

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45) –
Palazzo del Pero – Completamento

PROGETTO DEFINITIVO

FI 509

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35011</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GPI INGEGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfilì</i> N° A2657 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone al n. 790A</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>

STUDI E INDAGINI

Idrologia e idraulica

Relazione idraulica attraversamenti maggiori (viadotto)

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO LIV.PROG ANNO DPAN259 D 21		TOOID00IDRRE04_A			
CODICE ELAB.		T O O I D O O I D R R E O 4		A	-
D					
C					
B					
A	Emissione	Maggio '22	Capponi	Panfilì	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	ANALISI IDRAULICA	3
2.1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.2.	MODELLO IDRAULICO	4
3.	OPERE DI ATTRAVERSAMENTO MAGGIORI.....	5
3.1.	VIADOTTO SUL CANALE MAESTRO DELLA CHIANA	5
3.2.	MODELLO IDRAULICO CANALE MAESTRO DELLA CHIANA	7
3.2.1.	<i>Planimetrie, profili e sezioni.....</i>	7
3.2.2.	<i>Outputs numerici</i>	16
4.	ANALISI DELL'EROSIONE ALLA BASE DELLE PILE IN ALVEO DEL VIADOTTO SUL CANALE MAESTRO DELLA CHIANA.....	17

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di descrivere le analisi e le verifiche idrauliche condotte nell'ambito del progetto definitivo relativo all'intervento "*E 78 Grosseto – Fano, Tratto Nodo di Arezzo - Selci - Lama (E 45) – Palazzo del Pero - Completamento*".

Il presente studio va esaminato congiuntamente all'elaborato T00 ID 00 IDR RE 01 "*Relazione idrologica*", nell'ambito della quale si sono sviluppati i modelli concettuali utili alla definizione delle portate di riferimento.

In particolare, la presente relazione contiene le verifiche idrauliche finalizzate alla valutazione delle possibili interferenze tra le correnti di piena e le opere di attraversamento maggiori (viadotti) per scenari caratterizzati da tempo di ritorno pari a 200 anni. Le analisi sono state condotte con lo scopo di verificare il franco idraulico e le profondità di scavo in corrispondenza delle pile in occasione dell'evento di piena di riferimento.

Le principali interferenze del tracciato, per le quali si sono attenzionati questi aspetti specifici, sono:

1. Viadotto sul Canale Maestro della Chiana.

2. ANALISI IDRAULICA

2.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

La verifica idraulica degli attraversamenti è effettuata sulla base di quanto disposto dalle normative vigenti in materia, le quali vengono di seguito elencate:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” (G.U. n.8 del 20/02/2018) - comma 5.1.2.3 “Compatibilità idraulica”
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (G.U. n.5 del 21/01/2019) - – cap. 5.1. Ponti stradali – Comma 5.1.2.3 “Compatibilità idraulica”

Per la progettazione dei ponti, la normativa prescrive che:

- Portata di progetto: Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$) (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)
- Alveo: Ai fini dell'applicazione del punto 5.1.2.3 della Norma, s'intende per alveo la sezione occupata dal deflusso della portata di piena di progetto. (Circolare 21 gennaio 2019 - comma 5.1.2.3)
- Posizionamento pile e spalle: Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente.
- Franco idraulico: 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. (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)
- Quota sottotrave: Quando, per caratteristiche del territorio e del corso d'acqua, si possa verificare nella sezione oggetto dell'attraversamento il transito di tronchi di rilevanti dimensioni, in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1,50 m, è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia indicativamente non inferiore a 6÷7 m. Nel caso di corsi di acqua arginati, la quota di sottotrave sarà comunque non inferiore alla

PROGETTAZIONE ATI:

quota della sommità arginale per l'intera luce. Per tutti gli attraversamenti è opportuno sia garantito il transito dei mezzi di manutenzione delle sponde e/o delle arginature. (Circolare 21 gennaio 2019 - comma 5.1.2.3)

- Tombino: La Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, contenente le istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018, al punto C5.1.2.3 *Compatibilità Idraulica*, precisa che per tombino si intende "un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 mc/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comune un tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti". Relativamente al franco nei tombini la predetta circolare prescrive che "nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idraulico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 50 cm".

2.2. MODELLO IDRAULICO

I fenomeni di deflusso in esame si caratterizzano per la prevalenza di una dimensione rispetto alle altre, ed appare quindi del tutto ragionevole l'accettazione della ipotesi di monodimensionalità del moto. Un ragionevole compromesso tra l'accuratezza e lo sforzo computazionale appare pertanto quello di limitare la simulazione, in condizioni di portate estreme, all'ipotesi di condizioni di quasi stazionarietà concomitanti con il passaggio del colmo di piena, ed adottando differenti coefficienti di scabrezza e di ragguglio delle velocità per le aree golenali, rispetto all'alveo vero e proprio. Anche in tali condizioni, assai incerte rimangono le determinazioni relative alla effettiva direzione del moto ed al conseguente fenomeno di riduzione delle distanze, per effetto dei tagli temporanei di eventuali curve, e delle conseguenti accentuazioni della pendenza idrica locale.

Al fine di valutare le condizioni di sicurezza dal punto di vista idraulico delle predette opere di attraversamento, per ciascuna di esse è stata sviluppata una modellazione in moto permanente mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) versione 6.1, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. per l'esauritiva trattazione dei principi teorici sui quali si basa la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto si rimanda all'indirizzo internet <http://www.hec.usace.army.mil> (in particolare alle pubblicazioni "Hydraulic Reference Manual", e "User's Manual").

3. OPERE DI ATTRAVERSAMENTO MAGGIORI

3.1. VIADOTTO SUL CANALE MAESTRO DELLA CHIANA

La geometria delle sezioni fluviali è stata desunta dal rilievo topografico strumentale effettuato dall'Ufficio Speciale Idraulico, Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per la Regione Toscana, Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (2002) nel tratto del Canale Maestro della Chiana compreso tra le sezioni 182 e 135, per una lunghezza complessiva di 2.4 km (di cui 700 m a monte dell'opera di progetto). Nel tratto interessato dall'opera di progetto, si è fatto riferimento invece allo specifico rilievo topografico effettuato nell'ambito del presente progetto.

Il coefficiente di scabrezza del corso d'acqua, avendo adottato la formulazione di Manning, è stato assunto come indicato nella tabella seguente:

Opera	Alveo ordinario (Manning $m^{-1/3}s$)	Aree golenali (Manning $m^{-1/3}s$)
ponte	0.03	0.035

Per svolgere la simulazione e calcolare il livello del pelo libero in una data sezione, è necessario conoscere la medesima grandezza in una sezione prossima a questa, a monte o a valle a seconda del regime di corrente.

Il programma provvede automaticamente al riconoscimento per tratti del regime di corrente che si può effettivamente instaurare per la portata assegnata e, se in un tratto la corrente ad esempio è veloce, esso adotterà quale altezza di riferimento quella fornita in input per l'estremo di monte; viceversa, se la corrente del tratto è lenta, quale altezza di controllo sarà adottata quella fornita in input per la sezione terminale di valle. Nei tratti intermedi il programma adotta analoghi criteri ed è in grado di processare situazioni in cui i due regimi si susseguono in qualsiasi ordine.

Per effettuare la simulazione è quindi necessario imporre delle condizioni al contorno a monte e a valle dei tratti in esame. Com'è noto questa condizione può essere imposta in vari modi: livello idrico noto, altezza critica, altezza di moto uniforme, scala di deflusso.

A questo proposito va tuttavia osservato che il metodo d'integrazione numerica adottato dal software ("Standard step method") è intrinsecamente autoregolante, ovvero, dopo pochi step spaziali (sezioni), l'altezza della corrente risulta invariante rispetto alla condizione al contorno adottata. Per questo motivo, eventuali imprecisioni nella valutazione delle altezze di controllo diventano inessenziali se si dispone di un numero di sezioni in eccesso rispetto a quelle strettamente occorrenti per l'estensione del tratto da indagare.

Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è optato per l'altezza di moto uniforme, imponendo per la linea dei carichi una pendenza pari a quella del thalweg (0.14%).

Nella tabella seguente, con riferimento alla sezione posta immediatamente a monte di ciascuno degli attraversamenti oggetto di analisi, si indica: la portata duecentennale di riferimento (in mc/s), il livello idrico (m.s.l.m.), la quota di intradosso del manufatto di progetto (m.s.l.m.).

PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)

Attraversamento	QTR200 [mc/s]	Livello idrico [m s.l.m.]	Quota intradosso [m s.l.m.]	Franco [m]
<i>Viadotto sul Canale Maestro della Chiana</i>	731.23	238.85	> 240.35	> 1.5

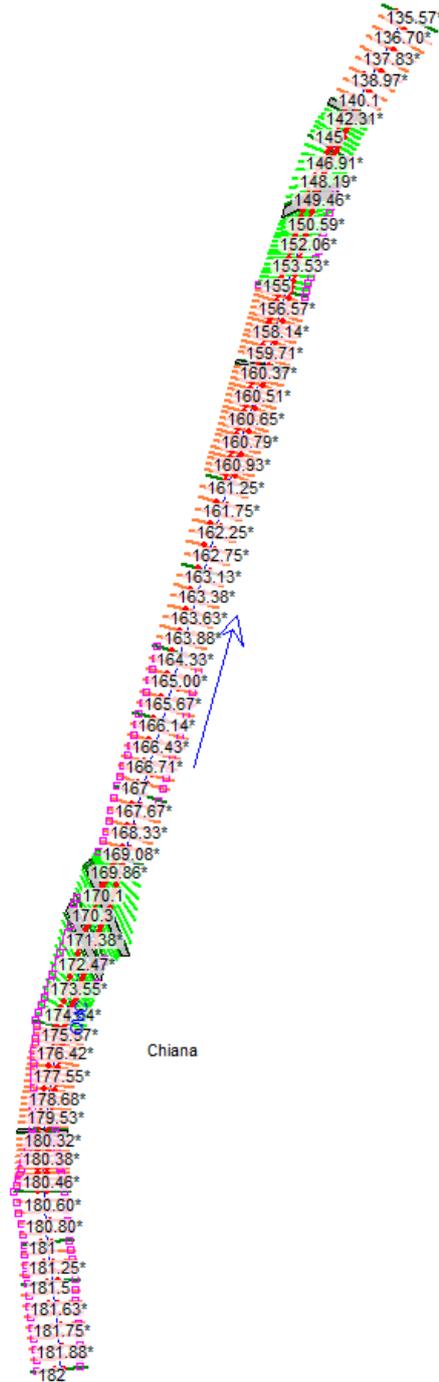
Nei paragrafi seguenti si riportano gli outputs grafici e numerici delle simulazioni effettuate.

Si precisa che il nuovo viadotto di progetto è contraddistinto nel modello numerico dal codice RS 169.75.

PROGETTAZIONE ATI:

3.2. MODELLO IDRAULICO CANALE MAESTRO DELLA CHIANA

3.2.1. Planimetrie, profili e sezioni



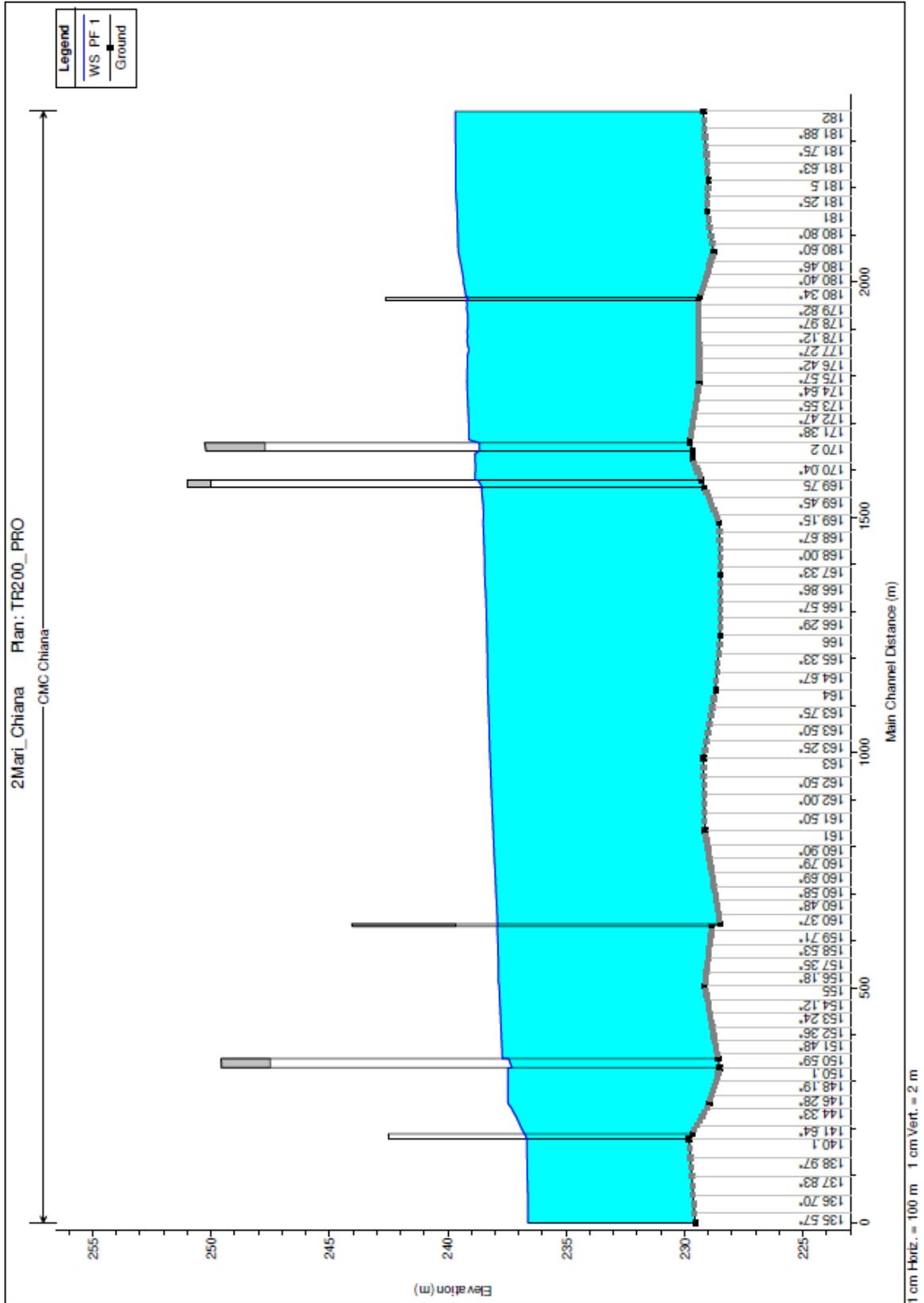
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



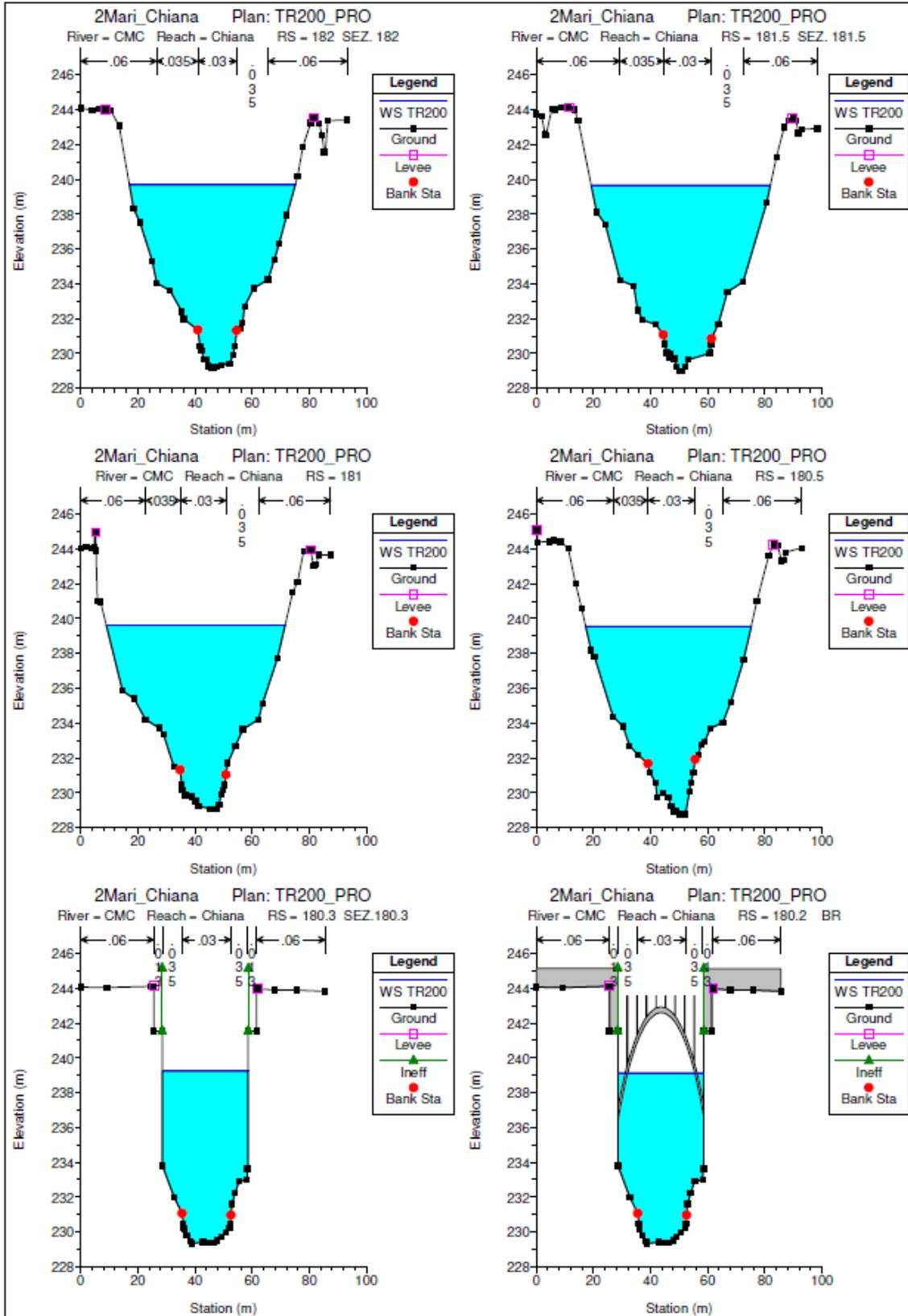
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



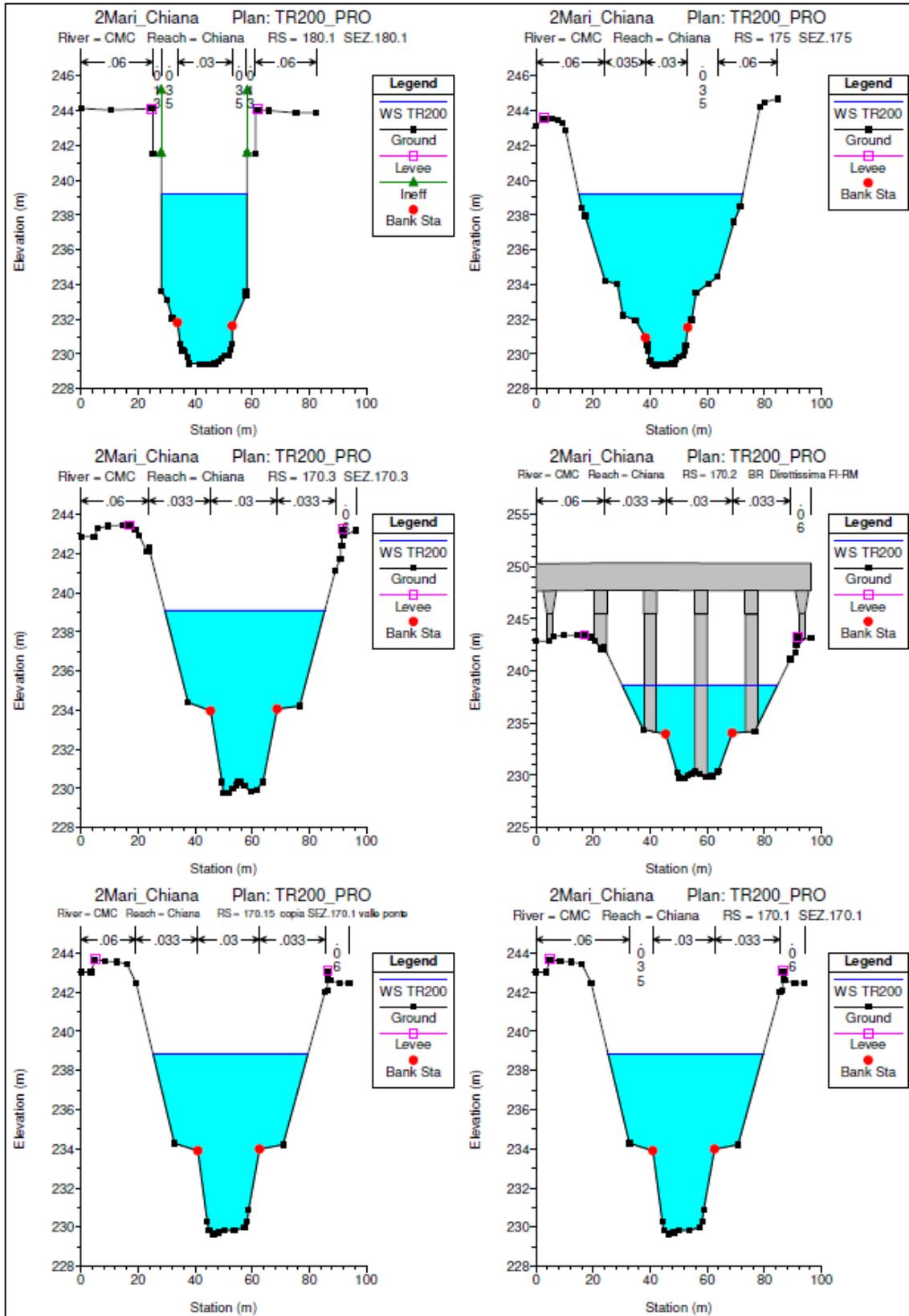
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



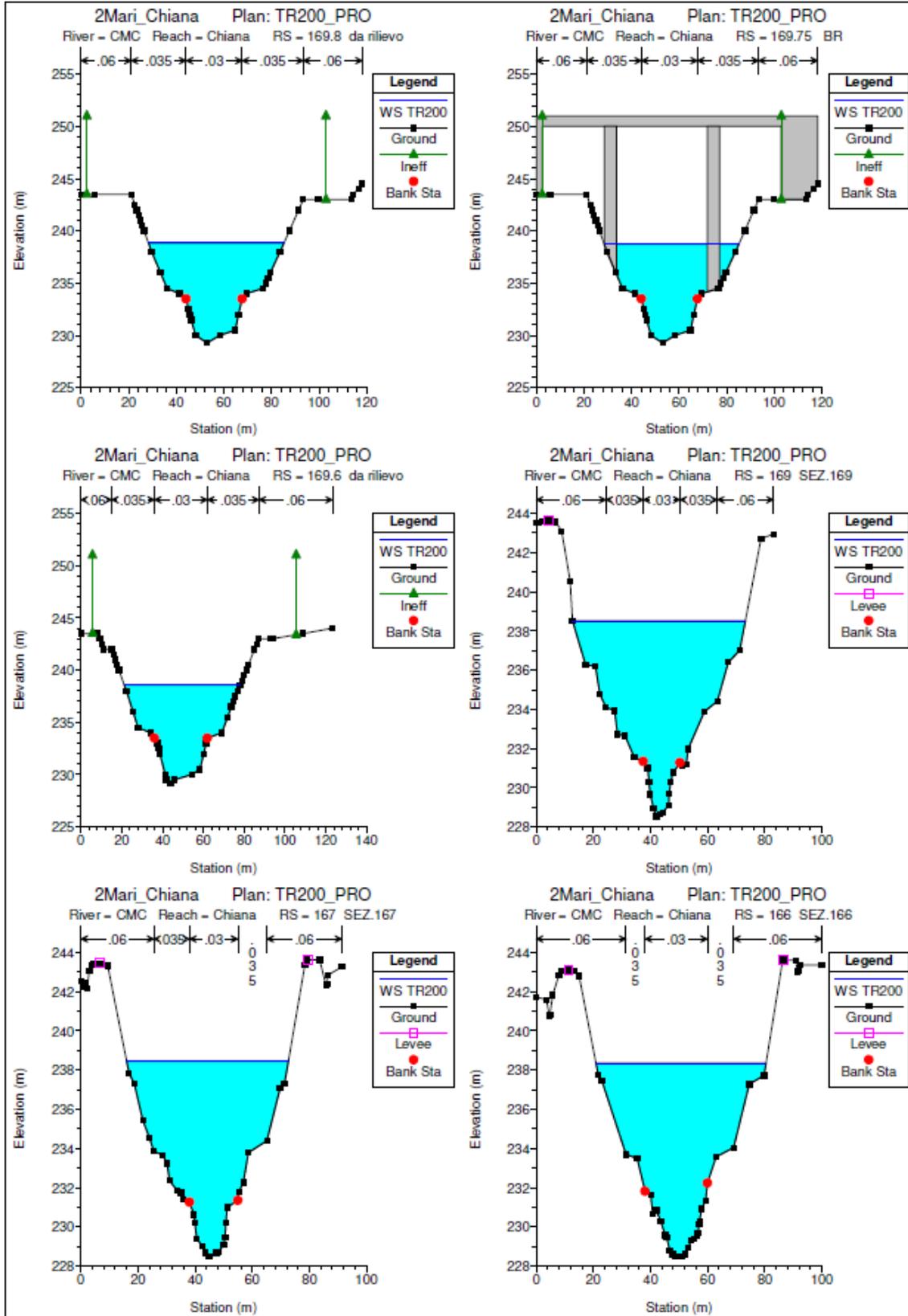
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



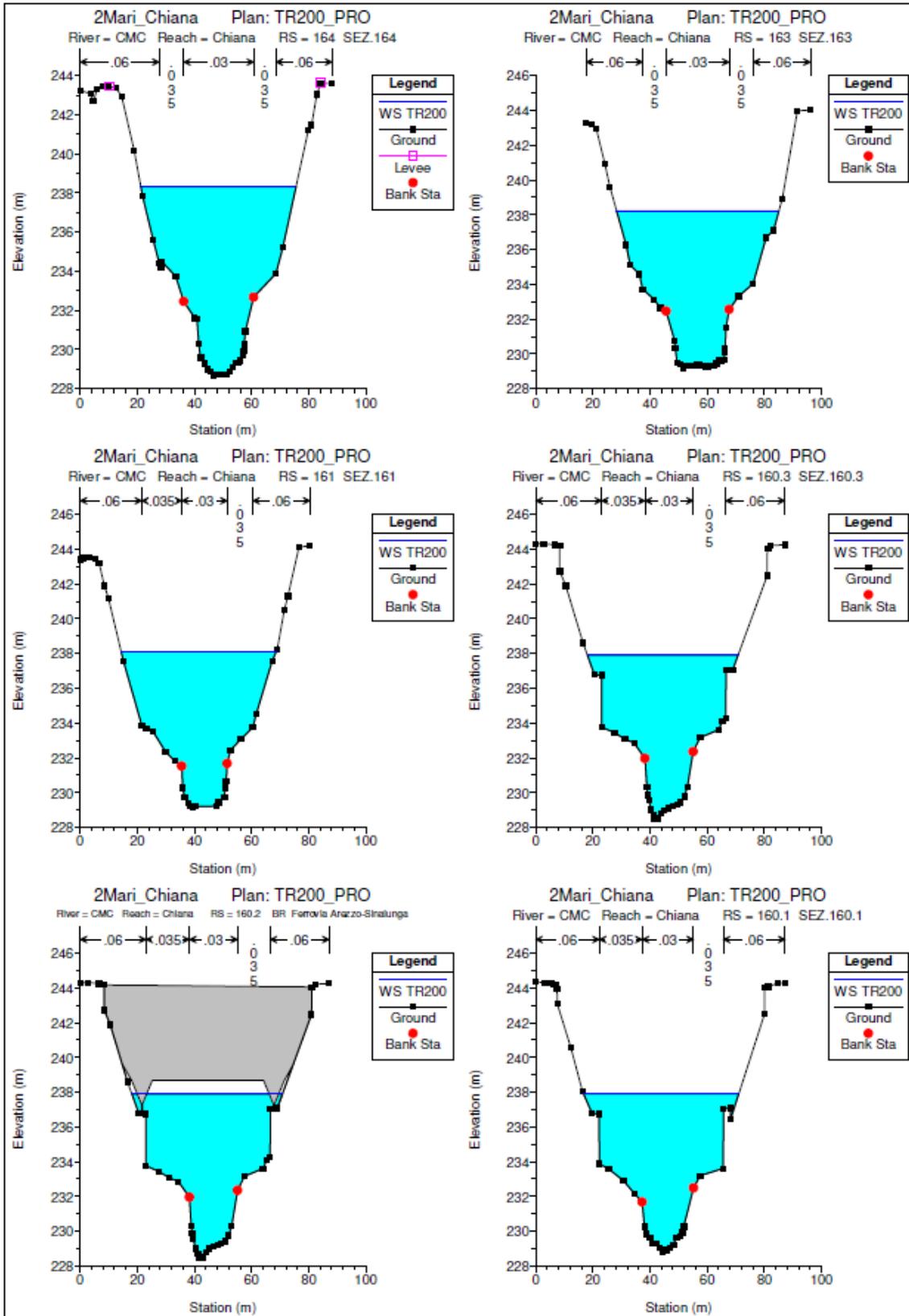
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



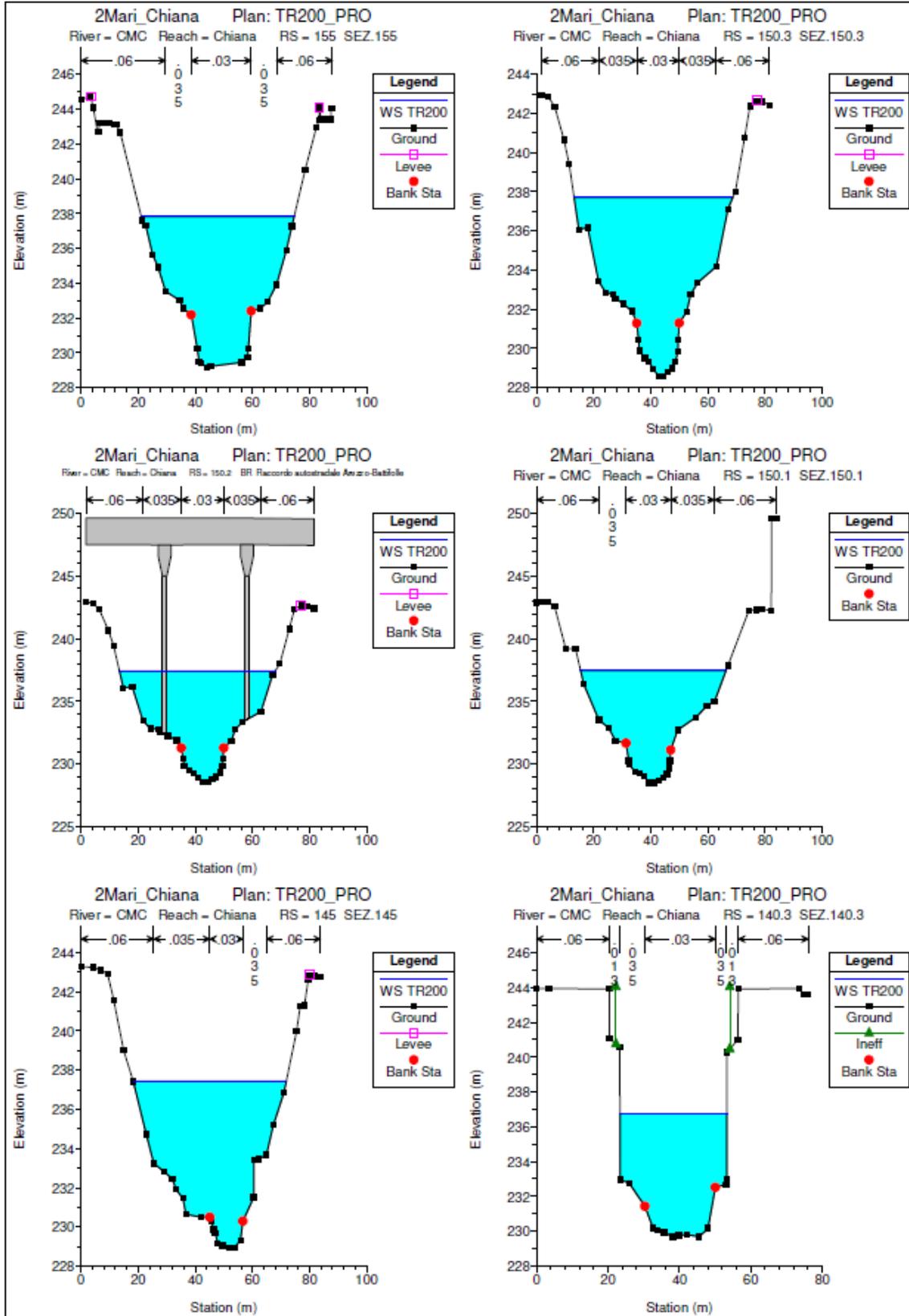
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



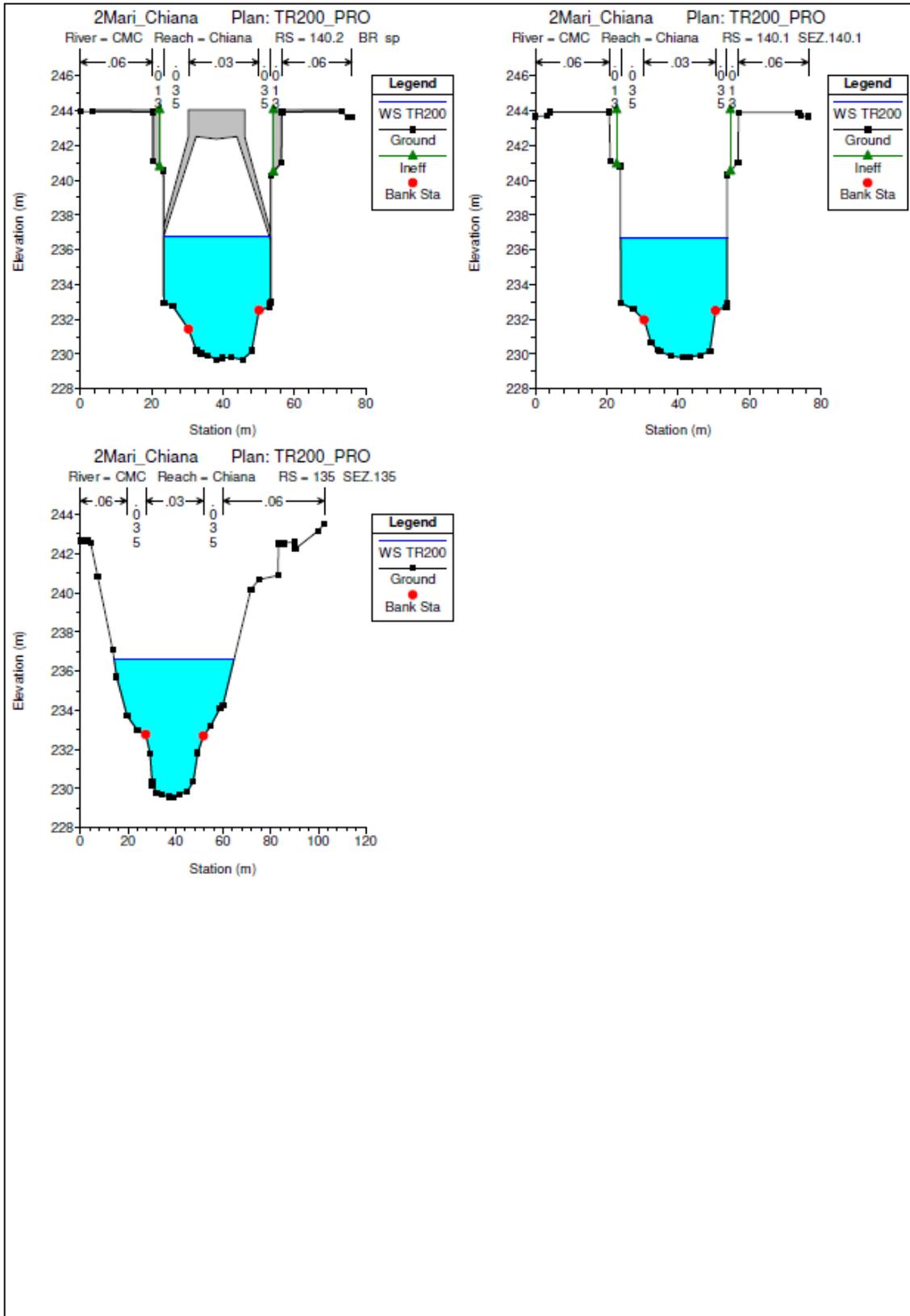
PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



PROGETTAZIONE ATI:

3.2.2. Outputs numerici

Tabella 3-1: outputs numerici nel tratto oggetto di analisi

HEC-RAS Plan: TR200_PRO River: CMC Reach: Chiana Profile: TR200

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
Chiana	182	TR200	731.23	229.20	239.68	235.52	239.94	0.000367	2.75	360.66	58.06	0.28
Chiana	181.5	TR200	731.23	229.00	239.67	235.02	239.88	0.000271	2.41	404.29	62.77	0.24
Chiana	181	TR200	731.23	229.06	239.61	235.35	239.85	0.000322	2.63	386.20	62.51	0.26
Chiana	180.5	TR200	731.23	228.77	239.55	235.38	239.82	0.000370	2.69	358.64	57.94	0.28
Chiana	180.3	TR200	731.23	229.34	239.23	235.03	239.75	0.000576	3.46	250.87	29.95	0.36
Chiana	180.2	Bridge										
Chiana	180.1	TR200	731.23	229.40	239.21	234.89	239.70	0.000565	3.31	252.57	29.95	0.34
Chiana	175	TR200	731.23	229.37	239.19	235.47	239.50	0.000439	2.94	336.41	57.48	0.30
Chiana	170.3	TR200	731.23	229.76	239.10	235.68	239.44	0.000514	2.85	311.14	56.08	0.32
Chiana	170.2	Bridge										
Chiana	170.15	TR200	731.23	229.65	238.86	235.73	239.24	0.000606	3.04	293.29	54.33	0.34
Chiana	170.1	TR200	731.23	229.65	238.84	235.72	239.23	0.000618	3.07	292.57	54.28	0.34
Chiana	169.8	TR200	731.23	229.28	238.85	235.35	239.20	0.000503	2.87	313.83	56.95	0.32
Chiana	169.75	Bridge										
Chiana	169.6	TR200	731.23	229.14	238.58	235.08	238.92	0.000502	2.82	312.38	56.91	0.32
Chiana	169	TR200	731.23	228.53	238.51	235.53	238.87	0.000649	3.26	308.12	60.49	0.35
Chiana	167	TR200	731.23	228.47	238.44	235.16	238.80	0.000551	3.09	310.32	56.62	0.33
Chiana	166	TR200	731.23	228.49	238.35	234.91	238.72	0.000535	3.01	308.45	59.52	0.33
Chiana	164	TR200	731.23	228.69	238.30	234.76	238.65	0.000499	2.85	309.82	54.28	0.32
Chiana	163	TR200	731.23	229.20	238.21	234.86	238.58	0.000552	2.97	306.59	56.76	0.33
Chiana	161	TR200	731.23	229.13	238.09	235.13	238.49	0.000656	3.26	290.16	54.19	0.35
Chiana	160.3	TR200	731.23	228.50	237.90	235.20	238.34	0.000746	3.38	272.75	52.72	0.37
Chiana	160.2	Bridge										
Chiana	160.1	TR200	731.23	228.84	237.91	235.13	238.33	0.000671	3.24	276.97	54.33	0.36
Chiana	155	TR200	731.23	229.14	237.83	234.72	238.23	0.000627	3.11	290.02	53.54	0.35
Chiana	150.3	TR200	731.23	228.58	237.70	235.06	238.12	0.000726	3.40	282.28	55.54	0.37
Chiana	150.2	Bridge										
Chiana	150.1	TR200	731.23	228.52	237.46	235.18	237.99	0.000888	3.71	255.62	50.91	0.41
Chiana	145	TR200	748.19	228.95	237.45	234.80	237.89	0.000800	3.65	279.71	53.61	0.41
Chiana	140.3	TR200	748.19	229.68	236.75	235.09	237.76	0.001741	4.68	174.89	29.96	0.58
Chiana	140.2	Bridge										
Chiana	140.1	TR200	748.19	229.80	236.66	235.16	237.73	0.001962	4.83	168.67	29.86	0.61
Chiana	135	TR200	748.19	229.55	236.62	235.01	237.33	0.001402	4.03	219.49	50.44	0.51

Tabella 3-2: outputs numerici alla sezione 169.75 in corrispondenza del ponte di progetto per TR=200 anni

Plan: TR200_PRO CMC Chiana RS: 169.75 Profile: TR200

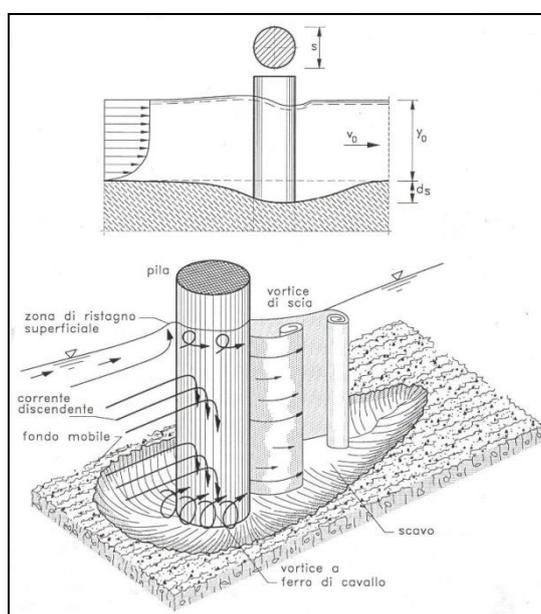
E.G. US. (m)	239.20	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	238.85	E.G. Elev (m)	239.18	238.93
Q Total (m3/s)	731.23	W.S. Elev (m)	238.73	238.52
Q Bridge (m3/s)	731.23	Crit W.S. (m)	235.27	235.04
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	9.45	9.38
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.63	2.58
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	277.68	283.68
Weir Submerg		Froude # Chl	0.35	0.34
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	1210.19	1206.92
Min El Weir Flow (m)	251.00	Hydr Depth (m)	5.97	5.89
Min El Prs (m)	250.00	W.P. Total (m)	62.24	63.64
Delta EG (m)	0.27	Conv. Total (m3/s)	29213.3	27525.0
Delta WS (m)	0.27	Top Width (m)	46.52	48.20
BR Open Area (m2)	1131.32	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	2.63	C & E Loss (m)		
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	27.41	30.85
BR Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	72.18	79.52

PROGETTAZIONE ATI:

4. ANALISI DELL'EROSIONE ALLA BASE DELLE PILE IN ALVEO DEL VIADOTTO SUL CANALE MAESTRO DELLA CHIANA

La causa principale dell'erosione localizzata in corrispondenza della base delle pile in alveo a fondo mobile è la formazione di vortici alla loro base, che sono comunemente detti "vortici a ferro di cavallo".

Tale fenomeno viene ad interessare planimetricamente tutta l'area circostante la pila fino alla linea di separazione del vortice dal flusso circostante (vedi figura seguente).



Erosione localizzata provocata dalla pila di un ponte

(Da Deppo/Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali" – maggio 1999)

La metodologia sviluppata da Breusers, descritta in dettaglio ad esempio in Da Deppo e Datei (1994)¹, è una delle formule più utilizzate per la stima dello scalzamento. Secondo tale approccio i principali fattori che influenzano il processo di erosione alla base delle pile sono la velocità media e la profondità della corrente, la larghezza, la lunghezza e la forma della pila, l'angolo di attacco della corrente, la natura e le dimensioni del materiale d'alveo e l'eventuale presenza di detriti trasportati. Data una pila di forma generica, la profondità dello scavo d_s può essere dunque descritta così:

¹ Luigi Da Deppo, Claudio Datei, *Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali*. Editoriale Bios. (1994)

$$\frac{d_s}{s} = f_1\left(\frac{v}{v_{cr}}\right) f_2(forma) f_3\left(\alpha, \frac{l}{s}\right) \left[2 \tanh\left(\frac{y}{s}\right) \right]$$

nelle quali le funzioni f_1 , f_2 e f_3 hanno le seguenti espressioni:

$$f_1\left(\frac{v}{v_{cr}}\right) = 0 \quad \text{per } \frac{v}{v_{cr}} \leq 0.5$$

$$f_1\left(\frac{v}{v_{cr}}\right) = 2 \frac{v}{v_{cr}} - 1 \quad \text{per } 0.5 < \frac{v}{v_{cr}} \leq 1$$

$$f_1\left(\frac{v}{v_{cr}}\right) = 1 \quad \text{per } \frac{v}{v_{cr}} > 1$$

$$f_2(forma) = 1.00 \quad \text{per pile circolari o con fronti arrotondati;}$$

$$f_2(forma) = 0.75 \quad \text{per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente;}$$

$$f_2(forma) = 1.30 \quad \text{per pile rettangolari;}$$

$$f_3\left(\alpha, \frac{l}{s}\right) \text{ ricavabile dal grafico seguente;}$$

essendo:

d_s la profondità dello scavo misurata a partire dal fondo del terreno indisturbato;

s la larghezza della pila di lunghezza l ;

v la velocità media della corrente indisturbata;

v_{cr} la velocità critica di trascinamento, intesa come velocità media alla quale inizia il movimento del materiale del fondo di assegnato diametro d e ricavata con la seguente formula di Hincu (1965):

$$v_{cr} = 1.2 \sqrt{gd \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \left(\frac{y}{d} \right)^{0.2}}$$

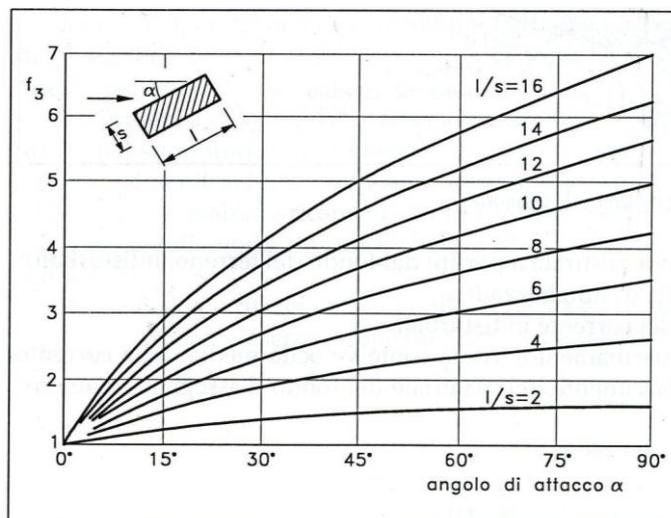
d la dimensione del materiale; per i miscugli si adotta normalmente come riferimento granulometrico d_{50} ;

α l'angolo che la corrente indisturbata forma con la pila;

y la profondità della corrente indisturbata.

PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)



Andamento della funzione f_3 al variare di α e di l/s .

Allo scopo di stimare l'entità dello scavo indotto dall'erosione localizzata intorno alla base delle pile del viadotto sul Canale Maestro della Chiana nel corso di una piena duecentennale, dal modello numerico allestito sono stati desunti i dati caratteristici della corrente di piena nell'alveo 1D nel tratto di interesse, all'interno del quale transita una portata di picco complessiva pari a $731.23 \text{ m}^3/\text{s}$; la quota della superficie idrica calcolata a monte del viadotto è pari a 238.85 m s.l.m..

Dal momento che le pile di progetto sono previste in ambito golenale e non nell'alveo inciso, per le verifiche sono stati ricavati i parametri idraulici relativi alla golena in sinistra idrografica (dove è prevista la realizzazione della pila SX del viadotto) e alla golena destra (dove è prevista la realizzazione della pila DX), in quanto assumere i parametri medi dell'intera sezione sarebbe risultato eccessivamente cautelativo.

Per quanto riguarda la pila prevista in sponda sinistra ("Left Over Bank"), i dati caratteristici assunti per le verifiche sono:

- $Q_{200,LOB} = 78.62 \text{ mc/s}$;
- h terreno base pila = 235.85 m s.l.m.;
- larghezza pelo libero (LOB) = 15.85 m;
- Area bagnata (LOB) = 55.70 mq;
- Velocità media della corrente (LOB) = 1.41 m/s;

Per quanto riguarda invece la pila prevista in sponda destra ("Right Over Bank"), i dati caratteristici assunti per le verifiche sono:

- $Q_{200,ROB} = 84.87 \text{ mc/s}$;
- h terreno base pila = 234.18 m s.l.m.
- larghezza pelo libero (ROB) = 17.58 m;
- Area bagnata (ROB) = 60.52 mq;
- Velocità media della corrente (ROB) = 1.40 m/s.

Per caratterizzare il materiale in alveo si è ipotizzato un valore $d_{50} = 1 \text{ mm}$.

Le pile di progetto hanno sezione circolare con diametro pari a 5 m.

I calcoli svolti per la pila SX in sinistra idrografica mediante il foglio elettronico di seguito allegato fornisce uno scavo calcolato alla base della pila pari a 5.37 m, fino alla quota 230.48 m s.l.m.

Dati caratteristici della sezione, della pila e del materiale di fondo		
Sezione Metauro	169.8 di Hec	sezione di monte del ponte
Q200 [mc/s]	= 78.62	portata duecentennale
h [m s.l.m.]	= 238.85	livello del pelo libero Tr=200
h terreno [m s.l.m.]	= 235.85	livello del fondo alla base della pila
y [m]	= 3.00	Profondità della corrente indisturbata a monte
b [m]	= 15.85	larghezza del pelo libero nella sezione del ponte
A [mq]	= 55.70	Area bagnata
v [m/s]	= 1.41	velocità media moto uniforme
s [m]	= 5.00	larghezza iniziale della pila
d ₅₀ [m]	= 0.0010	dimensione mediana del materiale di fondo
γ _s [N/mc]	= 26500	peso specifico materiale
γ [N/mc]	= 9810	peso specifico acqua
α	= 0.00	angolo tra corrente e pila
Calcolo dello scavo in corrispondenza della pila		
v _{cr} [m/s]	= 0.77	velocità critica di trascinamento
v/v _{cr}	= 1.83394	
f ₁	= 1.00	
f ₂	= 1	fattore forma pile circolari
f ₃	= 1	
ds/s	= 1.07	
ds ₁ [m]	= 5.37	scavo alla base della pila
fondo scavo [m s.l.m.]	= 230.48	

I calcoli svolti per la pila DX in destra idrografica mediante il foglio elettronico di seguito allegato fornisce i risultati più gravosi, con uno scavo calcolato alla base della pila pari a 7.32 m, fino alla quota 226.86 m s.l.m.

Dati caratteristici della sezione, della pila e del materiale di fondo	
Sezione Metauro 169.8 di Hec	sezione di monte del ponte
Q200 [mc/s] = 87.87	portata duecentennale
h [m s.l.m.] = 238.85	livello del pelo libero Tr=200
h terreno [m s.l.m.] = 234.18	livello del fondo alla base della pila
y [m] = 4.67	Profondità della corrente indisturbata a monte
b [m] = 17.58	larghezza del pelo libero nella sezione del ponte
A [mq] = 60.52	Area bagnata
v [m/s] = 1.40	velocità media moto uniforme
s [m] = 5.00	larghezza iniziale della pila
d ₅₀ [m] = 0.0010	dimensione mediana del materiale di fondo
γ _s [N/mc] = 26500	peso specifico materiale
γ [N/mc] = 9810	peso specifico acqua
α = 0.00	angolo tra corrente e pila
Calcolo dello scavo in corrispondenza della pila	
v _{cr} [m/s] = 0.84	velocità critica di trascinamento
v/v _{cr} = 1.66669	
f1 = 1.00	
f2 = 1	fattore forma pile circolari
f3 = 1	
ds/s = 1.46	
ds1 [m] = 7.32	scavo alla base della pila
fondo scavo [m s.l.m.] = 226.86	

Alla luce dei risultati sopra riportati, si ritiene opportuno prevedere la messa in opera di opere di corazzamento del fondo mediante rivestimento in scogliera di massi naturali di congrua pezzatura, da sistemare sopra e all'intorno della platea di fondazione delle pile. Dette opere di presidio sono previste in scogliera in massi di natura silicea o calcarea, non gelivi, di diametro equivalente pari o superiore a 0.15 m e di peso pari o superiore a 5.0 kg.

Si riportano di seguito le verifiche con protezione antiersiva alla base delle pile, rispettivamente in sinistra idrografica e in destra.

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MAGGIORI (VIADOTTI)

Dati caratteristici della sezione, della pila e del materiale di fondo		
Sezione Metauro	169.8 di Hec	sezione di monte del ponte
Q200 [mc/s]	= 78.62	portata duecentennale
h [m s.l.m.]	= 238.85	livello del pelo libero Tr=200
h terreno [m s.l.m.]	= 235.85	livello del fondo alla base della pila
y [m]	= 3.00	Profondità della corrente indisturbata a monte
b [m]	= 15.85	larghezza del pelo libero nella sezione del ponte
A [mq]	= 55.70	Area bagnata
v [m/s]	= 1.41	velocità media moto uniforme
s [m]	= 5.00	larghezza iniziale della pila
d ₅₀ [m]	= 0.1500	dimensione mediana del materiale di fondo
γ _s [N/mc]	= 26500	peso specifico materiale
γ [N/mc]	= 9810	peso specifico acqua
α	= 0.00	angolo tra corrente e pila

Calcolo dello scavo in corrispondenza della pila		
v _{cr} [m/s]	= 3.46	velocità critica di trascinamento
v/v _{cr}	= 0.40790	
f ₁	= 0.00	
f ₂	= 1	fattore forma pile circolari
f ₃	= 1	
ds/s	= 0.00	
ds ₁ [m]	= 0.00	scavo alla base della pila
fondo scavo [m s.l.m.]	= 235.85	

Dati caratteristici della sezione, della pila e del materiale di fondo		
Sezione Metauro	169.8 di Hec	sezione di monte del ponte
Q200 [mc/s]	= 87.87	portata duecentennale
h [m s.l.m.]	= 238.85	livello del pelo libero Tr=200
h terreno [m s.l.m.]	= 234.18	livello del fondo alla base della pila
y [m]	= 4.67	Profondità della corrente indisturbata a monte
b [m]	= 17.58	larghezza del pelo libero nella sezione del ponte
A [mq]	= 60.52	Area bagnata
v [m/s]	= 1.40	velocità media moto uniforme
s [m]	= 5.00	larghezza iniziale della pila
d ₅₀ [m]	= 0.1500	dimensione mediana del materiale di fondo
γ _s [N/mc]	= 26500	peso specifico materiale
γ [N/mc]	= 9810	peso specifico acqua
α	= 0.00	angolo tra corrente e pila

Calcolo dello scavo in corrispondenza della pila		
v _{cr} [m/s]	= 3.78	velocità critica di trascinamento
v/v _{cr}	= 0.37070	
f ₁	= 0.00	
f ₂	= 1	fattore forma pile circolari
f ₃	= 1	
ds/s	= 0.00	
ds ₁ [m]	= 0.00	scavo alla base della pila
fondo scavo [m s.l.m.]	= 234.18	

PROGETTAZIONE ATI: