

**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.6.1	FIUME TARTARO Relazione di compatibilità idraulica

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



INDICE

PREMESSA	2
1. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	4
2.1 INTERVENTI SULL'OPERA D'ARTE	7
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
3.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO	8
3.2 CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DEL BACINO DEL FIUME FISSERO-TARTARO-CANALBIANCO	9
3.2.1 <i>Inquadramento territoriale e morfologico</i>	9
3.2.2 <i>Inquadramento geologico e geomorfologico-litologico</i>	10
3.2.3 <i>Bacino del fiume Tartaro</i>	11
4. STATO DI FATTO	12
5. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO NEI PIANI DI BACINO	14
5.1 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME FISSERO-TARTARO-CANALBIANCO	14
6. ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA	15
6.1 STUDIO IDROLOGICO	15
6.1.1 <i>Analisi delle precipitazioni</i>	17
6.1.2 <i>Taratura del modello idrologico</i>	20
6.1.3 <i>Idrogramma T_R 5 anni</i>	20
6.1.4 <i>Idrogramma T_R 200 anni</i>	21
6.2 MODELLAZIONE IDRAULICA	23
6.2.1 <i>Condizioni al contorno</i>	25
6.2.2 <i>Risultati del modello idraulico: T_R 200 anni</i>	26
6.2.3 <i>Risultati del modello idraulico: T_R 5 anni</i>	28
6.2.3.1 <i>Posizionamento delle opere di cantierizzazione</i>	29
7. CONCLUSIONI	31



PREMESSA

La presente relazione idraulica riguarda la verifica, secondo le NTC 2018, del franco di sicurezza idraulico sul fiume Tartaro 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 analizza le dinamiche idrologico-idrauliche per l'attraversamento del fiume Tartaro nel comune di Vigasio (VR), alla progressiva autostradale km 236+180.

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

Oltre alla verifica ai sensi delle NTC 2018, è stata inoltre eseguita una simulazione in condizioni di piena con tempo di ritorno TR 5 anni al fine di verificare i livelli idrici minimi per la cantierizzazione dei lavori. 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.

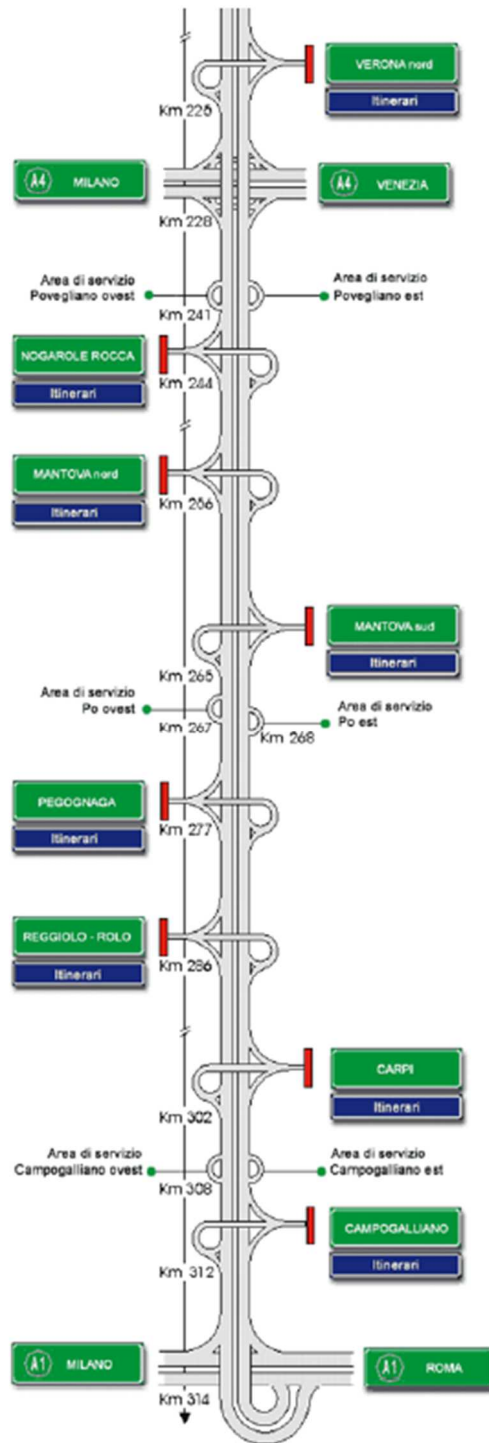


Figura 2-1. Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento



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 che rappresenta il confine tra Regione Veneto e Regione Lombardia.

Nel presente tratto rientrano gli interventi previsti sulle opere di attraversamento del canale consortile Diramatore Sommacampagna (in corrispondenza della progressiva chilometrica 224+854) e del fiume Tartaro, oggetto della presente valutazione di compatibilità (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 si sviluppa dal manufatto di attraversamento della linea ferroviaria Verona – Mantova, in direzione Modena.

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 i due tratti autostradali.



2.1 *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.

L'intervento in progetto consiste nella chiusura del varco attualmente presente nello spartitraffico tra le due carreggiate e 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 c.a. 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.).

Il nuovo impalcato è largo 10.70 metri ed è costituito da 10 travi prefabbricate in c.a.p. di altezza pari a 1.00 m, da una soletta collaborante in c.a. di spessore 25 cm e da 2 traversi di testata in c.a.. L'altezza totale dell'impalcato è di 1.25 metri.

Le travi sono poste ad interasse di 1.07 m ed hanno una luce di calcolo di 23.37 m, uguale a quella delle travi esistenti.

Le spalle sono a parete piena in c.a. ed hanno fondazioni su pali trivellati in c.a..

Si precisa che l'intervento in progetto (chiusura dell'impalcato nello spartitraffico) non riduce l'attuale quota di intradosso minimo dell'impalcato pari a 40.19 m s.l.m. che è riferita alle travi più esterne non oggetto di intervento.

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 fiume Tartaro 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 nel comune di Vigasio (VR).

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

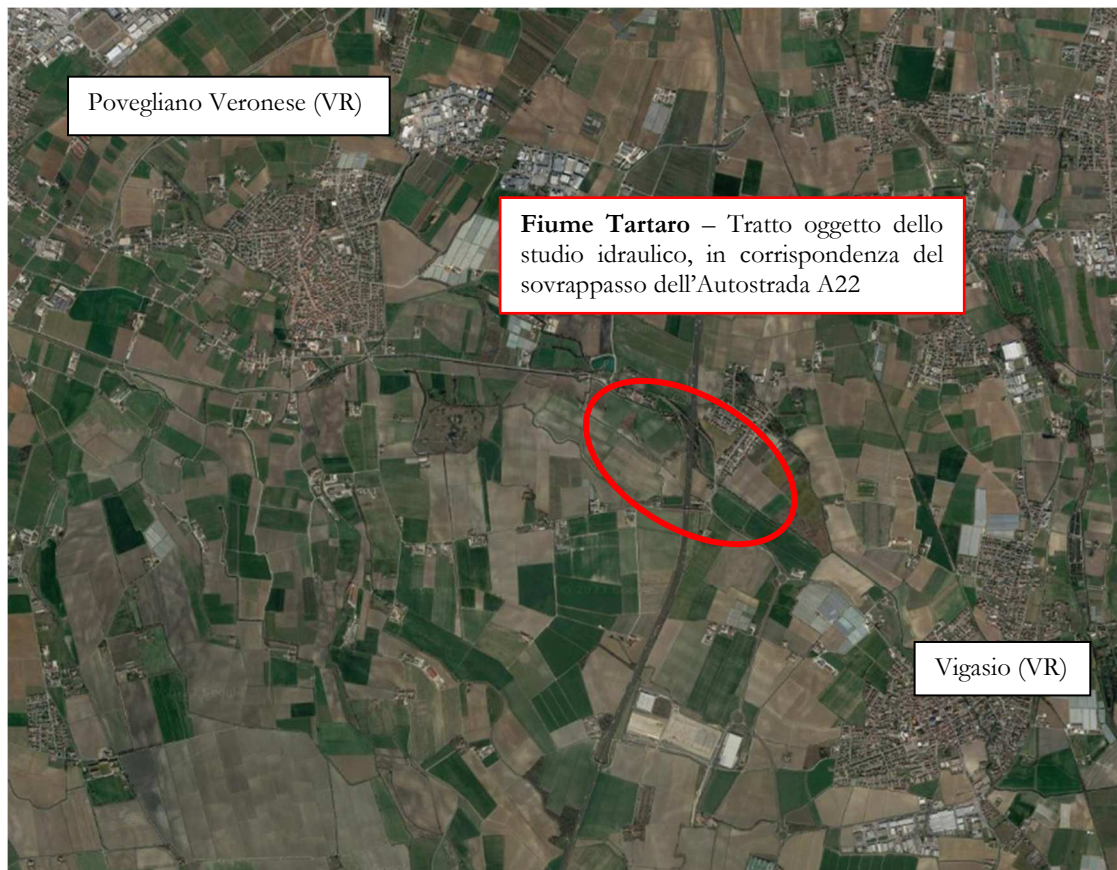


Figura 3-1. Immagine satellitare dell'area di intervento

3.2 Caratteristiche idro-geomorfologiche del bacino del fiume Fissero-Tartaro-Canalbianco

3.2.1 Inquadramento territoriale e morfologico

Il fiume Tartaro fa parte del bacino interregionale Fissero-Tartaro-Canalbianco-Po di Levante, e si estende nel territorio di Lombardia e Veneto, e delle provincie di Verona, Mantova, Rovigo e Venezia. Il bacino ha un'estensione di circa 2'885 km² ed è caratterizzato da una forte artificializzazione.



Figura 3-2. Bacino idrografico del fiume Fissero-Tartaro-Canalbianco. Fonte: PGRA dei bacini idrografici delle Alpi Orientali – Bacino del Fissero Tartaro Canalbianco

Le caratteristiche principali del bacino sono le seguenti:

- Territorio perlopiù pianeggiante, con ampie zone poste a quota inferiore rispetto ai livelli di piena del fiume Po;
- Presenza di una densa rete di canali di irrigazione, i quali risultano alimentati per la maggior parte dalle acque del Garda e del fiume Adige.

Di conseguenza la rete idrografica del bacino risulta per la maggior parte costituita da corsi d'acqua artificiali e solo in minor parte da alvei naturali, quali il Tione, il Tartaro, il Menago, ecc.



Codice	Nome bacino/sottobacino	Rilievo	Sup. complessiva km ²	Sup. nel Veneto km ²
I026	Fissero Tartaro Canalbianco	Interreg.	2885	
I026/01	F.T.C.: Fissero Canalbianco Po di Levante		1979	2591
I026/03	F.T.C.: Tartaro Tione		612	
I026/02	F.T.C.: Lombardia		294	

Figura 3-3. Superfici dei sottobacini costituenti l'intero bacino idrografico. Fonte: PGRA dei bacini idrografici delle Alpi Orientali – Bacino del Fissero Tartaro Canalbianco

3.2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico-litologico

Il bacino idrografico risulta caratterizzato da importanti unità geomorfologiche corrispondenti agli anfrattori morenici del Garda e di Rivoli Veronese per quanto riguarda la parte settentrionale del bacino, alla piana fluvio-glaciale atesina rispetto alla medio-alta pianura veronese, e alla pianura alluvionale compresa tra i laghi di Mantova, i fiumi Adige e Po e il mare Adriatico.

L'evoluzione morfologica della pianura è stata condizionata dai mutamenti climatici avvenuti nell'ultimo milione di anni, ovvero l'alternarsi di fasi glaciali e periodi interglaciali. Ciò ha causato successive fasi di ritiro ed espansione del dominio marino, con la conseguente progressione spaziale di ambienti deposizionali di diversa tipologia: marini, deltizi, lagunari, palustri e alluvionali.

In tutta la Pianura Padana inferiore, corrispondente alle zone del mantovano, del basso veronese e del polesine, durante il Quaternario i fiumi di sono mantenuti in condizioni di sedimentazione, le quali hanno causato continue variazioni idrografiche nel territorio fino all'epoca medioevale.

Questa caratteristica si è mantenuta fino ai massicci interventi artificiali che hanno costretto la rete idrografica superficiale entro percorsi obbligati tramite arginature e canalizzazioni artificiali. In questa situazione i corsi d'acqua tendono al deposito in alveo dei sedimenti più grossolani, mentre durante gli eventi di rotta arginale e/o di esondazione si depositano i sedimenti trasportati in sospensione, di granulometria progressivamente più fine con l'allontanarsi dall'alveo. A causa dei predetti fenomeni e in concomitanza con la maggior compressibilità dei sedimenti più fini si verifica una situazione caratterizzata da alvei a quota più elevata e da aree interfluviali più depresse. Di conseguenza, durante le grandi rotte fluviali il



fiume abbandona i tracciati troppo elevati e si formano nuovi alvei nelle aree depresse, che a loro volta vengono colmate.

L'attuale assetto morfologico e litostratigrafico della pianura Padana, caratterizzato da paleoalvei di natura sabbiosa e da bacini interfluviali a quote inferiori e con litologia argilloso-limosa, è da ascrivere a questi fenomeni di crescita verticale e crescita orizzontale.

L'impostazione nel basso corso del fiume Tartaro, ostacolato verso est dalla presenza di relitti fluviali, risultò particolarmente difficoltosa e aggravata dall'immissione di abbondanti torbide dell'Adige attraverso canali di rotta. Di conseguenza il fiume fu costretto a inalvearsi in idrografie secondarie, aiutato anche dai primi interventi di bonifica.

3.2.3 Bacino del fiume Tartaro

Il bacino del fiume Tartaro ha una superficie complessiva di circa 350 km², l'asta principale ha una lunghezza di circa 42 km e una larghezza dell'alveo variabile, la quale si estende fino ai 20 m nel tratto terminale.

Il fiume Tartaro origina da alcune risorgive nei pressi di Povegliano Veronese (VR). Nello stesso comune, poco dopo la sua sorgente riceve le acque dal fiume Tione dei Monti.



4. STATO DI FATTO

L'intervento riguarda l'attraversamento autostradale dell'A22 per la realizzazione della terza corsia sul fiume Tartaro, in comune di Vigasio (VR), nei pressi della frazione di Isolalta.

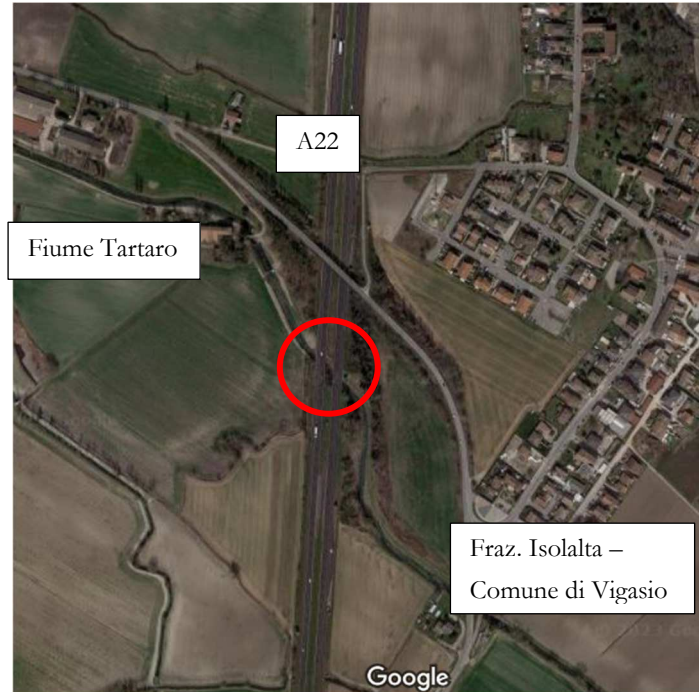
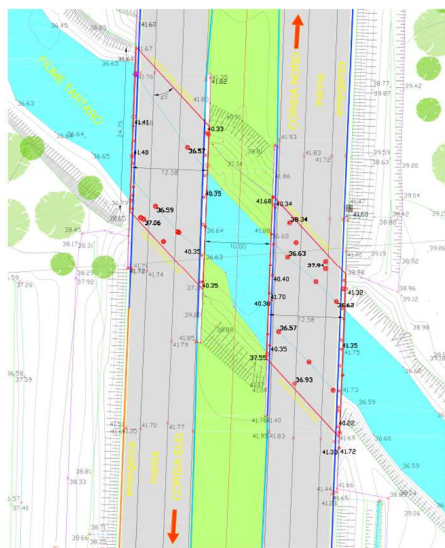


Figura 4-1. Individuazione del sovrappasso dell'Autostrada A22 sul fiume Tartaro.

Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico dello stato di fatto e dello stato di progetto.

Planimetria stato attuale



Planimetria di progetto

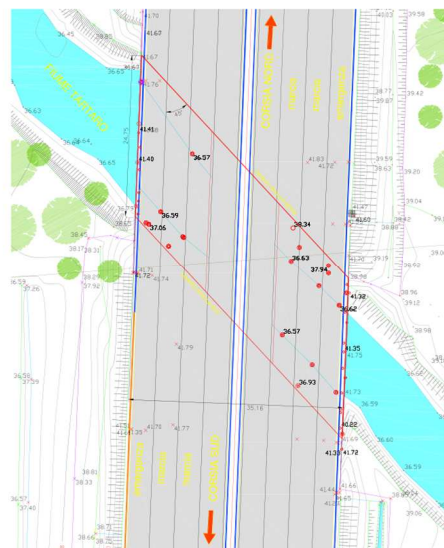


Figura 4-2. Stralcio planimetrico – Confronto stato di fatto e stato di progetto sovrappasso autostradale.

SEZIONE LONGITUDINALE A-A
SCALA 1:100

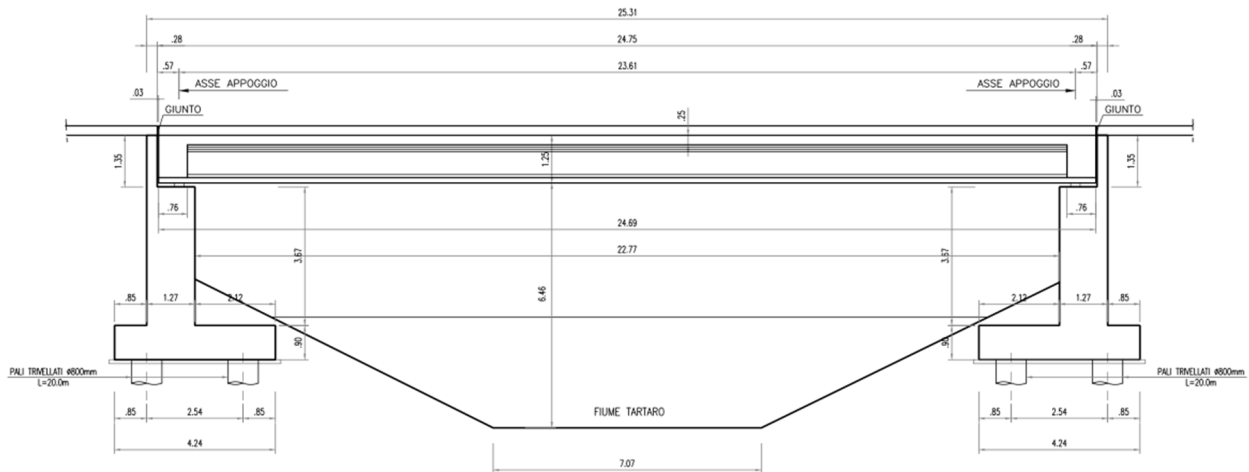


Figura 4-3. Sezione longitudinale dell'attraversamento del fiume Tartaro. Tratto da Tavola 4.1.3 – Interventi sulle opere d'arte del "Progetto definitivo per la realizzazione della terza corsia nel tratto compreso tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)".



Figura 4-4. Vista da monte della dell'attraversamento autostradale esistente.

5. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO NEI PIANI DI BACINO

Nei paragrafi seguenti si riportano le caratteristiche idrauliche dell'area in esame, in particolare rispetto al Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano.

5.1 Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano

A seguito della Conferenza Istituzionale Permanente del 23 maggio 2017, l'Autorità di Bacino del fiume Po ha annesso il bacino interregionale del Fissero-Tartaro-Canalbiano.

Le Norme di Attuazione in vigore risultano quelle emesse il 12 aprile 2002

L'area in esame si trova nel comune di Vigasio (VR). Secondo la cartografia del PAI non sussistono condizioni di pericolosità idraulica.

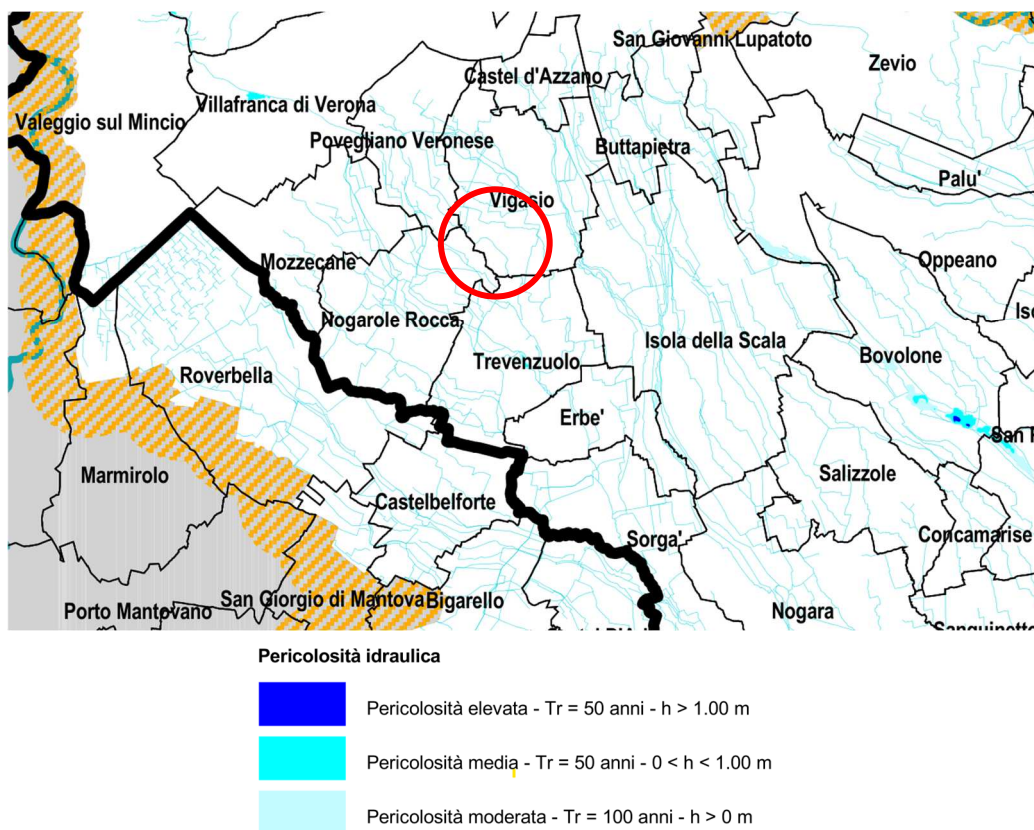


Figura 5-1. Stralcio da “Carta della pericolosità idraulica per inondazione” del PAI Fissero-Tartaro-Canalbiano.



6. ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA

La modellazione idraulica risulta necessaria per la verifica del tirante d'aria tra l'opera in progetto e la quota di scorrimento, derivante una piena con tempo di ritorno T_R 200 anni, 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 ETRS89 UTM 32N.

6.1 Studio idrologico

Il PAI riporta valori di portata per il fiume Tartaro alla sezione di chiusura del bacino stesso, ovvero nei pressi dell'immissione nel Canalbianco.

Sezione	Corso d'acqua	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni	$T_r = 100$ anni	$T_r = 200$ anni
A	Tartaro	23.80	34.40	44.20	55.80
B	Canalbianco	99.00	106.20	111.60	117.00
C	Tregonn	14.54	20.77	26.34	32.60
D	Canalbianco	114.40	123.80	130.90	137.90
E	Menago	22.63	34.60	45.24	57.67
F	Canalbianco	128.00	139.80	148.60	157.40
G	Bussè	28.60	40.80	51.50	63.50
H	Canalbianco	150.70	166.00	177.40	188.80
I	Fossa Maestra	13.50	21.50	29.30	38.30
L	Canalbianco	165.60	183.00	196.00	209.00
M	Valdentro	12.48	17.30	22.20	27.70
N	Canalbianco	174.70	193.40	207.40	221.40
O	Cavo Maestro Bacino Superiore	18.40	25.70	31.80	38.30
P	Canalbianco	206.50	229.60	246.90	264.10
Q	Ramostorto	6.50	10.30	13.90	17.42
R	Canalbianco	212.40	236.30	254.20	272.10
S	Naviglio Adigetto	12.80	19.60	25.90	32.40
T	Canalbianco	237.10	264.70	285.40	306.00
U	Collettore Padano Polesano	22.30	33.60	49.30	65.50
V	Canalbianco	218.40	243.20	261.80	280.40

Nota: per gli immissari del Canalbianco le sezioni considerate sono quelle subito a monte della confluenza; per il Canalbianco sono quelle a valle della confluenza (si veda la seguente Fig.1).

Figura 6-1. Valori di portata degli immissari del Canalbianco. Fonte: Relazione Norme di Attuazione – PAI AdB del fiume Fissero Tartaro Canalbianco.

Tuttavia, tali valori non risultano utilizzabili nella presente verifica, in quanto il tratto di analisi risulta essere solo circa 4.5 km a valle della sorgente del Tartaro stesso, e quindi il bacino affluente è decisamente inferiore rispetto a quello della sezione di chiusura dell'intero bacino.

Di conseguenza è stato eseguito uno studio idrologico dell'area, prendendo come riferimento i valori riportati nel progetto esecutivo del Consorzio di Bonifica Veronese, denominato: *“Lavori per La Messa in Sicurezza Idraulica del Fiume Tartaro nei Comuni di Isola della Scala, Erbe, Nogara e Gazzolo Veronese (VR). Secondo Stralcio.”*

Il bacino del fiume Tartaro è dato dall'apporto del fiume Tione, dalle sorgive presso Povegliano Veronese e dalle aree scolanti, come definito nella figura seguente.



Figura 6-2. Inquadramento bacino del Tartaro (bacino Tartaro: viola – bacino Tione dei Monti: arancione). In rosso vengono evidenziate le autostrade.

Di conseguenza, il bacino scolante nel tratto di asta del Tartaro oggetto di studio sarà formato dall'intero bacino del fiume Tione e da una porzione di superficie scolante in sinistra idraulica del fiume Tartaro.

Si fa presente che, secondo i documenti del progetto originario di realizzazione del fiume Tione, nel tratto a monte della confluenza con il fiume Tartaro, il Tione scorre in una sezione rettangolare in c.a. (riportata di seguito) dimensionata per una portata massima di 10 m³/s. Mentre le portate eccedenti a monte della confluenza nel fiume Tartaro esonderanno e verranno laminate nelle aree verdi o agricole presenti.



Figura 6-3. Fiume Tione dei Monti a Villafranca di Verona (VR).

6.1.1 Analisi delle precipitazioni

Per poter definire un idrogramma di progetto è necessario fare un'analisi delle precipitazioni che cadono sul bacino per conoscere le quantità d'acqua che può cadere all'interno del bacino stesso e relazionarla alle caratteristiche fisiche del bacino stesso. Dalle precipitazioni, infatti, derivano i deflussi superficiali e quindi le portate di piena.

Nell'analisi effettuata è stato preso come riferimento lo studio ANBI Veneto, aggiornato con i dati di pioggia del 2018.

I tempi di ritorno di riferimento utilizzati sono i seguenti:

- T_R 5 anni per la verifica dei livelli idrici per la fase di cantierizzazione
- T_R 200 anni per la verifica del franco d'aria ai sensi delle NTC 2018.

Tabella 6-1. Valore di precipitazione atteso per durate sub-giornaliere per T_R 2-200 anni

Tr [anni]	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2	10.4	17.1	21.7	29.3	32.9	34.9	42.5	47.7	54.3	62.5
5	12.8	21.2	27.1	37.5	42.6	45.6	54.6	60.3	67.2	76.6
10	14.5	24.2	31.2	43.9	50.5	54.6	64.7	70.7	77.7	87.9
20	16.2	27.2	35.3	50.5	59.0	64.5	75.7	82.1	88.9	99.7
30	17.1	28.8	37.6	54.4	64.2	70.7	82.7	89.2	95.8	106.8
50	18.3	30.9	40.6	59.5	71.0	79.1	91.9	98.6	104.8	116.1
100	19.8	33.7	44.6	66.6	80.8	91.3	105.5	112.4	117.7	129.2
200	21.3	36.4	48.6	74.0	91.3	104.7	120.2	127.3	131.4	142.9



Tabella 6-2. Parametri della curva segnalatrice tri-parametrica per le piogge sub-giornaliere per T_R 2-200 anni

Tr [anni]	a	b	c
2	24.5	11.1	0.876
5	36.7	13.5	0.904
10	48.8	15.7	0.924
20	64.3	18.3	0.944
30	75.4	20.0	0.957
50	92.5	22.4	0.973
100	122.5	26.2	0.997
200	163.9	30.6	1.023

Tabella 6-3. Valore di precipitazione atteso per durate giornaliere per T_R 2-200 anni

Tr [anni]	1 giorno	2 giorni	3 giorni	4 giorni	5 giorni
2	62.5	73.6	80.7	87.4	93.9
5	76.6	90.0	98.0	105.7	113.8
10	87.9	103.0	111.3	119.4	128.3
20	99.7	116.6	124.7	132.8	142.5
30	106.8	124.8	132.6	140.6	150.7
50	116.1	135.4	142.7	150.4	160.7
100	129.2	150.4	156.5	163.5	174.0
200	142.9	166.0	170.5	176.4	187.0

Tabella 6-4. Parametri della curva segnalatrice bi-parametrica per le piogge giornaliere per T_R 2-200 anni

Tr [anni]	a	n
2	62.1	0.249
5	76.2	0.240
10	87.6	0.229
20	99.6	0.214
30	107.0	0.205
50	116.6	0.193
100	130.2	0.175
200	144.6	0.156

Il modello idrologico è stato implementato attraverso il software HEC-HMS 4.9. In esso è stata ricostruita schematicamente la geometria di funzionamento dei bacini fino alla sezione di chiusura di interesse, coincidente con la sezione di chiusura del modello idraulico.

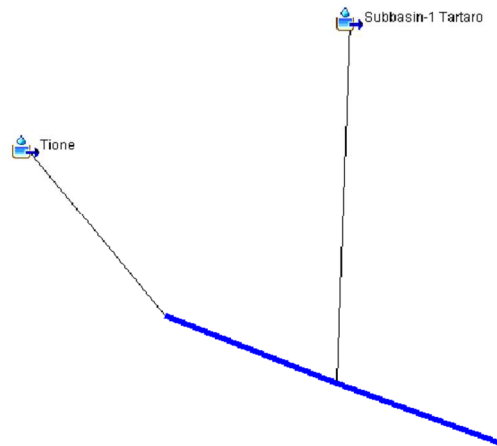


Figura 6-4. Schematizzazione del modello idrologico in ambiente HEC-HMS.

Quindi, sono stati inseriti come input i dati di area e le proprietà fisiche del territorio, quali pedologia, capacità di infiltrazione e uso del suolo. Questi valori, riassunti nel valore del Curve Number, sono fondamentali per valutare i meccanismi di separazione degli afflussi e la trasformazione di questi in deflussi. All'interno del modello realizzato sono stati considerati trascurabili all'interno del bilancio idrico le perdite dovute all'evapotraspirazione e i deflussi profondi, questi ultimi in quanto caratterizzati da tempi di percorrenza molto più lunghi rispetto ai tempi caratteristici dell'evento meteorico che causa la piena.

Lo ietogramma di progetto è stato calcolato con il metodo SCS-CN (Soil Conservation Center – Curve Number). Questo metodo consiste nell'individuare il volume di precipitazione efficace (Q), che deriva dall'altezza di precipitazione totale (P), al netto del volume complessivo che il terreno è in grado di immagazzinare (S).

In mancanza di dati specifici per il tratto in esame e per poter tarare correttamente il modello, sono stati utilizzati i valori presenti nel summenzionato progetto del Consorzio di Bonifica Veronese.

Tabella 6-5. Valori di superficie e di CN per i bacini di interesse.

N°	NOME SOTTOBACINO	Sup		Collettore influente		CN
				ubicazione		
		ha	Kmq	SX	DX	Amcll
1	Tione dei Monti	9.346	93,46		X	55
2	Tartaro Imm. Diretta 1	242	2,42	X		65



Per il calcolo delle piogge, è stata definita una pioggia della durata di 2 giorni, con ietogramma Chicago e una posizione di picco al 33%.

6.1.2 Taratura del modello idrologico

In assenza di eventi di piena su cui poter tarare il modello di afflussi-deflussi, si è deciso di tarare il modello sulla scorta dei risultati ottenuti dal modello idrografico riferiti al progetto esecutivo “*Lavori per La Messa in Sicurezza Idraulica del Fiume Tartaro nei Comuni di Isola della Scala, Erbe, Nogara e Gazzolo Veronese (VR). Secondo Stralcio.*” Il modello usato per la taratura ha un tempo di ritorno T_R 30 anni.

A seguito della taratura, sono stati realizzati i modelli idrologici con T_R 5 e T_R 200 anni.

6.1.3 Idrogramma T_R 5 anni

L'idrogramma con tempo di ritorno pari a 5 anni, utilizzato per la verifica del livello idrico in condizioni di cantierizzazione è stato calcolato tramite il modello meteorologico “Frequency Storm” in HMS, come di seguito:

Frequency Storm	
Met Name: Frequency_T5	
Storm Type:	HYDR035 TP40 TP49
Annual-Partial Conversion:	--None--
Annual-Partial Ratio:	1.00
Storm Duration:	2 Days
Intensity Duration:	5 Minutes
Intensity Position:	33 Percent
Area Reduction:	TP40
* Storm Area (KM2)	95.88
Curve:	Uniform For All Subbasins
Duration	Depth (MM)
5 Minutes	12.80
15 Minutes	21.21
1 Hour	45.60
2 Hours	49.11
3 Hours	54.60
6 Hours	60.30
12 Hours	67.20
1 Day	76.60
2 Days	90.00

Figura 6-5. Modello meteorologico inserito in HEC-HMS – T_R 5 anni.

Si presenta di seguito l'idrogramma ottenuto, per il quale risulta una **portata di picco pari a 3.6 m³/s**.

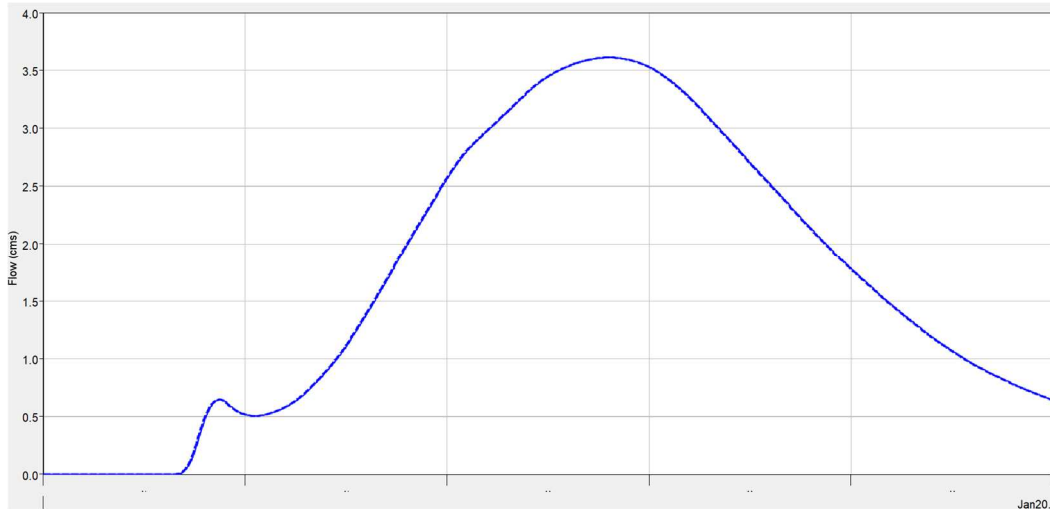


Figura 6-6. Idrogramma di progetto ottenuto in HEC-HMS – T_R 5 anni.

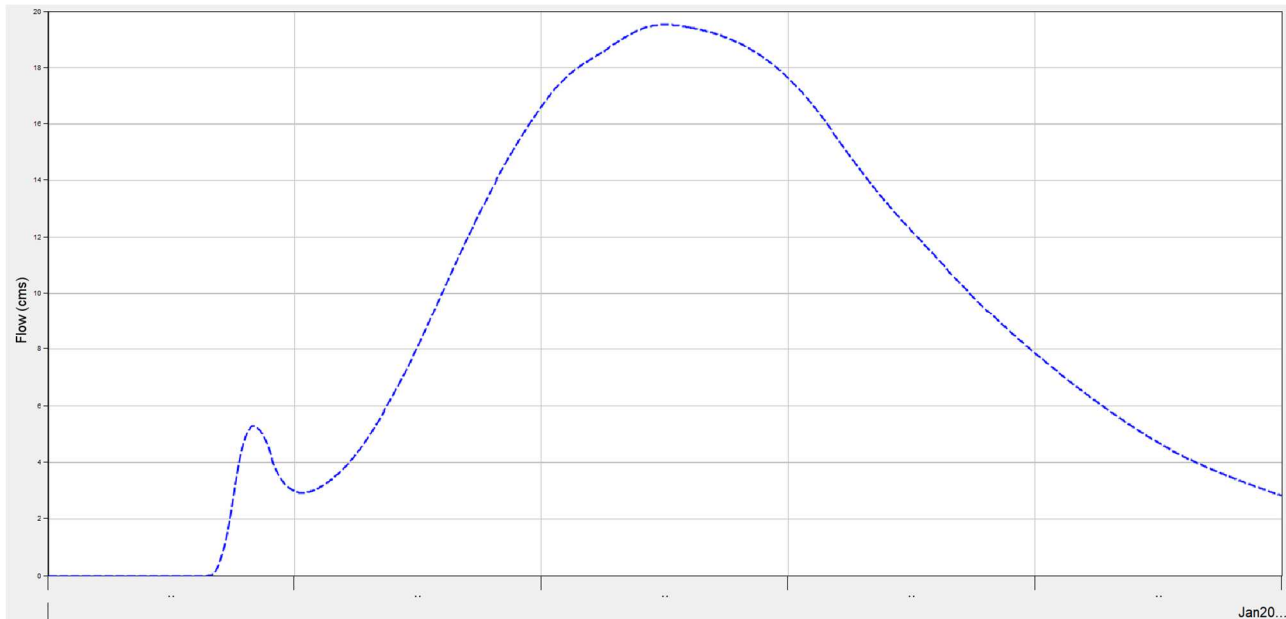
6.1.4 Idrogramma T_R 200 anni

L'idrogramma con tempo di ritorno pari a 200 anni, utilizzato per la verifica del franco d'aria ai sensi delle NTC 2018 è stato anch'esso calcolato tramite il modello meteorologico "Frequency Storm" in HMS, come di seguito:

Frequency Storm	
Met Name: Frequency_T200	
Storm Type:	HYDRO35 TP40 TP49
Annual-Partial Conversion:	--None--
Annual-Partial Ratio:	1.00
Storm Duration:	2 Days
Intensity Duration:	5 Minutes
Intensity Position:	33 Percent
Area Reduction:	TP40
*Storm Area (KM2)	95.88
Curve:	Uniform For All Subbasins
Duration	Depth (MM)
5 Minutes	21.30
15 Minutes	48.60
1 Hour	104.70
2 Hours	113.79
3 Hours	120.20
6 Hours	127.30
12 Hours	131.40
1 Day	142.90
2 Days	166.00

Figura 6-7. Modello meteorologico inserito in HEC-HMS – T_R 5 anni.

Si presenta di seguito l'idrogramma ottenuto.

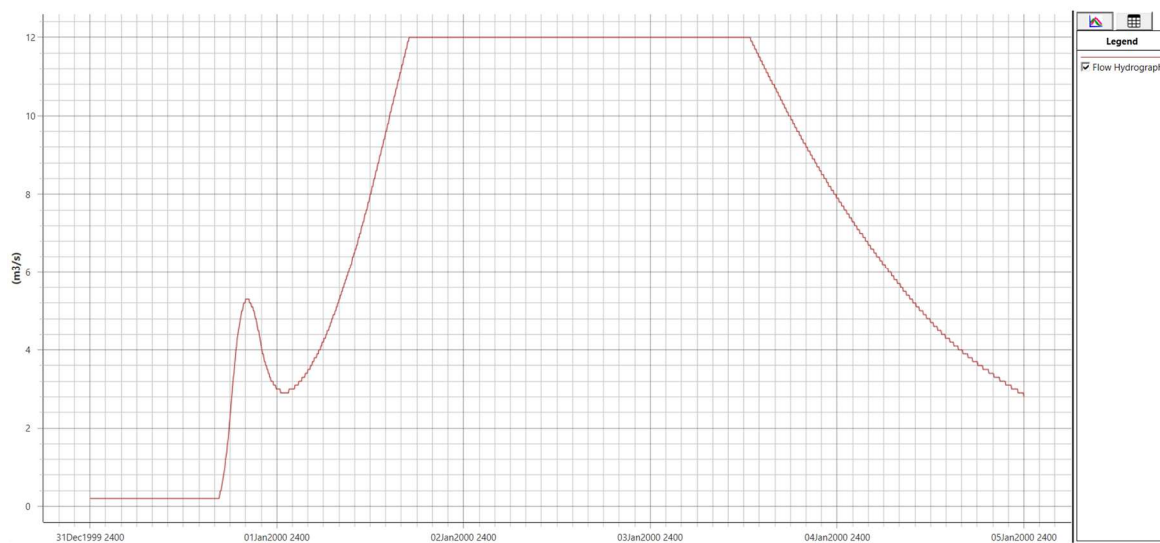
Figura 6-8. Idrogramma ottenuto in HEC-HMS – T_R 200 anni.

Come è possibile notare, l'idrogramma è composto da due picchi, il picco minore è dato dal contributo della superficie scolante del fiume Tartaro, la quale risulta relativamente piccola e ha un tempo di corrivazione inferiore; dunque, il picco di portata impiega meno tempo ad arrivare alla sezione di chiusura. Il secondo picco, ovvero quello maggiore, è costituito dalla portata che proviene dal bacino del fiume Tione, con una ampia superficie scolante e dunque un tempo di corrivazione superiore. Tuttavia, come si può notare dal grafico, la portata di picco si avvicina ai $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Ciò risulta in contrasto con quanto detto precedentemente, e cioè che il fiume Tione è in grado di convogliare al massimo $10 \text{ m}^3/\text{s}$ immettendosi nel fiume Tartaro.

Di conseguenza l'idrogramma di progetto verrà “tagliato” della parte superiore, che è destinata a esondare a monte della confluenza.

Anziché utilizzare il valore di $10 \text{ m}^3/\text{s}$ come limite di portata, si è deciso di utilizzare il valore di $12 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando un fattore di sicurezza di 1,2, per considerare eventuali contributi provenienti dal bacino del fiume Tartaro.

Quindi, l'idrogramma di progetto risulta come di seguito, con il picco di portata costante a $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 6-9. Idrogramma di progetto con portata massima fissata a $12 \text{ m}^3/\text{s}$ – T_R 200 anni.

6.2 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 800 m, che comprende un tratto a monte dell'attraversamento autostradale e un tratto a valle dello stesso.

Il tratto di valle si estende sino a valle del doppio attraversamento stradale presso via Villafranca, al fine di poter meglio analizzare il contributo che hanno tali discontinuità idrauliche nel tratto a oggetto di studio. Infatti essendo in condizioni di corrente a moto lento, sono i livelli di valle che determinano le quote idriche.

L'analisi idraulica è stata svolta tramite l'implementazione di un modello numerico monodimensionale derivante da rilievo topografico in condizioni di moto vario.

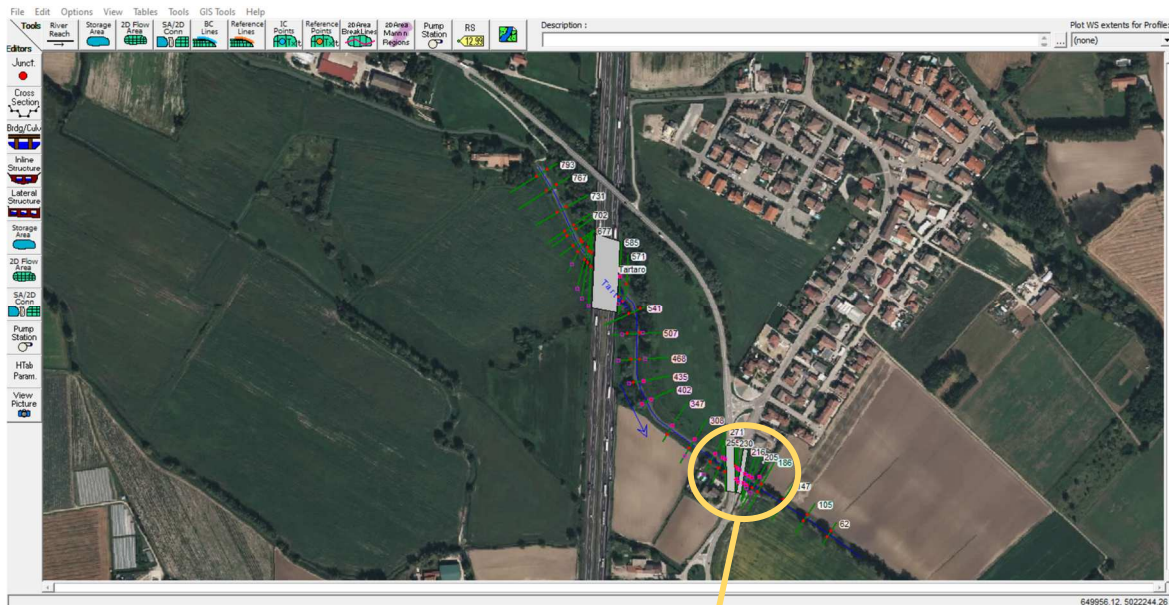


Figura 6-10. Sezioni del modello idraulico con vista satellitare.



Figura 6-11. Ponti stradali su via Villafranca (SP 24) che fungono da discontinuità idrauliche

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



6.2.1 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 6-6: Condizioni al contorno del modello idraulico.

Condizione al contorno		Valore
Monte	<i>Idrogramma</i>	Idrogramma con T_R 5, 200 anni
Valle	<i>Normal Depth</i>	0.1%

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**, la sezione geometrica è stata suddivisa in 3 aree, a cui sono stati associati diversi valori di scabrezza secondo Manning:

- Sovra-banca sinistra idraulica, con coefficiente di Manning (n) pari a $0.035 m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$
- Sovra-banca destra idraulica, con coefficiente di Manning (n) pari a $0.035 m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$
- Alveo canale, con coefficiente di Manning (n) pari a $0.028 m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$

6.2.2 Risultati del modello idraulico: T_R 200 anni

Nel presente paragrafo vengono presentati i risultati della modellazione idraulica per un evento di piena con T_R 200 anni, così come previsto dalle NTC 2018.

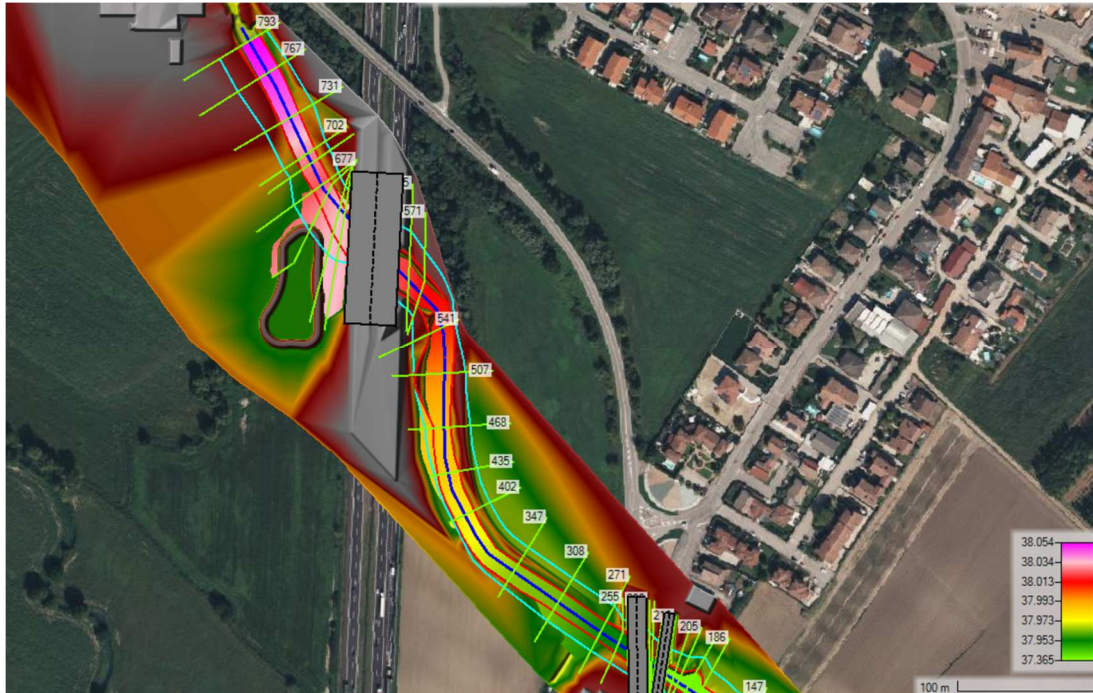


Figura 6-12. Immagine satellitare delle sezioni trasversali e dei tiranti idrici in corrispondenza dell'attraversamento autostradale – T_R 200 anni

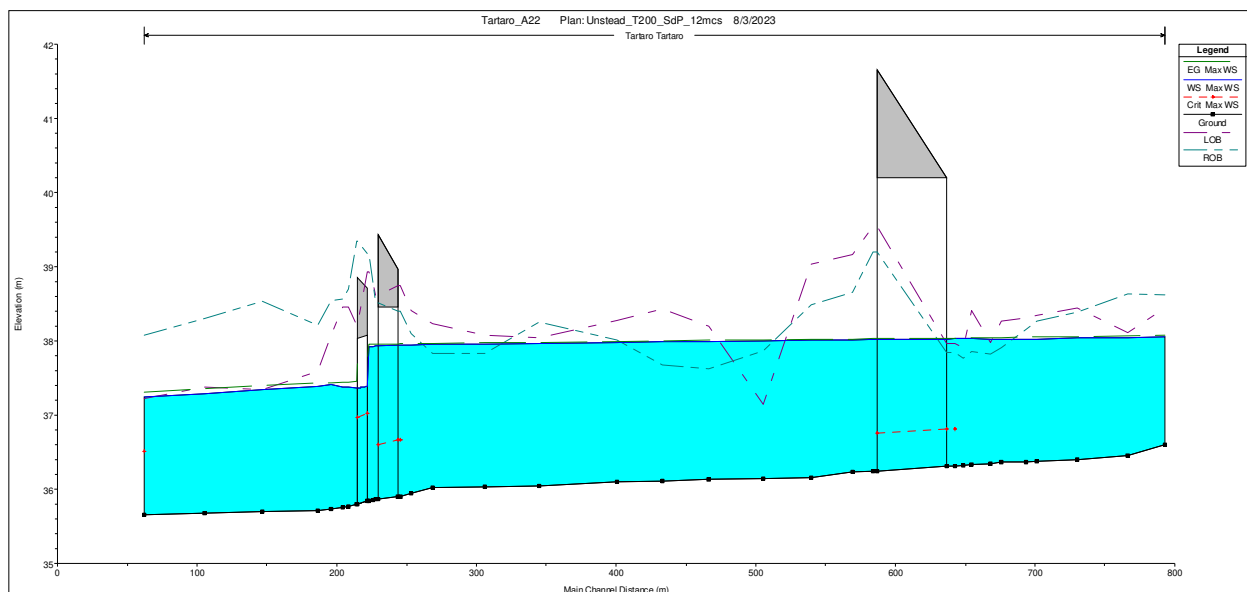


Figura 6-13. Profilo idrico in condizioni di picco di piena (T_R 200 anni).

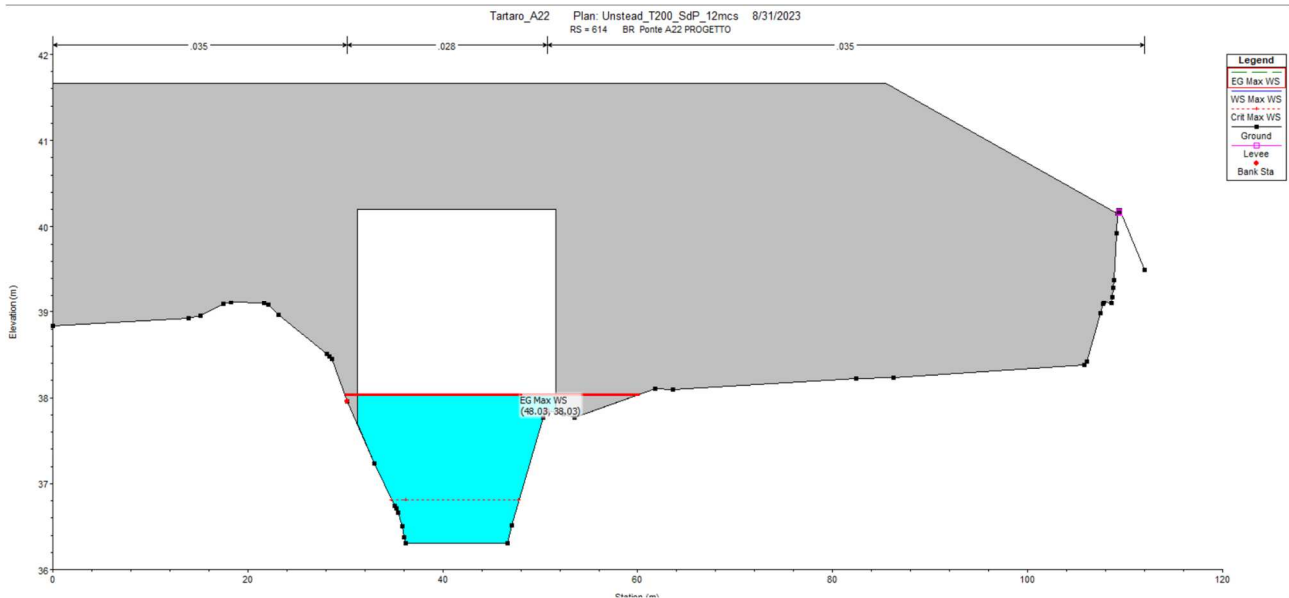


Figura 6-14. Sezione in corrispondenza dell'attraversamento dell'Autostrada A22. Tirante idrico pari a 38.03 m s.l.m. – T_R 200 anni

Nel seguito il riassunto del confronto in termini di quote.

Tabella 6-7: Condizioni per la verifica del franco d'aria ai sensi delle NTC 2018.

	Quota di riferimento min. 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
Fiume Tartaro - km. 236+180	40.19	38.03	39.53	2.16	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.

6.2.3 Risultati del modello idraulico: T_R 5 anni

Oltre alla verifica del franco d'aria di cui alle NTC 2018, è stata svolta un'analisi idraulica per verificare i tiranti idrici durante la fase di cantiere, considerando una piena avente tempo di ritorno pari a 5 anni. Ciò risulta necessario anche in funzione del posizionamento delle opere provvisionali di cantiere.

La sezione di cui valutare il rispetto del franco d'aria è la sezione 644, in quanto risulta essere quella immediatamente a monte dell'attraversamento stradale.



Figura 6-15. Immagine satellitare delle sezioni trasversali e dei tiranti idrici in corrispondenza dell'attraversamento autostradale. – T_R 5 anni

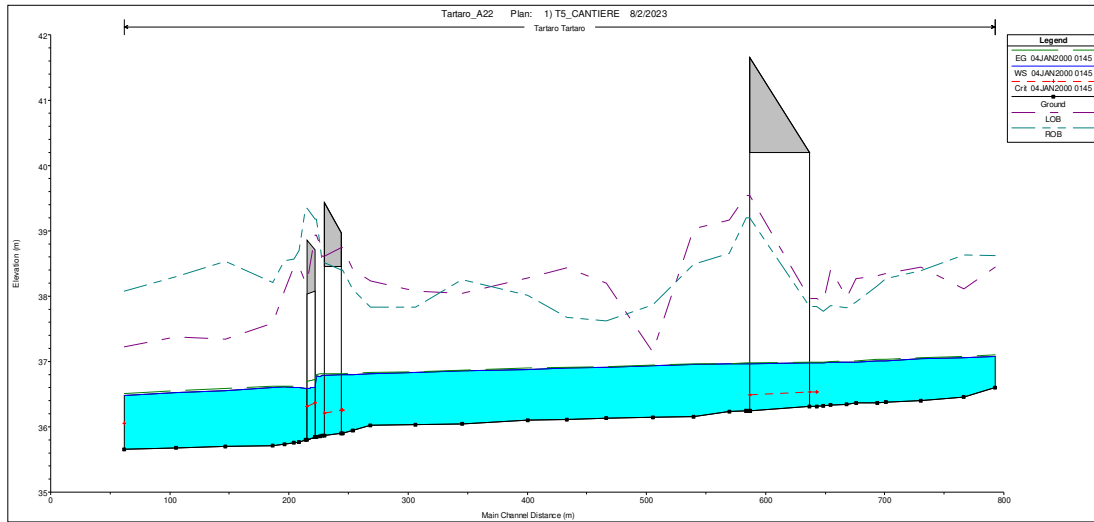


Figura 6-16. Profilo idrico in condizioni di picco di piena (T_R 5 anni)

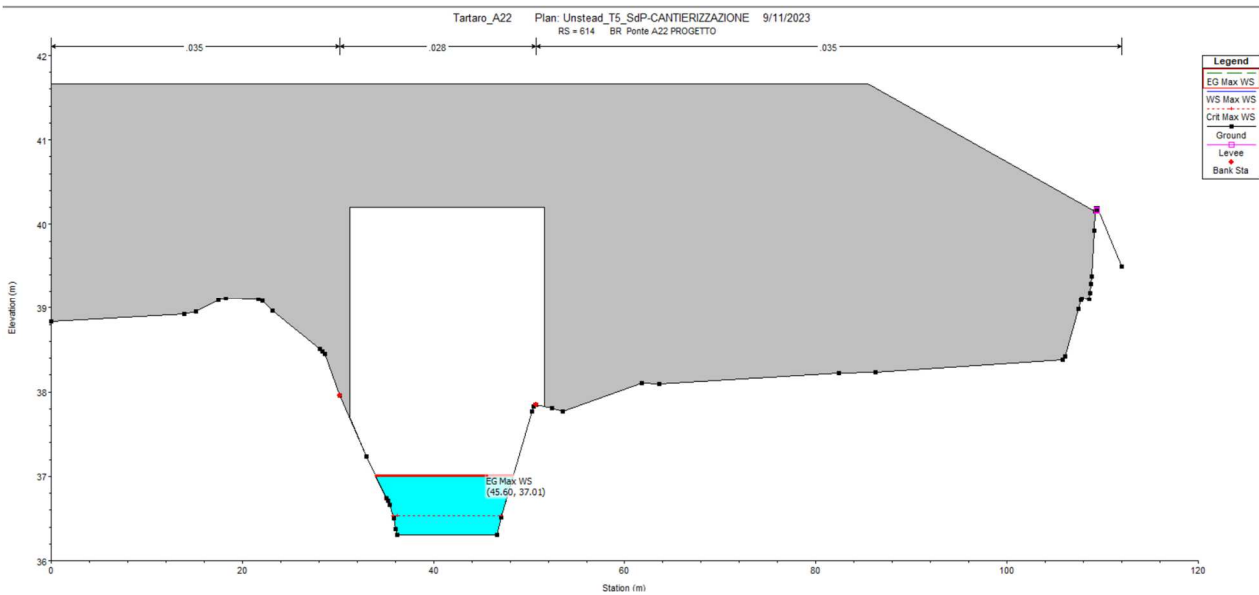


Figura 6-17. Sezione in corrispondenza dell'attraversamento dell'Autostrada A22. Tirante idrico pari a 37.01 m s.l.m. – T_R 5 anni

6.2.3.1 Posizionamento delle opere di cantierizzazione

L'analisi idraulica con T_R 5 anni è stata un'analisi propedeutica al posizionamento delle opere provvisorie di cantiere. Come si evince dalla figura sottostante verranno realizzati due arginelli provvisori, rinforzati con massi ciclopici, in grado di contenere la piena quinquennale.

Tali argini in ogni caso risultano “*invisibili*” alla piena duecentennale, non costituendo di fatto un aggravio alle condizioni di piena e ai rischi ad essa connessi.

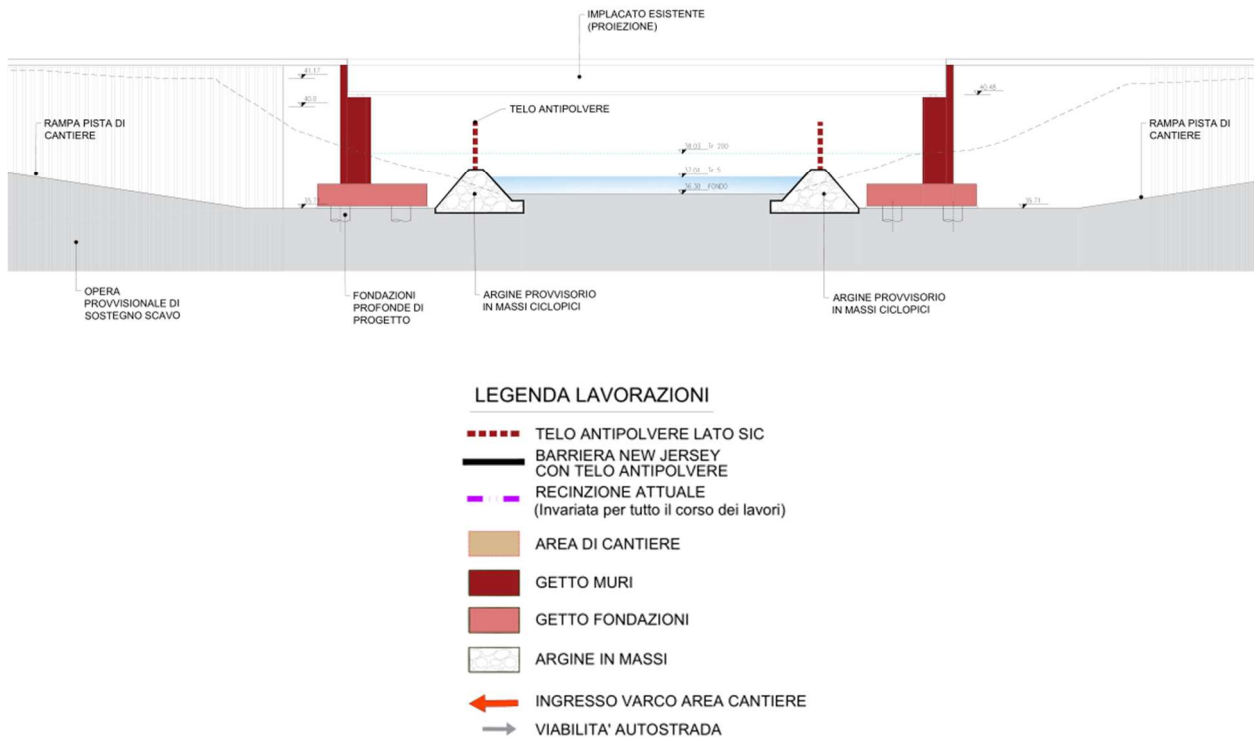


Figura 6-18. Opere provvisionali di cantierizzazione propedeutiche alla realizzazione delle opere in progetto.



7. CONCLUSIONI

La presente relazione di compatibilità idraulica è stata redatta per la verifica del franco d'aria che si instaura tra piena duecentennale e quota dell'impalcato di progetto, ai sensi delle NTC 2018.

Oltre alla suddetta verifica, è stata svolta un'analisi idraulica con piena quinquennale, necessaria al dimensionamento e al posizionamento delle opere provvisionali di cantiere.

Di seguito si presenta tabella riassunta dei risultati del franco d'aria per la piena con Tr 200 anni:

	Quota di riferimento min. 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
Fiume Tartaro - km. 236+180	40.19	38.03	39.53	2.16	SI

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

Per quanto riguarda le opere di cantierizzazione, dove il tirante idrico relativo alla piena quinquennale è pari a 37.01 m s.l.m., si è provveduto al posizionamento di arginelli rinforzati in massi ciclopici che si attestano al di sopra della suddetta quota.

Tuttavia, le quote di tali arginature provvisionali risultano essere inferiori alla quota idrica della piena duecentennale, ragion per cui esse non causano un aggravio dei tiranti idrici nella piena di riferimento per la verifica del tirante d'aria durante la fase transitoria di cantiere.

HEC-RAS Plan: T5_CANTIERE River: Tartaro Reach: Tartaro Profile: Max WS

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	ROB Elev (m)	LOB Elev (m)
Tartaro	793	Max WS	3.60	36.60	37.09		37.11	0.001005	0.66	5.43	11.57	0.31	38.62	38.44
Tartaro	767	Max WS	3.60	36.45	37.07		37.09	0.000569	0.57	6.33	11.19	0.24	38.63	38.11
Tartaro	731	Max WS	3.60	36.40	37.06		37.07	0.000427	0.52	6.97	11.48	0.21	38.39	38.44
Tartaro	702	Max WS	3.60	36.38	37.03		37.05	0.000914	0.69	5.24	10.10	0.30	38.27	38.35
Tartaro	694	Max WS	3.60	36.37	37.02		37.05	0.000899	0.69	5.25	9.98	0.30	38.16	38.31
Tartaro	677	Max WS	3.60	36.36	37.00		37.03	0.000964	0.69	5.19	10.26	0.31	37.91	38.28
Tartaro	669	Max WS	3.60	36.35	37.00		37.02	0.000746	0.61	5.86	11.52	0.28	37.85	37.97
Tartaro	656	Max WS	3.60	36.33	37.00		37.01	0.000783	0.52	6.90	12.87	0.23	37.79	38.54
Tartaro	650	Max WS	3.60	36.32	37.00		37.01	0.000655	0.49	7.39	13.37	0.21	37.77	37.92
Tartaro	644	Max WS	3.60	36.31	37.00	36.54	37.00	0.000310	0.43	8.32	14.31	0.18	37.85	37.96
Tartaro	614	Bridge												
Tartaro	585	Max WS	3.60	36.25	36.98		36.99	0.000231	0.39	9.23	14.92	0.16	39.20	39.54
Tartaro	571	Max WS	3.60	36.23	36.98		36.99	0.000266	0.43	8.34	12.60	0.17	38.65	39.16
Tartaro	541	Max WS	3.60	36.16	36.97		36.98	0.000264	0.42	8.48	13.06	0.17	38.49	39.03
Tartaro	507	Max WS	3.60	36.15	36.95		36.97	0.000578	0.62	5.80	8.83	0.24	37.86	37.14
Tartaro	468	Max WS	3.60	36.13	36.92		36.94	0.000568	0.63	5.72	8.34	0.24	37.63	38.20
Tartaro	435	Max WS	3.60	36.11	36.92		36.93	0.000379	0.49	7.42	12.33	0.20	37.68	38.43
Tartaro	402	Max WS	3.60	36.10	36.90		36.91	0.000469	0.53	6.78	11.55	0.22	38.01	38.27
Tartaro	347	Max WS	3.60	36.05	36.87		36.89	0.000543	0.58	6.19	10.26	0.24	38.26	38.04
Tartaro	308	Max WS	3.60	36.03	36.86		36.87	0.000379	0.49	7.36	12.02	0.20	37.83	38.08
Tartaro	271	Max WS	3.60	36.02	36.83		36.85	0.000569	0.57	6.34	11.41	0.24	37.83	38.24
Tartaro	255	Max WS	3.60	35.94	36.81		36.84	0.000781	0.70	5.17	8.47	0.28	38.10	38.41
Tartaro	247	Max WS	3.60	35.91	36.82	36.26	36.83	0.000462	0.58	6.25	9.07	0.22	38.40	38.74
Tartaro	238.06	Bridge												
Tartaro	230	Max WS	3.60	35.87	36.81		36.83	0.000362	0.55	6.55	8.44	0.20	38.51	38.62
Tartaro	228	Max WS	3.60	35.86	36.79		36.83	0.001201	0.87	4.12	6.41	0.35	38.78	38.78
Tartaro	225	Max WS	3.60	35.85	36.79		36.82	0.000797	0.75	4.78	6.84	0.29	39.18	38.93
Tartaro	220	Culvert												
Tartaro	216	Max WS	3.60	35.80	36.60		36.65	0.001682	1.01	3.57	5.67	0.41	39.34	38.21
Tartaro	209	Max WS	3.60	35.77	36.61		36.65	0.001094	0.85	4.21	6.26	0.33	38.70	38.46
Tartaro	205	Max WS	3.60	35.75	36.61		36.64	0.000782	0.75	4.80	6.65	0.28	38.57	38.45
Tartaro	196	Max WS	3.60	35.73	36.62		36.64	0.000544	0.56	6.43	11.11	0.24	38.55	38.08
Tartaro	186	Max WS	3.60	35.71	36.61		36.63	0.000507	0.62	5.81	7.77	0.23	38.21	37.59
Tartaro	147	Max WS	3.60	35.70	36.57		36.60	0.000851	0.77	4.67	6.55	0.29	38.53	37.34
Tartaro	105	Max WS	3.60	35.68	36.53		36.57	0.001003	0.82	4.40	6.31	0.31	38.30	37.38
Tartaro	62	Max WS	3.60	35.65	36.49	36.06	36.52	0.001002	0.82	4.42	6.62	0.32	38.08	37.22

HEC-RAS Plan: T200_SdP 12mcs River: Tartaro Reach: Tartaro Profile: Max WS

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	ROB Elev (m)	LOB Elev (m)
Tartaro	793	Max WS	12.00	36.60	38.05		38.08	0.000300	0.67	17.93	14.71	0.19	38.62	38.44
Tartaro	767	Max WS	12.00	36.45	38.05		38.07	0.000255	0.63	19.12	15.66	0.18	38.63	38.11
Tartaro	731	Max WS	12.00	36.40	38.04		38.06	0.000211	0.61	19.52	14.05	0.17	38.39	38.44
Tartaro	702	Max WS	12.00	36.38	38.03		38.05	0.000310	0.70	17.02	13.56	0.20	38.27	38.35
Tartaro	694	Max WS	12.00	36.37	38.03		38.05	0.000322	0.70	17.17	14.33	0.20	38.16	38.31
Tartaro	677	Max WS	12.00	36.36	38.02		38.05	0.000299	0.68	17.98	24.83	0.20	37.91	38.28
Tartaro	669	Max WS	12.00	36.35	38.03		38.04	0.000196	0.57	23.99	33.53	0.16	37.85	37.97
Tartaro	656	Max WS	12.00	36.33	38.03		38.04	0.000159	0.41	34.82	54.78	0.12	37.79	38.54
Tartaro	650	Max WS	12.00	36.32	38.04		38.04	0.000082	0.31	50.85	86.69	0.08	37.77	37.92
Tartaro	644	Max WS	12.00	36.31	38.03	36.81	38.04	0.000114	0.45	28.03	29.99	0.13	37.85	37.96
Tartaro	614	Bridge												
Tartaro	585	Max WS	12.00	36.25	38.02		38.03	0.000115	0.43	28.22	23.45	0.12	39.20	39.54
Tartaro	571	Max WS	12.00	36.23	38.01		38.03	0.000143	0.50	23.98	17.97	0.14	38.65	39.16
Tartaro	541	Max WS	12.00	36.16	38.01		38.02	0.000134	0.51	23.65	16.25	0.13	38.49	39.03
Tartaro	507	Max WS	12.00	36.15	38.00		38.02	0.000279	0.61	19.92	19.27	0.19	37.86	37.14
Tartaro	468	Max WS	12.00	36.13	37.99		38.01	0.000250	0.66	21.04	22.90	0.18	37.63	38.20
Tartaro	435	Max WS	12.00	36.11	37.98		38.00	0.000144	0.53	23.31	20.99	0.14	37.68	38.43
Tartaro	402	Max WS	12.00	36.10	37.98		37.99	0.000176	0.57	21.06	14.97	0.15	38.01	38.27
Tartaro	347	Max WS	12.00	36.05	37.96		37.98	0.000207	0.61	19.78	14.54	0.17	38.26	38.04
Tartaro	308	Max WS	12.00	36.03	37.96		37.98	0.000145	0.53	23.09	24.27	0.14	37.83	38.08
Tartaro	271	Max WS	12.00	36.02	37.95		37.97	0.000168	0.57	21.47	20.92	0.15	37.83	38.24
Tartaro	255	Max WS	12.00	35.94	37.94		37.97	0.000272	0.67	17.92	13.87	0.19	38.10	38.41
Tartaro	247	Max WS	12.00	35.91	37.95	36.67	37.96	0.000215	0.60	19.89	15.06	0.17	38.40	38.74
Tartaro	238.06	Bridge												
Tartaro	230	Max WS	12.00	35.87	37.93		37.95	0.000239	0.65	18.41	13.24	0.18	38.51	38.62
Tartaro	228	Max WS	12.00	35.86	37.92		37.95	0.000465	0.84	14.20	11.28	0.24	38.78	38.78
Tartaro	225	Max WS	12.00	35.85	37.92		37.95	0.000386	0.79	15.11	11.47	0.22	39.18	38.93
Tartaro	220	Culvert												
Tartaro	216	Max WS	12.00	35.80	37.37		37.46	0.001521	1.34	8.93	8.44	0.42	39.34	38.21
Tartaro	209	Max WS	12.00	35.77	37.37		37.45	0.001109	1.21	9.93	8.65	0.36	38.70	38.46
Tartaro	205	Max WS	12.00	35.75	37.38		37.45	0.000892	1.11	10.79	8.91	0.32	38.57	38.45
Tartaro	196	Max WS	12.00	35.73	37.41		37.44	0.000355	0.68	17.61	16.42	0.21	38.55	38.08
Tartaro	186	Max WS	12.00	35.71	37.39		37.43	0.000594	0.93	12.92	10.48	0.27	38.21	37.59
Tartaro	147	Max WS	12.00	35.70	37.34		37.40	0.000966	1.12	10.69	9.30	0.33	38.53	37.34
Tartaro	105	Max WS	12.00	35.68	37.29		37.36	0.001094	1.18	10.16	8.88	0.35	38.30	37.38
Tartaro	62	Max WS	12.00	35.65	37.25	36.52	37.32	0.001001	1.15	10.44	9.46	0.34	38.08	37.22

HEC-RAS Plan: T5_CANTIERE River: Tartaro Reach: Tartaro Profile: Max WS

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	ROB Elev (m)	LOB Elev (m)
Tartaro	793	Max WS	3.60	36.60	37.09		37.11	0.001005	0.66	5.43	11.57	0.31	38.62	38.44
Tartaro	767	Max WS	3.60	36.45	37.07		37.09	0.000569	0.57	6.33	11.19	0.24	38.63	38.11
Tartaro	731	Max WS	3.60	36.40	37.06		37.07	0.000427	0.52	6.97	11.48	0.21	38.39	38.44
Tartaro	702	Max WS	3.60	36.38	37.03		37.05	0.000914	0.69	5.24	10.10	0.30	38.27	38.35
Tartaro	694	Max WS	3.60	36.37	37.02		37.05	0.000899	0.69	5.25	9.98	0.30	38.16	38.31
Tartaro	677	Max WS	3.60	36.36	37.00		37.03	0.000964	0.69	5.19	10.26	0.31	37.91	38.28
Tartaro	669	Max WS	3.60	36.35	37.00		37.02	0.000746	0.61	5.86	11.52	0.28	37.85	37.97
Tartaro	656	Max WS	3.60	36.33	37.00		37.01	0.000783	0.52	6.90	12.87	0.23	37.79	38.54
Tartaro	650	Max WS	3.60	36.32	37.00		37.01	0.000655	0.49	7.39	13.37	0.21	37.77	37.92
Tartaro	644	Max WS	3.60	36.31	37.00	36.54	37.00	0.000310	0.43	8.32	14.31	0.18	37.85	37.96
Tartaro	614	Bridge												
Tartaro	585	Max WS	3.60	36.25	36.98		36.99	0.000231	0.39	9.23	14.92	0.16	39.20	39.54
Tartaro	571	Max WS	3.60	36.23	36.98		36.99	0.000266	0.43	8.34	12.60	0.17	38.65	39.16
Tartaro	541	Max WS	3.60	36.16	36.97		36.98	0.000264	0.42	8.48	13.06	0.17	38.49	39.03
Tartaro	507	Max WS	3.60	36.15	36.95		36.97	0.000578	0.62	5.80	8.83	0.24	37.86	37.14
Tartaro	468	Max WS	3.60	36.13	36.92		36.94	0.000568	0.63	5.72	8.34	0.24	37.63	38.20
Tartaro	435	Max WS	3.60	36.11	36.92		36.93	0.000379	0.49	7.42	12.33	0.20	37.68	38.43
Tartaro	402	Max WS	3.60	36.10	36.90		36.91	0.000469	0.53	6.78	11.55	0.22	38.01	38.27
Tartaro	347	Max WS	3.60	36.05	36.87		36.89	0.000543	0.58	6.19	10.26	0.24	38.26	38.04
Tartaro	308	Max WS	3.60	36.03	36.86		36.87	0.000379	0.49	7.36	12.02	0.20	37.83	38.08
Tartaro	271	Max WS	3.60	36.02	36.83		36.85	0.000569	0.57	6.34	11.41	0.24	37.83	38.24
Tartaro	255	Max WS	3.60	35.94	36.81		36.84	0.000781	0.70	5.17	8.47	0.28	38.10	38.41
Tartaro	247	Max WS	3.60	35.91	36.82	36.26	36.83	0.000462	0.58	6.25	9.07	0.22	38.40	38.74
Tartaro	238.06	Bridge												
Tartaro	230	Max WS	3.60	35.87	36.81		36.83	0.000362	0.55	6.55	8.44	0.20	38.51	38.62
Tartaro	228	Max WS	3.60	35.86	36.79		36.83	0.001201	0.87	4.12	6.41	0.35	38.78	38.78
Tartaro	225	Max WS	3.60	35.85	36.79		36.82	0.000797	0.75	4.78	6.84	0.29	39.18	38.93
Tartaro	220	Culvert												
Tartaro	216	Max WS	3.60	35.80	36.60		36.65	0.001682	1.01	3.57	5.67	0.41	39.34	38.21
Tartaro	209	Max WS	3.60	35.77	36.61		36.65	0.001094	0.85	4.21	6.26	0.33	38.70	38.46
Tartaro	205	Max WS	3.60	35.75	36.61		36.64	0.000782	0.75	4.80	6.65	0.28	38.57	38.45
Tartaro	196	Max WS	3.60	35.73	36.62		36.64	0.000544	0.56	6.43	11.11	0.24	38.55	38.08
Tartaro	186	Max WS	3.60	35.71	36.61		36.63	0.000507	0.62	5.81	7.77	0.23	38.21	37.59
Tartaro	147	Max WS	3.60	35.70	36.57		36.60	0.000851	0.77	4.67	6.55	0.29	38.53	37.34
Tartaro	105	Max WS	3.60	35.68	36.53		36.57	0.001003	0.82	4.40	6.31	0.31	38.30	37.38
Tartaro	62	Max WS	3.60	35.65	36.49	36.06	36.52	0.001002	0.82	4.42	6.62	0.32	38.08	37.22