aerea riportata in Figura 7).
- 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.

Appare importante evidenziare che nel tratto di confluenza le forme relitte del Mincio si confondono con quelle del Po, in particolare si osserva un probabile pregresso punto di confluenza presso Correggio Micheli.

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 ad eccezione di un breve tratto immediatamente a monte del nodo di confluenza in Po.

Questo fenomeno puntuale è caratterizzato da processi erosivi del fondo alveo che interessano in maniera maggiormente marcata l'alveo principale del fiume Po.

Il fenomeno erosivo si ripercuote lungo il corso terminale del fiume Mincio fino all'altezza del ponte stradale di Governolo, in corrispondenza del quale si osserva infatti un modesto fenomeno erosivo delle pile in alveo.

Non appaiono significativi e sensibili gli effetti sul ponte di attraversamento dell’Autostrada A22 posta diversi km a monte rispetto all’attraversamento della strada provinciale come riportato nella figura seguente.

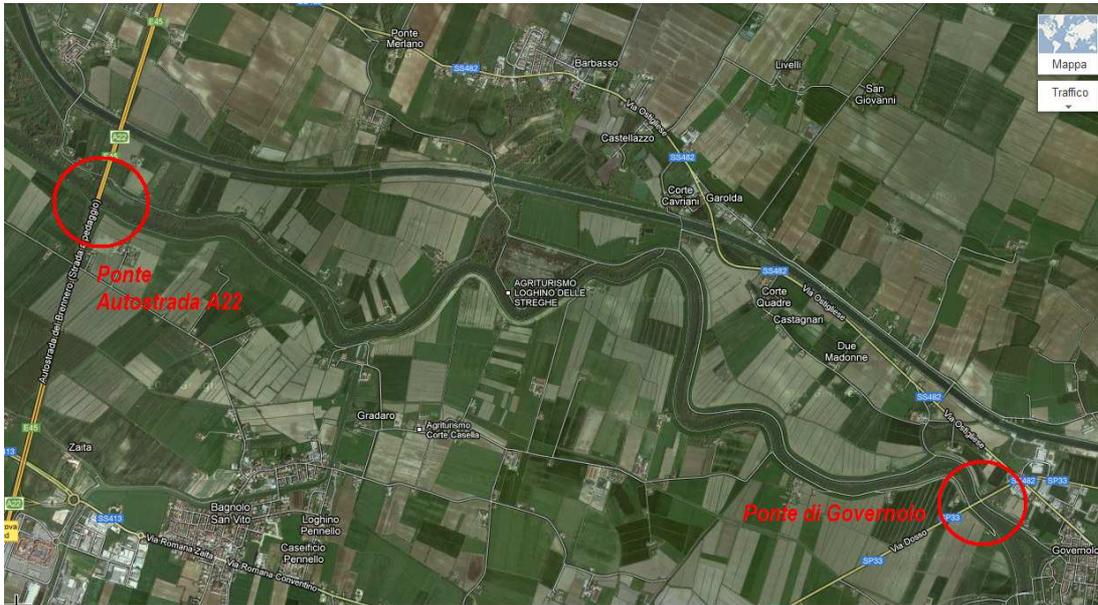


Figura 7 – Morfologia dell’alveo (tratto terminale ponte autostradale e ponte di Governolo)

5.3 Caratteristiche granulometriche del materiale d’alveo

Al fine di condurre un’analisi sul materiale d’alveo presente nel tratto oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica è possibile far riferimento a quanto riportato nel “Programma Generale di Gestione dei Sedimenti alluvionali del fiume Po” per il tratto compreso tra confluenza Arda ed Incile Po di Goro.

In tale documento vengono identificate le granulometrie caratteristiche dei sedimenti presenti nell’alveo del fiume Po per tratti omogenei.

I tratti in esame risultano essere quelli compresi tra Borgoforte e Foce Mincio e tra foce Mincio ed Ostiglia.

In tali tratti si identificano i diametri caratteristici dei sedimenti presenti nel fiume Po che possono essere equiparati a quelli presenti in corrispondenza della confluenza del fiume Mincio in Po e nel tratto terminale del suo corso prima della confluenza stessa.

Nella tabella seguente si riportano i valori estrapolati dal già citato “Programma Generale di Gestione dei Sedimenti Alluvionali del fiume Po” per il tratto d’interesse.

Diametro	Valore in mm	Valore in mm
----------	--------------	--------------

	Ing. Luca ADAMI Ing. Paolo CERCHIA Ing. Andrea ZIN	Autostrada del Brennero SpA - Brennerautobahn AG 38121 Trento – Via Berlino, 10 – Tel. 0461.212611 – Fax 0461.234976 Registro imprese Trento e codice fiscale n. IT00210880225 Partita IVA – codice comunitario IT00210880225 Capitale Sociale Euro 55.472.175 i.v. – a22@autobrennero.it
---	---	--

caratteristico	Tratto Borgoforte – foce Mincio	Tratto foce Mincio - Ostiglia
D5	0.27	0.24
D16	0.29	0.27
D50	0.39	0.35
D84	0.60	0.43

Tabella 8 – Valori dei diametri caratteristici del materiale d'alveo

In ultima istanza si evidenzia che il fiume Mincio nel suo ultimo tratto è in grado di convogliare una portata solida annua pari a circa 26'900 m³ di materiale solo come trasporto di fondo.

Alla luce di quanto sopra riportato e nella più completa caratterizzazione idraulica del fiume Mincio, nel tratto oggetto dello studio (compreso tra il nodo di Formigosa e la confluenza in Po), non è ritenuto necessario effettuare ulteriori valutazioni sulla capacità di trasporto solido in ragione del carattere sufficientemente consolidato e canalizzato della sezione di Mincio naturale compreso tra la Vallazza ed immissione in Po.

Non è stata necessario produrre, quindi, una caratterizzazione del materiale d'alveo mediante analisi granulometriche.

L'analisi dei diametri ha consentito comunque, sulla base di quanto sopra identificato, di calibrare idoneamente il parametro di scabrezza per la successiva analisi idraulica e la completa valutazione dei processi di morfologia fluviale associati.

5.4 Opere di difesa idraulica

Sul tratto d'interesse e oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica, i rischi idraulici sono determinati essenzialmente dal rigurgito delle piene del Po e, in misura minore, dai deflussi del Garda - Mincio.

Lo schema di difesa idraulica si basa sui seguenti elementi principali:

- arrestare i livelli idrici di rigurgito di Po;
- smaltire, in condizioni di piena di Po, le acque locali provenienti da monte nel canale Fissero-Tartaro, tramite l'impianto di sollevamento di Valdaro e in futuro tramite un collegamento diretto con il canale, avente anche funzione di conca di navigazione.

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 Canalbianco.

In sintesi i manufatti idraulici principali lungo il tratto terminale del corso del fiume Mincio, che ne determinano il comportamento idraulico sono i seguenti:

- il nodo di Formigosa, con la chiusa e l'impianto di sollevamento di Valdaro: si tratta di una serie di manufatti che costituiscono la chiave di tutto il sistema difensivo di Mantova dalle piene del Po.
- la traversa di Governolo, unitamente all'argine artificiale, impedisce l'accesso al vecchio corso del Mincio ed ha la duplice funzione di difendere l'abitato di Governolo dalle piene del Po e di regolare il deflusso delle portate provenienti da monte.

Considerando il tratto interessato ai fini della verifica di compatibilità idraulica, la sola opera di difesa considerata nella modellazione eseguita è il manufatto regolatore di Governolo in cemento armato a tre luci. Ogni luce ha una larghezza di 13.6 m e un'altezza di 8.9 m. La soglia sfiorante è fissa e posta a quota 14 m; quella centrale è inoltre dotata di paratoia per regolare il deflusso delle acque.

La conca di S. Leone non è stata considerata nella realizzazione del modello idraulico in quanto ininfluenza ai fini della verifica di compatibilità; infatti, in caso di piena del Fiume Po, le procedure di gestione impongono la chiusura del manufatto.

Le arginature del tratto di Mincio analizzato sono attualmente dimensionate al fine di garantire una protezione dalla piena con tempo di ritorno 200 anni e quindi, dal punto di vista planimetrico, esse vanno a coincidere con la Fascia fluviale B, secondo la classificazione dell'Autorità di Bacino.

5.5 Manufatti interferenti

Lungo il tratto a valle del nodo di Formigosa fino alla confluenza in Po, sono presenti gli attraversamenti dell'autostrada A22 del Brennero, in prossimità di Bagnolo San Vito, e della S.P. 33, in prossimità di Governolo.

Sempre a Governolo, a valle del ponte della strada provinciale, in corrispondenza della conca di navigazione si trova la traversa di regolazione delle acque come già descritta nei paragrafi precedenti.

Le caratteristiche geometriche del ponte dell'Autostrada sono state ottenute dagli elaborati tecnici forniti dalla stessa Società Autobrennero.

Manufatto di attraversamento del fiume Mincio: Stato Attuale

La struttura attuale si compone di sette campate continue con le seguenti luci a partire dalla sinistra idrografica:

Campata (da sinistra idrografica)	Luce (m)
1	32,75

2	33,50
3	33,50
4	33,50
5	28,50
6	28,50
7	27,20

Tabella 9 – Lunghezza delle campate del ponte attuale

La sezione trasversale attuale è costituita da due impalcati separati, uno per carreggiata, di 11.95 m di larghezza e 2.2 m di spessore.

Ai fini dell'analisi idraulica si evidenzia la presenza di sei pile all'interno della sezione fluviale, di cui due collocate in corrispondenza dell'alveo di magra e una in corrispondenza della sommità dell'argine di sinistra.

Tutte le pile sono caratterizzate dalle medesime dimensioni: presentano una pianta rettangolare di 1 m di larghezza e 24.48 m di lunghezza, che si allarga in prossimità dell'impalcato fino ad una larghezza complessiva di 3.4 m.

L'asse delle pile è rivolto nel senso della corrente. Le spalle sono situate al di fuori della sezione fluviale limitata dalle arginature, quindi non costituiscono un ostacolo al deflusso della corrente, anche in condizioni di piena.

Manufatto di attraversamento del fiume Mincio: Stato di Progetto

Per quanto concerne la nuova struttura in progetto, essa si compone di sette campate continue con le seguenti luci, a partire dalla sinistra idrografica:

Campata (da sinistra idrografica)	Luce (m)
1	32,17
2	33,51
3	33,52
4	33,55
5	28,43
6	28,53
7	27,25

Tabella 10 - Lunghezza delle campate del ponte di progetto

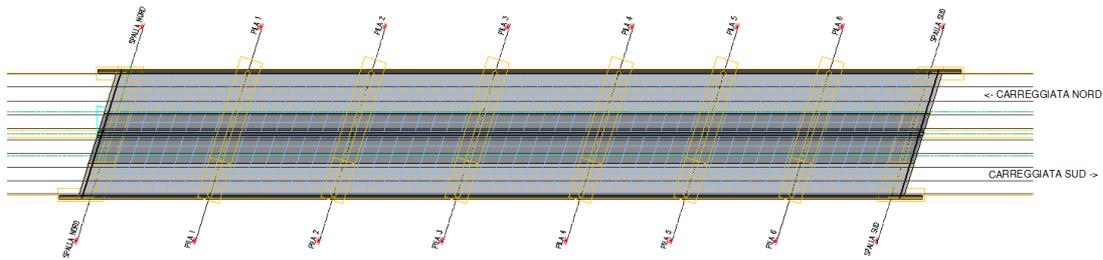


Figura 8 - Estratto planimetrico del nuovo ponte in progetto

La sezione trasversale, di larghezza pari a 35.16 m, è costituita da due impalcati separati, uno per carreggiata, composti ciascuno da sette travi principali in acciaio di altezza 1.50 m e interasse pari a 2.50 m.

Le pile all'interno della sezione fluviale sono sei, presentano una pianta rettangolare di larghezza pari a 1.4 m e 36.76 m di lunghezza. Le pile sono rivolte nel senso della corrente, quindi l'angolo di incidenza formato dalla corrente con l'asse delle pile è nullo.

5.6 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 il deflusso in corrispondenza del manufatto di attraversamento assicuri livelli idrici compatibili con le opere interferenti.

Il confronto tra la condizione di deflusso antecedente alla realizzazione delle opere e quella successiva alla realizzazione delle stesse 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;
- b) Condizioni al contorno;
- c) Taratura del modello;
- d) Condizioni di riferimento.

5.6.1 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:

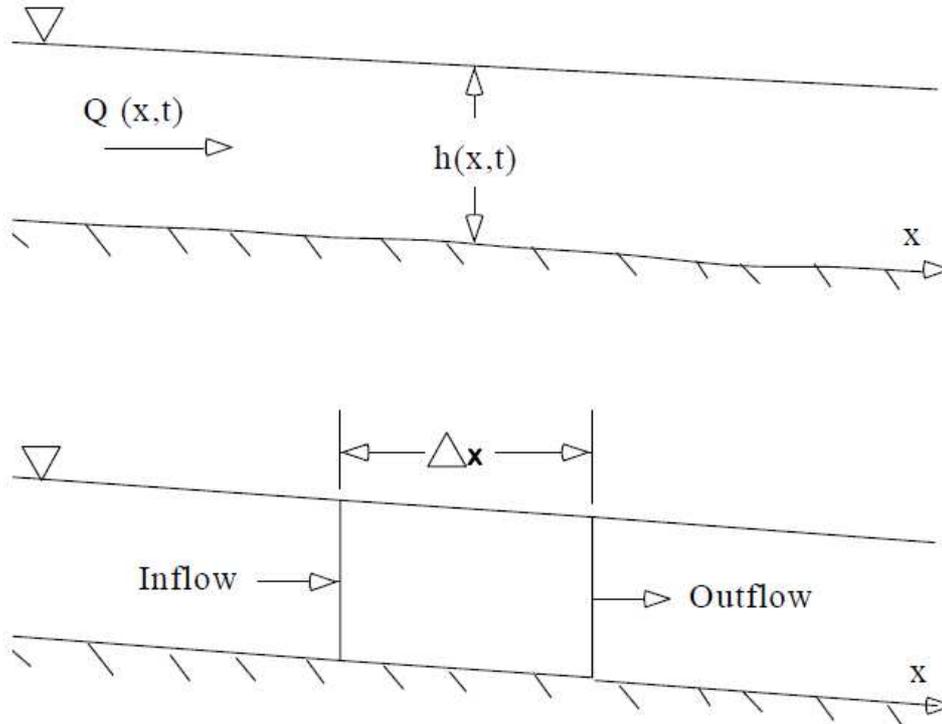
- il principio di conservazione della massa (continuità);
- il principio di conservazione del momento o della quantità di moto.

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 Δx 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 ρ è la densità del fluido.

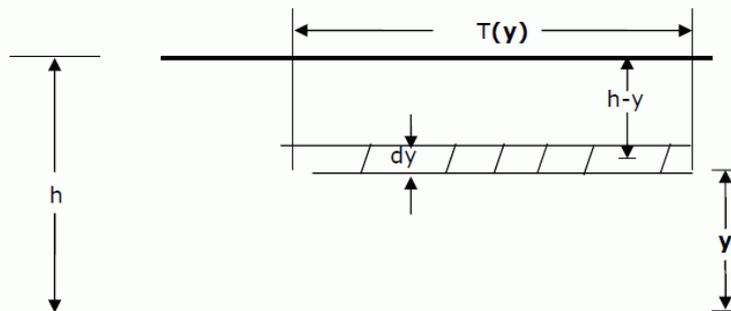
La stessa equazione, semplificata e divisa ambo le parti per $\rho \Delta x$ fornisce la forma classica dell'equazione di continuità:

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

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 θ 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 τ_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 τ_0 può essere espresso in funzione del coefficiente di Chezy (C):

$$\tau_0 = \rho \frac{g}{C} \sqrt{R S_f}$$

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:

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

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

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

5.6.2 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 paragrafo 4.2 il valore della portata al colmo di piena assunta come condizione al contorno di monte risulta essere pari a 200 m³/s. Come già ampiamente enunciato, ad essa non è associabile un tempo di ritorno, per effetto delle opere di regolazione presenti a monte del tratto interessato.

La verifica di compatibilità idraulica del ponte dell'Autostrada del Brennero viene condotta assumendo la condizione più gravosa rappresentata dall'instaurarsi del profilo di rigurgito nel tratto interessato, determinato considerando la piena del Fiume 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.

La scelta sul livello idrico da imporre è stata effettuata operando il confronto tra i risultati del modello di calcolo del Fiume Po (opportunamente tarato) in corrispondenza della sezione interessata.

Il livello utilizzato come condizione al contorno è stato ottenuto simulando l'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni, 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.

5.6.3 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, di cui in Figura 9 si riporta un estratto. Per la determinazione del valore di scabrezza delle singole aree sono state utilizzati i valori tra quelli proposti da Chow nel 1959.

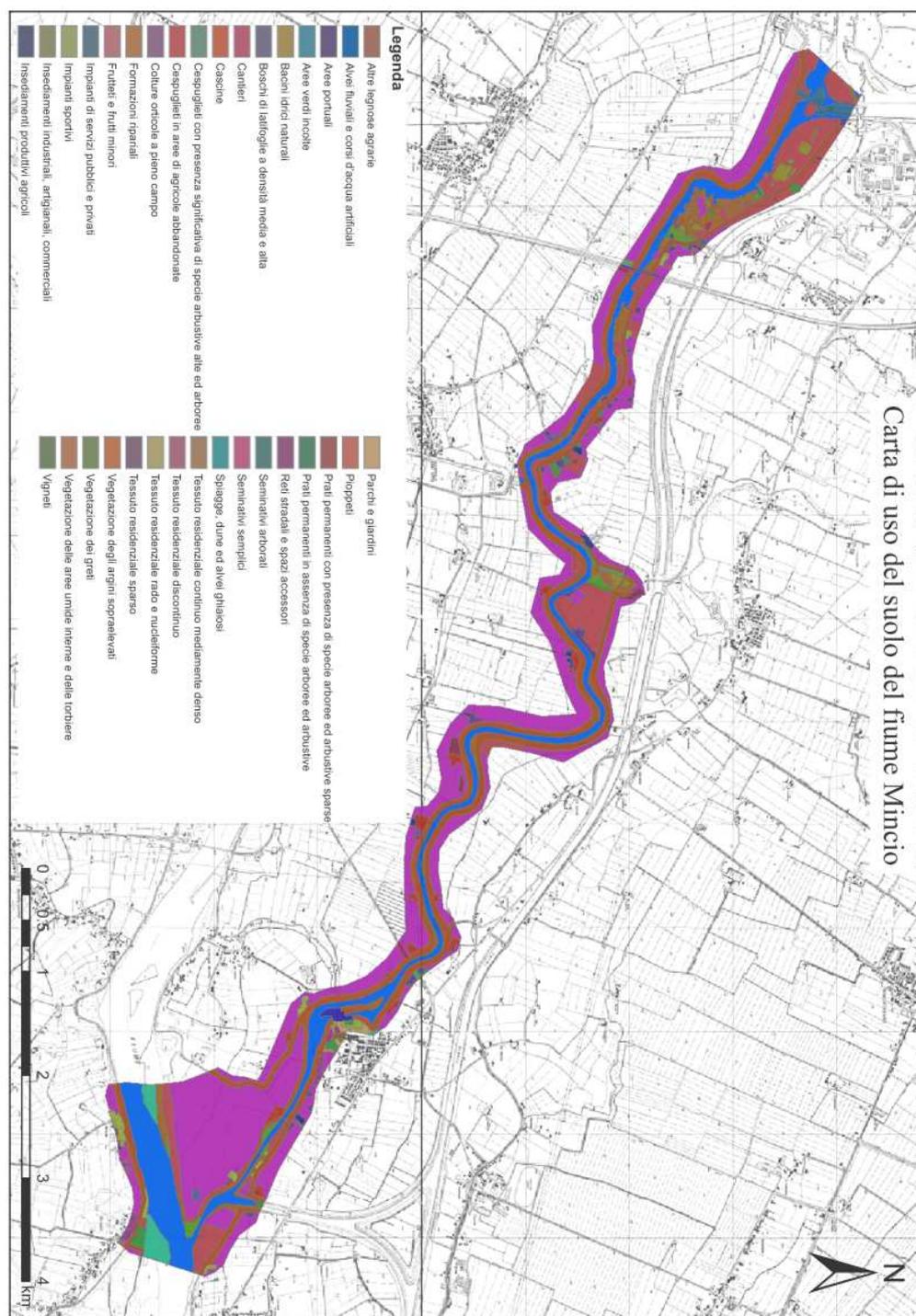


Figura 9 - Estratto della carta di uso del suolo della Regione Lombardia

DESCRIZIONE SECONDO USO DEL SUOLO REGIONE LOMBARDIA	COEFFICIENTE DI MANNING ADOTTATO [m ^{-1/3} s]	DESCRIZIONE PROPOSTA DA CHOW
Formazioni ripariali	0.05	Light brush and trees

DESCRIZIONE SECONDO USO DEL SUOLO REGIONE LOMBARDIA	COEFFICIENTE DI MANNING ADOTTATO [$m^{-1/3} s$]	DESCRIZIONE PROPOSTA DA CHOW
Vegetazione dei greti	0.07	Medium to dense brush
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0.016	Asphalt rough
Pioppeti	0.05	Light brush and trees
Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	0.035	High grass
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
Spiagge dune ed alvei ghiaiosi	0.024	Gravel
Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	0.06	Light brush and trees

DESCRIZIONE SECONDO USO DEL SUOLO REGIONE LOMBARDIA	COEFFICIENTE DI MANNING ADOTTATO [$m^{-1/3} s$]	DESCRIZIONE PROPOSTA DA CHOW
Insedimenti produttivi agricoli	0.011	Asphalt rough
Frutteti e frutti minori	0.045	Mature row crops
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 mediamente denso	0.016	Asphalt rough
Seminativi arborati	0.05	Mature field crops

Tabella 11 - Corrispondenza tra uso del suolo, coeff. di Manning e descrizione proposta da Chow

Alla luce di quanto riportato in Tabella 11 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.

5.6.4 Condizioni di riferimento

Le condizioni fisiche di riferimento per la valutazione di Compatibilità Idraulica sono state condotte con riferimento a:

- stato di fatto: presenza dell'attuale ponte autostradale;
- stato di progetto: presenza dell'opera nella configurazione definitiva;

6 Verifica di compatibilità idraulica ed effetti degli interventi in progetto

6.1 Profilo di inviluppo di piena

Al fine di valutare gli effetti indotti sul profilo di inviluppo di piena sono state analizzate le tre condizioni di riferimento sopra descritte e di seguito esplicitate:

1. Stato di fatto
2. Stato di progetto

6.1.1 Stato di fatto

La configurazione di stato di fatto prevede dal punto di vista idraulico l'utilizzo di una portata pari a $200 \text{ m}^3/\text{s}$ come condizione al contorno di monte ed una quota pari 23.08 m s.l.m. .

La quota deriva dal profilo idraulico dal transito della portata con tempo di ritorno 200 anni del fiume Po in corrispondenza della sezione di confluenza del fiume Mincio.

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, a disposizione della stessa AIPO come già esaurientemente descritto nei precedenti paragrafi.

Il coefficiente di scabrezza secondo Manning è stato valutato tramite i diversi utilizzi delle aree comprese entro le arginature, secondo quanto definito dalla carta dell'uso del suolo della Regione Lombardia, già descritto in modo esteso nel paragrafo 5.6.2

Allo stato attuale il ponte dell'autostrada Brennero - Modena è caratterizzato da una quota di intradosso media pari a 23.41 m s.l.m. , l'interasse tra le pile in alveo è descritto in Tabella 9.

Si riporta di seguito la sezione trasversale del ponte nella configurazione di stato di fatto a seguito dei risultati ottenuti dal modello idraulico.

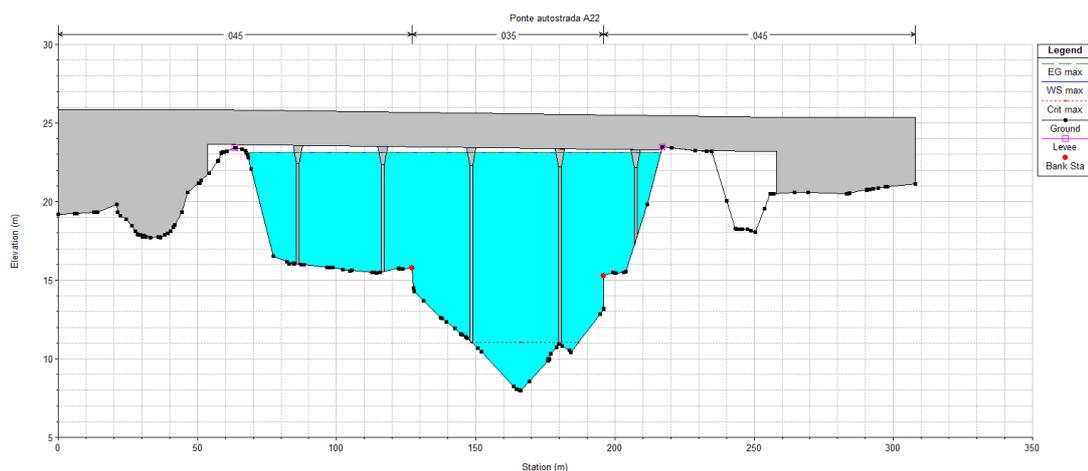


Figura 10 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Fiume Mincio (configurazione di stato di fatto)

Si riporta di seguito l'andamento planimetrico del tratto simulato, dalla sezione di monte posta circa 2 km a monte del ponte dell'Autostrada del Brennero, fino alla sezione di valle posta circa 14 km a valle del ponte dell'Autostrada del Brennero.

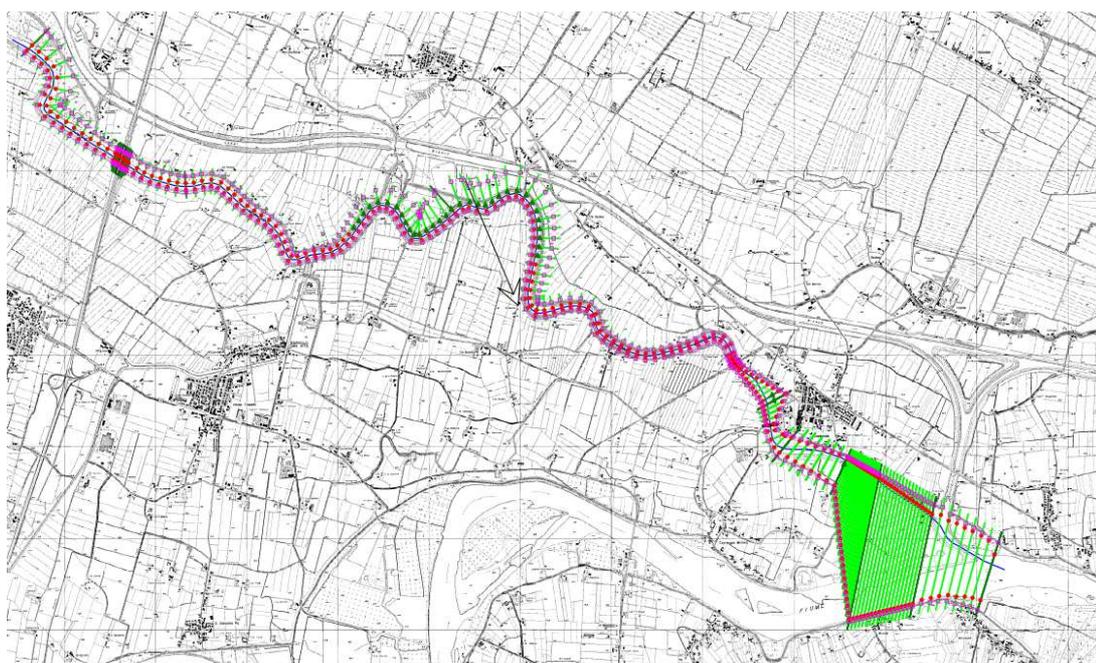


Figura 11 - Planimetria del tratto di Fiume Mincio modellato con la presenza delle sezioni interpolate

Di seguito si riporta l'estratto del profilo longitudinale della corrente per tutto il tratto d'interesse.

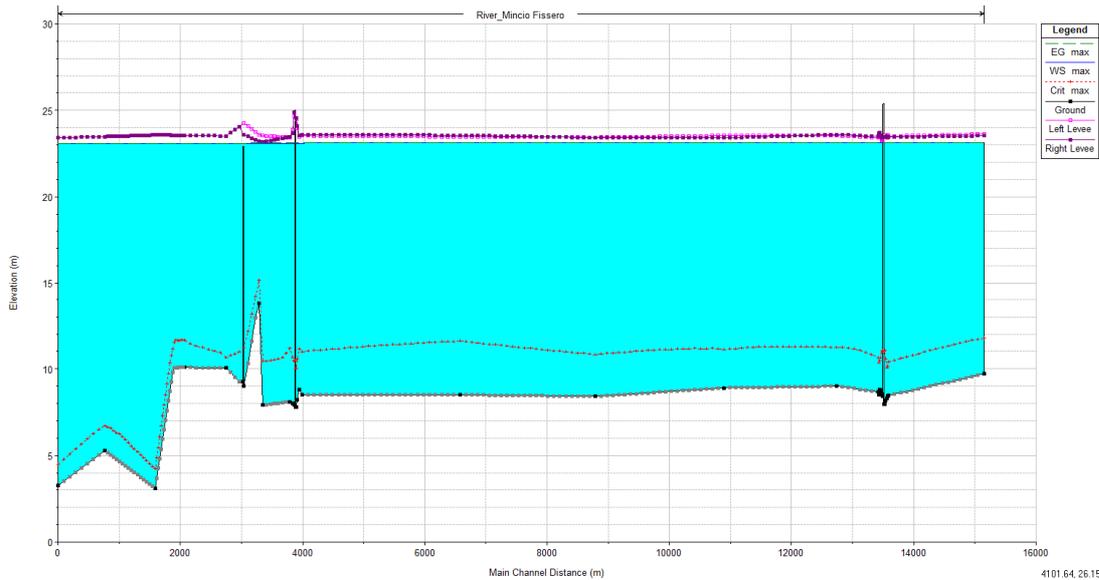


Figura 12 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di fatto

Il ponte autostradale, nella configurazione di stato di fatto, presenta una quota dell'intradosso del ponte, nel punto più basso pari, a **23.27** m s.l.m.

Dai risultati della simulazione condotta si evidenzia che la quota del pelo libero, in condizioni di piena, risulta essere pari a **23.13** m s.l.m. In definitiva il tirante d'aria garantito in condizioni di piena è quindi di 0.14 m.

A carattere di completezza si riporta nella Figura 13 l'estratto di tutte le caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza della sezione idraulica del ponte dell'Autostradale a seguito della simulazione condotta.

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

Figura 13 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di fatto

6.1.2 Stato di progetto

La configurazione di stato di progetto prevede, dal punto di vista idraulico, l'utilizzo di una portata pari a $200 \text{ m}^3/\text{s}$ come condizione al contorno di monte ed una quota pari alla quota massima che si verifica al transito della portata con $T = 200$ anni in Po assunta pari a 23.08 m s.l.m. come condizione al contorno di valle.

Le sezioni trasversali di riferimento sono le stesse utilizzate nella configurazione dello stato di fatto.

Il coefficiente di scabrezza secondo Manning è stato valutato tramite i diversi utilizzi delle aree comprese entro le arginature, secondo quanto definito dalla carta dell'uso del suolo della Regione Lombardia, già descritto in modo esteso nel paragrafo 5.6.2

Nello stato di progetto il ponte dell'autostrada Brennero - Modena è caratterizzato da una quota di intradosso pari a 24.23 m s.l.m. in sponda sinistra e 24.15 m s.l.m. in sponda destra, la distanza tra gli assi è evidenziata in Tabella 10.

Si riporta di seguito la sezione trasversale del ponte nella configurazione di stato di progetto a seguito dei risultati ottenuti dal modello idraulico.

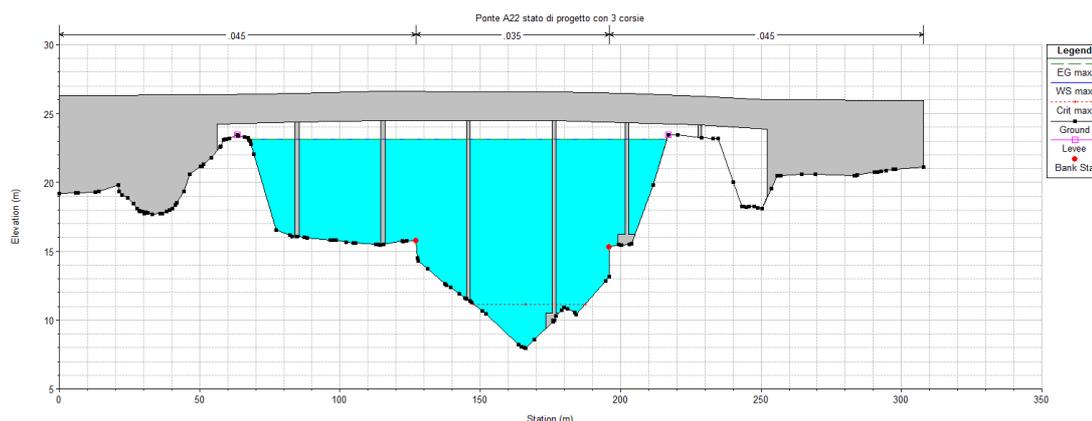


Figura 14 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di progetto)

Si riporta di seguito l'andamento del profilo longitudinale della corrente per tutto il tratto della simulazione nella configurazione di stato di progetto.

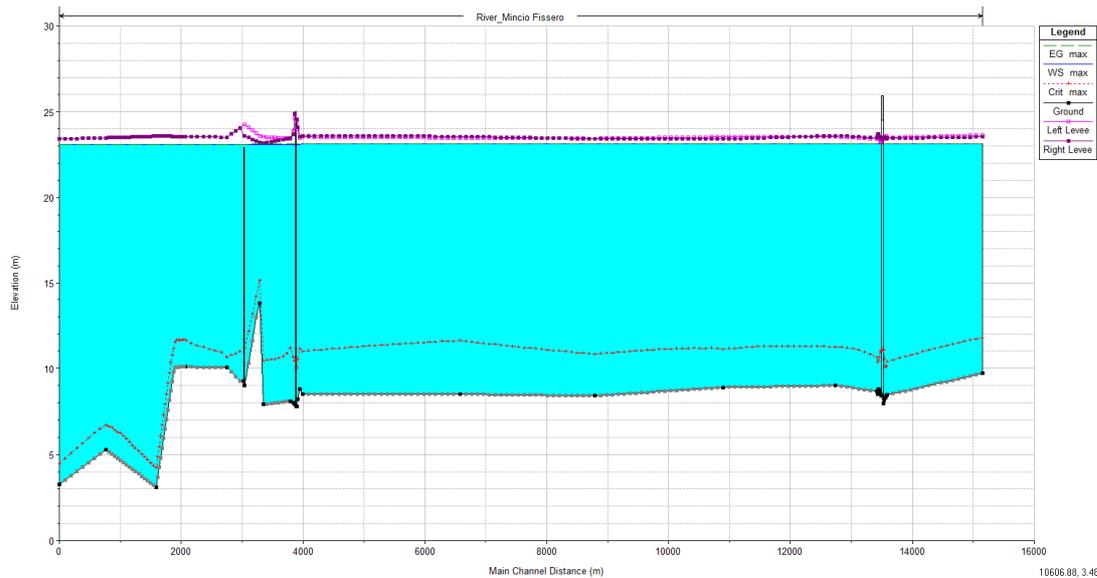


Figura 15 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di progetto

Il ponte autostradale, nella configurazione di stato di progetto, presenta una quota dell'intradosso del ponte, nel punto più basso pari, a **24.15** m s.l.m.

Dai risultati della simulazione condotta si evidenzia che la quota del pelo libero, in condizioni di piena, risulta essere pari a pari a **23.13** m s.l.m. In definitiva il tirante d'aria garantito in condizioni di piena è quindi di 1.02 m.

A carattere di completezza si riporta nella Figura 16 l'estratto di tutte le caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza della sezione idraulica del ponte dell'Autostradale a seguito della simulazione condotta.

River: River_Mincio Profile: max		Plan: Plan 01		
Reach: Fissero RS: 13400		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)	11.14	11.07
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	15.17	14.70
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.16	0.15
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	1277.14	1304.59
Weir Submerg		Froude # Chl	0.02	0.02
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	6631.19	6727.03
Min El Weir Flow (m)	25.93	Hydr Depth (m)	8.99	8.86
Min El Prs (m)	24.50	W.P. Total (m)	243.73	249.87
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	108464.0	109495.2
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	142.02	147.22
BR Open Area (m2)	1567.27	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.16	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	0.17	0.17
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Figura 16 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di progetto

La modellazione numerica ha evidenziato che il manufatto **non crea ostacolo** al deflusso della corrente e non genera un evidente profilo di rigurgito verso monte rispetto al manufatto stesso.

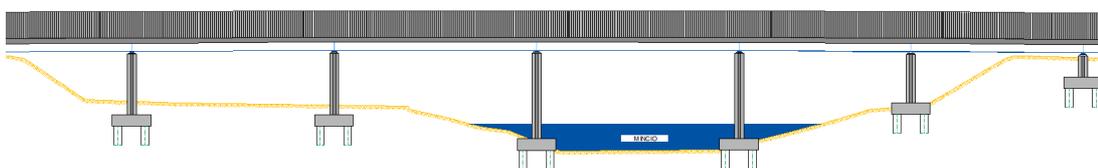
Inoltre il manufatto non crea ostacolo al normale rigurgito da valle della piena di Po, come evidenziato in Figura 15.

6.2 Riduzione della capacità d'invaso dell'alveo

In progetto è previsto l'allargamento di tutte le pile in alveo del ponte autostradale sul fiume Mincio, passando da una larghezza di 1.00 m ad una di 1.40 m.

La riduzione per unità di altezza è quindi di 2.80 m, rispetto ad una larghezza del pelo libero in condizioni di piena pari a circa 150 m. L'effetto di riduzione del volume di invaso ed il corrispondente aumento del colmo di piena sono del tutto trascurabili, in quanto l'effetto della piena contemporanea di Po e Mincio, valutato nelle due condizioni di stato di fatto e di stato di progetto, genera un egual valore di quota di tirante nella sezione trasversale del manufatto autostradale, come pure nelle sezioni a monte ed a valle di questo.

6.3 Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti



Le spalle vengono completamente ricostruite e si fondano su pali di grosso diametro pari a 1.20 m e lunghezza di 40 m. Esse sono collocate esternamente alla fascia B, in corrispondenza con il rilevato arginale in sinistra idrografica ed esternamente a quest'ultimo in destra idrografica.

In destra idrografica la pila 6 (l'ultima prima della spalla lato sud) è collocata in corrispondenza del rilevato arginale. L'insufficiente tirante tra la sommità arginale e l'intradosso dell'impalcato autostradale non permette il passaggio monte-valle direttamente dall'arginatura esistente.

Per ovviare a ciò sono presenti a lato campagna sia in sponda destra che in sponda sinistra le vie di accesso e le rampe di raccordo alle arginature.

6.4 Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

L'intervento in progetto non comporta la necessità di realizzare nuove opere idrauliche di sistemazione dell'alveo.

6.5 Modifiche indotte sull'assetto morfologico planoaltimetrico dell'alveo inciso e di piena

Secondo i rilievi effettuati e gli schemi progettuali di Autostrada del Brennero, le sette pile in alveo presenti al di sotto dell'impalcato autostradale sono collocate longitudinalmente rispetto alla direzione principale della corrente del fiume Mincio.

L'assetto morfologico dell'alveo, sostanzialmente rettilineo come dimostrano le immagini di seguito riportate (ortofoto e modello digitale del terreno), permettono di concludere che non vi siano sostanziali effetti bidimensionali che possano dare luogo a fenomeni di erosione localizzati in prossimità delle pile in alveo.

L'interazione manufatto - corpo idrico è quindi configurata per minimizzare gli effetti morfodinamici e garantire un corretto grado di stabilità alle pile ed alle fondazioni del manufatto.

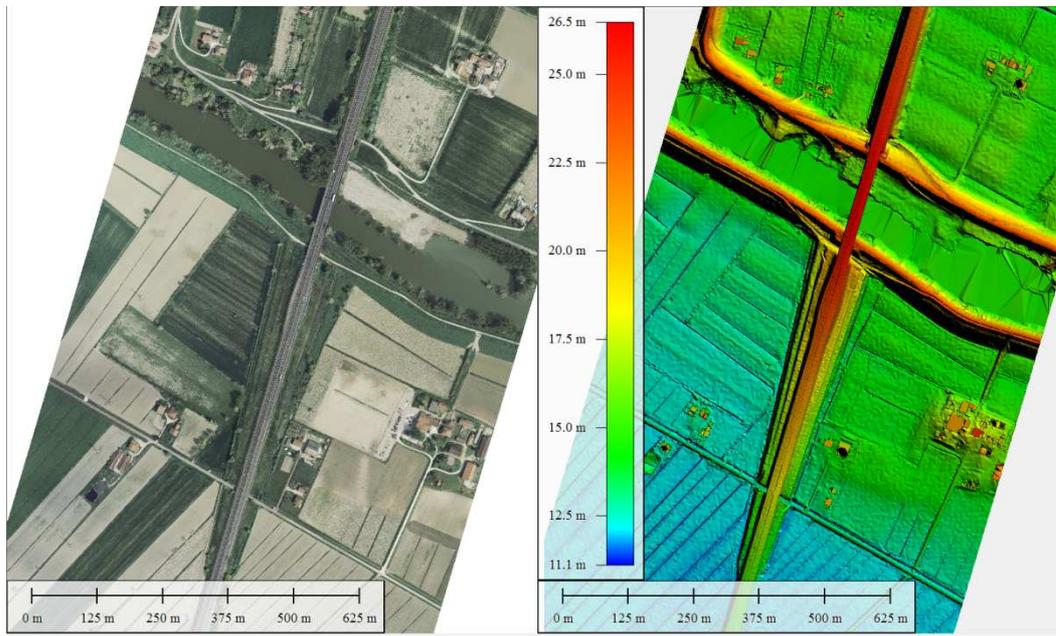


Figura 17 – A Sinistra ortofoto dell'attraversamento autostradale e a destra DTM

Il nuovo assetto del manufatto autostradale va a riprendere le caratteristiche tecniche e funzionali dell'attuale ponte esistente, mantenendo l'orientamento delle pile in asse con la direzione principale della corrente.

Le pile sono inoltre sagomate in modo da non presentare spigoli vivi sul fronte della corrente al fine di minimizzare gli effetti tridimensionali di moto, responsabili degli effetti di erosione al fondo.

6.6 Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

Al fine di poter valutare in maniera completa ed esaustiva gli aspetti di dettaglio legati alle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale si rimanda all'allegato di dettaglio che racchiude le valutazioni elaborate in merito a tali aspetti.

6.7 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Le condizioni idrodinamiche che si realizzano in condizioni di piena con tempo di ritorno $T=200$ anni non generano condizioni di instabilità (scalzamento delle fondazioni delle pile, abrasioni provocate dalla corrente sulle pile).

Inoltre il livello di intradosso dell'impalcato autostradale è posizionato ad una quota superiore a quella stabilita per legge rispetto al livello idrico che si instaura in corrispondenza del manufatto in condizioni di piena.

Le arginature in destra e sinistra idrografica, su tutto il tratto modellato, permettono di garantire il contenimento della piena di progetto.

6.8 Erosioni localizzate in corrispondenza delle pile in alveo

Per il calcolo dello scalzamento delle pile si è fatto riferimento alla trattazione proposta da Holmes di seguito esplicitata.

La formulazione suggerita da Holmes è stata utilizzata in quanto tiene conto di tutte le grandezze geometriche e morfodinamiche presenti nello specifico caso delle pile del fiume Mincio. L'utilizzo di tale trattazione è previsto dalla "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"" al paragrafo 4.8.6 "La scelta della formula da utilizzare è demandata alle valutazioni da effettuare [...] in funzione della migliore rispondenza alle condizioni dello specifico caso e degli elementi conoscitivi migliori".

6.8.1 Formula di Holmes

Holmes propone la seguente formula:

$$H_s = H_{sl} + d_{so}$$

nella quale:

H_s profondità di scalzamento valutata dalla quota di pelo libero della piena di riferimento;

- H_{sl} profondità dello scalzamento medio del fondo in corrispondenza della pila dovuto all'erosione generalizzata del fondo;
 d_{so} profondità dell'erosione localizzata ai piedi della pila a partire dalla quota prodotta da H_{sl} ;

Il termine H_{sl} è il maggiore tra i valori forniti dalle due seguenti espressioni:

$$H_{sl} = Y_0$$

$$H_{sl} = y_r \frac{V_{0'}}{\sqrt{g \frac{A}{B} K_H}}$$

in cui:

- Y_0 profondità della corrente di piena indisturbata;
 y_r differenza tra il livello idrico medio ed il livello di piena;
 A area della sezione trasversale della corrente indisturbata;
 B larghezza della sezione trasversale;
 $V_{0'}$ velocità caratteristica della corrente in piena:

$$V_{0'} = \frac{Q}{A} \left[\frac{Y_0}{\frac{A}{B}} \right]^{\frac{2}{3}} C_H$$

- Q portata di piena di calcolo;
 C_H parametro che vale 1.2 per correnti convergenti e 1.0 negli altri casi;
 K_H parametro che rappresenta la capacità di trasporto della corrente

$$K_H = \sqrt{B/B_r}$$

dove

$$B_r = 4.85 \sqrt{Q}$$

Il termine H_{sl} diventa efficace solamente quando si manifesta un reale e consistente abbassamento generalizzato del fondo, cioè quando:

$$\frac{y_r V_{0'}}{\sqrt{g \frac{A}{B} K_H}} - Y_0 > 0$$

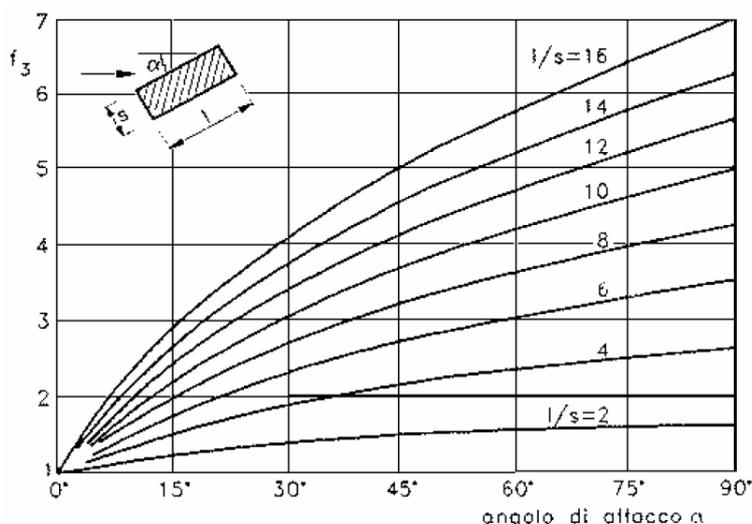
Il termine d_{so} è dato dalla seguente espressione:

$$d_{so} = 0.8 \sqrt{V_{0'} b}$$

nella quale:

- b dimensione trasversale caratteristica della pila, data dall'espressione:

$$b = b' f_3$$


 Figura 18 - Diagramma del coefficiente f_3

- b' larghezza della pila;
 l lunghezza della pila;
 α angolo di attacco della corrente;
 f_3 parametro di forma della pila:

$$f_3 = f(l/s, \alpha)$$

Formula di Holmes	GOLENA					SUD	
	NORD	1	2	3	4		5
Profondità di scalzamento a partire dal pelo libero	H_s	7.44	8.03	11.97	13.69	8.01	[m]
Profondità di scalzamento a partire dal fondo alveo	Δz	0.37	0.37	0.42	0.42	0.37	[m]

Dati							
Profondità dello scalzamento medio del fondo dovuto all'erosione	H_{si}	7.07	7.66	11.55	13.27	7.64	[m]
Profondità dell'erosione localizzata ai piedi della pila	d_{so}	0.37	0.37	0.42	0.42	0.37	[m]
	H_{si}	7.07	7.66	11.55	13.27	7.64	[m]
		0.08	0.08	0.10	0.10	0.08	[m]
Profondità della corrente di piena indisturbata	Y_0	7.1	7.7	11.6	13.3	7.6	[m]
Differenza tra il livello idrico medio ed il livello di piena	y_r	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	[m]
Area della sezione trasversale della corrente indisturbata	A	1343	1343	1343	1343	1343	[m ²]
Larghezza della sezione trasversale	B	149	149	149	149	149	[m]
Velocità caratteristica della corrente in piena	V_0	0.15	0.15	0.2	0.2	0.15	[m/s]
Portata di piena di calcolo	Q	200	200	200	200	200	[m ³ /s]
	Br	68.59	68.59	68.59	68.59	68.59	[m]
parametro CH	C_H	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	[-]
Parametro della capacità di trasporto	K_H	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	[-]
Dimensione trasversale caratteristica della pila	b	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	[m]
Larghezza della pila	b'	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	[m]
Parametro di forma della pila	f_3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	[-]
Lunghezza della pila	l	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	[m]
Angolo di incidenza	α	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	[°]

Tabella 12 - Valori utilizzati nel calcolo dello scavo - Formula di Holmes

Il parametro f_3 pari ad uno è ricavato dal diagramma riportato in Figura 18 considerando un angolo di attacco della corrente pari a 0°. Nell'applicazione sistematica della formula, al fine di assumere condizioni cautelative di verifica, si è considerato sempre un valore di y_r pari a Y_0 , considerando totalmente l'effetto della piena di riferimento.

Si sono inoltre inseriti nel calcolo i valori idrodinamici specifici riferiti alle singole pile analizzate, al fine di permettere un'ottimale stima dello scavo massimo.

Dall'analisi della formulazione sopraesposta emerge che lo scavo massimo teorico si assesta su valori pari a circa 0.42 m per le pile in alveo e 0.37 m per le pile in golena.

Il calcolo degli scavi localizzati evidenzia la compatibilità degli stessi rispetto alla profondità di infissione delle pile presenti in alveo e in golena.

7 Conclusioni

Alla luce di quanto prescritto dalla “Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce “A” e “B” e dei criteri posti a base della verifica di compatibilità idraulica per le opere interferenti nelle fasce fluviali che considerano:

1. La portata di piena di progetto;
2. Il franco minimo da garantire;
3. Il posizionamento del ponte e delle relative opere in alveo rispetto alle condizioni di deflusso della corrente;
4. Gli effetti idraulici indotti dalla presenza del ponte sia a livello generale che a livello locale;
5. Il mantenimento delle condizioni di sicurezza idraulica del ponte, delle opere ad esso collegate e delle aree limitrofe.

L'esame critico delle simulazioni numeriche effettuate evidenzia come l'adeguamento dell'attraversamento autostradale sul fiume Mincio presenta un impatto idraulico del tutto trascurabile sull'ambiente fluviale verificando in prima istanza gli aspetti legati alla piena di progetto e ai franchi minimi da garantire durante le condizioni di deflusso ed in particolare non contribuendo in misura significativa all'incremento dei livelli di piena.

Gli aspetti di dettaglio legati al posizionamento delle pile del ponte e delle relative opere connesse evidenzia che gli effetti indotti in termini di erosione potenziale del fondale risultano essere del tutto limitati assicurando la totale assenza di evoluzioni morfologiche di breve, medio o lungo periodo.

Analoghe considerazioni possono essere svolte riguardo alla evoluzione tendenziale del profilo dell'alveo e gli effetti idraulici indotti dal ponte in termini di sicurezza per le opere stesse e per le aree circostanti.

Appare utile evidenziare in ultima istanza che gli effetti di scavo maggiormente sensibili sono quelli limitati all'azione della corrente per effetti locali di turbolenza.

Il rigurgito della piena di Po è infatti molto lento, genera velocità medie sulle sezioni trasversali dell'ordine di 0.1-0.2 m/s con un conseguente effetto idrodinamico limitato sulle opere in progetto.

Si riportano a carattere di completezza i listati di calcolo relativi sia alla condizione corrispondente allo stato di fatto che quella relativa allo stato di progetto.

8 Allegati

Elaborato A.3.2. – Studio delle caratteristiche degli ecosistemi fluviali

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River_Mincio Reach: Fissero Profile: max

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fissero	15221.1	max	200.00	9.70	23.13	11.78	23.13	0.000000	0.10	2783.38	325.31	0.01
Fissero	15112.7*	max	200.00	9.62	23.13	11.71	23.13	0.000000	0.10	2692.51	313.72	0.01
Fissero	15004.3*	max	200.00	9.55	23.13	11.63	23.13	0.000001	0.11	2601.55	302.12	0.01
Fissero	14896.*	max	200.00	9.47	23.13	11.56	23.13	0.000001	0.11	2510.37	290.52	0.01
Fissero	14787.6*	max	200.00	9.39	23.13	11.48	23.13	0.000001	0.11	2419.03	278.94	0.01
Fissero	14679.2*	max	200.00	9.31	23.13	11.40	23.13	0.000001	0.12	2327.48	267.35	0.01
Fissero	14570.8*	max	200.00	9.24	23.13	11.32	23.13	0.000001	0.12	2235.80	255.77	0.01
Fissero	14462.5*	max	200.00	9.16	23.13	11.23	23.13	0.000001	0.12	2143.94	244.18	0.01
Fissero	14354.1*	max	200.00	9.08	23.13	11.15	23.13	0.000001	0.13	2051.93	232.60	0.01
Fissero	14245.7*	max	200.00	9.00	23.13	11.06	23.13	0.000001	0.13	1959.69	221.01	0.01
Fissero	14137.4*	max	200.00	8.92	23.13	10.96	23.13	0.000001	0.14	1867.30	209.43	0.01
Fissero	14029.0*	max	200.00	8.84	23.13	10.87	23.13	0.000001	0.15	1774.74	197.85	0.01
Fissero	13920.6*	max	200.00	8.77	23.13	10.77	23.13	0.000001	0.15	1682.00	186.28	0.01
Fissero	13812.3*	max	200.00	8.69	23.13	10.68	23.13	0.000001	0.16	1589.10	174.70	0.01
Fissero	13703.9*	max	200.00	8.61	23.13	10.58	23.13	0.000001	0.17	1496.00	163.12	0.01
Fissero	13595.5*	max	200.00	8.53	23.13	10.48	23.13	0.000001	0.17	1402.75	151.55	0.02
Fissero	13487.22	max	200.00	8.46	23.13	10.38	23.13	0.000001	0.18	1309.32	139.98	0.02
Fissero	13471.63	max	200.00	8.40	23.13	10.33	23.13	0.000001	0.18	1332.31	141.77	0.02
Fissero	13456.04	max	200.00	8.28	23.13	10.05	23.13	0.000001	0.18	1342.32	144.13	0.02
Fissero	13440.45	max	200.00	8.16	23.13	10.54	23.13	0.000001	0.18	1355.26	146.74	0.02
Fissero	13424.86	max	200.00	7.96	23.13	11.05	23.13	0.000002	0.18	1348.36	149.02	0.02
Fissero	13400	Bridge										
Fissero	13383.29	max	200.00	8.43	23.13	11.04	23.13	0.000002	0.18	1377.65	154.22	0.02
Fissero	13372.9	max	200.00	8.56	23.13	10.93	23.13	0.000001	0.18	1404.52	154.31	0.02
Fissero	13357.31	max	200.00	8.76	23.13	10.63	23.13	0.000001	0.17	1441.49	153.94	0.02
Fissero	13341.72	max	200.00	8.80	23.13	10.47	23.13	0.000001	0.17	1451.81	153.80	0.02
Fissero	13326.13	max	200.00	8.52	23.13	10.35	23.13	0.000001	0.17	1450.68	154.80	0.01
Fissero	13310.54	max	200.00	8.68	23.13	10.65	23.13	0.000001	0.18	1354.18	147.89	0.02
Fissero	13213.0*	max	200.00	8.72	23.13	10.81	23.13	0.000001	0.18	1371.49	150.78	0.02
Fissero	13115.4*	max	200.00	8.77	23.13	10.94	23.13	0.000001	0.18	1389.90	153.56	0.02
Fissero	13017.9*	max	200.00	8.82	23.13	11.05	23.13	0.000001	0.18	1409.42	156.16	0.02
Fissero	12920.4*	max	200.00	8.86	23.13	11.13	23.13	0.000001	0.17	1430.03	158.41	0.02
Fissero	12822.9*	max	200.00	8.91	23.13	11.19	23.13	0.000001	0.17	1451.92	159.92	0.02
Fissero	12725.4*	max	200.00	8.96	23.13	11.22	23.13	0.000001	0.17	1475.24	161.23	0.02
Fissero	12627.88	max	200.00	9.00	23.13	11.23	23.13	0.000001	0.17	1499.91	163.36	0.02
Fissero	12533.2*	max	200.00	9.00	23.13	11.24	23.13	0.000001	0.17	1470.87	160.01	0.02
Fissero	12438.5*	max	200.00	8.99	23.13	11.25	23.13	0.000001	0.17	1442.08	156.65	0.02
Fissero	12343.9*	max	200.00	8.99	23.13	11.26	23.13	0.000001	0.17	1413.55	153.29	0.02
Fissero	12249.2*	max	200.00	8.98	23.13	11.27	23.13	0.000001	0.18	1385.26	149.92	0.02
Fissero	12154.6*	max	200.00	8.98	23.13	11.27	23.13	0.000001	0.18	1357.25	146.55	0.02
Fissero	12060.*	max	200.00	8.97	23.13	11.28	23.13	0.000001	0.18	1329.49	143.16	0.02
Fissero	11965.3*	max	200.00	8.97	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.19	1301.95	139.77	0.02
Fissero	11870.7*	max	200.00	8.96	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.19	1274.70	136.38	0.02
Fissero	11776.0*	max	200.00	8.96	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.19	1247.70	132.96	0.02
Fissero	11681.4*	max	200.00	8.95	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.20	1220.93	129.53	0.02
Fissero	11586.7*	max	200.00	8.94	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.20	1194.46	126.08	0.02
Fissero	11492.1*	max	200.00	8.94	23.13	11.28	23.13	0.000002	0.20	1168.22	122.60	0.02
Fissero	11397.4*	max	200.00	8.93	23.13	11.26	23.13	0.000002	0.21	1142.23	119.13	0.02
Fissero	11302.8*	max	200.00	8.93	23.13	11.24	23.13	0.000002	0.21	1116.53	115.63	0.02
Fissero	11208.1*	max	200.00	8.92	23.13	11.22	23.13	0.000002	0.21	1091.08	112.13	0.02
Fissero	11113.5*	max	200.00	8.92	23.13	11.19	23.13	0.000002	0.22	1065.89	108.73	0.02
Fissero	11018.8*	max	200.00	8.91	23.12	11.17	23.13	0.000002	0.22	1040.94	105.33	0.02
Fissero	10924.2*	max	200.00	8.91	23.12	11.14	23.13	0.000002	0.22	1016.26	101.93	0.02
Fissero	10829.59	max	200.00	8.90	23.12	11.10	23.13	0.000002	0.23	991.85	98.54	0.02
Fissero	10737.4*	max	200.00	8.88	23.12	11.14	23.13	0.000002	0.22	1038.83	110.18	0.02
Fissero	10645.2*	max	200.00	8.86	23.12	11.17	23.13	0.000002	0.22	1090.66	123.81	0.02
Fissero	10553.1*	max	200.00	8.83	23.12	11.15	23.13	0.000002	0.21	1147.13	136.00	0.02
Fissero	10460.9*	max	200.00	8.81	23.12	11.16	23.13	0.000002	0.21	1208.04	148.23	0.02
Fissero	10368.8*	max	200.00	8.79	23.12	11.17	23.13	0.000002	0.20	1273.41	160.15	0.02
Fissero	10276.6*	max	200.00	8.77	23.12	11.16	23.13	0.000002	0.19	1343.16	171.91	0.02
Fissero	10184.5*	max	200.00	8.74	23.12	11.14	23.12	0.000002	0.19	1417.27	183.55	0.02
Fissero	10092.3*	max	200.00	8.72	23.12	11.13	23.12	0.000001	0.18	1495.81	195.13	0.02
Fissero	10000.2*	max	200.00	8.70	23.12	11.12	23.12	0.000001	0.17	1578.71	206.65	0.02
Fissero	9908.05*	max	200.00	8.68	23.12	11.10	23.12	0.000001	0.17	1666.01	218.15	0.02
Fissero	9815.89*	max	200.00	8.65	23.12	11.08	23.12	0.000001	0.16	1757.66	229.61	0.01
Fissero	9723.74*	max	200.00	8.63	23.12	11.06	23.12	0.000001	0.15	1853.69	241.05	0.01
Fissero	9631.59*	max	200.00	8.61	23.12	11.05	23.12	0.000001	0.15	1954.07	252.48	0.01
Fissero	9539.43*	max	200.00	8.58	23.12	11.03	23.12	0.000001	0.14	2058.91	263.90	0.01
Fissero	9447.28*	max	200.00	8.56	23.12	11.00	23.12	0.000001	0.13	2168.06	275.30	0.01
Fissero	9355.12*	max	200.00	8.54	23.12	10.98	23.12	0.000001	0.13	2281.64	286.70	0.01
Fissero	9262.97*	max	200.00	8.52	23.12	10.95	23.12	0.000001	0.12	2399.52	298.08	0.01
Fissero	9170.82*	max	200.00	8.50	23.12	10.93	23.12	0.000001	0.12	2521.83	309.47	0.01
Fissero	9078.66*	max	200.00	8.47	23.12	10.90	23.12	0.000001	0.11	2648.52	320.85	0.01
Fissero	8986.51*	max	200.00	8.45	23.12	10.87	23.12	0.000001	0.11	2779.56	332.22	0.01
Fissero	8894.36*	max	200.00	8.43	23.12	10.84	23.12	0.000001	0.10	2914.99	343.58	0.01
Fissero	8802.206	max	200.00	8.40	23.12	10.81	23.12	0.000000	0.10	3054.80	354.95	0.01
Fissero	8707.07*	max	200.00	8.41	23.12	10.84	23.12	0.000001	0.10	2950.57	345.69	0.01
Fissero	8611.93*	max	200.00	8.41	23.12	10.88	23.12	0.000001	0.10	2848.11	336.42	0.01
Fissero	8516.80*	max	200.00	8.42	23.12	10.91	23.12	0.000001	0.11	2747.54	327.16	0.01
Fissero	8421.66*	max	200.00	8.42	23.12	10.94	23.12	0.000001	0.11	2648.82	317.91	0.01
Fissero	8326.53*	max	200.00	8.43	23.12	10.97	23.12	0.000001	0.11	2551.86	308.71	0.01
Fissero	8231.39*	max	200.00	8.43	23.12	11.00	23.12	0.000001	0.12	2456.76	299.49	0.01
Fissero	8136.26*	max	200.00	8.43	23.12	11.04	23.12	0.000001	0.12	2363.51	290.26	0.01

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River_Mincio Reach: Fissero Profile: max (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fissero	8041.12*	max	200.00	8.44	23.12	11.07	23.12	0.000001	0.13	2271.99	281.03	0.01
Fissero	7945.98*	max	200.00	8.44	23.12	11.10	23.12	0.000001	0.13	2182.99	271.79	0.01
Fissero	7850.85*	max	200.00	8.45	23.12	11.14	23.12	0.000001	0.14	2094.56	262.53	0.01
Fissero	7755.71*	max	200.00	8.45	23.12	11.17	23.12	0.000001	0.14	2008.55	253.27	0.01
Fissero	7660.58*	max	200.00	8.46	23.12	11.20	23.12	0.000001	0.15	1924.39	243.99	0.01
Fissero	7565.44*	max	200.00	8.46	23.12	11.24	23.12	0.000001	0.16	1842.05	234.71	0.01
Fissero	7470.31*	max	200.00	8.46	23.12	11.27	23.12	0.000001	0.16	1761.50	225.42	0.01
Fissero	7375.17*	max	200.00	8.47	23.12	11.31	23.12	0.000001	0.17	1682.82	216.12	0.02
Fissero	7280.04*	max	200.00	8.47	23.12	11.34	23.12	0.000001	0.17	1605.91	206.81	0.02
Fissero	7184.90*	max	200.00	8.48	23.12	11.38	23.12	0.000002	0.18	1530.83	197.49	0.02
Fissero	7089.77*	max	200.00	8.48	23.12	11.41	23.12	0.000002	0.19	1457.62	188.17	0.02
Fissero	6994.63*	max	200.00	8.49	23.12	11.45	23.12	0.000002	0.20	1386.21	178.83	0.02
Fissero	6899.50*	max	200.00	8.49	23.12	11.48	23.12	0.000002	0.21	1316.58	169.49	0.02
Fissero	6804.36*	max	200.00	8.50	23.12	11.52	23.12	0.000002	0.21	1248.84	160.14	0.02
Fissero	6709.23*	max	200.00	8.50	23.12	11.56	23.12	0.000002	0.22	1182.88	150.77	0.02
Fissero	6614.096	max	200.00	8.50	23.12	11.59	23.12	0.000003	0.24	1118.74	141.38	0.02
Fissero	6516.62*	max	200.00	8.50	23.12	11.58	23.12	0.000003	0.24	1100.38	139.31	0.02
Fissero	6419.15*	max	200.00	8.50	23.12	11.56	23.12	0.000003	0.24	1082.40	137.24	0.02
Fissero	6321.68*	max	200.00	8.50	23.12	11.55	23.12	0.000003	0.25	1064.88	135.17	0.02
Fissero	6224.21*	max	200.00	8.50	23.12	11.53	23.12	0.000003	0.25	1047.77	133.10	0.02
Fissero	6126.74*	max	200.00	8.50	23.12	11.52	23.12	0.000003	0.25	1031.07	131.03	0.02
Fissero	6029.27*	max	200.00	8.50	23.12	11.50	23.12	0.000003	0.25	1014.80	128.96	0.02
Fissero	5931.8*	max	200.00	8.50	23.12	11.48	23.12	0.000003	0.26	998.94	126.90	0.02
Fissero	5834.33*	max	200.00	8.50	23.12	11.46	23.12	0.000003	0.26	983.50	124.83	0.02
Fissero	5736.85*	max	200.00	8.50	23.11	11.44	23.12	0.000003	0.26	968.49	122.93	0.02
Fissero	5639.38*	max	200.00	8.50	23.11	11.42	23.12	0.000003	0.27	953.90	121.02	0.02
Fissero	5541.91*	max	200.00	8.50	23.11	11.40	23.12	0.000003	0.27	939.74	119.08	0.02
Fissero	5444.44*	max	200.00	8.50	23.11	11.37	23.12	0.000003	0.27	926.00	117.11	0.02
Fissero	5346.97*	max	200.00	8.50	23.11	11.35	23.12	0.000003	0.27	912.70	115.10	0.02
Fissero	5249.50*	max	200.00	8.50	23.11	11.32	23.12	0.000003	0.27	899.80	113.08	0.02
Fissero	5152.03*	max	200.00	8.50	23.11	11.30	23.12	0.000004	0.28	887.32	111.02	0.03
Fissero	5054.56*	max	200.00	8.50	23.11	11.27	23.12	0.000004	0.28	875.26	108.95	0.03
Fissero	4957.09*	max	200.00	8.50	23.11	11.25	23.11	0.000004	0.28	863.63	106.87	0.03
Fissero	4859.62*	max	200.00	8.50	23.11	11.22	23.11	0.000004	0.28	852.42	104.76	0.03
Fissero	4762.15*	max	200.00	8.50	23.11	11.19	23.11	0.000004	0.28	841.64	102.63	0.03
Fissero	4664.68*	max	200.00	8.50	23.11	11.16	23.11	0.000004	0.28	831.27	100.47	0.03
Fissero	4567.20*	max	200.00	8.50	23.11	11.13	23.11	0.000004	0.29	821.33	98.28	0.03
Fissero	4469.73*	max	200.00	8.50	23.11	11.11	23.11	0.000004	0.29	811.83	96.03	0.03
Fissero	4372.26*	max	200.00	8.50	23.11	11.07	23.11	0.000004	0.29	802.74	93.70	0.03
Fissero	4274.79*	max	200.00	8.50	23.11	11.04	23.11	0.000004	0.29	794.12	91.19	0.03
Fissero	4177.32*	max	200.00	8.50	23.11	11.01	23.11	0.000004	0.29	785.98	88.83	0.03
Fissero	4079.855	max	200.00	8.50	23.11	10.98	23.11	0.000004	0.29	778.26	86.75	0.03
Fissero	4033.567	max	200.00	8.50	23.11	11.16	23.11	0.000005	0.35	714.08	77.25	0.03
Fissero	3996.419	max	200.00	8.20	23.11	10.56	23.11	0.000003	0.29	794.71	77.64	0.03
Fissero	3986.408	max	200.00	7.80	23.11	9.99	23.11	0.000003	0.27	846.39	80.06	0.02
Fissero	3970		Bridge									
Fissero	3951.368	max	200.00	7.90	23.11	10.43	23.11	0.000003	0.26	855.46	83.76	0.02
Fissero	3929.166	max	200.00	8.00	23.11	10.66	23.11	0.000004	0.32	796.40	84.13	0.03
Fissero	3881.494	max	200.00	8.10	23.11	11.21	23.11	0.000005	0.35	763.80	86.11	0.03
Fissero	3818.36*	max	200.00	8.08	23.11	10.87	23.11	0.000003	0.23	1032.51	109.18	0.02
Fissero	3755.23*	max	200.00	8.05	23.11	10.66	23.11	0.000002	0.18	1290.28	132.98	0.02
Fissero	3692.10*	max	200.00	8.02	23.11	10.56	23.11	0.000001	0.14	1537.21	156.59	0.01
Fissero	3628.98*	max	200.00	7.99	23.11	10.50	23.11	0.000001	0.12	1773.23	179.84	0.01
Fissero	3565.85*	max	200.00	7.96	23.11	10.48	23.11	0.000001	0.11	1998.30	202.96	0.01
Fissero	3502.72*	max	200.00	7.93	23.11	10.45	23.11	0.000001	0.10	2212.37	225.91	0.01
Fissero	3439.594	max	200.00	7.90	23.11	10.42	23.11	0.000000	0.09	2415.49	248.74	0.01
Fissero	3382.762	max	200.00	13.79	23.11	15.17	23.11	0.000001	0.09	2217.34	281.53	0.01
Fissero	3327.53*	max	200.00	12.93	23.11	14.16	23.11	0.000001	0.11	1920.11	238.62	0.01
Fissero	3272.30*	max	200.00	11.62	23.11	13.15	23.11	0.000001	0.13	1622.15	195.44	0.01
Fissero	3217.07*	max	200.00	10.31	23.11	12.16	23.11	0.000002	0.16	1323.51	152.39	0.02
Fissero	3161.845	max	200.00	9.00	23.10	11.19	23.11	0.000002	0.22	1024.18	109.33	0.02
Fissero	3130		Inl Struct									
Fissero	3081.44*	max	200.00	9.27	23.09	10.96	23.09	0.000001	0.15	1440.60	146.67	0.01
Fissero	3001.04*	max	200.00	9.53	23.09	10.84	23.09	0.000001	0.12	1866.05	183.64	0.01
Fissero	2920.64*	max	200.00	9.79	23.09	10.76	23.09	0.000000	0.09	2298.96	218.62	0.01
Fissero	2840.247	max	200.00	10.06	23.09	10.65	23.09	0.000000	0.08	2739.88	250.48	0.01
Fissero	2738.67*	max	200.00	10.06	23.09	10.94	23.09	0.000000	0.08	2671.56	263.80	0.01
Fissero	2637.10*	max	200.00	10.06	23.09	11.03	23.09	0.000000	0.08	2615.29	277.11	0.01
Fissero	2535.52*	max	200.00	10.07	23.09	11.12	23.09	0.000000	0.08	2571.05	290.50	0.01
Fissero	2433.95*	max	200.00	10.07	23.09	11.21	23.09	0.000000	0.08	2538.83	303.88	0.01
Fissero	2332.38*	max	200.00	10.08	23.09	11.32	23.09	0.000000	0.08	2518.63	317.26	0.01
Fissero	2230.80*	max	200.00	10.08	23.09	11.46	23.09	0.000000	0.08	2510.53	330.60	0.01
Fissero	2129.236	max	200.00	10.08	23.09	11.64	23.09	0.000001	0.08	2514.52	343.76	0.01
Fissero	2108.47*	max	200.00	10.09	23.09	11.64	23.09	0.000001	0.07	2800.04	400.07	0.01
Fissero	2087.71*	max	200.00	10.09	23.09	11.63	23.09	0.000000	0.07	3108.71	456.47	0.01
Fissero	2066.95*	max	200.00	10.08	23.09	11.63	23.09	0.000000	0.06	3440.71	513.11	0.01
Fissero	2046.19*	max	200.00	10.08	23.09	11.62	23.09	0.000000	0.05	3795.82	569.36	0.01
Fissero	2025.42*	max	200.00	10.07	23.09	11.64	23.09	0.000000	0.05	4174.23	625.43	0.01
Fissero	2004.66*	max	200.00	10.07	23.09	11.65	23.09	0.000000	0.04	4575.66	681.38	0.01
Fissero	1983.90*	max	200.00	10.07	23.09	11.50	23.09	0.000000	0.04	5000.24	737.25	0.00
Fissero	1963.14*	max	200.00	9.81	23.09	11.16	23.09	0.000000	0.04	5447.61	793.09	0.00
Fissero	1942.38*	max	200.00	9.26	23.09	10.77	23.09	0.000000	0.03	5918.15	848.92	0.00
Fissero	1921.62*	max	200.00	8.70	23.09	10.35	23.09	0.000000	0.03	6411.97	905.15	0.00

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River_Mincio Reach: Fissero Profile: max (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fissero	1900.86*	max	200.00	8.16	23.09	9.74	23.09	0.000000	0.03	6928.62	961.47	0.00
Fissero	1880.1*	max	200.00	7.60	23.09	9.13	23.09	0.000000	0.03	7468.63	1018.29	0.00
Fissero	1859.33*	max	200.00	7.05	23.09	8.52	23.09	0.000000	0.03	8031.51	1073.80	0.00
Fissero	1838.57*	max	200.00	6.49	23.09	7.91	23.09	0.000000	0.02	8617.48	1129.34	0.00
Fissero	1817.81*	max	200.00	5.93	23.09	7.30	23.09	0.000000	0.02	9226.76	1184.89	0.00
Fissero	1797.05*	max	200.00	5.38	23.09	6.69	23.09	0.000000	0.02	9858.89	1240.43	0.00
Fissero	1776.29*	max	200.00	4.83	23.09	6.07	23.09	0.000000	0.02	10513.89	1295.96	0.00
Fissero	1755.53*	max	200.00	4.27	23.09	5.46	23.09	0.000000	0.02	11192.46	1351.49	0.00
Fissero	1734.77*	max	200.00	3.70	23.09	4.85	23.09	0.000000	0.02	11893.63	1407.01	0.00
Fissero	1714.009	max	200.00	3.10	23.09	4.24	23.09	0.000000	0.02	12618.15	1462.53	0.00
Fissero	1672.31*	max	200.00	3.23	23.09	4.38	23.09	0.000000	0.02	12433.23	1432.80	0.00
Fissero	1630.61*	max	200.00	3.36	23.09	4.52	23.09	0.000000	0.02	12243.77	1403.08	0.00
Fissero	1588.91*	max	200.00	3.49	23.09	4.68	23.09	0.000000	0.02	12049.99	1373.24	0.00
Fissero	1547.21*	max	200.00	3.62	23.09	4.85	23.09	0.000000	0.02	11851.59	1343.47	0.00
Fissero	1505.51*	max	200.00	3.75	23.09	5.01	23.09	0.000000	0.02	11649.08	1313.70	0.00
Fissero	1463.81*	max	200.00	3.88	23.09	5.19	23.09	0.000000	0.02	11442.42	1283.93	0.00
Fissero	1422.12*	max	200.00	4.01	23.09	5.37	23.09	0.000000	0.02	11231.46	1254.16	0.00
Fissero	1380.42*	max	200.00	4.13	23.09	5.55	23.09	0.000000	0.02	11016.11	1224.39	0.00
Fissero	1338.72*	max	200.00	4.26	23.09	5.73	23.09	0.000000	0.02	10796.32	1194.62	0.00
Fissero	1297.02*	max	200.00	4.39	23.09	5.92	23.09	0.000000	0.02	10572.14	1164.86	0.00
Fissero	1255.32*	max	200.00	4.52	23.09	6.09	23.09	0.000000	0.02	10343.49	1135.09	0.00
Fissero	1213.62*	max	200.00	4.65	23.09	6.22	23.09	0.000000	0.02	10110.99	1105.32	0.00
Fissero	1171.93*	max	200.00	4.78	23.09	6.30	23.09	0.000000	0.02	9873.86	1075.55	0.00
Fissero	1130.23*	max	200.00	4.91	23.09	6.43	23.09	0.000000	0.02	9632.54	1045.78	0.00
Fissero	1088.53*	max	200.00	5.03	23.09	6.56	23.09	0.000000	0.02	9386.82	1016.02	0.00
Fissero	1046.83*	max	200.00	5.16	23.09	6.63	23.09	0.000000	0.02	9136.70	986.25	0.00
Fissero	1005.136	max	200.00	5.29	23.09	6.72	23.09	0.000000	0.02	8882.07	956.48	0.00
Fissero	898.356*	max	200.00	5.04	23.09	6.51	23.09	0.000000	0.02	8852.59	932.53	0.00
Fissero	791.576*	max	200.00	4.79	23.09	6.26	23.09	0.000000	0.02	8855.70	908.57	0.00
Fissero	684.797*	max	200.00	4.54	23.09	5.94	23.09	0.000000	0.02	8891.65	884.60	0.00
Fissero	578.017*	max	200.00	4.28	23.09	5.65	23.09	0.000000	0.02	8960.44	860.61	0.00
Fissero	471.237*	max	200.00	4.03	23.09	5.37	23.09	0.000000	0.02	9062.08	836.56	0.00
Fissero	364.458*	max	200.00	3.78	23.09	5.08	23.09	0.000000	0.02	9196.51	812.30	0.00
Fissero	257.678*	max	200.00	3.53	23.09	4.79	23.09	0.000000	0.02	9364.79	780.53	0.00
Fissero	150.899	max	200.00	3.27	23.09	4.46	23.09	0.000000	0.02	9565.80	758.26	0.00

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River_Mincio Reach: Fissero Profile: max

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fissero	15221.1	max	200.00	9.70	23.13	11.78	23.13	0.000000	0.10	2783.41	325.32	0.01
Fissero	15112.7*	max	200.00	9.62	23.13	11.71	23.13	0.000000	0.10	2692.54	313.72	0.01
Fissero	15004.3*	max	200.00	9.55	23.13	11.63	23.13	0.000001	0.11	2601.58	302.12	0.01
Fissero	14896.*	max	200.00	9.47	23.13	11.56	23.13	0.000001	0.11	2510.40	290.52	0.01
Fissero	14787.6*	max	200.00	9.39	23.13	11.48	23.13	0.000001	0.11	2419.05	278.94	0.01
Fissero	14679.2*	max	200.00	9.31	23.13	11.40	23.13	0.000001	0.12	2327.50	267.35	0.01
Fissero	14570.8*	max	200.00	9.24	23.13	11.32	23.13	0.000001	0.12	2235.82	255.77	0.01
Fissero	14462.5*	max	200.00	9.16	23.13	11.23	23.13	0.000001	0.12	2143.96	244.18	0.01
Fissero	14354.1*	max	200.00	9.08	23.13	11.15	23.13	0.000001	0.13	2051.95	232.60	0.01
Fissero	14245.7*	max	200.00	9.00	23.13	11.06	23.13	0.000001	0.13	1959.71	221.01	0.01
Fissero	14137.4*	max	200.00	8.92	23.13	10.96	23.13	0.000001	0.14	1867.32	209.43	0.01
Fissero	14029.0*	max	200.00	8.84	23.13	10.87	23.13	0.000001	0.15	1774.76	197.85	0.01
Fissero	13920.6*	max	200.00	8.77	23.13	10.77	23.13	0.000001	0.15	1682.02	186.28	0.01
Fissero	13812.3*	max	200.00	8.69	23.13	10.68	23.13	0.000001	0.16	1589.11	174.70	0.01
Fissero	13703.9*	max	200.00	8.61	23.13	10.58	23.13	0.000001	0.17	1496.01	163.12	0.01
Fissero	13595.5*	max	200.00	8.53	23.13	10.48	23.13	0.000001	0.17	1402.76	151.55	0.02
Fissero	13487.22	max	200.00	8.46	23.13	10.38	23.13	0.000001	0.18	1309.33	139.98	0.02
Fissero	13471.63	max	200.00	8.40	23.13	10.13	23.13	0.000001	0.18	1332.32	141.77	0.02
Fissero	13456.04	max	200.00	8.28	23.13	10.05	23.13	0.000001	0.18	1342.33	144.13	0.02
Fissero	13440.45	max	200.00	8.16	23.13	10.54	23.13	0.000001	0.18	1355.27	146.74	0.02
Fissero	13424.86	max	200.00	7.96	23.13	11.05	23.13	0.000002	0.18	1348.38	149.02	0.02
Fissero	13400	Bridge										
Fissero	13383.29	max	200.00	8.43	23.13	11.04	23.13	0.000002	0.18	1377.66	154.22	0.02
Fissero	13372.9	max	200.00	8.56	23.13	10.93	23.13	0.000001	0.18	1404.53	154.31	0.02
Fissero	13357.31	max	200.00	8.76	23.13	10.63	23.13	0.000001	0.17	1441.49	153.94	0.02
Fissero	13341.72	max	200.00	8.80	23.13	10.47	23.13	0.000001	0.17	1451.81	153.80	0.02
Fissero	13326.13	max	200.00	8.52	23.13	10.35	23.13	0.000001	0.17	1450.69	154.80	0.01
Fissero	13310.54	max	200.00	8.68	23.13	10.65	23.13	0.000001	0.18	1354.19	147.89	0.02
Fissero	13213.0*	max	200.00	8.72	23.13	10.81	23.13	0.000001	0.18	1371.50	150.78	0.02
Fissero	13115.4*	max	200.00	8.77	23.13	10.94	23.13	0.000001	0.18	1389.90	153.56	0.02
Fissero	13017.9*	max	200.00	8.82	23.13	11.05	23.13	0.000001	0.18	1409.43	156.16	0.02
Fissero	12920.4*	max	200.00	8.86	23.13	11.13	23.13	0.000001	0.17	1430.04	158.41	0.02
Fissero	12822.9*	max	200.00	8.91	23.13	11.19	23.13	0.000001	0.17	1451.92	159.92	0.02
Fissero	12725.4*	max	200.00	8.96	23.13	11.22	23.13	0.000001	0.17	1475.25	161.23	0.02
Fissero	12627.88	max	200.00	9.00	23.13	11.23	23.13	0.000001	0.17	1499.92	163.36	0.02
Fissero	12533.2*	max	200.00	9.00	23.13	11.24	23.13	0.000001	0.17	1470.88	160.01	0.02
Fissero	12438.5*	max	200.00	8.99	23.13	11.25	23.13	0.000001	0.17	1442.09	156.65	0.02
Fissero	12343.9*	max	200.00	8.99	23.13	11.26	23.13	0.000001	0.17	1413.56	153.29	0.02
Fissero	12249.2*	max	200.00	8.98	23.13	11.27	23.13	0.000001	0.18	1385.27	149.92	0.02
Fissero	12154.6*	max	200.00	8.98	23.13	11.27	23.13	0.000001	0.18	1357.26	146.55	0.02
Fissero	12060.*	max	200.00	8.97	23.13	11.28	23.13	0.000001	0.18	1329.49	143.16	0.02
Fissero	11965.3*	max	200.00	8.97	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.19	1301.96	139.77	0.02
Fissero	11870.7*	max	200.00	8.96	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.19	1274.70	136.38	0.02
Fissero	11776.0*	max	200.00	8.96	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.19	1247.70	132.96	0.02
Fissero	11681.4*	max	200.00	8.95	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.20	1220.94	129.53	0.02
Fissero	11586.7*	max	200.00	8.94	23.13	11.29	23.13	0.000002	0.20	1194.46	126.08	0.02
Fissero	11492.1*	max	200.00	8.94	23.13	11.28	23.13	0.000002	0.20	1168.23	122.60	0.02
Fissero	11397.4*	max	200.00	8.93	23.13	11.26	23.13	0.000002	0.21	1142.24	119.13	0.02
Fissero	11302.8*	max	200.00	8.93	23.13	11.24	23.13	0.000002	0.21	1116.53	115.63	0.02
Fissero	11208.1*	max	200.00	8.92	23.13	11.22	23.13	0.000002	0.21	1091.08	112.13	0.02
Fissero	11113.5*	max	200.00	8.92	23.13	11.19	23.13	0.000002	0.22	1065.89	108.73	0.02
Fissero	11018.8*	max	200.00	8.91	23.12	11.17	23.13	0.000002	0.22	1040.95	105.33	0.02
Fissero	10924.2*	max	200.00	8.91	23.12	11.14	23.13	0.000002	0.22	1016.27	101.93	0.02
Fissero	10829.59	max	200.00	8.90	23.12	11.10	23.13	0.000002	0.23	991.85	98.54	0.02
Fissero	10737.4*	max	200.00	8.88	23.12	11.14	23.13	0.000002	0.22	1038.84	110.18	0.02
Fissero	10645.2*	max	200.00	8.86	23.12	11.17	23.13	0.000002	0.22	1090.66	123.81	0.02
Fissero	10553.1*	max	200.00	8.83	23.12	11.15	23.13	0.000002	0.21	1147.13	136.00	0.02
Fissero	10460.9*	max	200.00	8.81	23.12	11.16	23.13	0.000002	0.21	1208.05	148.23	0.02
Fissero	10368.8*	max	200.00	8.79	23.12	11.17	23.13	0.000002	0.20	1273.41	160.16	0.02
Fissero	10276.6*	max	200.00	8.77	23.12	11.16	23.13	0.000002	0.19	1343.17	171.91	0.02
Fissero	10184.5*	max	200.00	8.74	23.12	11.14	23.12	0.000002	0.19	1417.28	183.55	0.02
Fissero	10092.3*	max	200.00	8.72	23.12	11.13	23.12	0.000001	0.18	1495.82	195.13	0.02
Fissero	10000.2*	max	200.00	8.70	23.12	11.12	23.12	0.000001	0.17	1578.72	206.65	0.02
Fissero	9908.05*	max	200.00	8.68	23.12	11.10	23.12	0.000001	0.17	1666.02	218.15	0.02
Fissero	9815.89*	max	200.00	8.65	23.12	11.08	23.12	0.000001	0.16	1757.67	229.61	0.01
Fissero	9723.74*	max	200.00	8.63	23.12	11.06	23.12	0.000001	0.15	1853.70	241.05	0.01
Fissero	9631.59*	max	200.00	8.61	23.12	11.05	23.12	0.000001	0.15	1954.08	252.48	0.01
Fissero	9539.43*	max	200.00	8.58	23.12	11.03	23.12	0.000001	0.14	2058.92	263.90	0.01
Fissero	9447.28*	max	200.00	8.56	23.12	11.00	23.12	0.000001	0.13	2168.07	275.30	0.01
Fissero	9355.12*	max	200.00	8.54	23.12	10.98	23.12	0.000001	0.13	2281.66	286.70	0.01
Fissero	9262.97*	max	200.00	8.52	23.12	10.95	23.12	0.000001	0.12	2399.53	298.08	0.01
Fissero	9170.82*	max	200.00	8.50	23.12	10.93	23.12	0.000001	0.12	2521.84	309.47	0.01
Fissero	9078.66*	max	200.00	8.47	23.12	10.90	23.12	0.000001	0.11	2648.54	320.85	0.01
Fissero	8986.51*	max	200.00	8.45	23.12	10.87	23.12	0.000001	0.11	2779.57	332.22	0.01
Fissero	8894.36*	max	200.00	8.43	23.12	10.84	23.12	0.000001	0.10	2915.00	343.59	0.01
Fissero	8802.206	max	200.00	8.40	23.12	10.81	23.12	0.000000	0.10	3054.82	354.95	0.01
Fissero	8707.07*	max	200.00	8.41	23.12	10.84	23.12	0.000001	0.10	2950.59	345.69	0.01
Fissero	8611.93*	max	200.00	8.41	23.12	10.88	23.12	0.000001	0.10	2848.12	336.43	0.01
Fissero	8516.80*	max	200.00	8.42	23.12	10.91	23.12	0.000001	0.11	2747.56	327.16	0.01
Fissero	8421.66*	max	200.00	8.42	23.12	10.94	23.12	0.000001	0.11	2648.84	317.91	0.01
Fissero	8326.53*	max	200.00	8.43	23.12	10.97	23.12	0.000001	0.11	2551.87	308.71	0.01
Fissero	8231.39*	max	200.00	8.43	23.12	11.00	23.12	0.000001	0.12	2456.77	299.49	0.01
Fissero	8136.26*	max	200.00	8.43	23.12	11.04	23.12	0.000001	0.12	2363.52	290.26	0.01

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River_Mincio Reach: Fissero Profile: max (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fissero	8041.12*	max	200.00	8.44	23.12	11.07	23.12	0.000001	0.13	2272.00	281.03	0.01
Fissero	7945.98*	max	200.00	8.44	23.12	11.10	23.12	0.000001	0.13	2182.40	271.79	0.01
Fissero	7850.85*	max	200.00	8.45	23.12	11.14	23.12	0.000001	0.14	2094.58	262.53	0.01
Fissero	7755.71*	max	200.00	8.45	23.12	11.17	23.12	0.000001	0.14	2008.56	253.27	0.01
Fissero	7660.58*	max	200.00	8.46	23.12	11.20	23.12	0.000001	0.15	1924.40	243.99	0.01
Fissero	7565.44*	max	200.00	8.46	23.12	11.24	23.12	0.000001	0.16	1842.06	234.71	0.01
Fissero	7470.31*	max	200.00	8.46	23.12	11.27	23.12	0.000001	0.16	1761.52	225.42	0.01
Fissero	7375.17*	max	200.00	8.47	23.12	11.31	23.12	0.000001	0.17	1682.83	216.12	0.02
Fissero	7280.04*	max	200.00	8.47	23.12	11.34	23.12	0.000001	0.17	1605.92	206.81	0.02
Fissero	7184.90*	max	200.00	8.48	23.12	11.38	23.12	0.000002	0.18	1530.84	197.49	0.02
Fissero	7089.77*	max	200.00	8.48	23.12	11.41	23.12	0.000002	0.19	1457.63	188.17	0.02
Fissero	6994.63*	max	200.00	8.49	23.12	11.45	23.12	0.000002	0.20	1386.22	178.83	0.02
Fissero	6899.50*	max	200.00	8.49	23.12	11.48	23.12	0.000002	0.21	1316.59	169.50	0.02
Fissero	6804.36*	max	200.00	8.50	23.12	11.52	23.12	0.000002	0.21	1248.85	160.14	0.02
Fissero	6709.23*	max	200.00	8.50	23.12	11.56	23.12	0.000002	0.22	1182.89	150.77	0.02
Fissero	6614.096	max	200.00	8.50	23.12	11.59	23.12	0.000003	0.24	1118.75	141.38	0.02
Fissero	6516.62*	max	200.00	8.50	23.12	11.58	23.12	0.000003	0.24	1100.39	139.31	0.02
Fissero	6419.15*	max	200.00	8.50	23.12	11.56	23.12	0.000003	0.24	1082.41	137.24	0.02
Fissero	6321.68*	max	200.00	8.50	23.12	11.55	23.12	0.000003	0.25	1064.88	135.17	0.02
Fissero	6224.21*	max	200.00	8.50	23.12	11.53	23.12	0.000003	0.25	1047.78	133.10	0.02
Fissero	6126.74*	max	200.00	8.50	23.12	11.52	23.12	0.000003	0.25	1031.08	131.03	0.02
Fissero	6029.27*	max	200.00	8.50	23.12	11.50	23.12	0.000003	0.25	1014.80	128.96	0.02
Fissero	5931.8*	max	200.00	8.50	23.12	11.48	23.12	0.000003	0.26	998.95	126.90	0.02
Fissero	5834.33*	max	200.00	8.50	23.12	11.46	23.12	0.000003	0.26	983.50	124.83	0.02
Fissero	5736.85*	max	200.00	8.50	23.11	11.44	23.12	0.000003	0.26	968.50	122.93	0.02
Fissero	5639.38*	max	200.00	8.50	23.11	11.42	23.12	0.000003	0.27	953.90	121.02	0.02
Fissero	5541.91*	max	200.00	8.50	23.11	11.40	23.12	0.000003	0.27	939.75	119.08	0.02
Fissero	5444.44*	max	200.00	8.50	23.11	11.37	23.12	0.000003	0.27	926.01	117.11	0.02
Fissero	5346.97*	max	200.00	8.50	23.11	11.35	23.12	0.000003	0.27	912.71	115.10	0.02
Fissero	5249.50*	max	200.00	8.50	23.11	11.32	23.12	0.000003	0.27	899.80	113.08	0.02
Fissero	5152.03*	max	200.00	8.50	23.11	11.30	23.12	0.000004	0.28	887.32	111.02	0.03
Fissero	5054.56*	max	200.00	8.50	23.11	11.27	23.12	0.000004	0.28	875.27	108.95	0.03
Fissero	4957.09*	max	200.00	8.50	23.11	11.25	23.11	0.000004	0.28	863.63	106.87	0.03
Fissero	4859.62*	max	200.00	8.50	23.11	11.22	23.11	0.000004	0.28	852.43	104.76	0.03
Fissero	4762.15*	max	200.00	8.50	23.11	11.19	23.11	0.000004	0.28	841.64	102.63	0.03
Fissero	4664.68*	max	200.00	8.50	23.11	11.16	23.11	0.000004	0.28	831.28	100.47	0.03
Fissero	4567.20*	max	200.00	8.50	23.11	11.13	23.11	0.000004	0.29	821.33	98.28	0.03
Fissero	4469.73*	max	200.00	8.50	23.11	11.11	23.11	0.000004	0.29	811.84	96.03	0.03
Fissero	4372.26*	max	200.00	8.50	23.11	11.07	23.11	0.000004	0.29	802.75	93.70	0.03
Fissero	4274.79*	max	200.00	8.50	23.11	11.04	23.11	0.000004	0.29	794.12	91.19	0.03
Fissero	4177.32*	max	200.00	8.50	23.11	11.01	23.11	0.000004	0.29	785.98	88.83	0.03
Fissero	4079.855	max	200.00	8.50	23.11	10.98	23.11	0.000004	0.29	778.26	86.75	0.03
Fissero	4033.567	max	200.00	8.50	23.11	11.16	23.11	0.000005	0.35	714.09	77.25	0.03
Fissero	3996.419	max	200.00	8.20	23.11	10.56	23.11	0.000003	0.29	794.71	77.64	0.03
Fissero	3986.408	max	200.00	7.80	23.11	9.99	23.11	0.000003	0.27	846.39	80.06	0.02
Fissero	3970		Bridge									
Fissero	3951.368	max	200.00	7.90	23.11	10.43	23.11	0.000003	0.26	855.46	83.76	0.02
Fissero	3929.166	max	200.00	8.00	23.11	10.66	23.11	0.000004	0.32	796.41	84.13	0.03
Fissero	3881.494	max	200.00	8.10	23.11	11.21	23.11	0.000005	0.35	763.80	86.11	0.03
Fissero	3818.36*	max	200.00	8.08	23.11	10.87	23.11	0.000003	0.24	1012.08	109.42	0.02
Fissero	3755.23*	max	200.00	8.05	23.11	10.69	23.11	0.000002	0.18	1256.41	134.06	0.02
Fissero	3692.10*	max	200.00	8.02	23.11	10.59	23.11	0.000001	0.15	1496.72	157.60	0.01
Fissero	3628.98*	max	200.00	7.99	23.11	10.54	23.11	0.000001	0.13	1732.80	180.64	0.01
Fissero	3565.85*	max	200.00	7.96	23.11	10.50	23.11	0.000001	0.11	1964.62	203.44	0.01
Fissero	3502.72*	max	200.00	7.93	23.11	10.46	23.11	0.000001	0.10	2192.21	226.13	0.01
Fissero	3439.594	max	200.00	7.90	23.11	10.42	23.11	0.000000	0.09	2415.49	248.74	0.01
Fissero	3382.762	max	200.00	13.79	23.11	15.17	23.11	0.000001	0.09	2217.34	281.53	0.01
Fissero	3327.53*	max	200.00	12.93	23.11	14.16	23.11	0.000001	0.11	1920.64	238.78	0.01
Fissero	3272.30*	max	200.00	11.62	23.11	13.16	23.11	0.000001	0.13	1622.83	195.56	0.01
Fissero	3217.07*	max	200.00	10.31	23.11	12.16	23.11	0.000002	0.16	1324.02	152.36	0.02
Fissero	3161.845	max	200.00	9.00	23.10	11.19	23.11	0.000002	0.22	1024.18	109.33	0.02
Fissero	3130		Inl Struct									
Fissero	3081.44*	max	200.00	9.27	23.09	10.96	23.09	0.000001	0.15	1440.43	146.77	0.01
Fissero	3001.04*	max	200.00	9.53	23.09	10.84	23.09	0.000001	0.12	1866.28	185.02	0.01
Fissero	2920.64*	max	200.00	9.79	23.09	10.76	23.09	0.000000	0.09	2299.53	219.39	0.01
Fissero	2840.247	max	200.00	10.06	23.09	10.65	23.09	0.000000	0.08	2739.88	250.48	0.01
Fissero	2738.67*	max	200.00	10.06	23.09	10.94	23.09	0.000000	0.08	2672.40	264.91	0.01
Fissero	2637.10*	max	200.00	10.06	23.09	11.03	23.09	0.000000	0.08	2616.69	278.75	0.01
Fissero	2535.52*	max	200.00	10.07	23.09	11.12	23.09	0.000000	0.08	2572.77	292.38	0.01
Fissero	2433.95*	max	200.00	10.07	23.09	11.21	23.09	0.000000	0.08	2540.55	305.70	0.01
Fissero	2332.38*	max	200.00	10.08	23.09	11.32	23.09	0.000000	0.08	2520.05	318.64	0.01
Fissero	2230.80*	max	200.00	10.08	23.09	11.46	23.09	0.000000	0.08	2511.36	331.31	0.01
Fissero	2129.236	max	200.00	10.08	23.09	11.64	23.09	0.000001	0.08	2514.52	343.76	0.01
Fissero	2108.47*	max	200.00	10.09	23.09	11.64	23.09	0.000001	0.07	2800.04	400.07	0.01
Fissero	2087.71*	max	200.00	10.09	23.09	11.63	23.09	0.000000	0.07	3108.71	456.47	0.01
Fissero	2066.95*	max	200.00	10.08	23.09	11.63	23.09	0.000000	0.06	3440.71	513.11	0.01
Fissero	2046.19*	max	200.00	10.08	23.09	11.62	23.09	0.000000	0.05	3795.82	569.36	0.01
Fissero	2025.42*	max	200.00	10.07	23.09	11.64	23.09	0.000000	0.05	4174.23	625.43	0.01
Fissero	2004.66*	max	200.00	10.07	23.09	11.65	23.09	0.000000	0.04	4575.66	681.38	0.01
Fissero	1983.90*	max	200.00	10.07	23.09	11.50	23.09	0.000000	0.04	5000.24	737.25	0.00
Fissero	1963.14*	max	200.00	9.81	23.09	11.16	23.09	0.000000	0.04	5447.61	793.09	0.00
Fissero	1942.38*	max	200.00	9.26	23.09	10.77	23.09	0.000000	0.03	5918.15	848.92	0.00
Fissero	1921.62*	max	200.00	8.70	23.09	10.35	23.09	0.000000	0.03	6411.97	905.15	0.00

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River_Mincio Reach: Fissero Profile: max (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Fissero	1900.86*	max	200.00	8.16	23.09	9.74	23.09	0.000000	0.03	6928.62	961.47	0.00
Fissero	1880.1*	max	200.00	7.60	23.09	9.13	23.09	0.000000	0.03	7468.63	1018.29	0.00
Fissero	1859.33*	max	200.00	7.05	23.09	8.52	23.09	0.000000	0.03	8031.51	1073.80	0.00
Fissero	1838.57*	max	200.00	6.49	23.09	7.91	23.09	0.000000	0.02	8617.48	1129.34	0.00
Fissero	1817.81*	max	200.00	5.93	23.09	7.30	23.09	0.000000	0.02	9226.76	1184.89	0.00
Fissero	1797.05*	max	200.00	5.38	23.09	6.69	23.09	0.000000	0.02	9858.89	1240.43	0.00
Fissero	1776.29*	max	200.00	4.83	23.09	6.07	23.09	0.000000	0.02	10513.89	1295.96	0.00
Fissero	1755.53*	max	200.00	4.27	23.09	5.46	23.09	0.000000	0.02	11192.46	1351.49	0.00
Fissero	1734.77*	max	200.00	3.70	23.09	4.85	23.09	0.000000	0.02	11893.63	1407.01	0.00
Fissero	1714.009	max	200.00	3.10	23.09	4.24	23.09	0.000000	0.02	12618.15	1462.53	0.00
Fissero	1672.31*	max	200.00	3.23	23.09	4.38	23.09	0.000000	0.02	12433.23	1432.80	0.00
Fissero	1630.61*	max	200.00	3.36	23.09	4.52	23.09	0.000000	0.02	12243.77	1403.08	0.00
Fissero	1588.91*	max	200.00	3.49	23.09	4.68	23.09	0.000000	0.02	12049.99	1373.24	0.00
Fissero	1547.21*	max	200.00	3.62	23.09	4.85	23.09	0.000000	0.02	11851.59	1343.47	0.00
Fissero	1505.51*	max	200.00	3.75	23.09	5.01	23.09	0.000000	0.02	11649.08	1313.70	0.00
Fissero	1463.81*	max	200.00	3.88	23.09	5.19	23.09	0.000000	0.02	11442.42	1283.93	0.00
Fissero	1422.12*	max	200.00	4.01	23.09	5.37	23.09	0.000000	0.02	11231.46	1254.16	0.00
Fissero	1380.42*	max	200.00	4.13	23.09	5.55	23.09	0.000000	0.02	11016.11	1224.39	0.00
Fissero	1338.72*	max	200.00	4.26	23.09	5.73	23.09	0.000000	0.02	10796.32	1194.62	0.00
Fissero	1297.02*	max	200.00	4.39	23.09	5.92	23.09	0.000000	0.02	10572.14	1164.86	0.00
Fissero	1255.32*	max	200.00	4.52	23.09	6.09	23.09	0.000000	0.02	10343.49	1135.09	0.00
Fissero	1213.62*	max	200.00	4.65	23.09	6.22	23.09	0.000000	0.02	10110.99	1105.32	0.00
Fissero	1171.93*	max	200.00	4.78	23.09	6.30	23.09	0.000000	0.02	9873.86	1075.55	0.00
Fissero	1130.23*	max	200.00	4.91	23.09	6.43	23.09	0.000000	0.02	9632.54	1045.78	0.00
Fissero	1088.53*	max	200.00	5.03	23.09	6.56	23.09	0.000000	0.02	9386.82	1016.02	0.00
Fissero	1046.83*	max	200.00	5.16	23.09	6.63	23.09	0.000000	0.02	9136.70	986.25	0.00
Fissero	1005.136	max	200.00	5.29	23.09	6.72	23.09	0.000000	0.02	8882.07	956.48	0.00
Fissero	898.356*	max	200.00	5.04	23.09	6.51	23.09	0.000000	0.02	8852.59	932.53	0.00
Fissero	791.576*	max	200.00	4.79	23.09	6.26	23.09	0.000000	0.02	8855.70	908.57	0.00
Fissero	684.797*	max	200.00	4.54	23.09	5.94	23.09	0.000000	0.02	8891.65	884.60	0.00
Fissero	578.017*	max	200.00	4.28	23.09	5.65	23.09	0.000000	0.02	8960.44	860.61	0.00
Fissero	471.237*	max	200.00	4.03	23.09	5.37	23.09	0.000000	0.02	9062.08	836.56	0.00
Fissero	364.458*	max	200.00	3.78	23.09	5.08	23.09	0.000000	0.02	9196.51	812.30	0.00
Fissero	257.678*	max	200.00	3.53	23.09	4.79	23.09	0.000000	0.02	9364.79	780.53	0.00
Fissero	150.899	max	200.00	3.27	23.09	4.46	23.09	0.000000	0.02	9565.80	758.26	0.00