

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.

CUP: J41E9100000009

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

STUDIO IDRAULICO SU MODELLO FISICO

Report sulle attività svolte

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IN1A 20 D 09 RI ID0002 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	giu 2022	F. Cabas	giu 2022	C. Mazzocchi	giu. 2022	A. Vittozzi giu. 2022
A	Emissione Esecutiva	A. Cappelli	feb 2022	F. Cabas	feb 2022	C. Mazzocchi	feb 2022	

ITALFERR S.p.A.
U.p. Opere Civili e gestione delle varianti
Diret. Ing. Angelo Vittozzi
Cedole degli ingegneri della Provincia di Roma
n° 412783

File: IN1A20D09RIID0002002B.DOCX

n. Elab.:



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

STUDIO IDRAULICO SU MODELLO FISICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 09 RI	ID 00 02 002	B	2 di 4

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	PRESCRIZIONE N.40 BIS – IDRAULICA (PONTE ADIGE)	3
1.2	OTTEMPERANZA ED ATTIVITÀ SVOLTE.....	3
	ALLEGATO: RELAZIONE ATTIVITÀ SVOLTE	4

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
STUDIO IDRAULICO SU MODELLO FISICO	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D 09 RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. B	FOGLIO 3 di 4

1 INTRODUZIONE

Il presente documento riporta in allegato la Relazione delle attività svolte per lo sviluppo del modello fisico sul Fiume Adige a Verona, al fine di ottemperare alla prescrizione n°40bis della deliberazione CIPE n°11 del 14/05/2020.

1.1 PRESCRIZIONE N.40 BIS – IDRAULICA (PONTE ADIGE)

Testo: corredare il progetto definitivo di uno studio idraulico sperimentale basato su un modello fisico (anche tenendo conto delle opere provvisionali) ai fini dell’ottenimento della deroga da parte dell’autorità competente, relativamente alla luce netta minima tra pile in alveo prevista dalle NTC 2018 (CTVA, Parere n. 2722 dell’11 maggio 2018, n. 11 – A.016; C.S.LL.PP., Parere n. 70/2017 del 27 settembre 2018 – M.006; si veda anche C.S.LL.PP., Parere n. 70/2017 del 27 settembre 2018 – M.009);

1.2 OTTEMPERANZA ED ATTIVITÀ SVOLTE

Il modello fisico indaga, come richiesto dal CSLP, l’evoluzione delle erosioni localizzate intorno alle pile in alveo e sulle sponde, di conseguenza si tratta di un modello a fondo mobile, per la cui realizzazione è stata svolta una campagna di indagini geognostiche per la caratterizzazione granulometrica del fondo alveo del Fiume Adige in corrispondenza del nuovo Ponte in progetto. L’esecuzione dei sondaggi in alveo è stata particolarmente difficoltosa, a causa delle condizioni di regime idraulico durante il periodo inizialmente previsto per tale attività, di conseguenza si è dovuto attendere la fine dell’estate 2021 per poter varare il pontone su cui era posizionata la macchina carotatrice.

Il rapporto di scala del modello fisico è stato quindi definito in funzione della granulometria risultante dai nuovi campioni, correlata ai dati relativi alle verticali di indagine ubicate sulle sponde fino ad una profondità idonea ad indagare i sedimenti alluvionali recenti riconducibili all’alveo del F. Adige. La similitudine idraulico-geometrica, da rispettare per le finalità richieste, ha quindi determinato, rispetto alle attese derivanti dai dati di letteratura, un fattore di scala molto grande, pari a 1:30, secondo le considerazioni meglio descritte nell’Allegato di seguito riportato.

In merito ai risultati delle prove fisiche svolte finora, si precisa che gli esiti del modello hanno già consentito di meglio definire l’estensione della sistemazione d’alveo e di ubicare la transizione tra protezione in massi e fondo alveo naturale nella zona dove non si risentono più gli effetti di perturbazione della corrente ad opera delle nuove strutture in alveo. È confermata la geometria del ponte e delle fondazioni (pile in ombra a quelle del ponte esistente di pari luce e franco di circa 4 m), per cui si ritiene ammissibile ottenere la deroga dall’Autorità idraulica competente, in quanto essa è relativa proprio alla configurazione geometrica delle luci delle campate previste per la configurazione con quattro pile in alveo.

Sono attualmente in corso ulteriori prove fisiche al fine di dare indicazioni per le fasi esecutive e relative opere provvisionali.



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

STUDIO IDRAULICO SU MODELLO FISICO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IN1A

20

D 09 RI

ID 00 02 002

B

4 di 4

ALLEGATO: RELAZIONE ATTIVITÀ SVOLTE

Idrostudi srl

Area Science Park, Padriciano 99
34149 Trieste (TS) – ITALY
T: +39 040 375 5800 | F: +39 040 3755801
idrostudi@legalmail.it | info@idrostudi.it
www.idrostudi.it | www.area.trieste.it

Committente:



Italferr S.p.A.

Via Giuseppe Galati, 71

00155 Roma

MODELLO FISICO FIUME ADIGE

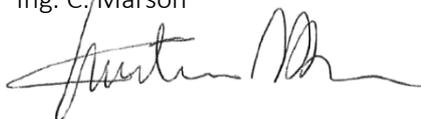
RELAZIONE ATTIVITA' SVOLTE

elaborato: **01**

codice elaborato:

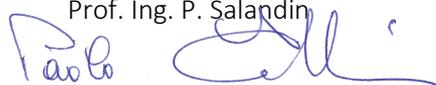
Rev	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
0	24/01/2022	Emissione definitiva	C.Marson	C.Marson	P. Salandin
1					

Ing. C. Marson



visto il Consulente scientifico

Prof. Ing. P. Salandin



Sommario

0. INTRODUZIONE	5
1. PARERE C.S.LL.PP.	5
2. ANALISI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI	8
2.1 Difficoltà nella realizzazione dei sondaggi.....	8
2.2 Sondaggi in alveo	9
4.IDROLOGIA	12
3. MODELLO FISICO	14
3.1 Prove su modello	16
3.2 Cronoprogramma attività future	17

Indice delle Figure

Figura 1 – Posizione sondaggi.	10
Figura 2 – Andamento del massimo scavo in funzione del diametro dei sedimenti	12
Figura 3 – Portate di piena Adige a monte dello scolmatore Adige -Garda	13
Figura 4 – Estensione del modello fisico	15
Figura 5 – Estensione del modello fisico	16
Figura 6 – Valutazione non influenza del diametro del sedimento nel modello raffrontato a quello presente in alveo.....	16

Indice delle Tabelle

Tabella 1 – d50 SD1	10
Tabella 2 – d50 SD2	11
Tabella 3 – Portate previste in progetto (la portata con tempo di ritorno 500 anni era stata ottenuta mediante interpolazione.....	13
Tabella 4 – Portate di progetto Modello fisico.....	14
Tabella 5 – Portate a Pescantina e Boara Pisani dedotte dal Piano di Bacino.....	14

0. INTRODUZIONE

Il presente documento viene emesso nell'ambito dell'attività di progettazione definitiva del nuovo ponte sul fiume Adige lungo la nuova linea ferroviaria AV/AC Milano – Venezia.

Il nuovo viadotto ferroviario sul fiume Adige, per la sistemazione del Nodo di Verona in relazione alla penetrazione urbana della nuova linea AV/AC Milano – Venezia, è previsto sia realizzato immediatamente a sud in adiacenza dell'esistente viadotto della linea storica Milano-Venezia. Il nuovo ponte sarà costituito da una struttura ad archi in calcestruzzo armato dall'aspetto analogo al ponte esistente della linea storica.

A valle della progettazione preliminare il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha espresso il proprio parere (n.70/2017) in data 27/09/2018 richiedendo la valutazione su modello fisico del nuovo ponte.

A seguito di gara d'appalto la progettazione e realizzazione del modello veniva affidata da Italferr alla scrivente Idrostudi srl, con contratto n. 100040156.

La presente relazione descrive lo stato dell'attività di realizzazione del modello fisico.

1. PARERE C.S.LL.PP.

Si riportano di seguito alcuni estratti del parere n.70/2017 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

“Aspetti idrologici ed idraulici.

La soluzione prospettata per il nuovo attraversamento del fiume Adige presenta numerose e rilevanti criticità, sia per gli aspetti idrologici, che sembrano sottostimare in modo rilevante le portate di progetto, sia per gli aspetti normativi che non sono rispettati, sia per i fenomeni erosivi localizzati che potrebbero mettere in crisi le opere esistenti. Rilevanti criticità risultano anche nelle ipotesi sviluppate in relazione alle opere provvisorie, che devono essere attentamente riviste. Si ritiene opportuno che in questa fase della progettazione sia esaminata anche una soluzione che non preveda pile in alveo, sviluppando una valutazione tecnico-economica comparativa che tenga conto dei costi relativi alla realizzazione di eventuali pile in alveo e le opere di difesa idraulica che ne derivano, oltre ai costi della messa in sicurezza del ponte esistente.

Nel caso in cui siano previste pile in alveo, la Sezione raccomanda la realizzazione di un modello fisico a fondo mobile per la verifica dei fenomeni erosivi e delle necessarie opere di difesa, sia in condizioni di assetto definitivo, sia per quanto riguarda le opere provvisorie, nelle diverse fasi di realizzazione.

Stima delle portate di piena

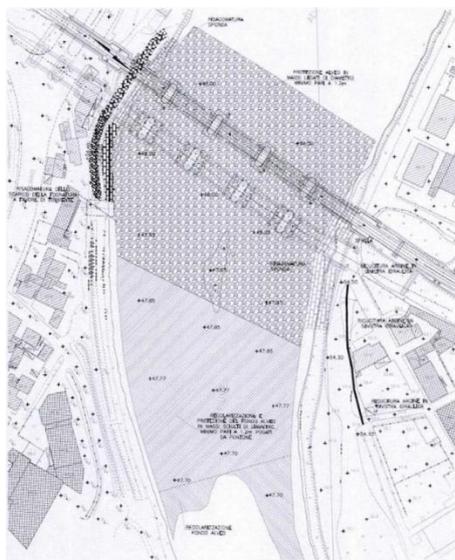
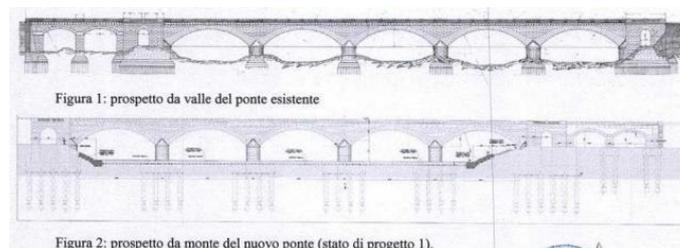
Gli aspetti idrologici per la ricerca della portata da assumere per le verifiche idrauliche non paiono adeguati e vanno certamente rivisti. Nella Relazione idrologica (INOF20R09RIID0001001A) sono riportati alcuni risultati della Relazione Tecnica del Piano di Bacino dell'Adige dall'analisi statistica di dati raccolti in “sezioni fluviali con dati idrometrici consolidati”. Non viene in nessun modo chiarito perché, a fronte di un valore di

portata bicentenaria di 2470 m³/s a Pescantina, si faccia affidamento sui risultati di modelli (caratterizzati da un maggior grado di incertezza) di propagazione delle piene o afflussi deflussi che forniscono valori di 800-900 m³/s inferiori, risultati questi che simulano ipotetiche esondazioni per insufficienza arginale riducendo di molto i picchi delle portate. Tutto ciò considerato Pescantina dista solo 15 km da Verona e la variazione della superficie dei bacini nelle due sezioni di chiusura risulta irrilevante.

Inoltre alcune elementari elaborazioni basate sull'analisi statistica dei dati registrati nella stazione di Trento ridotti di 500 m³/s, portata questa divertita dalla galleria Mori-Torbole, indicano in circa 2300 m³/s il valore della portata bicentenaria che si propaga subito a valle [Da Deppo, Datei e Salandin, 2019]: valore questo molto vicino al risultato riportato nella citata Relazione Tecnica per la sezione di Pescantina.

Compatibilità idraulica.

La relazione idraulica (INOF20R09RIID0002001B) prende in considerazione due diverse soluzioni progettuali, inserendo il nuovo ponte in progetto immediatamente a sud dell'attuale attraversamento ferroviario della linea storica Milano-Venezia, risultando la distanza tra l'asse del nuovo ponte in progetto e l'asse del ponte esistente pari a 25.8 m, con uno spazio tra le due opere di circa 14 m. Nel seguito sono riportati il prospetto del ponte esistente, oltre al prospetto e la planimetria (Figura 12 della citata Relazione idraulica) dove è illustrata la soluzione che prevede una duplicazione, in termini geometrici del ponte ferroviario esistente.



La soluzione nello stato di progetto 1 presenta pertanto cinque campate con quattro pile in alveo e due pile-spalle fondate sugli argini (pag. 22 Relazione Idraulica). La luce netta tra le pile in alveo risulta di circa 29m,

ben inferiore a quella minima ammessa dalle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2018, alle quali fanno riferimento, luce minima peraltro identica a quella prevista dalle più recenti NTC 2018. Le normative di cui sopra non consentono di interessare con pile e spalle i corpi arginali. Si ricorda che per le distanze minime dal piede degli argini dell'Adige si deve fare riferimento al Regolamento Ansaldo, modificato nel 1981 per disposizione del Magistrato alle Acque di Venezia.

La soluzione proposta, oltre al citato mancato rispetto della normativa, presenta numerose criticità anche per quanto riguarda le fondazioni, in particolare quelle del ponte esistente che viene a localizzarsi immediatamente a monte di quelle del nuovo ponte come illustrato in Fig. 4.

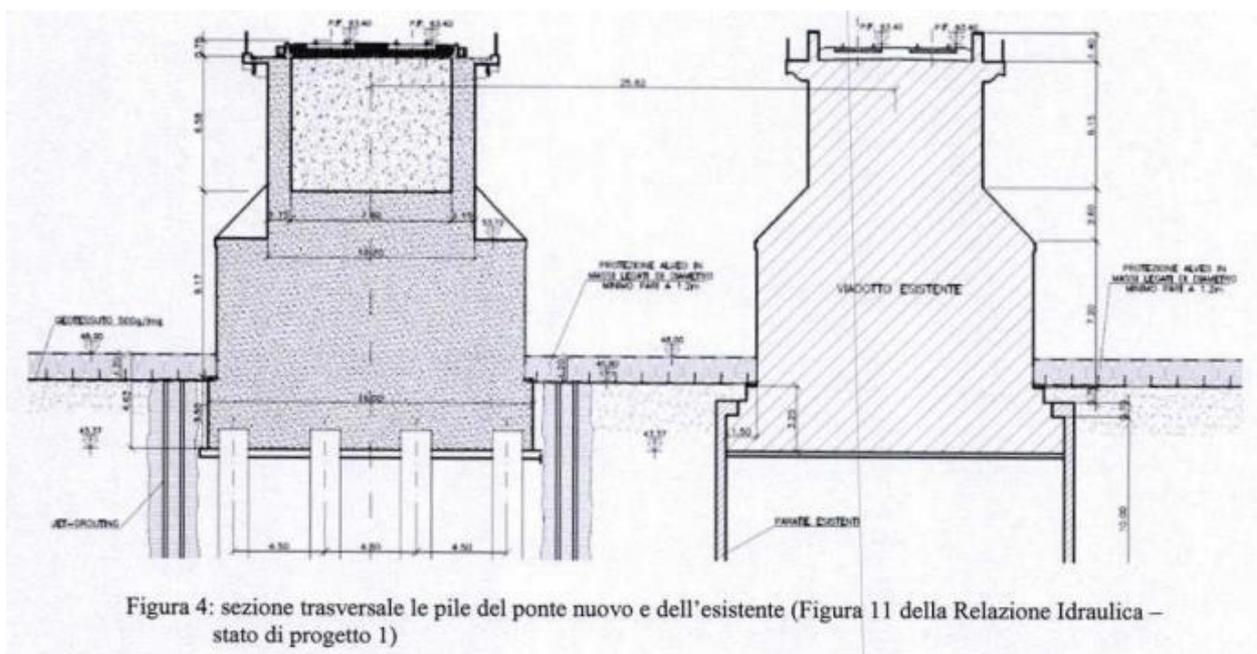


Figura 4: sezione trasversale le pile del ponte nuovo e dell'esistente (Figura 11 della Relazione Idraulica – stato di progetto 1)

La vicinanza tra il manufatto esistente e quello previsto crea certamente interferenza tra i due per quanto riguarda lo scavo in corrispondenza delle pile. Con tutta probabilità la corrente “vedrà” lo sviluppo longitudinale di entrambe le pile (16m +11m di intercapedine + 16 m) come un unicum e per essere il raddoppio posizionato in curva, è prevedibile che si realizzino scavi estremamente rilevanti (ben maggiori dell'usuale) nell'intorno del sistema delle pile. In Figura 4 risulta evidente come le fondazioni della pila del ponte esistente siano in pratica sconosciute. Certo è che negli anni '80 era stata realizzata una protezione con platee di calcestruzzo di dimensione (in pianta) pari a 14m di larghezza e 26 m di lunghezza, probabilmente con lo scopo di limitare l'evoluzione di fenomeni erosivi localizzati. Il rilievo batimetrico dell'alveo del Fiume Adige ha evidenziato un'ampia zona di scavo localizzato a valle del ponte ferroviario esistente, con quote di fondo fino a 6m al di sotto del piano delle ghiaie mediamente corrispondente a 48 m s.m.m. e nello stato di progetto previsto è prevista la rimozione di tali platee. Se tale rimozione possa mitigare lo scavo realizzatosi a valle non è certo, ma certamente espone nuovamente le fondazioni del ponte esistente ai fenomeni erosivi localizzati che si sviluppano prevalentemente nella zona di monte della pila. In ogni caso pare opportuno accertare la reale situazione delle fondazioni del ponte esistente per valutare gli interventi necessari per la sua sicurezza.

*Nell'intorno delle fondazioni del vecchio ponte e di quello da realizzare è prevista un'ampia difesa a massi legati, il cui corretto posizionamento non tiene però conto delle difficoltà di realizzazione e legatura della stessa difesa in presenza d'acqua. È anche prevista una difesa spondale. L'incerta possibilità di corretta realizzazione delle opere di difesa in progetto – peraltro del costo non indifferente di circa 6 Meuro, a fronte di costo stimato per il ponte di circa 12 Meuro- **suggerisce la necessità di ridefinire completamente le stesse opere che dovranno, in ogni caso, essere verificate su modello fisico a fondo mobile in scala opportuna.***

Lo stesso modello permetterà la verifica delle opere provvisorie per le fasi realizzative, con restringimenti d'alveo, in un tratto in curva che vanno attentamente riesaminati anche con riguardo alla stabilità delle difese a partire dalla scelta delle portate di progetto. Nella soluzione richiamata nella figura 39 della Relazione Idraulica preoccupa in particolare il restringimento previsto per la realizzazione delle pile in sinistra che indirizzano il filone della corrente sulla sponda destra che la stessa risulti adeguatamente protetta.

La soluzione alternativa esaminata (stato di progetto 2), con due sole pile in alveo, non risolve i problemi sopra esaminati per quanto riguarda le pile, pur garantendo un'interasse fra le stesse superiore a 40 m. Presenta tuttavia ancora una pila su un corpo arginale, soluzione non consentita dalle NTC 2008 e 2018.

Come già detto, si ritiene comunque opportuno che in questa fase della progettazione sia esaminata anche una soluzione che non preveda pile in alveo. Questa soluzione eliminerebbe i problemi di interferenza tra i due ponti, i problemi delle opere provvisorie e ridurrebbe significativamente le difese da prevedersi in alveo.

Qualora la soluzione per il nuovo ponte dovesse prevedere pile in alveo si raccomanda la realizzazione di un modello fisico a fondo mobile, in scala adeguata, di un tratto di Adige, non solo per valutare correttamente il comportamento idraulico per quanto riguarda i fenomeni erosivi localizzati e generalizzati in corrispondenza delle fondazioni in alveo e delle difese di sponda, ma anche per esaminare l'influenza delle opere provvisorie necessarie per la costruzione.

2. ANALISI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI

2.1 Difficoltà nella realizzazione dei sondaggi

Al fine di definire la tipologia e le dimensioni caratteristiche del materiale in alveo sono state effettuati da Italferr alcuni sondaggi in alveo, eseguiti dalla ditta Janson Bridging Italia S.r.l. . Tali sondaggi erano previsti il giorno 21.06.2021. L'attività prevedeva il montaggio e successivo ormeggio in corrispondenza di due pile del ponte ferroviario di Verona, di una piattaforma modulare galleggiante per l'esecuzione di due sondaggi in alveo.

Come da report dell'impresa esecutrice, in data 08.06.2021 era stato eseguito un sopralluogo congiunto (Italferr + ditta sondaggi) per indagare le condizioni del sito concordato, sia per quanto riguarda le dimensioni di ingombro dell'autogru prevista, sia per quanto riguarda le condizioni del fiume nel punto

designato per le operazioni di varo ed alaggio dei moduli galleggianti e successivo assemblaggio della piattaforma e conseguentemente confermare la data di inizio concordata del 21 giugno. Pur riscontrando condizioni visibilmente sfavorevoli per le considerevoli portate che interessavano l'alveo, la ditta confermava la data di inizio confidando nei valori riportati da Arpav nella stazione di Verona negli anni precedenti. Tali valori mostravano una tendenza a giugno di livelli idrometrici e quindi portate e velocità di corrente inferiori rispetto a quanto riscontrato in fase di sopralluogo e mediamente all'interno del range di sicurezza individuato in un valore non inferiore a -1.5 m s.r. (rilevati all'idrometro di Verona) per rendere possibile la corretta esecuzione di tutte le attività previste.

Tale andamento, con livelli (portate) limitati nella stagione estiva, si era presentato 3 volte negli ultimi 4 anni.

Il 21.06.2021 il personale sul posto riscontrava il non miglioramento delle condizioni idrodinamiche. Nonostante ciò l'impresa aveva dato avvio al varo dei moduli galleggianti e aveva provato ad assemblare e ormeggiare la piattaforma in sicurezza, con esito negativo per l'elevata turbolenza della corrente.

Valutata anche l'impossibilità di ottenere condizioni idrodinamiche più favorevoli operando sulla diga di valle, l'impresa aveva abbandonato le operazioni di montaggio chiedendo il rinvio nei mesi invernali dove le condizioni idrometriche registrate negli anni scorsi risultavano di poco variabili intorno a -1.5 m con una velocità stimata inferiore ai 2 m/s, valore limite considerato utile per l'ormeggio dei moduli. Essendosi venuta a creare una condizione idrometrica favorevole, i sondaggi sono stati comunque eseguiti a fine settembre 2021.

2.2 Sondaggi in alveo

Sono stati eseguiti 2 sondaggi in prossimità delle pile del ponte esistente in sinistra idraulica. Il sondaggio SD1 è stato eseguito nei giorni 21/09/2021 – 23/09/2021, mentre il sondaggio SD2 è stato eseguito nei giorni 23/09/2021-25/09/2021. La Figura 1 seguente evidenzia la posizione planimetrica dei carotaggi. E' evidenziata anche la posizione di un sondaggio nelle immediate vicinanze della spalla destra, eseguito nel 2006, indicato con la dicitura SD3.



Figura 1 – Posizione sondaggi.

I risultati delle prove di laboratorio hanno evidenziato un diametro dei sedimenti d_{50} molto fine, inferiore al millimetro, contrariamente a quanto era riportato negli elaborati del progetto preliminare. È da precisare che, nella fase di progettazione precedente, il diametro dei sedimenti in alveo era stato dedotto da curve granulometriche reperite in letteratura, ma molto a monte della sezione occupata dal ponte.

Nelle tabelle seguenti (Tabella 1 e Tabella 2) sono riportati i valori, in termini di d_{50} , dedotti dalle curve granulometriche ottenuti dai campioni recentemente raccolti a diverse profondità.

SD1		
PROFONDITA'		d_{50}
da [m]	a [m]	[mm]
3,7	4	0,68635
7,7	8,1	5,65523
15,2	15,7	0,27261
17	17,4	0,00605
25,7	26,2	0,64196
33,2	33,6	0,51547
39,6	40	0,76426

Tabella 1 – d_{50} SD1

SD2		
PROFONDITA'		d_{50}
da [m]	a [m]	[mm]
1,7	2,1	0,6678
6,2	6,6	5,5831
11,6	12	0,95434
16,5	17	0,00868
20	20,4	0,55003
24,2	24,6	0,33029
31,6	32	0,82471
44	44,4	3,85325

Tabella 2 – d_{50} SD2

Le dimensioni dei sedimenti nel reale hanno da subito evidenziato notevoli difficoltà nella realizzazione del modello, sia per la necessità di utilizzare una scala geometrica molto più grande di quella ipotizzata in fase di gara basata sulle granulometrie del progetto preliminare, sia per la difficoltà di reperire sul mercato materiali con granulometrie molto fini, dell'ordine di 0.05 mm se si utilizzasse un fattore di scala pari a 1:20. È stata pertanto svolta un'indagine approfondita di mercato per valutare la possibilità di utilizzo di un materiale alternativo con possibilità di garantire diametri molto inferiori al millimetro. Sono stati valutati diversi materiali tra cui limi, lignite, polvere di gusci di nocciole e bachelite. Tutti i materiali analizzati presentavano difficoltà di approvvigionamento per quantità considerevoli.

Inoltre, le considerevoli dimensioni del modello che si avrebbero adottando una scala 1:20 pongono non poche difficoltà per garantire uniformità nell'inserimento in alveo del materiale.

L'esperienza pregressa nella costruzione di modelli fisici pone inoltre il dubbio se sedimenti così fini avrebbero potuto non essere rappresentativi del comportamento del materiale nel reale, ed è stata svolta una ricerca bibliografica al fine di individuare se vi fossero evidenze scientifiche sugli effetti della scelta di sedimenti molto fini nella previsione dello scavo su modello.

Come riportato in *"Effect of Sediment Size scaling on Physical Modeling of Bridge Pier Scour"* (Lee and Sturm, ASCE 2009) il diametro d_{50} dei sedimenti, non sembra influenzare i valori dello scavo massimo per elevati valori del rapporto b/d_{50} , dove b è la larghezza della pila. In laboratorio, sulla base di una vasta serie di esperienze realizzate per valori del numero di Froude inferiori a 0.4, il rapporto d_s/b , dove d_s è la massima profondità di scavo osservata, tende a crescere al crescere con il rapporto b/d_{50} fino ad un massimo a $b/d_{50} \cong 25$ e diventa praticamente indipendente per valori di b/d_{50} maggiori di 50.

Nella pubblicazione scientifica è inoltre sottolineato inoltre come l'utilizzo di sedimenti molto fini scelti in accordo alla scala geometrica, possa causare l'insorgenza di forze (resistenti) tra le particelle non presenti nella realtà, ponendo quindi seri dubbi sull'effettiva necessità di rispettare perfettamente il rapporto di scala dei sedimenti nel caso in esame.

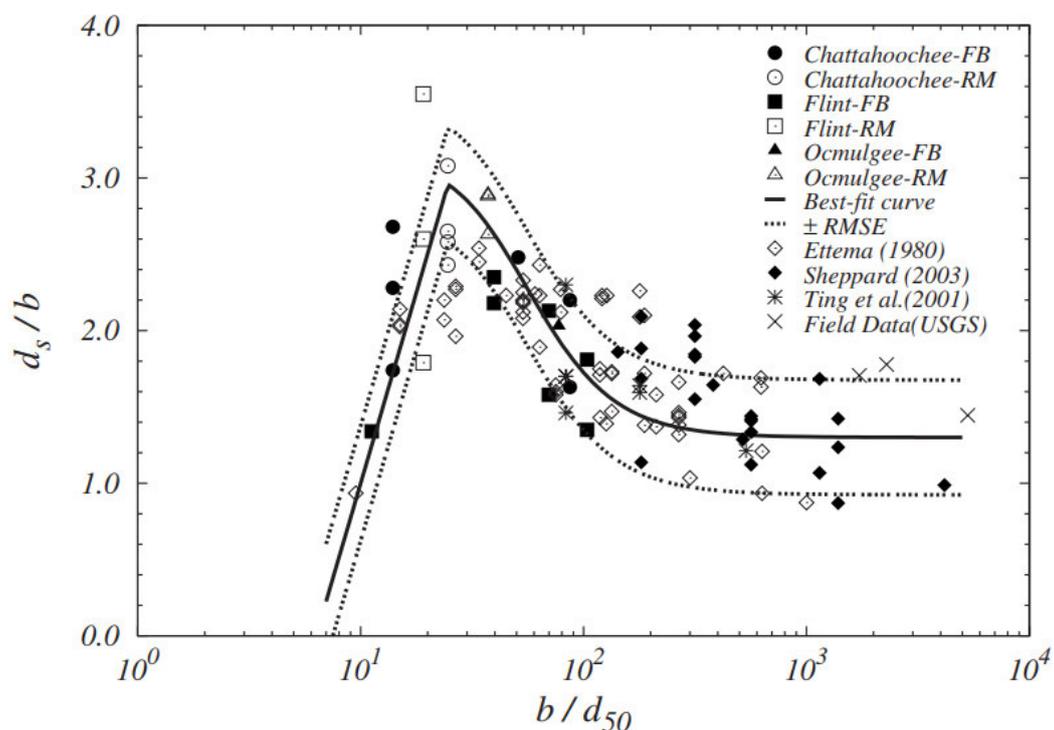


Figura 2 – Andamento del massimo scavo in funzione del diametro dei sedimenti

4.IDROLOGIA

È in fase di revisione la relazione idrologica aggiornata secondo le indicazioni del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici.

Le portate previste nella relazione idrologica allegata al progetto erano state dedotte da un aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige avvenuto a seguito dei lavori di realizzazione argini in sinistra idraulica del Fiume Adige in Comune di Verona ultimati in data 15/02/2012.

L'analisi degli afflussi e deflussi, riportata nel Piano, prende in considerazione valori di portata associati ai tempi di ritorno di 30,100 e 200 anni, nell'ipotesi di massima apertura della galleria Adige-Garda, calcolati mediante l'adozione di un modello matematico del tratto trentino del corso d'acqua. Nella condizione di massima apertura della galleria Adige-Garda, i valori di portata calcolati sono stati diminuiti di 500 mc/s, cioè della massima portata scolmabile all'interno del manufatto. In questo modo sono stati ricavati i valori di portata di progetto riportati nella seguente Tabella 3.

Configurazioni di studio	Tempo di ritorno	Q
	[anni]	[mc/s]
ante e post operam	30	1548
	100	1621
	200	1676
	500	1733*
post operam (protezioni alveo)	Tr 500 + 500mc/s	2233*
fase provvisoria	durata 60 gg annui	300

Tabella 3 – Portate previste in progetto in accordo con il Piano Stralcio di Bacino (la portata con tempo di ritorno 500 anni era stata ottenuta mediante interpolazione).

I nuovi valori da utilizzare su modello sono stati dedotti dall’elaborazione statistica dei dati registrati a Trento ridotti di 500 m³/s, portata questa divertita dalla galleria Mori-Torbole, come già precisato. La Figura 3 rappresenta l’andamento della portata in funzione del tempo di ritorno, come rappresentata in Da Deppo et al., 2019. Come si evince dalla figura l’analisi statistica è stata eseguita su di un campione esteso e rappresentativo di dati di portata.

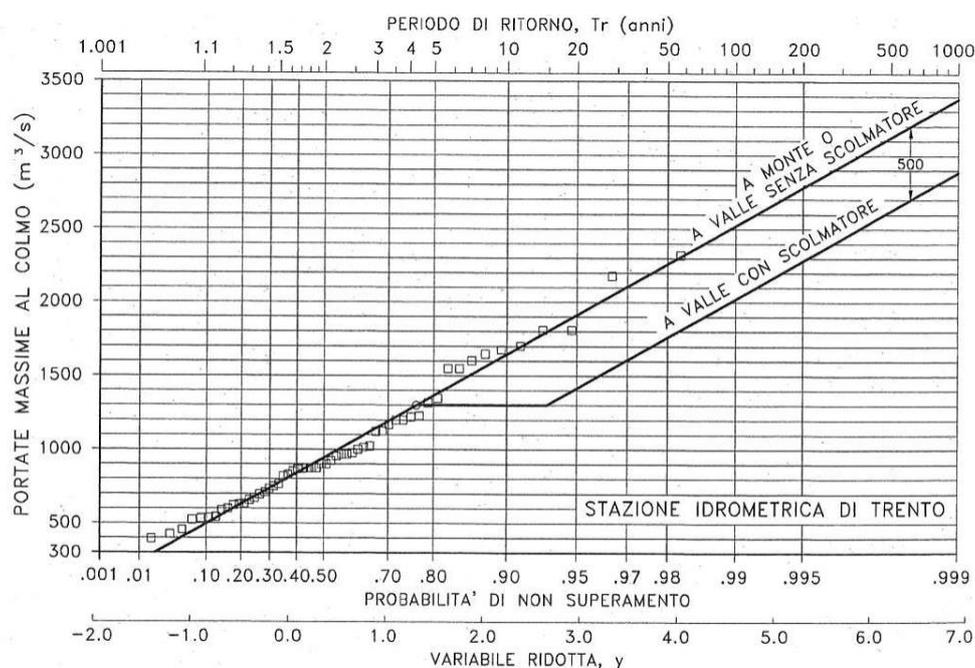


Fig. 8.50: portate di piena dell'Adige, a monte e a valle dello scolmatore Adige-Garda, in funzione del periodo di ritorno.

Figura 3 – Portate di piena Adige a monte dello scolmatore Adige -Garda

La tabella seguente riporta in sintesi i valori di portata da utilizzare su modello.

Configurazioni di studio	Tempo di ritorno	Q
	[anni]	[mc/s]
ante e post operam	30	1550
	100	2000
	200	2300
	500	2600
fase provvisoria	Da valutare	Da valutare

Tabella 4 – Portate di progetto Modello fisico

Tali valori, oltre ad essere in ragione di sicurezza rispetto a quelli previsti in sede progettuale, risultano maggiormente in linea con quelli riportati nel Piano di Bacino (Tabella 5) in corrispondenza della stazione di Pescantina (a monte del ponte) e a Boara Pisani (a valle). Anche in tal caso la portata in funzione del tempo di ritorno era stata ottenuta mediante elaborazione statistica di dati misurati.

	Q ₃₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
ADIGE A PESCANTINA	1923	2470	2773

	Q ₃₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
ADIGE A BOARA PISANI	1737	2210	2467

Tabella 5 – Portate a Pescantina e Boara Pisani dedotte dal Piano di Bacino.

3. MODELLO FISICO

Sulla base delle considerazioni precedenti è stato individuato un fattore di scala pari ad 1:30 riducendo l'estensione del modello rispetto a quanto previsto in fase di gara, come evidenziato nella Figura 4 – Estensione del modello fisico.

Le condizioni al contorno saranno dedotte dal modello numerico bidimensionale utilizzato per la progettazione del ponte.

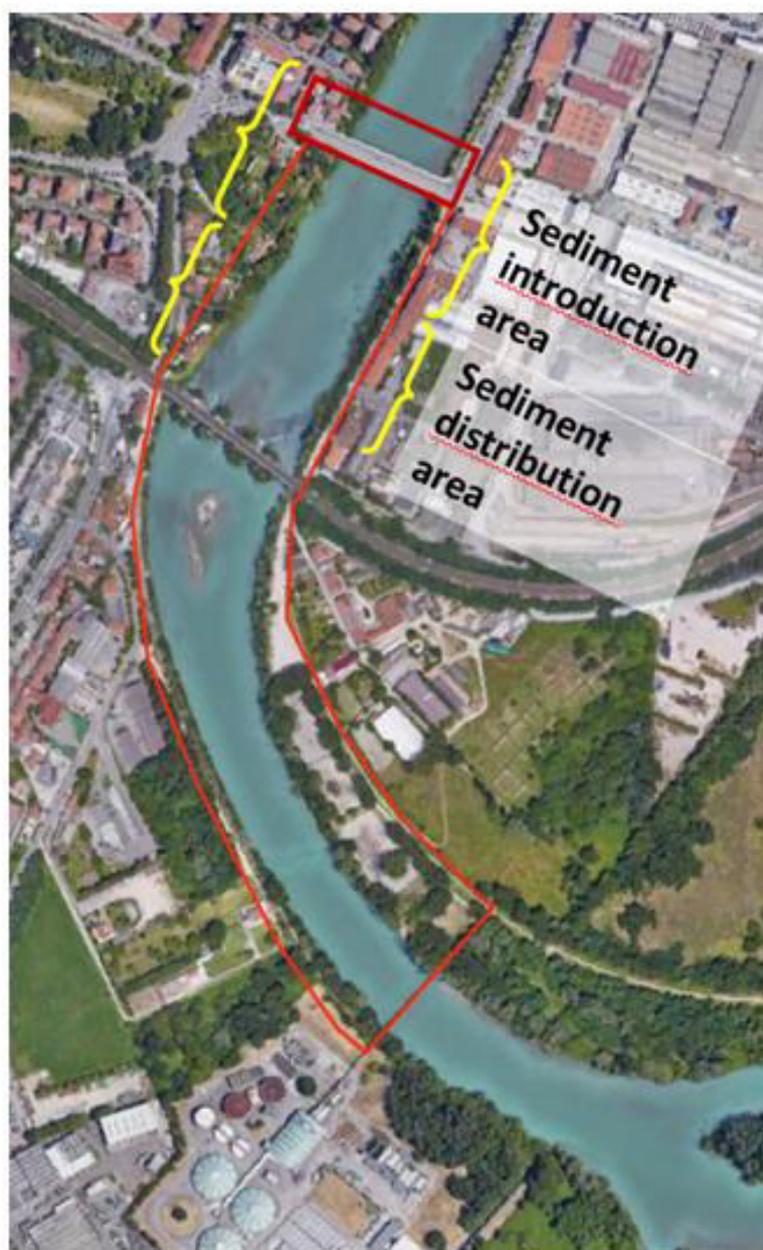


Figura 4 – Estensione del modello fisico

Il sedimento da utilizzare nel modello è costituito da sabbia di quarzo con peso con la seguente curva granulometrica, dalla quale si deduce un d_{50} pari a circa 0.27 m (Figura 5).

Chiaramente la condizione d'incipiente movimento così come il fenomeno di trasporto solido, legato all'eccesso di tensione tangenziale, risulterà in qualche misura modificata. Questo però non interferisce con gli scopi dello studio. La Figura 6 mostra come, per la granulometria scelta e le dimensioni delle pile, la modellazione del fenomeno erosivo localizzato risulti in sostanza non influenzato dal diametro utilizzato, in accordo alla pubblicazione precedentemente citata. Ovviamente, le protezioni al fondo e di sponda saranno realizzate nel totale rispetto della scala di similitudine.

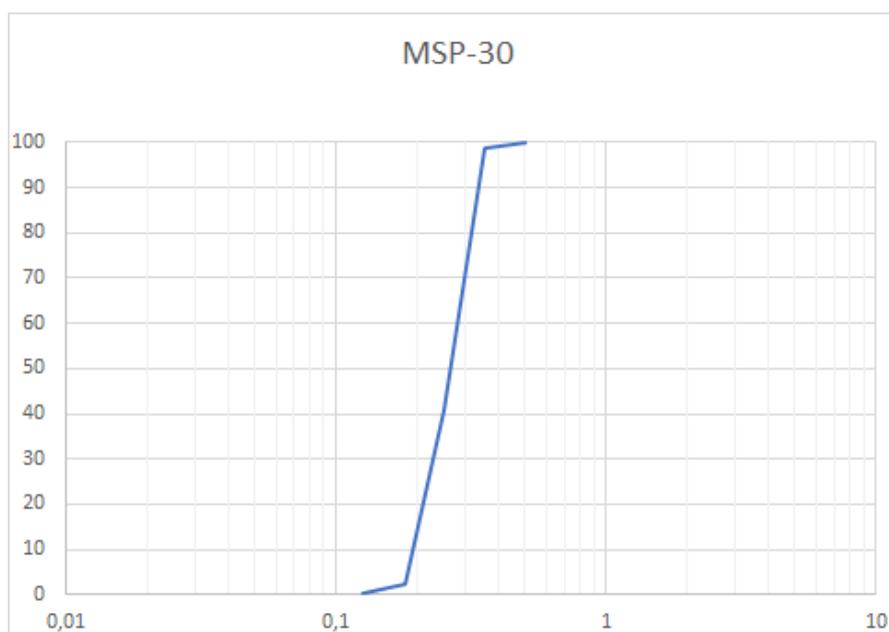


Figura 5 – Fuso granulometrico del materiale da utilizzare su modello (misure in mm)

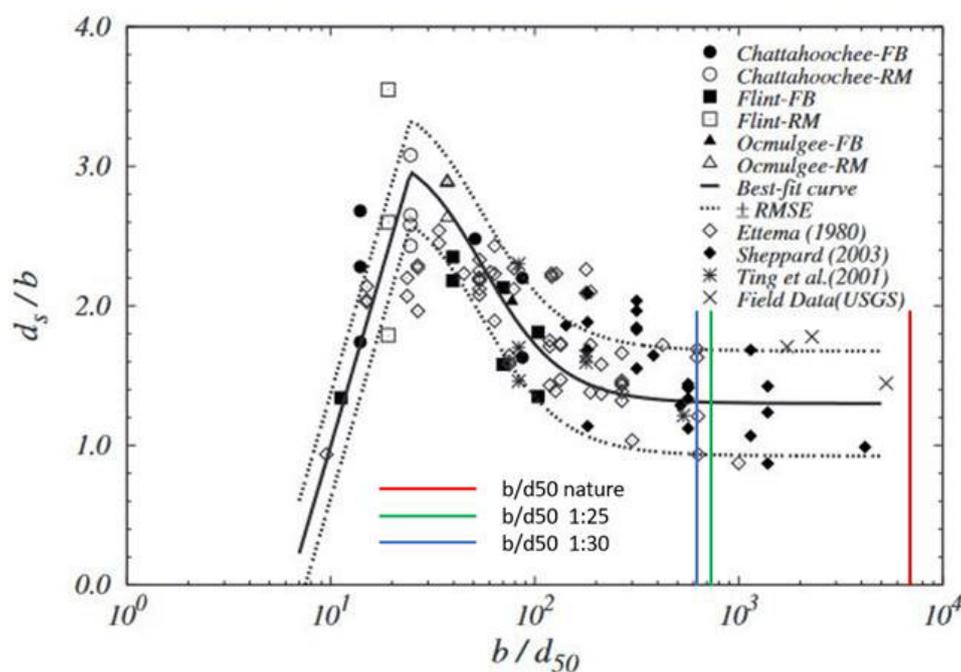


Figura 6 – Valutazione non influenza del diametro del sedimento nel modello raffrontato a quello presente in alveo.

3.1 Prove su modello

Di seguito si indicano le prove del modello sulla base del Disciplinare di contratto e delle richieste del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici.

Avendo preliminarmente provveduto alla rimozione delle protezioni esistenti attorno alle pile del vecchio ponte, si procederà nel seguente modo:

1. Verifica della stabilità delle protezioni di fondo previste in progetto;

2. Verifica dello scavo localizzato nell'intorno delle pile senza protezioni di fondo nella configurazione di progetto;
3. Verifica delle fasi provvisionali di costruzione del modello;

Il tempo di ritorno delle prove sarà quello duecentennale, salvo diverse indicazioni. Si resta comunque in attesa di avere precise specifiche in relazione alle portate da adottare per la verifica delle opere provvisionali.

3.2 Cronoprogramma attività future

Allo stato attuale sono stati acquisiti gli elaborati di progetto del ponte e delle fasi di costruzione.

Sono in fase di progettazione gli elementi del modello fisico tra cui sezioni dell'alveo ed elementi costruttivi del ponte.

È stato implementato il modello numerico per la determinazione delle condizioni al contorno.

Si riporta di seguito un cronoprogramma delle prossime attività.

1. Firma contratto con il costruttore entro 1.2.2022;
2. Lavori preparatori e costruzione del modello entro 18.3.2022;
3. Test protezioni di fondo 1.4.2022;
4. Stima scavo senza protezioni e fasi costruttive ed eventuali altre prove richieste entro il 31.05.2022;
5. Report finale entro il 6.7.2022;