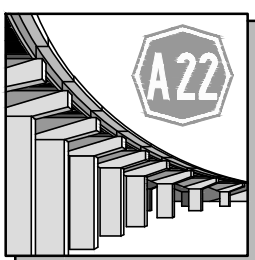



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
*dott. ing. Roberto Bosetti*

# autostrada del brennero

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

<b>E.1</b>	<b>STUDI SPECIALISTICI - STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA</b>
<b>A.5.1.</b>	CANALE ACQUE ALTE Relazione di compatibilità idraulica

0	MAR. 2021	EMISSIONE	EOS	G. VOGEL	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			<b>DIREZIONE TECNICA GENERALE</b>		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

<b>A</b>	<b>STUDIO PER LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA</b>
<b>A.5.1</b>	Canale Acque Alte Relazione di compatibilità idraulica

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

## Indice

Indice	1
Indice delle Figure	2
Indice delle Tabelle	2
Premessa	3
1 Inquadramento generale	5
1.1 Riferimenti normativi.....	6
2 Descrizione del progetto	8
2.1 Interventi sulle opere d'arte: Ponte sul Canale Acque Alte .....	10
3 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale	12
4 Analisi Idrologica	14
4.1 Analisi delle precipitazioni .....	14
4.1.1 Configurazione attuale del Canale Acque Alte	14
4.1.2 Portate di piena	15
5 Analisi idraulica	16
5.1 Assetto geometrico dell'alveo .....	16
5.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo.....	17
5.3 Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo.....	18
5.4 Opere di difesa idraulica .....	18
5.5 Manufatti interferenti.....	19
5.6 Modalità di deflusso in piena.....	19
5.6.1 Schema di calcolo e modello idraulico	20
5.6.2 Condizioni al contorno	25
5.6.3 Taratura del modello	25
5.6.4 Condizioni fisiche di riferimento	25
6 Verifica di compatibilità idraulica ed effetti degli interventi in progetto	25
6.1 Profilo di inviluppo di piena .....	25
6.1.1 Stato di fatto	26
6.1.2 Stato di progetto	29

6.2	Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.....	32
7	Conclusioni	32
8	Allegati	32

## Indice delle Figure

Figura 1 – Localizzazione del canale Acque Alte tra l’attraversamento autostradale e la confluenza con il canale diversivo a Formigosa .....	5
Figura 2 – Localizzazione del canale Acque Alte in relazione alle fasce fluviali B e C di Mincio .....	7
Figura 3 – Schema tratto autostradale oggetto dell’intervento .....	9
Figura 4 – Adeguamento in progetto dell’attraversamento del canale Acque Alte .....	11
Figura 5 - Estratto del progetto originario del 1950 (fonte A.I.Po, U.O. Mantova).....	14
Figura 6 - Sezione trasversale tipo - tratto di monte .....	16
Figura 7 - Sezione trasversale tipo - tratto di valle.....	16
Figura 8 - Ortofoto del tratto di attraversamento del Canale Acque Alte da parte dell'A22.	17
Figura 9 - DTM del tratto di attraversamento del Canale Acque Alte da parte dell'A22 .....	17
Figura 10 - Foto aerea del salto di fondo nel tratto a valle del Canale Acque Alte (fonte: Bing Maps).....	18
Figura 11 - Foto aerea del tratto di Canale Acque Alte in corrispondenza dell'attraversamento autostradale (fonte: Bing Maps) .....	19
Figura 12 - Planimetria del tratto di Canale Acque Alte modellato .....	27
Figura 13 - Sezione trasversale della carreggiata Nord del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Acque Alte - stato di fatto.....	27
Figura 14 - Sezione trasversale della carreggiata Sud del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Acque Alte - stato di fatto.....	28
Figura 15 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - stato di fatto.....	28
Figura 16 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - stato di fatto..	29
Figura 17 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Acque Alte - stato di progetto.....	30
Figura 18 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - stato di progetto .....	30
Figura 19 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - stato di progetto .....	31

## Indice delle Tabelle

Tabella 1 - Immissioni nel canale Acque Alte Mantovane .....	15
--	----

## 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 la demolizione e la ricostruzione del ponte autostradale sul canale Acque Alte (opera n°348 alla progressiva chilometrica autostradale 258+610).

L'adeguamento dell'attraversamento autostradale, progettato nel rispetto dei più moderni criteri in materia di tecnica costruttiva e tecnologia dei materiali, avrà una capacità portante in linea con 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:

 Studio di ingegneria	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
	Prof. Ing. Luigi NATALE	

*“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 canale Acque Alte si inserisce nel complesso sistema idraulico del comprensorio del Mincio e del sistema di difesa delle aree comprese tra le provincia di Mantova e Verona.

Al partitore di Pozzolo, una parte della portata del Mincio viene dirottata nello Scaricatore, un canale artificiale, destinato a immettersi, una quindicina di chilometri dopo nel Diversivo del Mincio, canale artificiale costruito per difendere la città di Mantova dalle piene.

Al partitore di Casale la portata del Mincio viene divisa in due flussi: uno che continua ad alimentare il corso del fiume e uno che alimenta il Diversivo del Mincio.

Quest'ultimo, si immette nel Mincio a Valdaro di Formigosa, dopo aver circondato la città di Mantova e riceve nel suo corso le acque residue dello Scaricatore di Pozzolo (a Soave) e le acque del canale Acque Alte, colatore dei terreni di nord-est, compresi fra le province di Mantova e Verona.

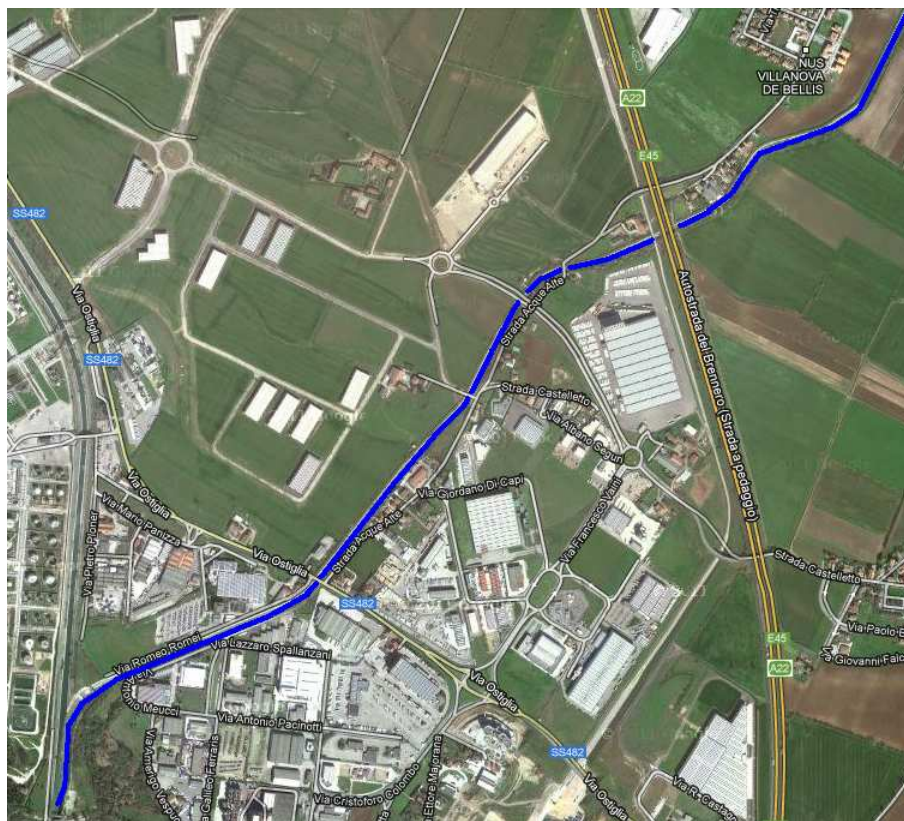


Figura 1 – Localizzazione del canale Acque Alte tra l’attraversamento autostradale e la confluenza con il canale diversivo a Formigosa

	Ing. Luca ADAMI Ing. Paolo CERCHIA Ing. Andrea ZIN	<b>Autostrada del Brennero SpA - Brennerautobahn AG</b> 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
	Prof. Ing. Luigi NATALE	

Il canale Acque Alte è sostanzialmente un canale artificiale con sponde rivestite in calcestruzzo che si colloca all'interno del tessuto agricolo dei terreni compresi tra le provincie di Mantova e Verona.

Nell'ultimo tratto il canale attraversa l'area artigianale – commerciale prossima alla città di Mantova e caratterizzata da un'elevata infrastrutturazione.

Oltre che l'Autostrada A22, di cui il progetto di adeguamento dell'attraversamento è oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica, si ritrovano importanti interferenze con infrastrutture viarie a livello sovra regionale quali la linea ferroviaria di connessione all'area commerciale e il porto di Valdaro.

## 1.1 Riferimenti normativi

Occorre evidenziare nel presente paragrafo che il principale riferimento normativo 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 anche se l'attraversamento oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica non risulta essere specificatamente collocato all'interno delle fasce fluviali A e B identificate dalla pianificazione di bacino vigente.

In particolare, per quanto concerne gli aspetti di dettaglio legati alla valutazioni di compatibilità idraulica delle opere da progettare, si è fatto riferimento, in relazione all'analogie tecniche in materia di valutazione delle interferenze delle opere in progetto con l'idraulica del canale Acqua Alte, 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.”

Alla luce di quanto riportato nella sopra citata direttiva dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, si è proceduto con uno studio idraulico in rispondenza a quanto richiesto dalla direttiva stessa e con una valutazione degli aspetti caratteristici che consentano una completa ed esaustiva valutazione complessiva.

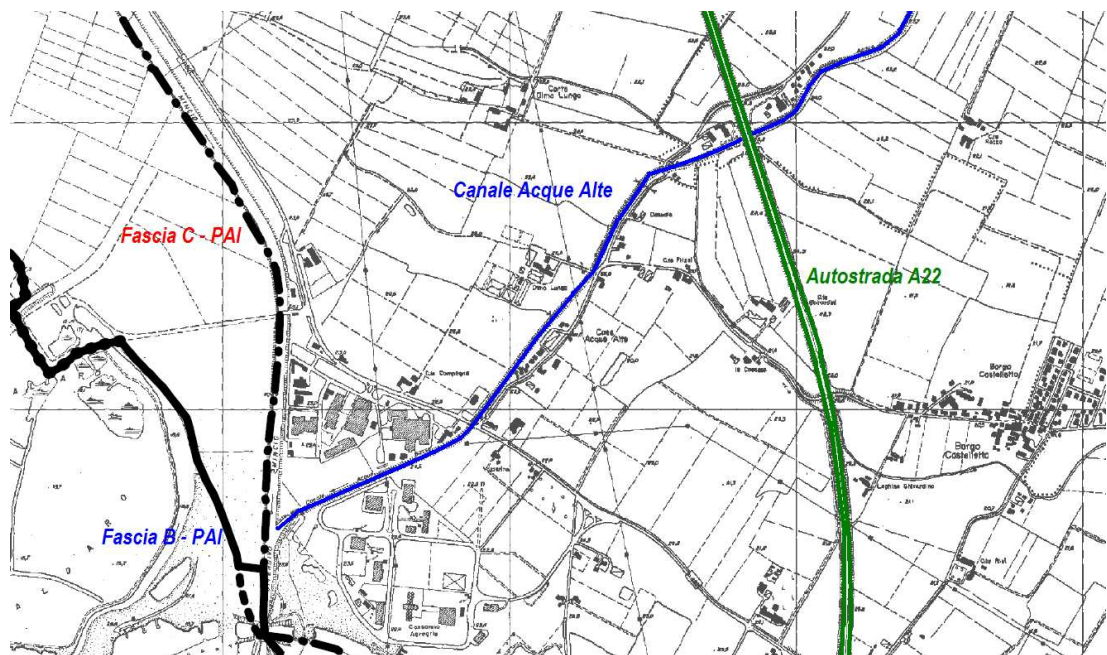


Figura 2 – Localizzazione del canale Acque Alte in relazione alle fasce fluviali B e C di Mincio

 Prof. Ing. Luigi NATALE	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
	Ing. Francesco CERCHIA	

## 2 Descrizione 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.

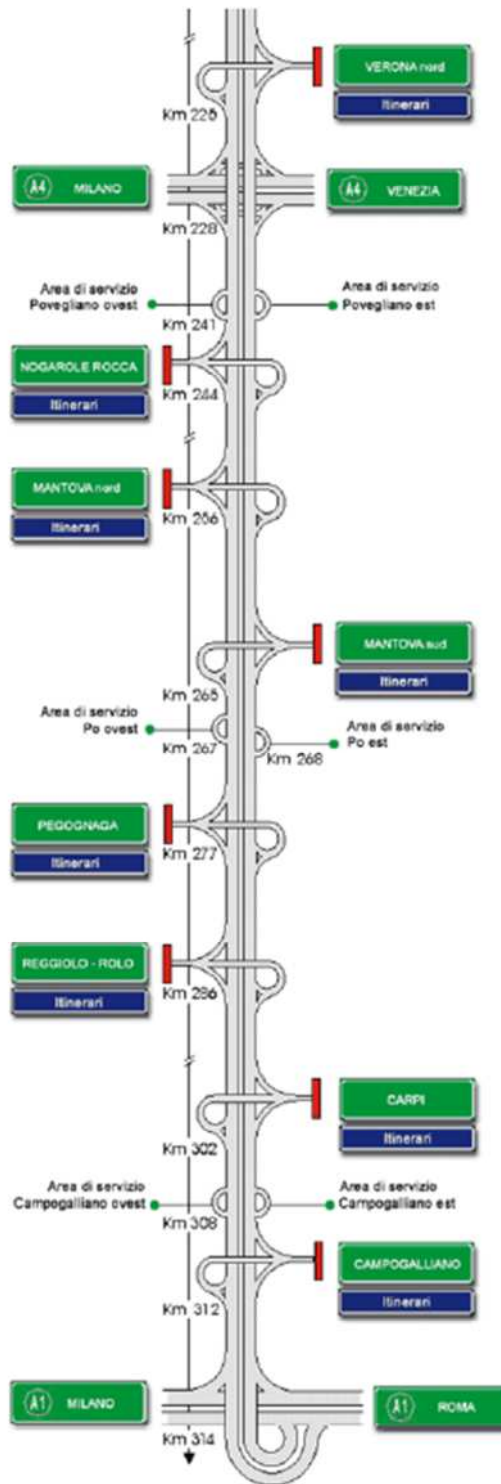


Figura 3 – Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento

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 le opere per l'adeguamento dell'attraversamento del canale Acque Alte, oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica, e gli attraversamenti del canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco, del fiume Mincio e del fiume Po.

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: Ponte sul Canale Acque Alte

L'intervento in progetto consiste nella chiusura del varco attualmente presente nello spartitraffico tra le due carreggiate e nell'allargamento dei due cordoli esterni al fine di poter realizzare barriere antirumore a protezione dei centri abitati circostanti.

La sede autostradale passerà dagli attuali 11.00 + 11.00 metri (larghezza delle due carreggiate esistenti) ai 33.16 metri al fine di modificare l'attuale conformazione a quattro corsie in un percorso a sei corsie di marcia; sarà quindi costruito un nuovo impalcato nello spartitraffico ed entrambe le carreggiate saranno allargate verso l'esterno di 58 cm.

È prevista inoltre la demolizione del cordolo laterale esistente e la costruzione di un nuovo cordolo di larghezza pari ad 1.00 m, sul quale saranno installate la barriera antirumore di altezza h=4.50 metri e la nuova barriera di sicurezza tipo H4b bordo ponte.

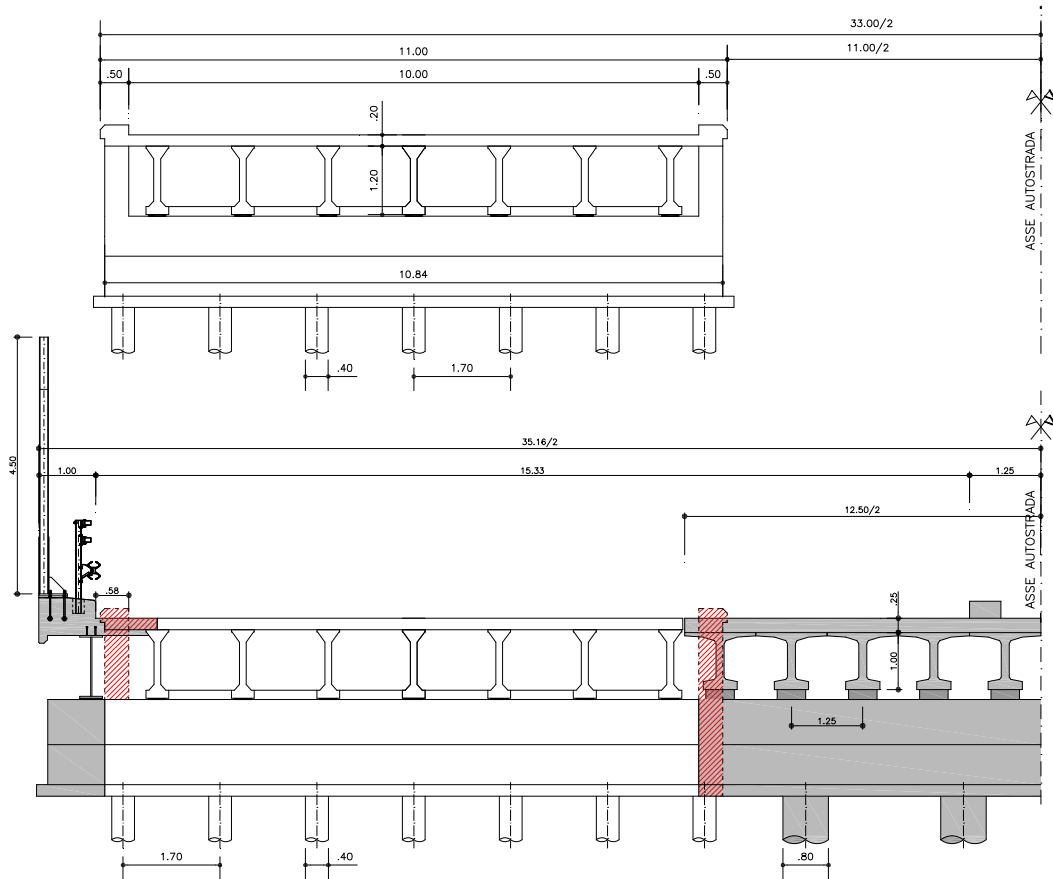


Figura 4 – Adeguamento in progetto dell'attraversamento del canale Acque Alte

In particolare l'intervento si compone delle seguenti fasi:

- Scavo all'interno dello spartitraffico, tra le spalle esistenti, fino al piano d'imposta delle fondazioni delle nuove spalle;
- Esecuzione di pali trivellati;
- Costruzione delle spalle in calcestruzzo armato a sostegno del nuovo impalcato;
- Demolizione dei cordoli centrali sugli impalcati esistenti e realizzazione del nuovo impalcato;
- Realizzazione dei giunti trasversali sulle spalle, dei giunti longitudinali tra il nuovo impalcato e quelli esistenti, della pavimentazione e degli altri lavori di finitura (scarichi, segnaletica, ecc.).
- Prolungamento della fondazione esistente di circa 1.00 m verso l'esterno;
- Posizionamento della trave di acciaio e getto della soletta collaborante e dei cordoli;
- Realizzazione della pavimentazione e di tutti i lavori di finitura.

	Ing. Luca ADAMI Ing. Paolo CERCHIA Ing. Andrea ZIN	<b>Autostrada del Brennero SpA - Brennerautobahn AG</b> 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
	Prof. Ing. Luigi NATALE Ing. Francesco CERCHIA	

L'impalcato nuovo, strutturalmente indipendente dai due esistenti, è costituito da dieci travi prefabbricate in calcestruzzo armato precompresso (c.a.p.) di 1.00 m di altezza e da una soletta collaborante in calcestruzzo armato di spessore 25 cm; l'altezza totale dell'impalcato è quindi pari a 1.25 m.

I nuovi apparecchi d'appoggio sono in neoprene armato delle dimensioni di 250 x 500 x 82 mm.

La spalla in corrispondenza dell'impalcato centrale, anch'essa strutturalmente indipendente dalle due esistenti, sarà realizzata a parete piena in calcestruzzo armato e fondata su sette pali trivellati (4 anteriori e 3 posteriori) di diametro 80 cm e lunghezza 18 m.

Dal momento che le travi di bordo esistenti non sarebbero in grado di sopportare le maggiori sollecitazioni prodotte dall'allargamento verso l'esterno degli impalcati, si prevede di inserire, a sostegno dei nuovi cordoli, due travi in acciaio con le seguenti caratteristiche geometriche:

- Piattabanda superiore 400 x 30 mm
- Anima 1040 x 20 mm
- Piattabanda inferiore 400 x 30 mm

Le spalle esistenti verranno prolungate di circa 1.00 metro per consentire la posa dei nuovi appoggi in neoprene armato di dimensioni 250 x 400 x 26 mm.

I muri di contenimento a tergo delle spalle verranno demoliti in sommità per un'altezza di circa 55 cm per consentire la realizzazione della fondazione dei nuovi cordoli sui quali saranno installate le barriere antirumore e di sicurezza.

### 3 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale

---

Il canale Acque Alte è un corso d'acqua artificiale, alimentato dal fiume Tione, con funzione principalmente di scolo (drenaggio) per l'area agricola di circa 30'000 ettari che il canale attraversa (dall'incile a Pontepossero - provincia di Verona - alla foce nel Diversivo del Mincio); è utilizzato anche per uso irriguo. Le sponde del canale sono in calcestruzzo.

In prossimità del territorio in cui sono previste le opere in progetto, si individuano quali ecosistemi le seguenti riserve naturali facenti parte del più complesso sistema ambientale Mincio - Po:

- "Vallazza", a circa 1.5 Km in direzione Sud, è una zona umida di circa 500 Ha del Parco del Mincio, creata dal lago Inferiore di Mantova;

- "Valli del Mincio", distante circa 7 km in direzione Ovest, si estende lungo il corso del fiume Mincio, per una superficie di circa 1'460 ettari, prima dell'allargamento del fiume a creare il lago Superiore di Mantova;
- "Bosco Fontana", a circa 8.5 km in direzione Nord-Ovest, di superficie di circa 235 ettari, è un bosco di latifoglie di particolare importanza in quanto rappresenta l'unico nucleo di foresta planiziarica residua della Pianura Padana.

Per l'importanza rivestita a livello di habitat naturale, di flora e di fauna selvatica, le riserve sono state inserite nell'elenco dei "siti di importanza comunitaria", recepiti dalla legislazione italiana con il D.M. 3 aprile 2000 (Elenco dei siti di importanza comunitaria e delle zone di protezione speciale individuate ai sensi delle Direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE).

Le zone umide ripariali, nonostante l'impermeabilizzazione delle sponde realizzata con calcestruzzo, sono l'habitat perfetto per aironi, garzette, nitticore e falchi di palude e numerose altre specie tipiche degli ambienti fluviali.

Le fondamentali caratteristiche fisiche e paesaggistiche del bacino sono riassumibili in:

- Territorio pressoché pianeggiante, con ampie zone poste a quota inferiore ai livelli di piena dei fiumi Adige e Po;
- Presenza di una fitta rete di canali di irrigazione alimentati in prevalenza dalle acque del Lago di Garda e del fiume Adige. Parte della rete irrigua ha anche funzione di bonifica, allontanando in Canalbianco le acque di piena.

Il territorio del bacino, da un punto di vista socio-economico, è di tipo rurale in quanto tradizionalmente a vocazione agricola, con relativamente bassa densità di popolazione insediata, ad eccezione delle aree limitrofe ai capoluogo di provincia di Mantova e del porto di Valdarò.

Dal punto di vista geomorfologico il bacino idrografico complessivo del canale Acque Alte presenta le tipiche caratteristiche degli ambienti tipici della pianura alluvionale compresa tra i laghi di Mantova, i fiumi Adige e Po e il Mare Adriatico.

 Studio di ingegneria	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
	Prof. Ing. Luigi NATALE	

## 4 Analisi Idrologica

### 4.1 Analisi delle precipitazioni

Il Canale Acque Alte Mantovane si configura a tutti gli effetti come un canale di bonifica all'interno dell'area di competenza del Consorzio Fossa di Pozzolo, pertanto non assume carattere di necessità un'analisi idrologica specifica, quanto piuttosto una analisi dello stato di fatto al fine di esplicitare le variazioni planoaltimetriche delle principali sezioni di riferimento in cui vi è una variazione di portata massima defluente.

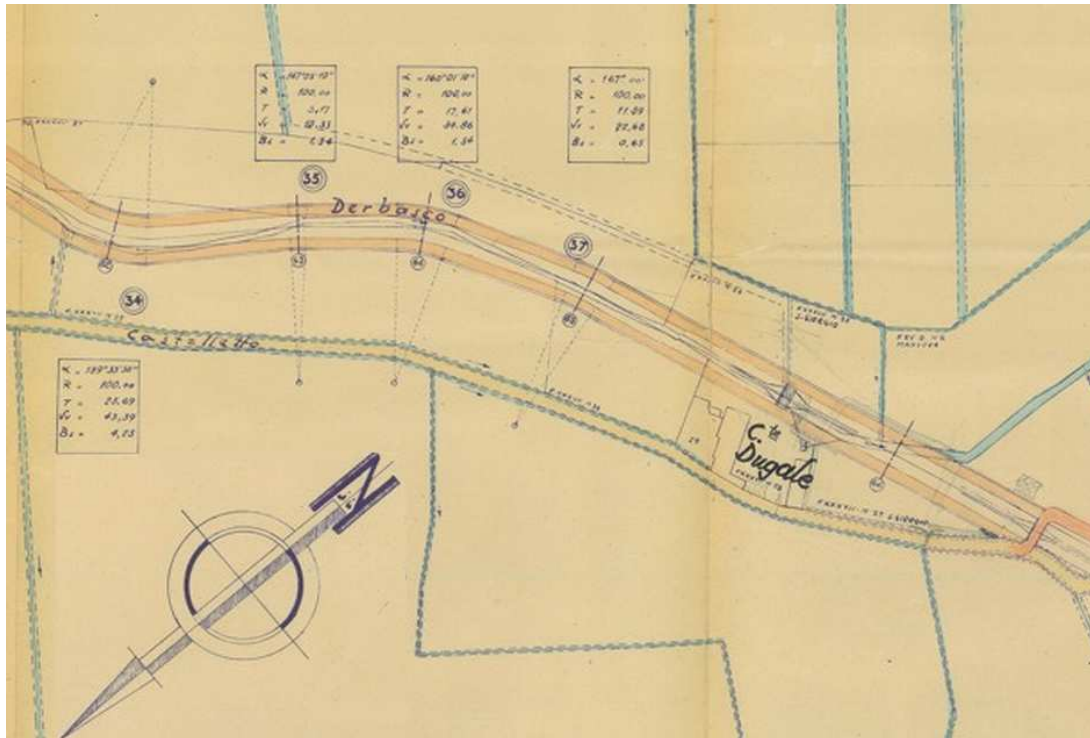


Figura 5 - Estratto del progetto originario del 1950 (fonte A.I.Po, U.O. Mantova)

#### 4.1.1 Configurazione attuale del Canale Acque Alte

Il progetto originale del Canale Acque Alte dei "Lavori di costruzione del canale collettore delle Acque Alte Mantovane" fu redatto a cura del Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato alle Acque, Ufficio del Genio Civile di Mantova.

I progetti a disposizione sono stati forniti dall'attuale Ente competente sul canale, ovvero l'Agenzia Interregionale per il fiume Po, Ufficio Operativo di Mantova (rif. Ing. Luigi Sinigardi).

Dall'analisi della planimetria in scala 1:2'000 recante data 18 gennaio 1950, si evidenzia la suddivisione del canale in 81 sezioni trasversali, comprendenti tutto il percorso del canale dalla chiavica di presa sul fiume Tione (sezione 01, progressiva 0.00 m) all'immissione nel canale diversivo Mincio (sezione 81, progressiva 14'947.02 m). A valle della sezione 81 è



presente un salto di fondo verso il canale diversivo Mincio, che determina un abbassamento delle quote del fondo da 17.18 m s.l.m. a 12.60 m s.l.m..

Tra la sezione 30 e la sezione 31 (rispettivamente progressiva 5'987.1 m e 6'109.6 m) è presente un ulteriore salto di fondo che determina un abbassamento della quota di fondo da 19.92 m s.l.m. a 18.90 m s.l.m.. poco a monte dell'immissione del cosiddetto "Canale Allegrezza".

#### 4.1.2 Portate di piena

La portata di riferimento è la portata massima determinata in sede progettuale varia da un minimo di 5.0 m<sup>3</sup>/s nella sezione 01, ad un massimo di 30.4 m<sup>3</sup>/s nella sezione 81, di immissione del diversivo Mincio.

L'attraversamento autostradale si colloca tra le sezioni 64 e 65 (rispettivamente alle progressive 12'686.27 m e 12'793.01 m), in cui da progetto si hanno delle quote di fondo rispettivamente di 17.56 m s.l.m. e 17.54 m s.l.m..

La quota dell'arginatura nelle due sezioni è di 20.98 m s.l.m. e 20.96 m s.l.m.. Nel tratto interessato dall'attraversamento autostradale la portata massima di progetto è pari a 30.4 m<sup>3</sup>/s.

Lo schema utilizzato per la determinazione delle portate transitanti è il seguente:

Immissioni		Q <sub>max</sub> piena [m <sup>3</sup> /s]	
		Parziali	Cumulata
1	Dal f. Tione, alla progressiva m 0.00 (incile)	5.000	5.000
2	Dal Canale Fossoldo, alla progressiva m 3727.10	3.750	8.750
3	Dal Conduccione-Paradello, alla progressiva m 3939.10	3.125	11.875
4	Dal Canale Essere, alla progressiva m 4181.10	0.255	12.130
5	Dal Canale Molinella, alla progressiva m 4527.10	3.835	15.965
6	Dal Condotto Grezzana, alla progressiva m 4545.10	0.670	16.635
7	Dal Canale Allegrezza, alla progressiva m 6060.10	6.340	22.975
8	Dal Condotto Tartaglione, alla progressiva m 8836.37	4.425	27.400
9	Dal Condotto Derbasco, alla progressiva m 11823.55	3.000	30.400
<b>Portata massima piena allo sbocco nel Derivatore [m<sup>3</sup>/s]</b>			<b>30.400</b>

Tabella 1 - Immissioni nel canale Acque Alte Mantovane

## 5 Analisi idraulica

### 5.1 Assetto geometrico dell'alveo

Il canale Acque Alte Mantovane ha caratteristiche geometriche spiccatamente artificiali. Si tratta di un canale di bonifica con sezione trasversale di forma trapezia, avente pendenza delle sponde circa 3:2 (h:v).

La sezione trasversale è progressivamente crescente procedendo verso valle, all'aumentare della portata massima transitabile. Si riporta in Figura 6 ed in Figura 7 due esempi di sezioni tipo, una della parte di monte del canale, la seconda riferita al tratto terminale con indicazione della larghezza di fondo dello stesso.

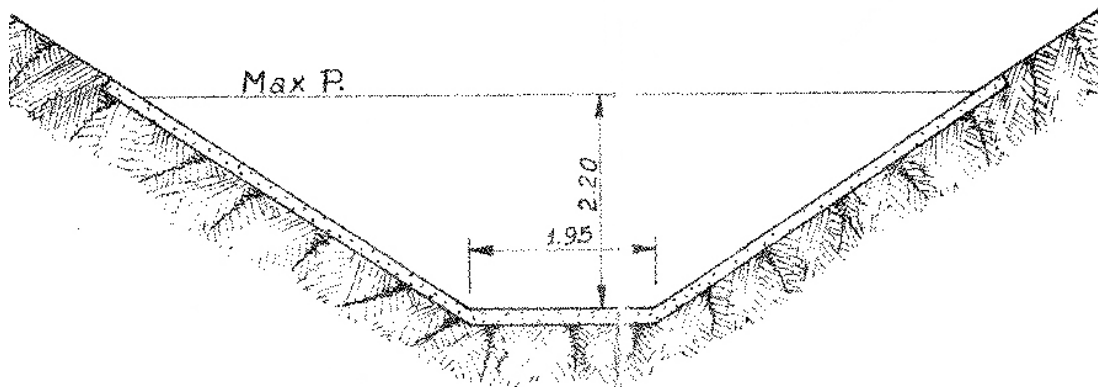


Figura 6 - Sezione trasversale tipo - tratto di monte

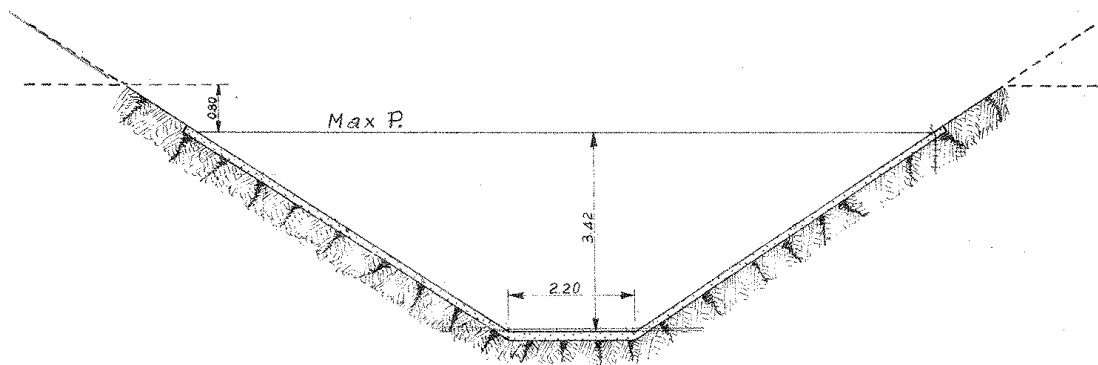


Figura 7 - Sezione trasversale tipo - tratto di valle

Accanto alle sezioni trasversali, si è fatto riferimento al piano quotato fornito da Autostrade del Brennero s.p.a., effettuato tramite campagna di rilievi datata 2009.

Dal punto di vista planimetrico il canale presenta il classico andamento dei canali artificiali in calcestruzzo caratterizzati da un'alternanza di tratti rettilinei e curve a raggi ampi.

Dalla scansione aerea effettuata da Autostrade del Brennero s.p.a. è stato possibile risalire al Modello Digitale del Terreno del tratto in cui è presente l'attraversamento.

In Figura 8 ed in Figura 9 si riportano l'estratto dell'immagine aerea del tratto in cui è localizzato l'attraversamento stradale e la ricostruzione del modello digitale del terreno.



Figura 8 - Ortofoto del tratto di attraversamento del Canale Acque Alte da parte dell'A22



Figura 9 - DTM del tratto di attraversamento del Canale Acque Alte da parte dell'A22

## 5.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Attualmente l'alveo del Canale Acque Alte Mantovane ha caratteri spiccatamente artificiali a causa della sua funzione di canale di bonifica rivestito in calcestruzzo.

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

### 5.3 Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo

Nell'ambito dell'analisi idraulica del Canale Acque Alte, nel tratto oggetto dello studio di 3.5 km circa (compreso a monte e a valle rispettivamente tra Villanova de Bellis e lo sbocco nel diversivo Mincio), non è stato necessario effettuare approfondimenti sulla capacità di trasporto solido e su eventuali fenomeni erosivi locali.

Appare comunque utile evidenziare in tale paragrafo che il tratto oggetto di studio, avendo spiccate caratteristiche artificiali, come anticipato precedentemente, non presenta particolari effetti di trasporto solido e i fenomeni erosivi risultano essere estremamente limitati. Alla luce di ciò non si è ritenuta necessaria una caratterizzazione del materiale d'alveo mediante analisi granulometriche.

### 5.4 Opere di difesa idraulica

Nel tratto considerato, esterno alle fasce fluviali come già evidenziato in Figura 2, non sono presenti difese spondali atte a contenere piene con portate aventi fissato tempo di ritorno.

Le sponde esistenti hanno la sola funzione di contenimento della massima portata defluente per cui è stato dimensionato il canale. Tale portata massima non deriva quindi da analisi idrologiche, ma da deduzioni di carattere antropico e finalizzate all'uso di bonifica delle acque convogliate.

Nel tratto in corrispondenza dello sbocco del Canale Acque Alte, è presente un salto di fondo che impedisce il rigurgito delle acque del diversivo Mincio, in condizioni di portata ordinaria, all'interno del canale stesso.



Figura 10 - Foto aerea del salto di fondo nel tratto a valle del Canale Acque Alte (fonte: Bing Maps)

Le quote di coronamento arginale nel tratto di immissione all'interno del diversivo Mincio sono pari a 23.00 m s.l.m.. Alla data di approvazione del progetto dei "Lavori di costruzione del canale collettore delle Acque Alte Mantovane" (1950) la massima portata del fiume Mincio è stata valutata generare un rigurgito fino alla quota massima di 20.50 m s.l.m.

## 5.5 Manufatti interferenti

Come anticipato nei precedenti paragrafi il corso terminale del Canale Acque Alte si colloca all'interno di un'area fortemente urbanizzata e con un'elevata presenza di infrastrutture viarie.

In Figura 11 si riporta l'attraversamento autostradale oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica in cui si evidenzia la presenza delle due corsie di marcia.

Nella stessa immagine è possibile notare come in corrispondenza dello stesso attraversamento vi sia affiancato il nuovo ponte ferroviario a ovest e ad est un ulteriore ponte stradale a servizio della viabilità locale e delle aree agricole circostanti.



Figura 11 - Foto aerea del tratto di Canale Acque Alte in corrispondenza dell'attraversamento autostradale (fonte: Bing Maps)

## 5.6 Modalità di deflusso in piena

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

Scopo dell'analisi consiste nel verificare che il deflusso in corrispondenza del manufatto di attraversamento assicuri livelli idrici compatibili con le opere interferenti.

L'esecuzione dei 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.

 Prof. Ing. Luigi NATALE	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
	Ing. Francesco CERCHIA	

### 5.6.1 Schema di calcolo e modello idraulico

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 criticità. Tale approccio permette di delineare gli aspetti essenziali dei possibili scenari di piena che possono verificarsi sui tratti di corso d'acqua oggetto dell'analisi, consentendo di definire in maniera fisicamente attendibile i livelli idrometrici nelle sezioni idriche, valutando l'andamento delle stesse per un'assegnata onda di piena con tempo di ritorno fissato.

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

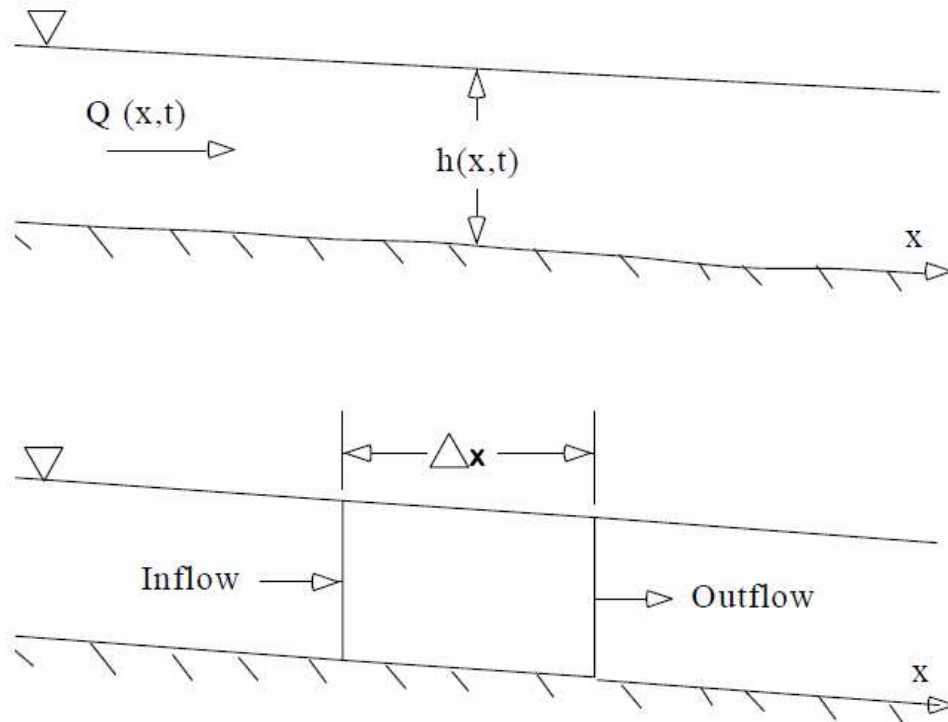
Le leggi fisiche che governano il flusso di un fluido all'interno di un contorno fissato sono:

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

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

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

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



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

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

La portata uscente (*Outflow*) come:

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

e la variazione di volume come:

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

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

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

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

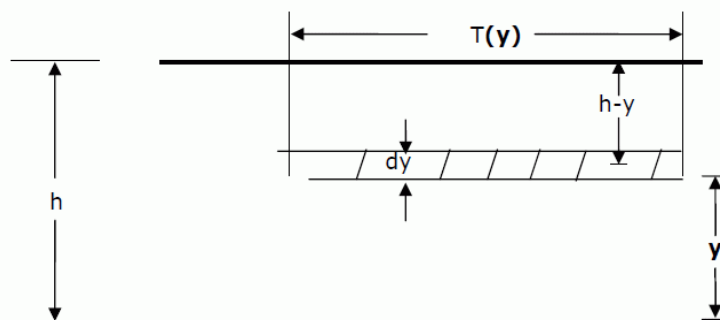
La stessa equazione, semplificata e divisa ambo le parti per  $p\Delta x$  fornisce la forma classica dell'equazione di continuità:

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

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

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

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



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

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

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



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

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

e nell'estremo di valle come:

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

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

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

che, semplificando, porta a:

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

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

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

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

che, semplificata, porta a:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 nel tratto di Canale Acque Alte interessato sono due: la condizione al contorno nelle sezioni trasversali rispettivamente di monte e di valle.

Per quanto riguarda la condizione al contorno di monte, posta in corrispondenza dell'abitato di Villanova de Bellis (tra le sezioni 37 e 38 del progetto originario), è stata inserita:

- la portata massima ammissibile transitante in corrispondenza dell'attraversamento autostradale, pari a  $30.4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Per quanto riguarda la condizione di valle si è considerata la condizione di massimo livello ammesso all'interno del diversivo Mincio, generato dal passaggio della portata massima della piena del Mincio stesso, ovvero pari a  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 5.6.3 Taratura del modello

Vista l'assenza di dati relativi ad onde di piena transitanti all'interno del canale di bonifica e visto inoltre che il canale di bonifica è prevalentemente costituito da calcestruzzo, la taratura del modello monodimensionale è stata realizzata considerando i valori medi di scabrezza proposti da Chow per il calcestruzzo di rivestimento delle sponde e del fondo.

Tali valori di scabrezza consentono di modellare al meglio la risposta del canale al passaggio della piena di progetto consentendo di determinare le grandezze necessarie ai fini della valutazione di compatibilità idraulica.

### 5.6.4 Condizioni fisiche di riferimento

Le condizioni fisiche di riferimento per la valutazione di Compatibilità Idraulica sono state condotte con riferimento alle seguenti condizioni del corso d'acqua:

- A. Stato di fatto: presenza dell'attuale ponte autostradale esistente;
- B. 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 condizioni di riferimento sopra menzionate e di seguito esplicitate:

1. Stato di fatto
2. Stato di progetto

 Studio di ingegneria	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
	Prof. Ing. Luigi NATALE	

### 6.1.1 Stato di fatto

Nella configurazione di stato di fatto si sono utilizzate le sezioni trasversali generate dal DTM per quanto concerne il tratto in corrispondenza del ponte autostradale.

Per determinare la configurazione trasversale del ponte stesso sono stati utilizzati gli elaborati progettuali messi a disposizione da Autostrade del Brennero s.p.a., mentre per le sezioni di monte e di valle si sono utilizzate le sezioni derivanti dal progetto originario dei "Lavori di costruzione del canale collettore delle Acque Alte Mantovane".

Dagli stessi elaborati progettuali si è stimato la configurazione del salto di fondo posto in prossimità dell'immissione del Canale Acque Alte nel diversivo Mincio.

Nella configurazione di stato di fatto si è considerata come condizione di monte una portata transitante pari a 30.4 m<sup>3</sup>/s.

Come condizione di valle è stata considerata la configurazione che prevede l'impostazione della quota derivante dal deflusso della massima portata transitabile in diversivo Mincio (pari a 200 m<sup>3</sup>/s).

Tale valore, assunto pari a 20.50 m s.l.m., trova motivazione nella configurazione del nodo idraulico Po – Mincio – Diversivo – Canale Acque Alte che, non potendo valutare l'effetto di laminazione generato dalla presenza di aree potenzialmente allagabili nelle vicinanze del diversivo Mincio derivanti dal rigurgito di Po, considera la massima quota raggiungibile durante gli eventi piena nel canale Diversivo a cui è idraulicamente connesso il Canale Acque Alte.

Si riporta di seguito l'andamento planimetrico del tratto simulato, dalla sezione di monte posta circa 1 km a monte del ponte dell'Autostrada del Brennero, fino alla sezione di valle posta circa 2.4 km a valle del ponte dell'Autostrada del Brennero.

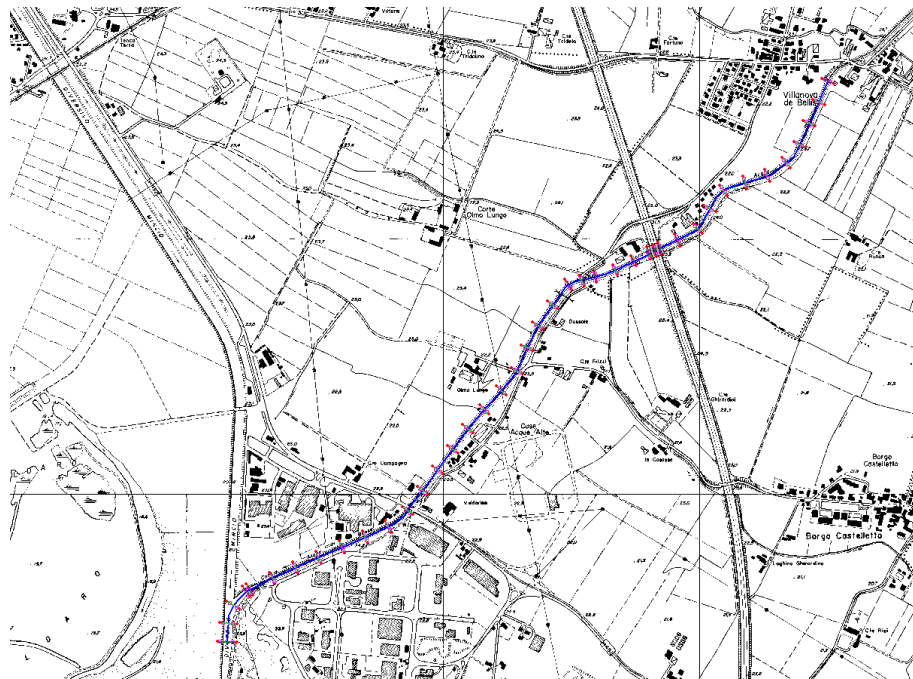


Figura 12 - Planimetria del tratto di Canale Acque Alte modellato

Allo stato attuale il ponte dell'autostrada Brennero - Modena è caratterizzato da una quota di intradosso media pari a 22.40 m s.l.m. per la carreggiata Nord e 22.58 m s.l.m. per la carreggiata Sud.

Si riportano di seguito le sezioni trasversali del ponte, carreggiata Nord e carreggiata Sud, nella configurazione di stato di fatto a seguito dei risultati ottenuti dal modello idraulico.

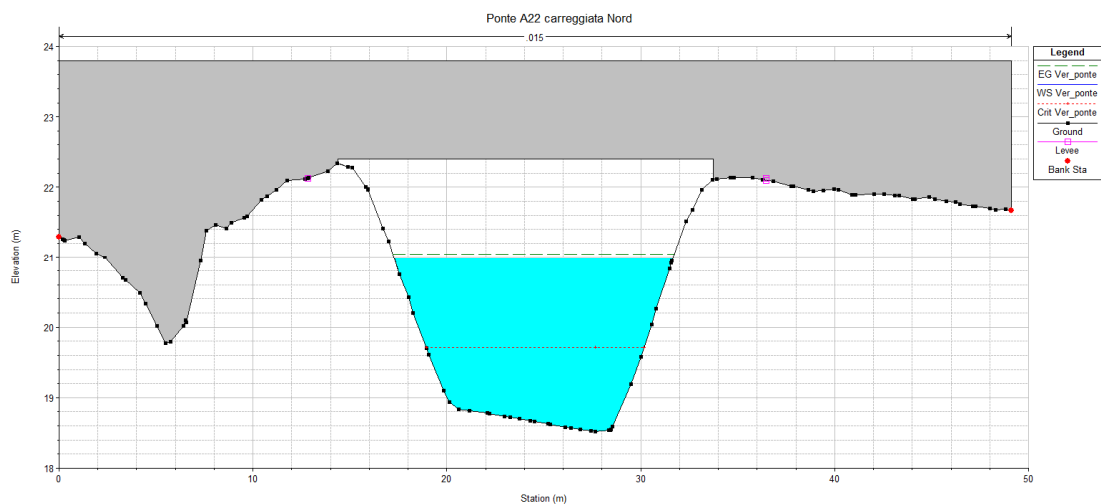
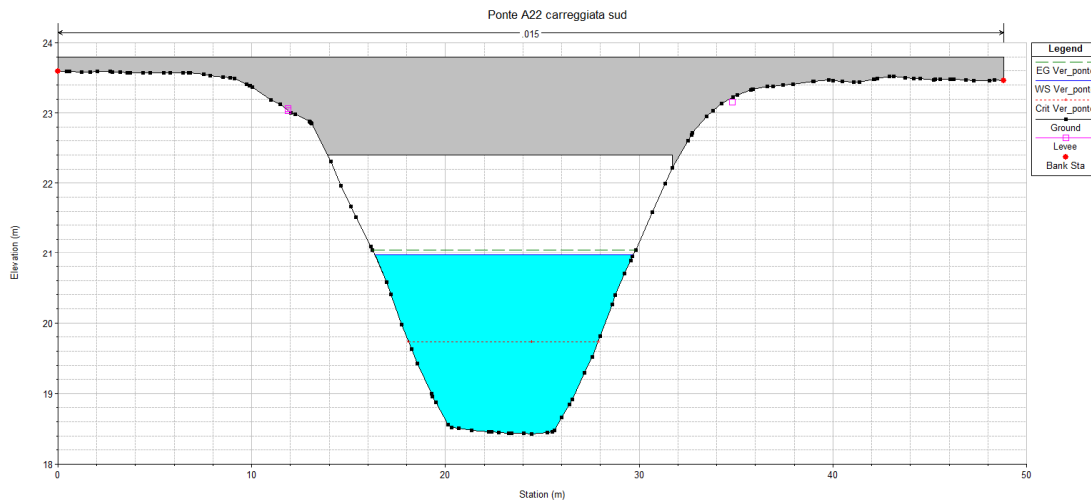
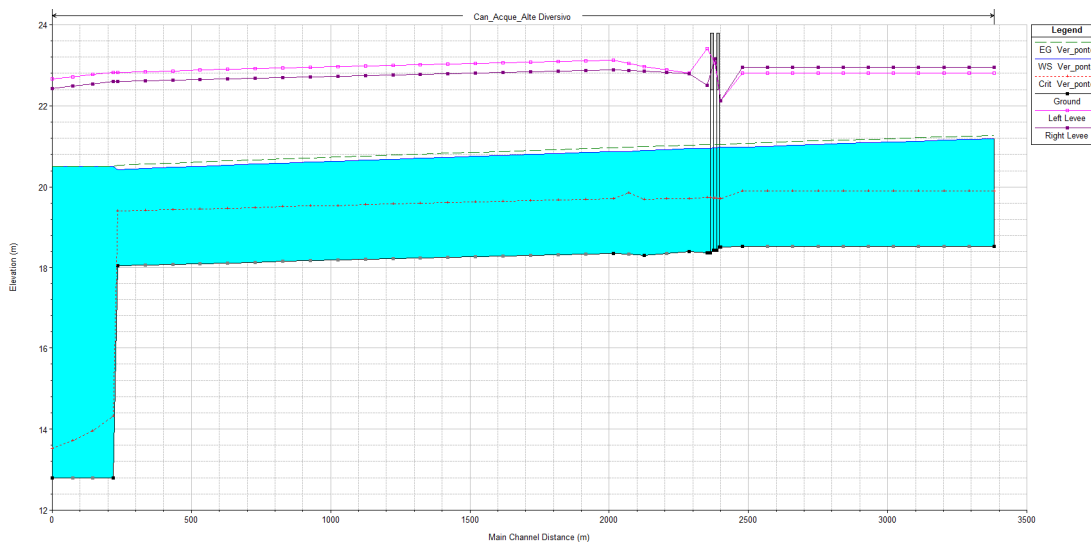


Figura 13 - Sezione trasversale della carreggiata Nord del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Acque Alte - stato di fatto



**Figura 14 - Sezione trasversale della carreggiata Sud del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Acque Alte - stato di fatto**

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



**Figura 15 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - stato di fatto**

Il ponte autostradale, nella configurazione di stato di fatto, presenta una quota dell'intradosso, nel punto più basso pari, a **22.40** 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 **20.98** m s.l.m. In definitiva il tirante d'aria nell'attuale configurazione è pari a 1.42 m.

A carattere di completezza si riporta nella Figura 16 l'estratto di tutte le caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza della sezione idraulica del ponte Autostradale, carreggiata Nord (sezione con impalcato a quota minore), a seguito della simulazione condotta.

Plan: Plan 02 Can_Acque_Alte Diversivo RS: 2400 Profile: Ver_ponte				
E.G. US. (m)	21.05	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	20.98	E.G. Elev (m)	21.05	21.05
Q Total (m <sup>3</sup> /s)	30.40	W.S. Elev (m)	20.98	20.96
Q Bridge (m <sup>3</sup> /s)	30.40	Crit W.S. (m)	19.71	19.73
Q Weir (m <sup>3</sup> /s)		Max Chl Dpth (m)	2.46	2.53
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.15	1.27
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m <sup>2</sup> )	26.46	23.92
Weir Submerg		Froude # Chl	0.27	0.30
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	31.49	29.84
Min El Weir Flow (m)	23.80	Hydr Depth (m)	1.84	1.80
Min El Prs (m)	22.40	W.P. Total (m)	15.89	14.76
Delta EG (m)	0.01	Conv. Total (m <sup>3</sup> /s)	2478.1	2201.2
Delta WS (m)	0.02	Top Width (m)	14.37	13.32
BR Open Area (m <sup>2</sup> )	46.47	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	1.27	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m <sup>2</sup> )	2.46	3.03
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

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

### 6.1.2 Stato di progetto

Nella configurazione di stato di progetto si sono utilizzate le stesse sezioni trasversali generate dal DTM per quanto concerne il tratto in corrispondenza del ponte autostradale. Per determinare la configurazione trasversale del ponte stesso sono stati utilizzati gli elaborati progettuali messi a disposizione da Autostrade del Brennero s.p.a., mentre per le sezioni di monte e di valle si sono utilizzate le sezioni derivanti dal progetto originario dei "Lavori di costruzione del canale collettore delle Acque Alte Mantovane".

Nella configurazione di stato di progetto si è considerata come condizione di monte una portata pari a 30.4 m<sup>3</sup>/s.

In analogia a quanto descritto per la simulazione dello stato di fatto, come condizione di valle è stata considerata la configurazione che prevede l'impostazione della quota derivante dal deflusso della massima portata transitabile nel diversivo di Mincio (200 m<sup>3</sup>/s) avente quota massima pari a 20.50 m s.l.m..

Nello stato di progetto il ponte dell'autostrada Brennero - Modena è caratterizzato da un unico impalcato per le due carreggiate Nord e Sud avente quota di intradosso pari a 22.54 m s.l.m. costante lungo tutta la sezione trasversale.

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

	Ing. Luca ADAMI Ing. Paolo CERCHIA Ing. Andrea ZIN	<b>Autostrada del Brennero SpA - Brennerautobahn AG</b> 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
	Prof. Ing. Luigi NATALE Ing. Francesco CERCHIA	

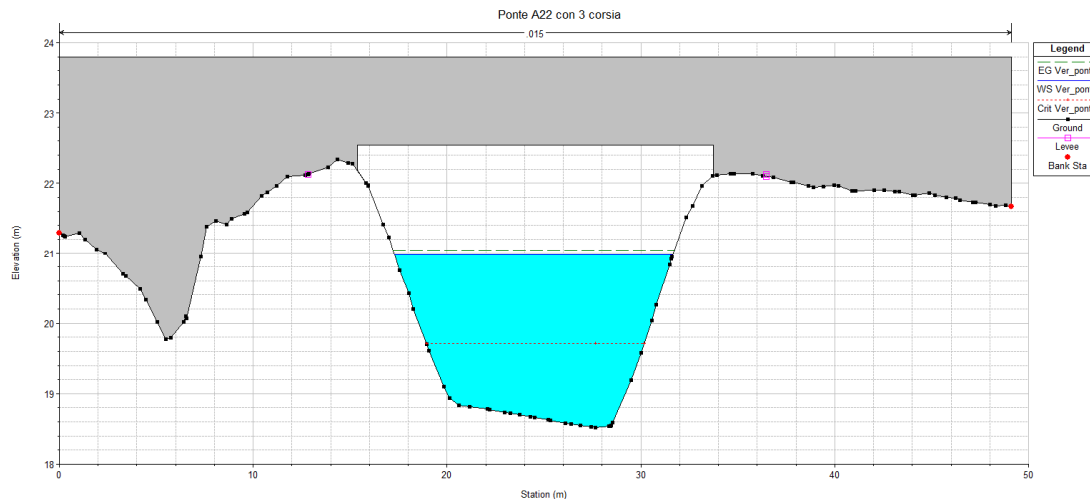


Figura 17 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Acque Alte - stato di progetto

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

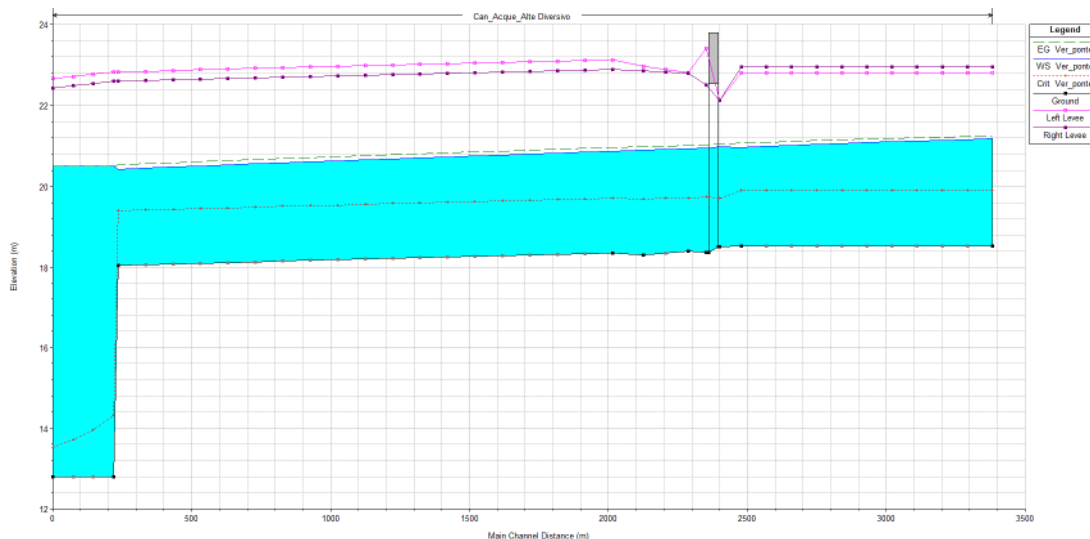


Figura 18 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - stato di progetto

Il ponte autostradale, nella configurazione di stato di progetto, presenta una quota dell'intradosso del ponte, nel punto più basso pari, a **22.58 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 **20.98 m s.l.m.** In definitiva il tirante d'aria garantito in condizioni di piena è quindi di 1.60 m.

Si riporta in Figura 19 l'estratto di tutte le caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza della sezione idraulica del ponte Autostradale, carreggiata Nord, a seguito della simulazione condotta.



Plan: Plan 02 Can_Acque_Alte Diversivo RS: 2390 Profile: Ver_ponte				
E.G. US. (m)	21.04	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	20.98	E.G. Elev (m)	21.04	21.04
Q Total (m <sup>3</sup> /s)	30.40	W.S. Elev (m)	20.98	20.95
Q Bridge (m <sup>3</sup> /s)	30.40	Crit W.S. (m)	19.71	19.74
Q Weir (m <sup>3</sup> /s)		Max Chl Dpth (m)	2.46	2.58
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.15	1.32
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m <sup>2</sup> )	26.36	22.98
Weir Submerg		Froude # Chl	0.27	0.31
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	31.32	29.12
Min El Weir Flow (m)	23.80	Hydr Depth (m)	1.84	1.88
Min El Prs (m)	22.54	W.P. Total (m)	15.87	13.85
Delta EG (m)	0.01	Conv. Total (m <sup>3</sup> /s)	2464.7	2146.4
Delta WS (m)	0.03	Top Width (m)	14.35	12.19
BR Open Area (m <sup>2</sup> )	45.68	Frctn Loss (m)	0.01	0.00
BR Open Vel (m/s)	1.32	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m <sup>2</sup> )	2.48	3.26
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

**Figura 19 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - stato di progetto**

Appare utile evidenziare però in questa sede che, dalla complessiva analisi del sistema idraulico Po – Mincio – Diversivo – Canale Acque Alte a difesa della città di Mantova, il regime idraulico del tratto terminale del Canale Acque Alte sia vincolato dalle quote idrauliche presenti nel diversivo di Mincio.

Tali quote risultano essere a loro volta pesantemente condizionate dal rigurgito della piena di Po con tempo di ritorno  $T_r = 200$  anni che impongono una condizione al contorno a valle dell'intero sistema in termini di quota pari a 23.13 m s.l.m.

Risulta essere immediatamente evidente che considerando la quota di rigurgito imposta da Po già le arginature del canale diversivo e conseguentemente le arginature del Canale Acque Alte non consentono il contenimento delle acque (le quote delle arginature del Canale Acque Alte sono complessivamente inferiori ai 23.00 m s.l.m).

L'analisi consente di evidenziare, nella configurazione di concomitante piena del fiume Mincio, del Canale Diversivo a cintura della città di Mantova, del Canale Acque Alte unitamente alla piena di Po duecentennale, un'insufficienza delle arginature attualmente presenti con conseguente tracimazione delle acque anche nelle aree limitrofe all'attraversamento autostradale.

In ultima istanza, per chiarire al meglio le ipotesi alla base dell'intera analisi condotta, è utile riassumere quanto segue:

1. Le simulazioni condotte considerano la piena di progetto del Canale Acque Alte nel suo valore massimo assunto pari a 30.4 m<sup>3</sup>/s;
2. Le quote derivanti dal rigurgito di Po in Mincio e nel canale Diversivo non sono state considerate sezioni di controllo in quanto pesantemente condizionate da effetti di allagamento, laminazione e gestione delle infrastrutture di difesa idraulica poste lungo il tratto terminale del Mincio e dello stesso canale Diversivo;

	Ing. Luca ADAMI Ing. Paolo CERCHIA Ing. Andrea ZIN	<b>Autostrada del Brennero SpA - Brennerautobahn AG</b> 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
	Prof. Ing. Luigi NATALE Ing. Francesco CERCHIA	

3. La quota di valle che influenza l'intero profilo è quella derivante dalla condizione di piena del canale Diversivo Mincio ( $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Tale valore è pari a 20.50 m s.l.m..

Alla luce di ciò si conferma che l'attraversamento in progetto risulta essere "idraulicamente compatibile" con la portata di progetto in riferimento alle condizioni di deflusso maggiormente gravose del Canale Acque Alte e che le simulazioni monodimensionali effettuate non consentono di analizzare la componente bidimensionale di espansione nelle aree allagabili con il relativo effetto di laminazione che si verificherebbe durante la configurazione sopra descritta sia in termini di aree effettivamente allagabili sia in termini di livelli raggiunti.

## 6.2 Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

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

## 7 Conclusioni

---

L'esame critico delle simulazioni numeriche effettuate evidenzia come l'adeguamento dell'attraversamento autostradale sul Canale Acque Alte non presenti particolari criticità in quanto le quote dei nuovi impalcati in progetto risultano essere del tutto compatibili con l'attuale deflusso delle acque del canale stesso.

Il nuovo assetto del manufatto autostradale va a riprendere le caratteristiche tecniche e funzionali dell'attuale ponte esistente incrementando la quota di intradosso dell'impalcato di 0.14 m e non modificando la luce tra le spalle.

La presenza di sponde e fondo rivestiti in calcestruzzo non consente divagazioni dell'alveo, mantenendo inalterato l'attuale assetto morfologico dell'alveo inciso.

Non si segnalano inoltre condizioni locali o globali di instabilità del sistema in relazione agli effetti sulla sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

## 8 Allegati

---

**Elaborato A.5.2.** – Studio delle caratteristiche degli ecosistemi fluviali

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Can\_Acque\_Alte Reach: Diversivo Profile: Ver\_ponte

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
Diversivo	3393.28	Ver_ponte	30.40	18.53	21.18	19.90	21.26	0.000175	1.23	24.76	13.67	0.29
Diversivo	3302.85*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.17	19.90	21.25	0.000180	1.24	24.52	13.63	0.30
Diversivo	3212.43*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.15	19.90	21.23	0.000185	1.25	24.27	13.59	0.30
Diversivo	3122.01*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.13	19.90	21.21	0.000191	1.27	24.02	13.55	0.30
Diversivo	3031.59*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.11	19.90	21.19	0.000197	1.28	23.75	13.51	0.31
Diversivo	2941.17*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.09	19.90	21.18	0.000204	1.29	23.48	13.46	0.31
Diversivo	2850.74*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.07	19.90	21.16	0.000211	1.31	23.20	13.42	0.32
Diversivo	2760.32*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.05	19.90	21.14	0.000219	1.33	22.91	13.37	0.32
Diversivo	2669.90*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.03	19.90	21.12	0.000227	1.34	22.61	13.32	0.33
Diversivo	2579.48*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.00	19.90	21.10	0.000237	1.36	22.29	13.27	0.34
Diversivo	2489.06	Ver_ponte	30.40	18.53	20.98	19.90	21.07	0.000247	1.38	21.97	13.20	0.34
Diversivo	2411.70	Ver_ponte	30.40	18.52	20.98	19.71	21.05	0.000150	1.15	26.47	14.37	0.27
Diversivo	2400	Bridge										
Diversivo	2390.12	Ver_ponte	30.40	18.43	20.96	19.73	21.05	0.000191	1.27	23.91	13.32	0.30
Diversivo	2380	Bridge										
Diversivo	2363.59	Ver_ponte	30.40	18.37	20.95	19.74	21.04	0.000199	1.32	23.04	12.21	0.31
Diversivo	2298.66	Ver_ponte	30.40	18.40	20.94	19.71	21.03	0.000192	1.28	23.76	13.13	0.30
Diversivo	2217.97*	Ver_ponte	30.40	18.36	20.92	19.71	21.01	0.000200	1.30	23.37	12.97	0.31
Diversivo	2137.29	Ver_ponte	30.40	18.31	20.90	19.70	20.99	0.000206	1.32	23.07	12.81	0.31
Diversivo	2081.18*	Ver_ponte	30.40	18.33	20.88	19.85	20.98	0.000257	1.42	21.36	12.62	0.35
Diversivo	2025.08	Ver_ponte	30.40	18.36	20.87	19.71	20.96	0.000217	1.35	22.50	12.43	0.32
Diversivo	1926.20*	Ver_ponte	30.40	18.34	20.85	19.69	20.94	0.000219	1.35	22.44	12.42	0.32
Diversivo	1827.33*	Ver_ponte	30.40	18.33	20.82	19.68	20.92	0.000221	1.36	22.36	12.40	0.32
Diversivo	1728.46*	Ver_ponte	30.40	18.31	20.80	19.66	20.90	0.000223	1.36	22.29	12.39	0.32
Diversivo	1629.58*	Ver_ponte	30.40	18.29	20.78	19.64	20.87	0.000225	1.37	22.22	12.37	0.33
Diversivo	1530.71*	Ver_ponte	30.40	18.28	20.76	19.63	20.85	0.000228	1.37	22.13	12.35	0.33
Diversivo	1431.84*	Ver_ponte	30.40	18.26	20.73	19.61	20.83	0.000230	1.38	22.05	12.34	0.33
Diversivo	1332.96*	Ver_ponte	30.40	18.24	20.71	19.59	20.81	0.000232	1.38	21.97	12.32	0.33
Diversivo	1234.09*	Ver_ponte	30.40	18.23	20.69	19.58	20.78	0.000235	1.39	21.87	12.30	0.33
Diversivo	1135.22*	Ver_ponte	30.40	18.21	20.66	19.56	20.76	0.000238	1.40	21.79	12.28	0.33
Diversivo	1036.34*	Ver_ponte	30.40	18.19	20.64	19.54	20.74	0.000241	1.40	21.69	12.26	0.34
Diversivo	937.473*	Ver_ponte	30.40	18.18	20.61	19.53	20.71	0.000244	1.41	21.58	12.24	0.34
Diversivo	838.6*	Ver_ponte	30.40	18.16	20.59	19.51	20.69	0.000247	1.42	21.48	12.22	0.34
Diversivo	739.726*	Ver_ponte	30.40	18.14	20.56	19.49	20.66	0.000251	1.42	21.38	12.20	0.34
Diversivo	640.853*	Ver_ponte	30.40	18.13	20.53	19.47	20.64	0.000255	1.43	21.25	12.17	0.35
Diversivo	541.979*	Ver_ponte	30.40	18.11	20.51	19.46	20.61	0.000259	1.44	21.14	12.15	0.35
Diversivo	443.106*	Ver_ponte	30.40	18.09	20.48	19.44	20.59	0.000263	1.45	21.02	12.12	0.35
Diversivo	344.233*	Ver_ponte	30.40	18.08	20.45	19.43	20.56	0.000268	1.46	20.87	12.09	0.35
Diversivo	245.36	Ver_ponte	30.40	18.06	20.42	19.41	20.53	0.000273	1.47	20.74	12.07	0.36
Diversivo	230.36	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	14.32	20.50	0.000006	0.37	81.64	15.62	0.05
Diversivo	157.16*	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	13.96	20.50	0.000002	0.25	122.18	23.59	0.03
Diversivo	83.9600*	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	13.72	20.50	0.000001	0.18	167.51	32.63	0.03
Diversivo	10.76	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	13.53	20.50	0.000001	0.14	218.54	42.23	0.02

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Can\_Acque\_Alte Reach: Diversivo Profile: Ver\_ponte

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
Diversivo	3393.28	Ver_ponte	30.40	18.53	21.18	19.90	21.26	0.000177	1.23	24.69	13.66	0.29
Diversivo	3302.85*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.16	19.90	21.24	0.000182	1.24	24.45	13.62	0.30
Diversivo	3212.43*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.14	19.90	21.22	0.000187	1.26	24.20	13.58	0.30
Diversivo	3122.01*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.12	19.90	21.21	0.000193	1.27	23.94	13.54	0.30
Diversivo	3031.59*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.11	19.90	21.19	0.000199	1.28	23.68	13.50	0.31
Diversivo	2941.17*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.08	19.90	21.17	0.000206	1.30	23.40	13.45	0.31
Diversivo	2850.74*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.06	19.90	21.15	0.000213	1.31	23.12	13.40	0.32
Diversivo	2760.32*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.04	19.90	21.13	0.000221	1.33	22.83	13.36	0.33
Diversivo	2669.90*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.02	19.90	21.11	0.000230	1.35	22.52	13.30	0.33
Diversivo	2579.48*	Ver_ponte	30.40	18.53	21.00	19.90	21.09	0.000239	1.37	22.20	13.25	0.34
Diversivo	2489.06	Ver_ponte	30.40	18.53	20.97	19.90	21.07	0.000250	1.39	21.87	13.18	0.34
Diversivo	2411.70	Ver_ponte	30.40	18.52	20.98	19.71	21.04	0.000152	1.15	26.37	14.35	0.27
Diversivo	2390	Bridge										
Diversivo	2363.59	Ver_ponte	30.40	18.37	20.94	19.74	21.03	0.000201	1.32	22.95	12.19	0.31
Diversivo	2298.66	Ver_ponte	30.40	18.40	20.94	19.71	21.02	0.000194	1.28	23.67	13.11	0.31
Diversivo	2217.97*	Ver_ponte	30.40	18.36	20.92	19.71	21.00	0.000202	1.31	23.29	12.96	0.31
Diversivo	2137.29	Ver_ponte	30.40	18.31	20.90	19.70	20.99	0.000208	1.32	22.98	12.79	0.32
Diversivo	2025.08	Ver_ponte	30.40	18.36	20.87	19.71	20.96	0.000217	1.35	22.50	12.43	0.32
Diversivo	1926.20*	Ver_ponte	30.40	18.34	20.85	19.69	20.94	0.000219	1.35	22.44	12.42	0.32
Diversivo	1827.33*	Ver_ponte	30.40	18.33	20.82	19.68	20.92	0.000221	1.36	22.36	12.40	0.32
Diversivo	1728.46*	Ver_ponte	30.40	18.31	20.80	19.66	20.90	0.000223	1.36	22.29	12.39	0.32
Diversivo	1629.58*	Ver_ponte	30.40	18.29	20.78	19.64	20.87	0.000225	1.37	22.22	12.37	0.33
Diversivo	1530.71*	Ver_ponte	30.40	18.28	20.76	19.63	20.85	0.000228	1.37	22.13	12.35	0.33
Diversivo	1431.84*	Ver_ponte	30.40	18.26	20.73	19.61	20.83	0.000230	1.38	22.05	12.34	0.33
Diversivo	1332.96*	Ver_ponte	30.40	18.24	20.71	19.59	20.81	0.000232	1.38	21.97	12.32	0.33
Diversivo	1234.09*	Ver_ponte	30.40	18.23	20.69	19.58	20.78	0.000235	1.39	21.87	12.30	0.33
Diversivo	1135.22*	Ver_ponte	30.40	18.21	20.66	19.56	20.76	0.000238	1.40	21.79	12.28	0.33
Diversivo	1036.34*	Ver_ponte	30.40	18.19	20.64	19.54	20.74	0.000241	1.40	21.69	12.26	0.34
Diversivo	937.473*	Ver_ponte	30.40	18.18	20.61	19.53	20.71	0.000244	1.41	21.58	12.24	0.34
Diversivo	838.6*	Ver_ponte	30.40	18.16	20.59	19.51	20.69	0.000247	1.42	21.48	12.22	0.34
Diversivo	739.726*	Ver_ponte	30.40	18.14	20.56	19.49	20.66	0.000251	1.42	21.38	12.20	0.34
Diversivo	640.853*	Ver_ponte	30.40	18.13	20.53	19.47	20.64	0.000255	1.43	21.25	12.17	0.35
Diversivo	541.979*	Ver_ponte	30.40	18.11	20.51	19.46	20.61	0.000259	1.44	21.14	12.15	0.35
Diversivo	443.106*	Ver_ponte	30.40	18.09	20.48	19.44	20.59	0.000263	1.45	21.02	12.12	0.35
Diversivo	344.233*	Ver_ponte	30.40	18.08	20.45	19.43	20.56	0.000268	1.46	20.87	12.09	0.35
Diversivo	245.36	Ver_ponte	30.40	18.06	20.42	19.41	20.53	0.000273	1.47	20.74	12.07	0.36
Diversivo	230.36	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	14.32	20.50	0.000006	0.37	81.64	15.62	0.05
Diversivo	157.16*	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	13.96	20.50	0.000002	0.25	121.52	23.48	0.04
Diversivo	83.9600*	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	13.72	20.50	0.000001	0.18	166.77	32.52	0.03
Diversivo	10.76	Ver_ponte	30.40	12.79	20.50	13.53	20.50	0.000001	0.14	218.54	42.23	0.02