

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

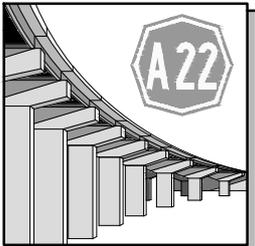
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

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.7.1	FIUME CONAGRO Relazione di compatibilità idraulica

0	SETT. 2023	RICHIESTE INTEGRAZIONI M.A.S.E.	EOS	M. ZINI	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					



INDICE

PREMESSA.....	2
1. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	4
1.1 INTERVENTI SULL'OPERA D'ARTE.....	7
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
3.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO	8
3.2 CARATTERISTICHE DEL CANALE IRRIGUO DIRAMATORE SOMMACAMPAGNA.....	9
4. STATO DI FATTO	11
5. ANALISI IDRAULICA	12
5.1 MODELLAZIONE IDRAULICA	12
5.1.1 <i>Condizioni al contorno</i>	13
5.1.1.1 Risultati del modello idraulico.....	14
6. CONCLUSIONI	17



PREMESSA

La presente relazione idraulica riguarda la verifica, secondo le NTC 2018, del franco di sicurezza idraulico sul Diramatore Sommacampagna rispetto ai lavori di ampliamento della terza corsia dell'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)". La presente relazione andrà ad analizzare l'attraversamento del canale irriguo Diramatore Sommacampagna, facente parte del bacino del Conagro, situato a cavallo tra i comuni di Lugagnano (VR) e di Verona, alla progressiva autostradale km 224+854.

In particolare, i lavori prevedono di creare una terza corsia in entrambi i sensi di marcia, senza tuttavia andare a modificare la sezione del canale consortile, in quanto non sono previste opere in alveo e le spalle di sostegno risultano esterne all'alveo stesso.

La verifica è stata effettuata tramite modellazione idraulica monodimensionale con software HEC-RAS 6.2



1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la redazione della presente relazione di compatibilità idraulica sono stati presi come riferimento le seguenti normative tecniche:

- Norme tecniche per le costruzioni 2018 – Capitolo 5.1.2.3, dove si specificano i requisiti che deve avere un attraversamento di un corpo idrico:

*“Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un **tempo di ritorno T_r pari a 200 anni** ($T_r=200$).*

*Il **franco idraulico**, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, **è da assumersi non inferiore a 1,50 m**, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.”*

- Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po – **“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.



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:

- **Lotto 2**
Tra la progressiva chilometrica autostradale 223+100 e 246+185, interamente in territorio Veneto;
- **Lotto 3**
Tra la progressiva chilometrica autostradale 246+185 e 312+200 in territorio lombardo ed emiliano;
- **Lotto 1**
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.

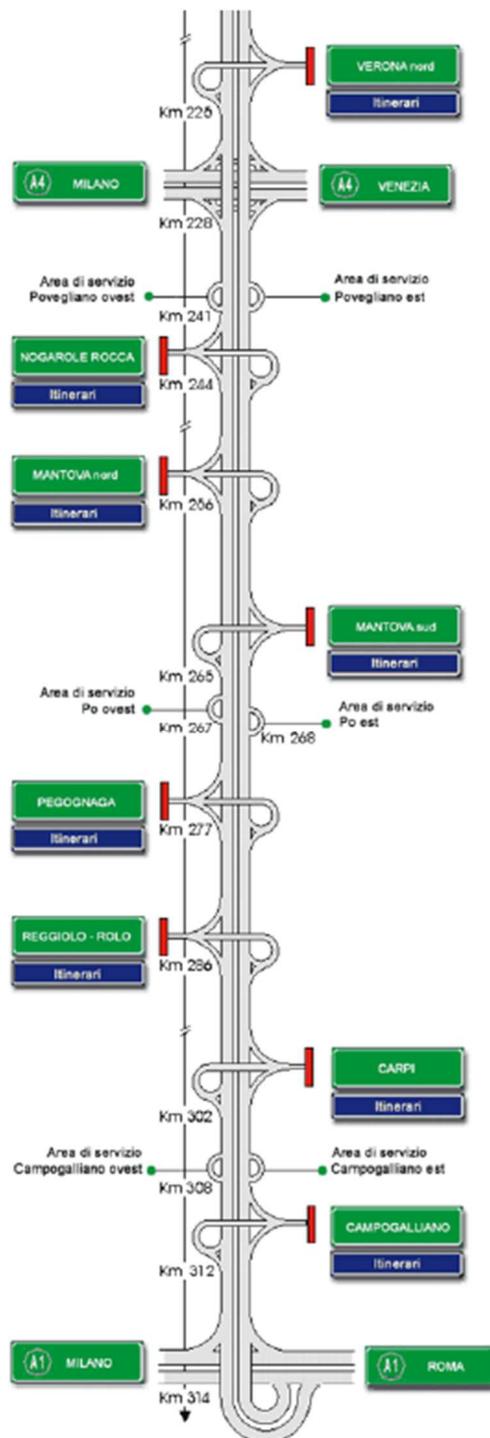


Figura 2-1. Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento



Il **Lotto 2** 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 al km 246+185 (confine tra Regione Veneto e Regione Lombardia).

Nel presente tratto rientrano gli interventi previsti sulle opere di attraversamento del canale consortile Diramatore Sommacampagna, oggetto della presente valutazione di compatibilità idraulica (in corrispondenza della progressiva chilometrica 224+854) e del fiume Tartaro (in corrispondenza della progressiva chilometrica 236+180),

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 **Lotto 3** comprende la parte più estesa della terza corsia.

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 (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).

Nel **Lotto 1** compreso tra Campogalliano e l'intersezione con l'Autostrada A1 Milano – Napoli, il progetto prevede il completo rifacimento dello svincolo di interconnessione dei due tratti autostradali.



1.1 Interventi sull'opera 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.

Il ponte presenta due carreggiate separate, ciascuna a campata singola di luce $L = 30.30$ m circa.

La sezione dell'impalcato è costituita da travi a doppio T, collegate da traversi ad anima piena posti circa a metà altezza delle travi.

Le travi metalliche, poste ad interasse di 2.90 m, hanno altezza costante $h=1.20$ m e sono collegate da traversi ad anima piena posti ad interasse di circa 5.00 m. Gli sbalzi laterali hanno luce massima di 1.60 m circa. La soletta d'impalcato è prevista con il sistema costruttivo "a prédalles" e ha spessore totale $s=30$ cm, di cui 6 cm di lastra e 24 cm di getto integrativo.

Le spalle in progetto presentano una geometria particolare per consentire lo "scavalco" delle attuali spalle, senza intervenire con una demolizione totale, ma limitatamente al paraghiaia esistente. A sostegno delle travi si prevede quindi la realizzazione di una platea superficiale su pali $\phi=1000$ mm e lunghezza pari a 25.0m nel rilevato attuale, dalla quale spicca il paraghiaia in progetto.

3. *INQUADRAMENTO TERRITORIALE*

3.1 *Localizzazione dell'area oggetto d'intervento*

Gli interventi in progetto saranno eseguiti lungo la viabilità autostradale Autostrada A22. La presente relazione idraulica ha per oggetto la verifica delle quote idrauliche del canale consortile Diramatore Sommacampagna rispetto al sovrappasso autostradale, in riferimento alla modifica dello stesso per l'aggiunta di una terza corsia stradale.

Il tratto oggetto dello studio idraulico è esteso a monte e a valle rispetto all'attraversamento autostradale ed è situato a cavallo tra i comuni di Lugagnano (VR) e di Verona.

Nella figura sottostante si riporta un estratto dell'immagine aerea della zona oggetto d'intervento.



Figura 3-1. Immagine satellitare dell'area di intervento

3.2 Caratteristiche del canale irriguo Diramatore Sommacampagna

Il territorio interessato dall'attraversamento del canale consortile appartiene al cosiddetto Agro Veronese, il quale identifica le aree agricole a sud della provincia di Verona.

L'origine dei suoli risulta prevalentemente fluvio-glaciale e alluvionale, con potenti stratificazioni ghiaiose molto permeabili. Contemporaneamente, l'idrografia superficiale naturale risulta perlopiù assente, fatta eccezione per modesti torrenti che producono piccole portate idriche durante manifestazioni piovose intense.

L'idrografia superficiale è stata creata artificialmente a partire da XIX secolo per dare uno sviluppo economico alle aree. Il Diramatore Sommacampagna è un canale irriguo facente parte del bacino del Conagro realizzato verso la fine del 1800. Esso si dirama dal Canale Principale nei pressi di loc. Cason del Chievo, con una portata iniziale pari a 16 m³/s. Il canale presenta una sezione trapezoidale e un profilo idrico mantenuto costante da regolatori di portata regolati dai tecnici del Consorzio di Bonifica Veronese.

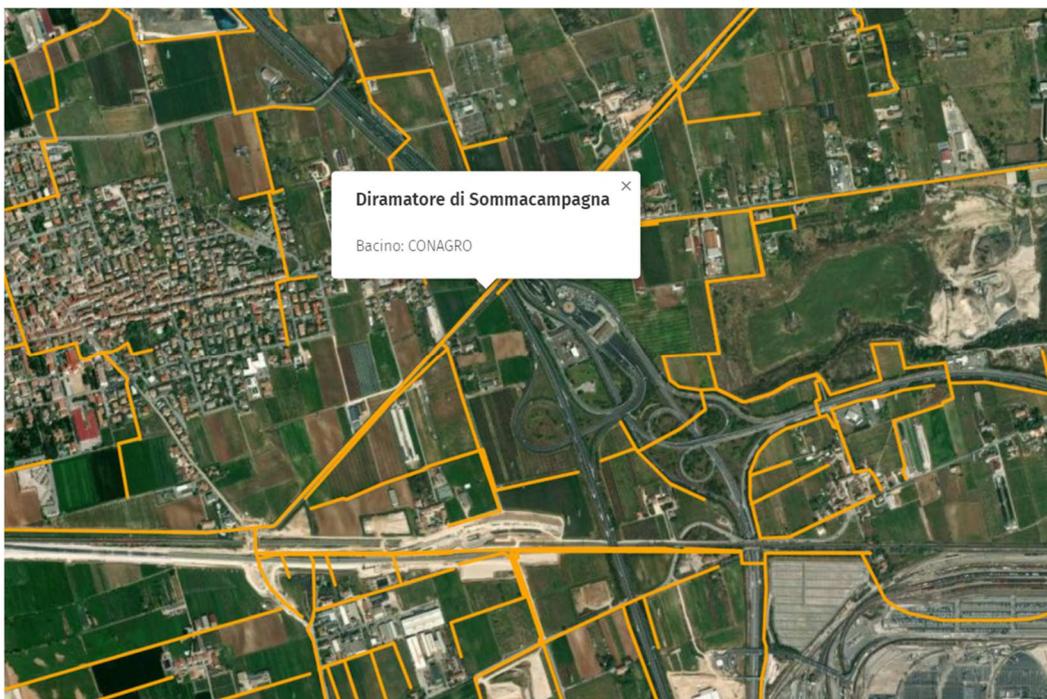


Figura 3-2. Rete idrografica consortile nei pressi dell'area di intervento. Viene evidenziato il canale Diramatore Sommacampagna oggetto del presente studio idraulico. Fonte: <https://portale.bonificaveronese.it/>.



Figura 3-3. Vista del Diramatore Sommacampagna presso via Corte Salvia (VR), a monte dell'attraversamento da parte dell'A22.



4. STATO DI FATTO

L'intervento riguarda l'attraversamento autostradale dell'A22 per la realizzazione della terza corsia sul canale consortile Diramatore Sommacampagna, del bacino Conagro, nei pressi dei comuni di Lugagnano (VR) e Verona.



Figura 4-1. Individuazione del sovrappasso dell'Autostrada A22 sul canale Diramatore Sommacampagna.



5. ANALISI IDRAULICA

La modellazione idraulica risulta necessaria per la verifica del franco d'aria tra opere in progetto e tirante idrico, del corso d'acqua da attraversare. Tale franco d'aria è definito dalle NTC 2018, in particolare al Capitolo 5.1.2.3, come *“la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, ed è da assumersi non inferiore a 1.50 m. [...] Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per un'ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.”*.

La verifica è stata realizzata tramite l'implementazione di un modello numerico monodimensionale derivante da rilievo topografico.

Il modello è geograficamente individuato nelle coordinate spaziali WGS84 UTM 32N.

Il Diramatore Sommacampagna è un canale consortile artificiale regolato, che quindi non ha un bacino di affluenza che ne determina una portata durante gli eventi meteorici. La portata viene regolata dal Consorzio di Bonifica Veronese, il quale ha stimato nella zona oggetto di studio una **portata massima** di **22 m³/s**.

È stata quindi fatta un'analisi idraulica in condizioni di moto stazionario di un tratto di asta che si sviluppa da monte a valle del sovrappasso autostradale, per un'estensione di circa 500 m.

5.1 Modellazione idraulica

L'analisi idraulica è stata svolta implementando un modello numerico monodimensionale nel software di calcolo HEC-RAS 6.2 sviluppato dallo Hydrologic Engineering Center della U.S. Army. Tale software permette di calcolare l'andamento dei profili della corrente, sia in moto stazionario che in moto vario, di alvei naturali o artificiali e di valutare gli effetti di singolarità idrauliche, quali ponti e briglie, sulla corrente. Il tratto analizzato ha una lunghezza complessiva di circa 500 m, che comprende un tratto a monte dell'attraversamento autostradale e un tratto a valle dello stesso.

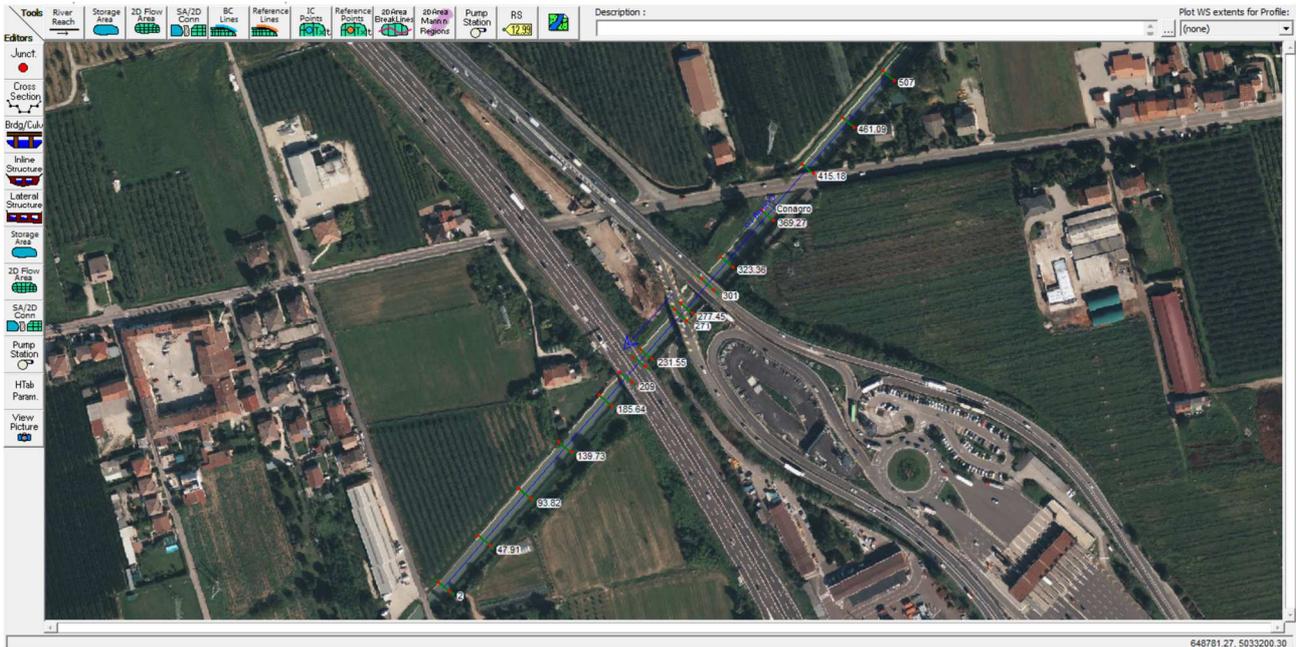


Figura 5-1. Sezioni del modello idraulico con vista satellitare.

Il modello idraulico è stato sviluppato nello stato di progetto, in quanto risulta che la geometria dell'alveo del canale non viene modificata nello stato di progetto, rispetto allo stato di fatto.

5.1.1 Condizioni al contorno

La risoluzione delle equazioni idrauliche necessita dell'imposizione di condizioni al contorno a monte e a valle del tratto oggetto di studio.

Per le condizioni dello stato di progetto sono state utilizzate le seguenti condizioni al contorno:

Tabella 5-1: Condizioni al contorno del modello idraulico.

Condizione al contorno		Valore
Monte	<i>Portata in ingresso</i>	22 m ³ /s
Valle	<i>Normal Depth</i>	0.022%

La “*Normal Depth*” corrisponde alla profondità idrica alla quale il profilo idrico, quindi la sua pendenza, risulta in moto uniforme in un canale aperto. Nel modello idraulico, per approssimazione, il valore della *Normal Depth* viene imposto come corrispondente al valore assoluto di pendenza media del fondo alveo del tratto di valle.

Per quanto riguarda la **scabrezza**, l'alveo è stato suddiviso in 3 aree, a cui sono stati associati diversi valori di scabrezza secondo Manning:

- Sovra-banca sinistra, con coefficiente di Manning (n) pari a $0.02 m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$
- Sovra-banca destra, con coefficiente di Manning (n) pari a $0.02 m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$
- Canale in cemento, con coefficiente di Manning (n) pari a $0.016 m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$

5.1.1.1 Risultati del modello idraulico

La sezione di cui valutare il rispetto del franco d'aria è la sezione 231.55, in quanto quella immediatamente a monte dell'attraversamento stradale.

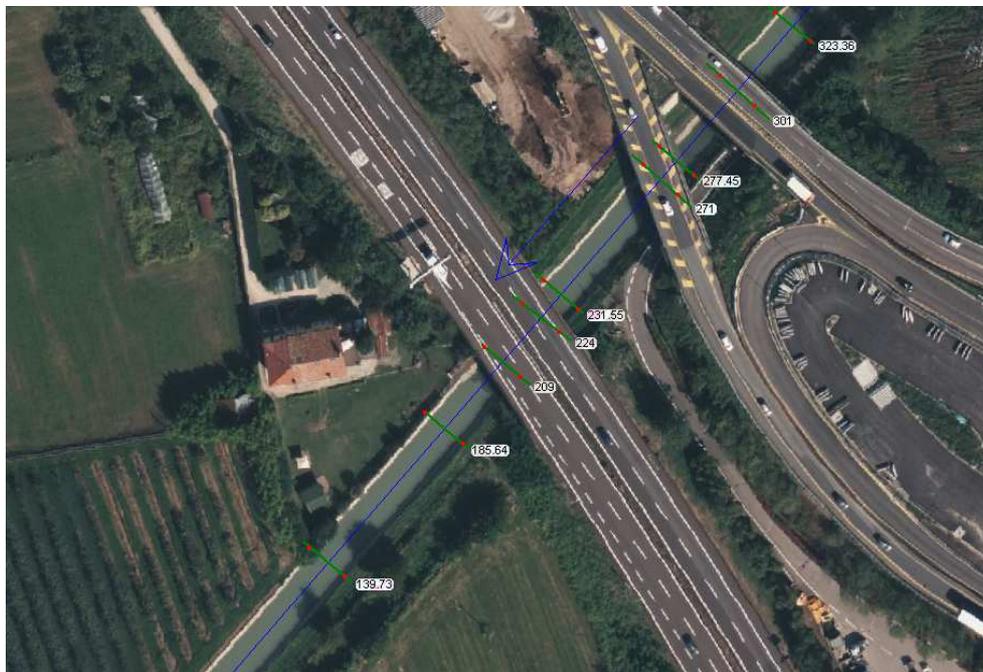


Figura 5-2. Immagine satellitare delle sezioni trasversali in corrispondenza dell'attraversamento autostradale

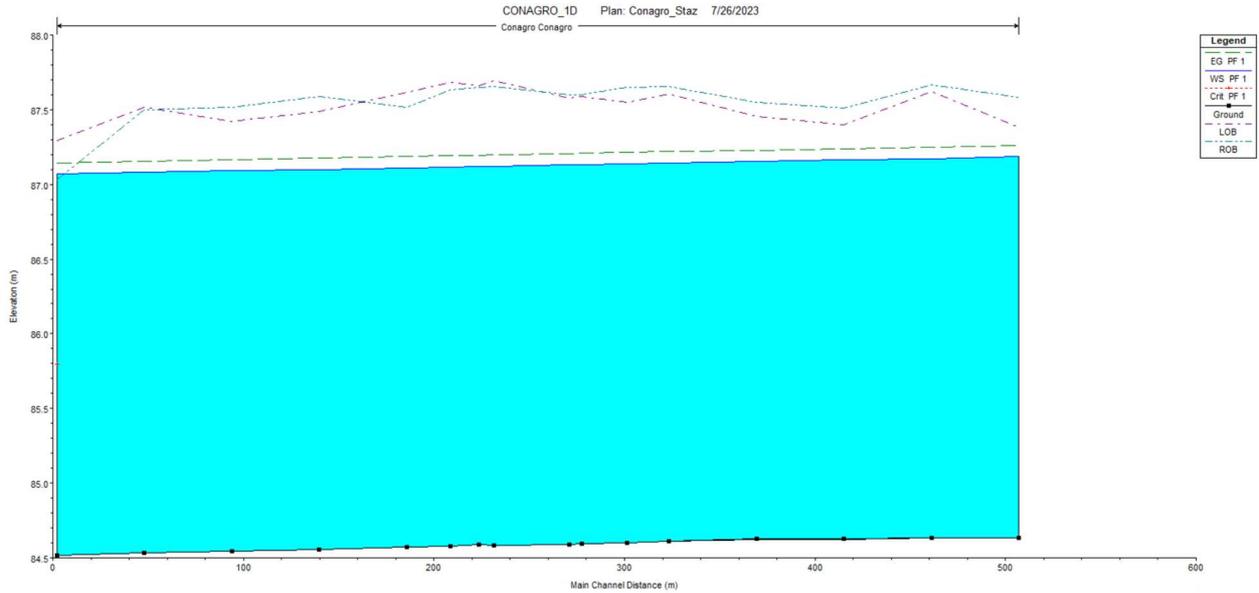


Figura 5-3. Profilo idrico in condizioni di piena

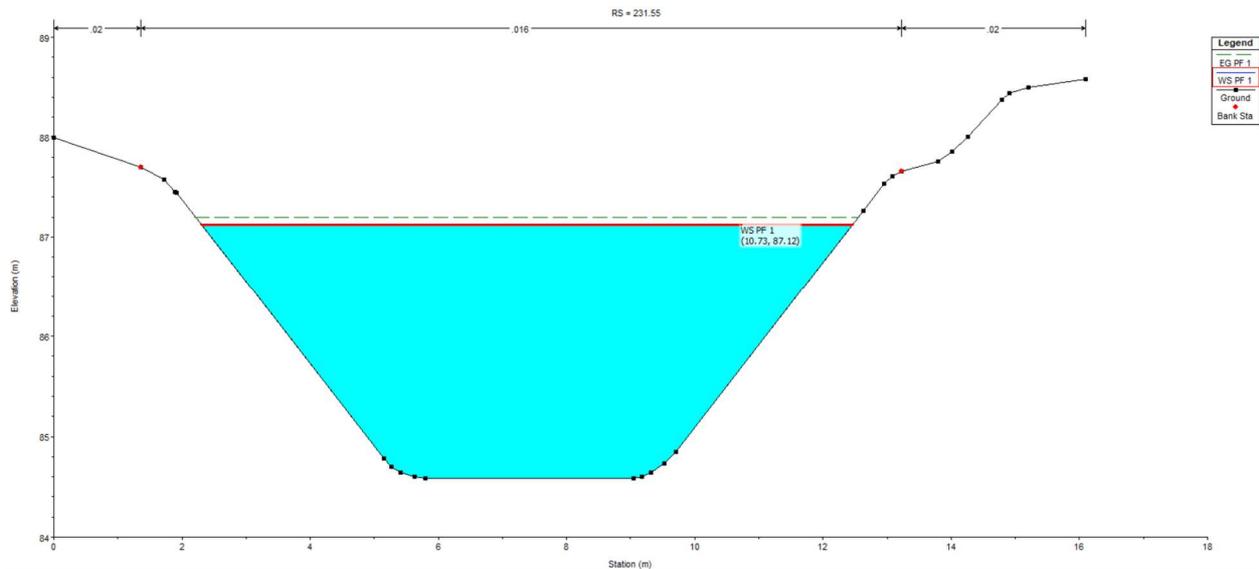


Figura 5-4. Sezione trasversale 231.55. Quota idrica pari a 87.12 m s.l.m.



Nel seguito il riassunto del confronto in termini di quote:

Tabella 5-2: Condizioni per la verifica del franco d'aria ai sensi delle NTC 2018.

	Quota min. di riferimento intradosso impalcato ai sensi delle NTC 2018 [m s.l.m.]	Quota modello idraulico [m s.l.m.]	Quota modello idraulico+Franco d'aria minimo (1.5 m) [m s.l.m.]	Franco d'aria [m]	Verificato
Diram. Sommacampagna - km. 224+854	91.55	87.12	88.62	4.43	SI

Si evidenzia inoltre che in caso di portata bankfull (ossia un valore di portata superiore a quella identificata dal Consorzio di Bonifica Veronese) la quota di sfioro per esondazione delle sponde è posta ad una quota pari a **88.18 m s.l.m.** Di conseguenza, sommando a tale quota il franco d'aria minimo di cui alle NTC 2018, pari a 1.5 m, si ottiene il valore assoluto di **89.68 m s.l.m.**, che risulta inferiore alla quota minima di riferimento dell'intradosso dell'impalcato di cui alla tabella soprastante.

Di seguito si riportano i risultati riassuntivi del modello.

Tabella 5-3: Dati di output del modello idraulico.

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
Conagro	507	PF 1	22.00	84.63	87.19		87.26	0.000210	1.19	18.43	10.45	0.29
Conagro	461.09	PF 1	22.00	84.63	87.17		87.25	0.000220	1.22	18.07	10.26	0.29
Conagro	415.18	PF 1	22.00	84.62	87.16		87.24	0.000220	1.22	18.07	10.29	0.29
Conagro	369.27	PF 1	22.00	84.62	87.15		87.23	0.000220	1.21	18.11	10.37	0.29
Conagro	323.36	PF 1	22.00	84.61	87.14		87.22	0.000221	1.22	18.05	10.30	0.29
Conagro	301	PF 1	22.00	84.60	87.14		87.21	0.000219	1.21	18.14	10.37	0.29
Conagro	277.45	PF 1	22.00	84.59	87.13		87.21	0.000223	1.22	17.97	10.24	0.30
Conagro	271	PF 1	22.00	84.59	87.13		87.21	0.000221	1.22	18.06	10.29	0.29
Conagro	231.55	PF 1	22.00	84.59	87.12		87.20	0.000224	1.23	17.91	10.16	0.30
Conagro	224	PF 1	22.00	84.59	87.12		87.20	0.000223	1.23	17.92	10.12	0.29
Conagro	209	PF 1	22.00	84.58	87.12		87.19	0.000226	1.23	17.89	10.19	0.30
Conagro	185.64	PF 1	22.00	84.57	87.11		87.19	0.000219	1.22	18.10	10.28	0.29
Conagro	139.73	PF 1	22.00	84.55	87.10		87.18	0.000219	1.22	18.10	10.27	0.29
Conagro	93.82	PF 1	22.00	84.55	87.09		87.17	0.000216	1.21	18.22	10.37	0.29
Conagro	47.91	PF 1	22.00	84.53	87.08		87.16	0.000216	1.21	18.22	10.31	0.29
Conagro	2	PF 1	22.00	84.52	87.07	85.79	87.15	0.000220	1.21	18.25	10.94	0.29



6. CONCLUSIONI

Dall'analisi effettuata, sia tramite modellazione numerica che tramite indicazioni topografiche, non emergono allo stato attuale, limitazioni alla compatibilità dell'opera da realizzarsi rispetto al passaggio del canale artificiale - Diramatore Sommacampagna - oggetto di valutazione.

Infatti il tirante d'aria minimo risulta essere sempre garantito e maggiore di 1.5 m.

	Quota min. di riferimento intradosso impalcato ai sensi delle NTC 2018 [m s.l.m.]	Quota modello idraulico [m s.l.m.]	Quota modello idraulico+Franco d'aria minimo (1.5 m) [m s.l.m.]	Franco d'aria [m]	Verificato
Diram. Sommacampagna - km. 224+854	91.55	87.12	88.62	4.43	SI

Resta inteso che qualsiasi quota di impalcato superiore a quelle riportate nella soprastante tabella riassuntiva risulta intrinsecamente compatibile con i deflussi secondo la normativa di settore.

HEC-RAS Plan: CONAGRO Staz River: Conagro Reach: Conagro Profile: PF 1

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	LOB Elev (m)	ROB Elev (m)
Conagro	507	PF 1	22.00	84.63	87.19		87.26	0.000210	1.19	18.43	10.45	0.29	87.38	87.58
Conagro	461.09	PF 1	22.00	84.63	87.17		87.25	0.000220	1.22	18.07	10.26	0.29	87.62	87.67
Conagro	415.18	PF 1	22.00	84.62	87.16		87.24	0.000220	1.22	18.07	10.29	0.29	87.40	87.51
Conagro	369.27	PF 1	22.00	84.62	87.15		87.23	0.000220	1.21	18.11	10.37	0.29	87.46	87.55
Conagro	323.36	PF 1	22.00	84.61	87.14		87.22	0.000221	1.22	18.05	10.30	0.29	87.61	87.66
Conagro	301	PF 1	22.00	84.60	87.14		87.21	0.000219	1.21	18.14	10.37	0.29	87.55	87.65
Conagro	277.45	PF 1	22.00	84.59	87.13		87.21	0.000223	1.22	17.97	10.24	0.30	87.59	87.60
Conagro	271	PF 1	22.00	84.59	87.13		87.21	0.000221	1.22	18.06	10.29	0.29	87.58	87.60
Conagro	231.55	PF 1	22.00	84.59	87.12		87.20	0.000224	1.23	17.91	10.16	0.30	87.70	87.65
Conagro	224	PF 1	22.00	84.59	87.12		87.20	0.000223	1.23	17.92	10.12	0.29	87.66	87.65
Conagro	209	PF 1	22.00	84.58	87.12		87.19	0.000226	1.23	17.89	10.19	0.30	87.69	87.63
Conagro	185.64	PF 1	22.00	84.57	87.11		87.19	0.000219	1.22	18.10	10.28	0.29	87.62	87.52
Conagro	139.73	PF 1	22.00	84.55	87.10		87.18	0.000219	1.22	18.10	10.27	0.29	87.49	87.59
Conagro	93.82	PF 1	22.00	84.55	87.09		87.17	0.000216	1.21	18.22	10.37	0.29	87.42	87.52
Conagro	47.91	PF 1	22.00	84.53	87.08		87.16	0.000216	1.21	18.22	10.31	0.29	87.52	87.50
Conagro	2	PF 1	22.00	84.52	87.07	85.79	87.15	0.000220	1.21	18.25	10.94	0.29	87.29	87.03