

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA  
U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

SCALA:

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

IF0G 01 D 11 RI ID0002 011 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Coccato	Luglio 2017	C. Volpini	Luglio 2017	D. Apres	Luglio 2017	ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Armano Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° 16392 sez. A

File: IF0G01D11RIID0002011A.doc.doc

n. Elab.:

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n° 16392 sez. A



## INDICE

1.	PREMESSA .....	5
2.	INQUADRAMENTO GENERALE.....	8
2.1	PERICOLOSITÀ IDRAULICA NELL'AREA DI STUDIO.....	8
3.	DATI DI BASE.....	10
3.1	RILIEVI TOPOGRAFICI.....	10
3.2	OPERE ESISTENTI NELLE AREE DI STUDIO.....	11
3.3	OPERE DI PROGETTO .....	12
3.3.1	<i>Viadotto VI02</i> .....	12
3.3.2	<i>Viadotto VI03</i> .....	14
4.	IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI IDRAULICI .....	16
4.1	IL MODELLO DI CALCOLO .....	16
4.1.1	<i>Conservazione dell'energia totale</i> .....	16
4.1.2	<i>Equazione della Conservazione del momento</i> .....	19
4.1.3	<i>Equazione di Yarnell</i> .....	23
4.2	GEOMETRIA DEL MODELLO .....	27
4.2.1	<i>Viadotto VI02</i> .....	27
4.2.2	<i>Viadotto VI03</i> .....	28
4.3	SCABREZZE.....	28
4.4	SCENARI SIMULATI E CONDIZIONI AL CONTORNO.....	30
5.	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE .....	31
5.1	VIADOTTO VI02.....	31
5.1.1	<i>Scenario ante operam e confronto con perimetrazione PAI</i> .....	31
5.1.2	<i>Scenario post operam e confronto con scenario ante operam</i> .....	33

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	3 di 80

5.1.3	Verifica del franco di progetto .....	34
5.1.4	Opere provvisionali .....	36
5.2	VIADOTTO VI03.....	37
5.2.1	Scenario ante operam e confronto con perimetrazione PAI.....	37
5.2.2	Scenario post operam e confronto con scenario ante operam .....	39
5.2.3	Verifica del franco di progetto .....	41
5.2.4	Opere provvisionali.....	43
6.	SISTEMAZIONI IDRAULICHE.....	44
6.1	VERIFICA ALLO SCALZAMENTO.....	44
6.1.1	Metodo di calcolo dello scalzamento .....	44
6.1.2	Viadotto VI02 .....	48
6.1.3	Viadotto VI03 .....	49
6.2	VERIFICA DELL'EROSIONE DELL'ALVEO .....	51
6.2.1	Metodo di calcolo delle tensioni agenti e resistenti .....	52
6.2.2	Viadotto VI02 .....	54
6.2.3	Viadotto VI03 .....	55
7.	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	57
8.	APPENDICE A: RISULTATI VIADOTTO VI02 .....	58
8.1	CONFIGURAZIONE ANTE OPERAM.....	58
8.1.1	Evento con tempo di ritorno 30 anni.....	58
8.1.2	Evento con tempo di ritorno 100 anni.....	59
8.1.3	Evento con tempo di ritorno 200 anni.....	60
8.1.4	Evento con tempo di ritorno 300 anni.....	61
8.1.5	Evento con tempo di ritorno 500 anni.....	62
8.2	CONFIGURAZIONE POST OPERAM .....	64
8.2.1	Evento con tempo di ritorno 30 anni.....	64

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	4 di 80

8.2.2	Evento con tempo di ritorno 100 anni.....	65
8.2.3	Evento con tempo di ritorno 200 anni.....	66
8.2.4	Evento con tempo di ritorno 300 anni.....	67
8.2.5	Evento con tempo di ritorno 500 anni.....	69
8.3	FASE DI CANTIERE.....	70
9.	APPENDICE B: RISULTATI VIADOTTO VI03.....	72
9.1	CONFIGURAZIONE ANTE OPERAM.....	72
9.1.1	Evento con tempo di ritorno 30 anni.....	72
9.1.2	Evento con tempo di ritorno 100 anni.....	72
9.1.3	Evento con tempo di ritorno 200 anni.....	73
9.1.4	Evento con tempo di ritorno 300 anni.....	74
9.1.5	Evento con tempo di ritorno 500 anni.....	74
9.2	CONFIGURAZIONE POST OPERAM.....	76
9.2.1	Evento con tempo di ritorno 30 anni.....	76
9.2.2	Evento con tempo di ritorno 100 anni.....	76
9.2.3	Evento con tempo di ritorno 200 anni.....	77
9.2.4	Evento con tempo di ritorno 300 anni.....	78
9.2.5	Evento con tempo di ritorno 500 anni.....	78
9.3	FASE DI CANTIERE.....	79

## 1. PREMESSA

Gli interventi previsti all'interno del presente Progetto Definitivo si inseriscono nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma – Napoli – Bari, finalizzati a rispondere all'esigenza prioritaria di miglioramento delle connessioni interne del Mezzogiorno, con l'obiettivo di realizzare una rete di servizi ai fini di ottimizzare lo scambio commerciale, culturale e turistico tra le varie città e relative aree. Sotto il profilo funzionale e strutturale, la realizzazione dell'alta capacità Napoli – Bari, unitamente all'attivazione del sistema ferroviario dell'alta velocità Roma – Napoli, favorirà l'integrazione dell'infrastruttura ferroviaria del Sud – Est con le Direttrici di collegamento al Nord del Paese e con l'Europa, a sostegno dello sviluppo socio-economico del Mezzogiorno, riconnettendo due aree, quella campana e quella pugliese.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l'aumento dell'offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l'accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.



Figura 1 – Corografia Generale Itinerario Napoli – Foggia – Bari

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

La variante oggetto del presente Progetto Definitivo interessa il tratto centrale della direttrice Napoli – Bari, si colloca in territorio campano e i comuni attraversati sono rispettivamente per la provincia di Avellino: Ariano Irpino, Grottaminarda e Melito Irpino, Flumeri; per la provincia di Benevento: Apice, S. Arcangelo Trimonte e Paduli.

Il tracciato risulta in completa variante rispetto alla linea storica e si compone di:

- linea principale Apice - Hirpinia, mediante la realizzazione di una nuova tratta di linea a doppio binario di circa 19 km, la cui progressivazione parte ad Hirpinia km 0+000,000 e si conclude ad Apice km 18+713,205; l'inizio intervento si prevede al km 0+310,000;
- Galleria Grottaminarda (1990 m), Galleria Melito (4460m), Galleria Rocchetta (6500m);
- Viadotto VI01(605m), VI02 (180m), VI03 (400m), VI04 (680m);
- nuova fermata di Apice;
- nuova stazione di "Hirpinia", nel territorio comunale di Ariano Irpino, la cui posizione risulta baricentrica rispetto ai potenziali bacini di utenza, che verranno collegati tramite un nuovo asse viario connesso alla rete attuale.

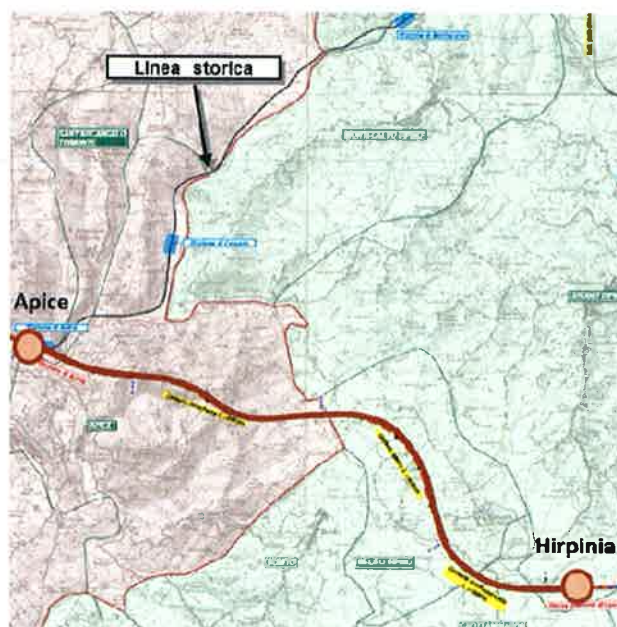


Figura 2 – Inquadramento dell' intervento (Tratta Apice – Hirpinia)

Nel primo tratto (in località Irpinia) la linea ferroviaria interseca una volta il bacino del Torrente Ufita tra le progressive 1+765 e 2+450 (viadotto VI01), in prossimità della confluenza con il torrente Fiumarella.

Nel secondo tratto la linea ferroviaria di progetto interseca la valle dell'Ufita in due punti, rispettivamente tra le progressive 4+825 e 5+055 (viadotto VI02) e tra le progressive 9+632 e 10+047 (viadotto VI03).

Nel terzo tratto la linea ferroviaria interseca il Torrente Ufita tra le progressive 16+704 e 17+409 (viadotto VI04), in prossimità della confluenza nel Fiume Calore, e termina in affiancamento a quest'ultimo.

Nella presente relazione si studiano i viadotti VI2 collocato tra le progressive 4+825 e 5+055 e il viadotto VI03 collocato tra le progressive 9+632 e 10+047. La verifica della funzionalità e della sicurezza dei manufatti di presidio idraulico è stata eseguita mediante modellazione idraulica con modello matematico monodimensionale. L'implementazione dei modelli matematici è riportata nel capitolo 2 e 3 rispettivamente per i viadotti VI02 e VI03. Gli altri due viadotti (VI01 e VI04), caratterizzati dalla presenza di una confluenza del torrente Ufita in prossimità degli stessi, sono stati modellati con l'utilizzo di un modello matematico bidimensionale, come descritto nella relazione dedicata.



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A	FOGLIO 8 di 80

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 Pericolosità idraulica nell'area di studio

L'Autorità di Bacino Nazionale del Liri Garigliano Volturno ha elaborato le mappe della pericolosità idraulica nell'ambito della redazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) attualmente vigente con alcune integrazioni derivanti da studi disponibili su ulteriori ambiti territoriali e non ancora utilizzati per adozioni di estensioni/varianti dei Piani Stralcio vigenti.

In particolare L'Autorità di Bacino, nell'ambito della redazione del PAI, ha individuato le aree inondabili per Tempo di Ritorno pari a 30, 100 e 300 anni e la delimitazione delle fasce fluviali A, B1, B2, B3, C.

La definizione delle fasce è quella riportate nelle Norme Tecniche del PAI ovvero:

- la **Fascia A** viene definita come l'alveo di piena che assicura il libero deflusso della piena corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 100 anni;
- la **Fascia B** comprende le aree inondabili dalla piena con periodo di ritorno  $T < 100$  anni. In particolare sono state considerate tre sottofasce:
  - la **sottofascia B1** è quella compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=30$  anni e altezza idrica  $h=90$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni;
  - la **sottofascia B2** è quella compresa fra il limite della Fascia B1 e quello dell'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni;
  - la **sottofascia B3** è quella compresa fra il limite della Fascia B2 e quello delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni.
- la **Fascia C** è quella interessata dalla piena relativa a  $T = 300$  anni o dalla piena storica nettamente superiore alla piena di progetto.

Secondo gli indirizzi Ministeriali, ai fini del processo di equiparazione della classificazione di pericolosità idraulica per l'intero Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, l'Autorità di Bacino ha configurato il passaggio dalle mappe delle fasce fluviali e aree inondabili alle mappe di pericolosità.

L'equiparazione delle fasce fluviali alle tre classi di pericolosità idraulica, è riportata in Tabella 1:

Tabella 1 – Equiparazione delle fasce fluviali alle fasce di pericolosità.

Fascia	Pericolosità	Descrizione
A	P3	Pericolosità elevata
B1-B2-B3	P2	Pericolosità media
C	P1	Pericolosità bassa

Nell'Elaborato "Stralcio PAI" è rappresentata la pericolosità idraulica nelle aree di intervento, come stabilita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio idraulico dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri – Garigliano e Volturno.

Dalla perimetrazione delle aree di pericolosità vigente risulta che i viadotti di progetto presentano pile di sostegno che ricadono all'interno di aree a pericolosità idraulica elevata P2 del PAI, e per quanto riguarda la pila in destra idraulica del viadotto VI03, questa è lambita anche dalla pericolosità P3.

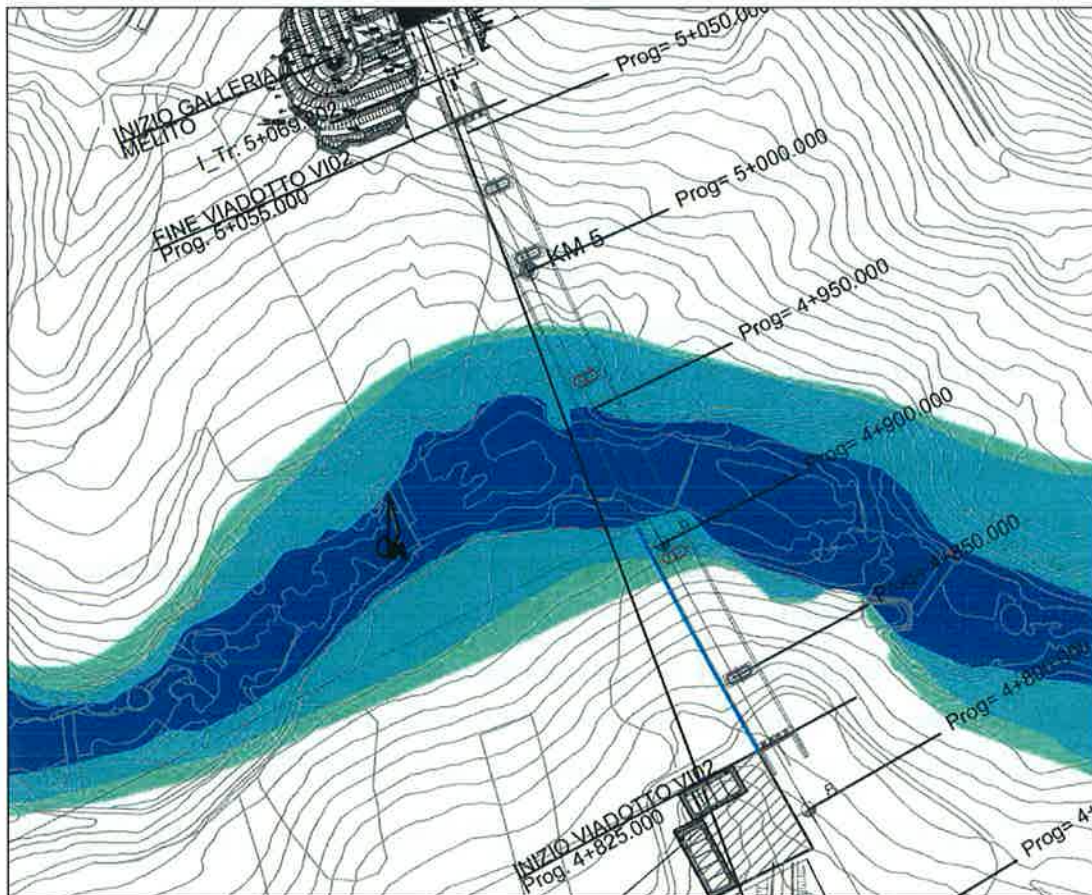


Figura 3 – Stralcio planimetrico del PAI vigente in corrispondenza del viadotto VI02 di progetto

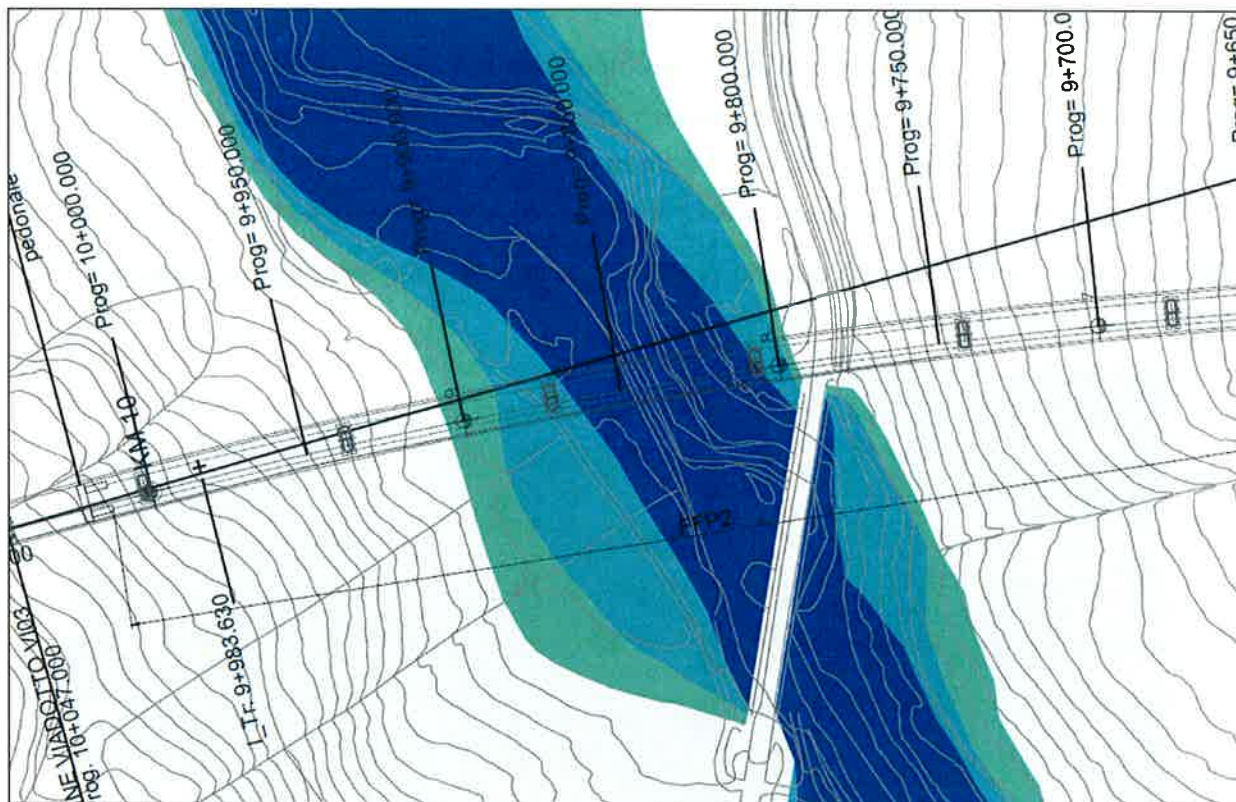


Figura 4 – Stralcio planimetrico del PAI vigente in corrispondenza del viadotto VI03 di progetto

### 3. DATI DI BASE

#### 3.1 Rilievi topografici

I dati topografici a disposizione per l'implementazione dei modelli idraulici sono i seguenti:

- Sezioni trasversali dell'alveo ottenute da apposita campagna topografica, in particolare sono state rilevate 16 sezioni trasversali nell'area del viadotto VI02 e 15 nell'area del viadotto VI03
- Rilievo laseraltimetrico (LiDAR) fornito da ITALFERR

Il confronto tra le sezioni trasversali ottenute dal rilievo topografico e il rilievo LiDAR ITALFERR ha evidenziato un'ottima corrispondenza sia per quanto riguarda le aree golenali ed esterne all'ambito fluviale che per l'alveo attivo. Questo permette di affermare che il rilievo LiDAR di ITALFERR è stato eseguito in un periodo di secca del torrente Ufita e pertanto è possibile utilizzare le sole informazioni del rilievo laseraltimetrico, il quale risulta completo anche delle informazioni batimetriche.

### 3.2 Opere esistenti nelle aree di studio

A monte del viadotto di progetto è presente un ponte stradale a servizio della strada che porta da Bonito a Croce Anselice. Il ponte stradale esistente a monte del viadotto VI03 è realizzato da quattro pile che sostengono un impalcato con quota di intradosso posta a circa 4.5 m dal fondo alveo. Il ponte si presenta inclinato di circa 45° rispetto alla direzione ortogonale alla corrente del torrente Ufita.

Questo attraversamento è stato oggetto di rilievo topografico dal quale si sono potute ricavare le informazioni utili da inserire all'interno del modello.

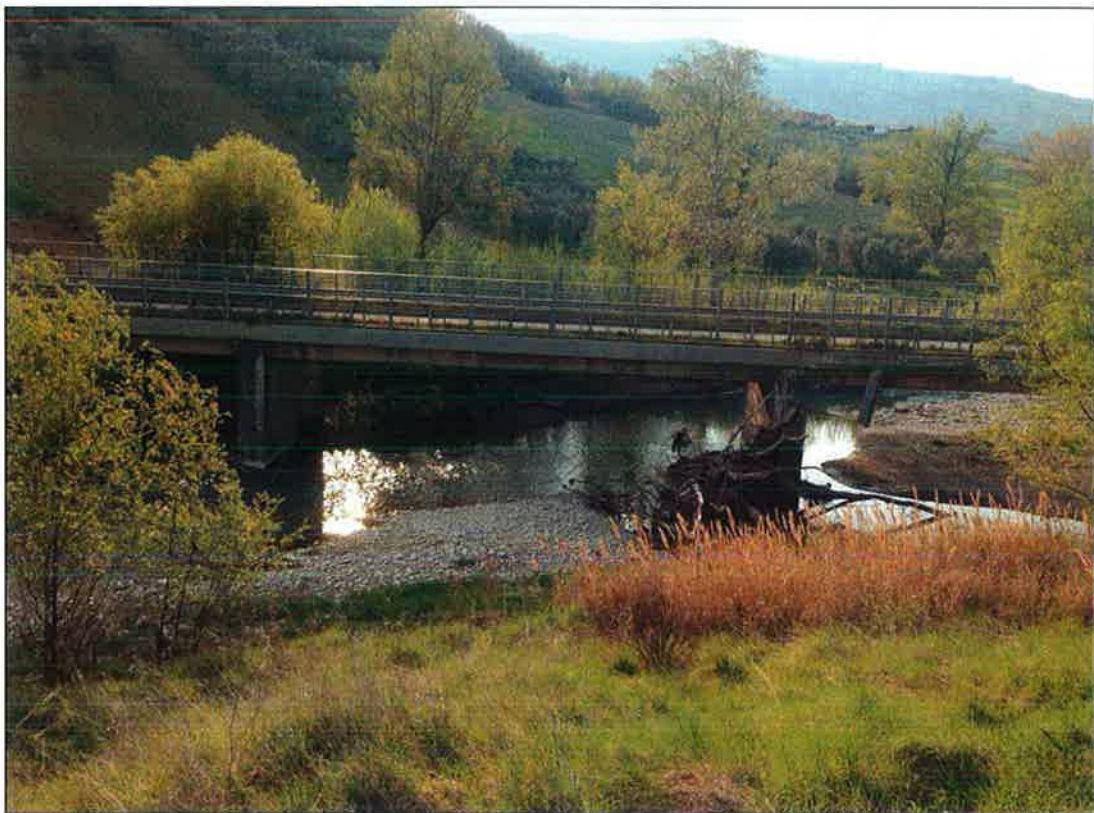


Figura 5 – Ponte stradale a monte del viadotto VI3. Immagine da sopralluogo.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A	FOGLIO 12 di 80

### 3.3 Opere di progetto

Le opere di progetto sono costituite dagli attraversamenti VI02, collocato alla progressiva 4+905.00 della linea ferroviaria Apice – Hirpinia, e VI03 alla progressiva 9+850.00.

#### 3.3.1 Viadotto VI02

Il viadotto VI02 è costituito da 5 pile, che permettono l'attraversamento della valle del torrente Ufita.

Le pile in prossimità dell'alveo sono le pile P3 (destra idraulica) e P2 (sinistra idraulica), poste ad un interasse di 65 m, mentre l'interasse tra le pile P4 e P5 è di 25 m e tra le coppie di pile P1-P2 e P3-P4 è di 45 m.

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	13 di 80

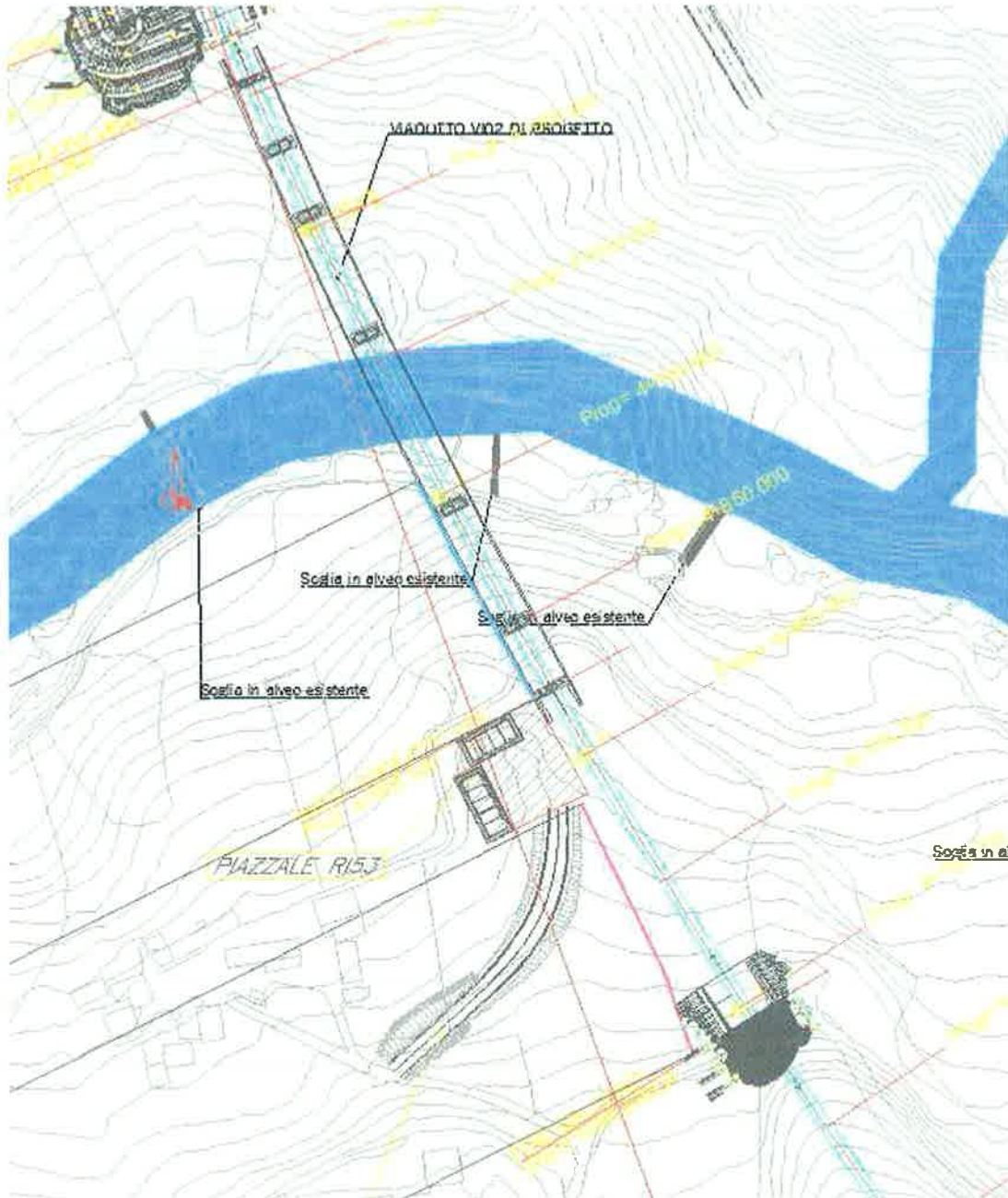


Figura 6 – Viadotto VI02 di progetto. Planimetria.

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	14 di 80

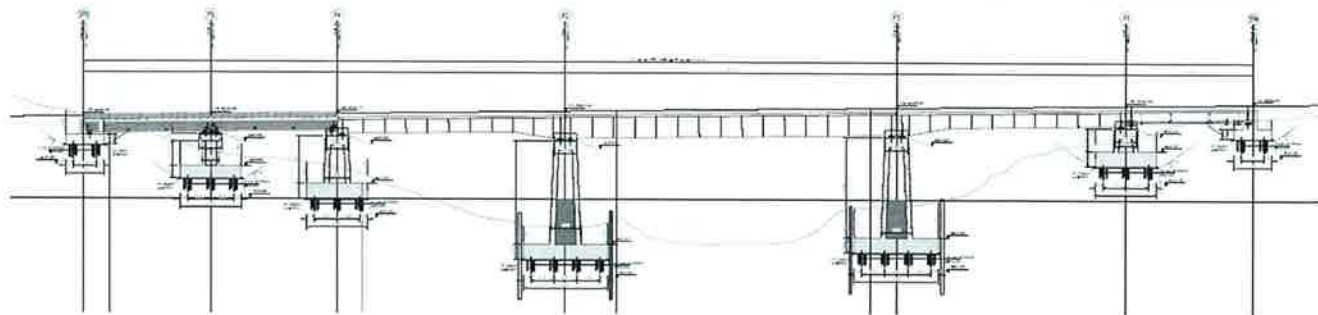


Figura 7 – Viadotto VI02 di progetto. Sezione.

### 3.3.2 Viadotto VI03

Il viadotto VI04 è costituito da 6 pile, che permettono l'attraversamento della valle del torrente Ufita.

Le pile in prossimità dell'alveo sono le pile P4 (sinistra idraulica) e P3 (destra idraulica), poste ad un interasse di 65 m, mentre le altre pile sono collocate ad una distanza di 25 m tra di loro, eccetto che per le pile P2-P3 e le pile P4-P5 che hanno un interasse di 45 m.



Figura 8 – Viadotto VI03 di progetto. Planimetria.

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	15 di 80

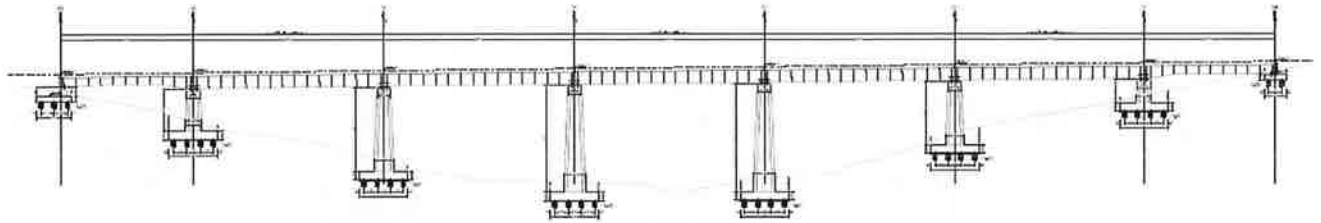


Figura 9 – Viadotto V103 di progetto. Sezione.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

#### 4. IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI IDRAULICI

##### 4.1 Il modello di calcolo

Per la valutazione della compatibilità idraulica delle opere in progetto con l'attuale conformazione dei corsi d'acqua interferenti è stato sviluppato uno studio idraulico teso alla determinazione dei profili di rigurgito in moto permanente sia nella configurazione attuale che post operam.

La modellazione idraulica è stata condotta attraverso l'ausilio del programma di calcolo numerico HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers.

Il modello idraulico è ideato per il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente vario con l'ipotesi di fondo alveo fisso. In particolare è basato sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia valutando le perdite di energia per attrito (equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni.

Laddove la corrente subisce brusche variazioni, come ad esempio in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici) ed in corrispondenza di confluenze o di attraversamento di ponti, è utilizzata l'equazione della conservazione della quantità di moto.

Nei calcoli possono essere considerati gli effetti di punti singolari quali ponti, sottopassi e manufatti con paratoie.

##### 4.1.1 Conservazione dell'energia totale

Isolando un tratto di fiume e indicando con 1 e 2 le sezioni a monte e a valle del tratto, si è definita l'equazione dell'energia, in riferimento alla Figura 10, nel modo seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

dove

$h_e$ , perdite di energia;

$V_i$ , velocità media nella sezione pari al rapporto tra portata totale ed area totale;

$\alpha_i$ , coefficienti legati alla velocità

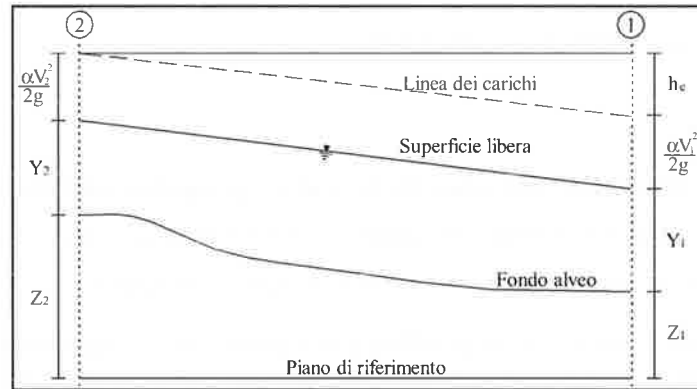


Figura 10 – Schema di calcolo

La perdita di carico  $h_e$  presente tra due sezioni è causata prevalentemente dalla perdita per attrito o per le variazioni di velocità intrinseche nelle zone di espansione o contrazione della corrente. Indicando con  $J$  la cadente piezometrica e con  $C$  un coefficiente che tiene conto del fenomeno dell'espansione o contrazione, le perdite di pressione sono state calcolate nel modo seguente:

$$h_e = LJ + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

La lunghezza  $L$  del ramo è stata valutata tenendo in conto la forma non regolare che presenta la sezione trasversale del fiume.

Il coefficiente  $C$  di espansione o contrazione è stato valutato in funzione del tipo di transizione che avviene secondo la Tabella 2

C	Contrazione	Espansione
Nessuna transizione	0,0	0,0
Transizione graduale	0,1	0,3
Sezione tipica di un ponte	0,3	0,5
Rapida transizione	0,6	0,8

Tabella 2 – Coefficiente di contrazione o espansione

La presenza di una espansione o contrazione è valutata confrontando la velocità a monte e a valle della sezione considerata. In particolare, se la velocità a monte risulta maggiore della velocità a valle, nella sezione si attesta un'espansione del canale; viceversa una contrazione.

Le incognite presenti nelle equazioni (1) e (2) sono la cadente piezometrica  $J$  e il coefficiente adimensionale  $\alpha$ . La pendenza d'attrito  $J$  è stata calcolata come rapporto tra la portata media  $Q$  ed il coefficiente medio di resistenza  $K$ .

$$J = \left( \frac{Q}{K} \right)^2 \quad \text{con} \quad K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \quad (3)$$

dove

$n$ , coefficiente di scabrezza di Mannings;

$A$ , area della sezione;

$R$ , raggio idraulico.

Il coefficiente  $\alpha$  è stato valutato come media pesata sulle portate della velocità suddividendo la sezione in più campi. Ad esempio per la sezione di Figura 11 otteniamo:

$$\frac{\alpha \bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \Rightarrow \alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (4)$$

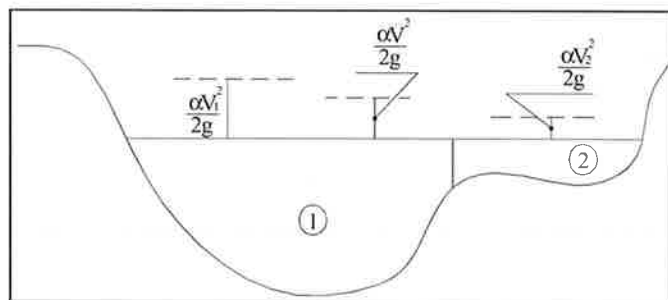


Figura 11 – Suddivisione in sottozone con eguale velocità della corrente

Una soluzione in forma chiusa della (1) non risulta di facile individuazione. Si è proceduto quindi con metodi iterativi cercando di volta in volta di raffinare la soluzione fino a giungere ad un errore che sia stimato accettabile.

L'equazione (1) è applicabile a correnti che presentano un regime costante per tutto il tratto. È risultato quindi necessario calcolare l'altezza critica della sezione al fine di determinare il tipo di corrente.

Per definizione l'altezza critica della corrente coincide con il minimo dell'energia totale, come del resto evidenziata dalla Figura 12, dove è diagrammata nel piano  $h, H$  la curva dell'energia totale della corrente.

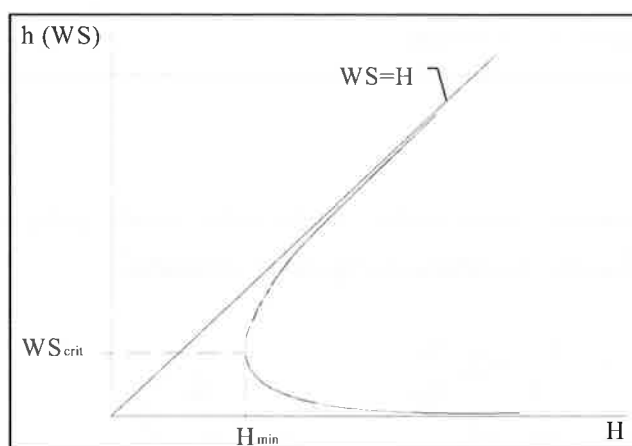


Figura 12 – Diagramma  $(H, h)$  per una generica sezione trasversale

Partendo quindi dalla definizione

$$H = h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

per iterazioni successive al variare di  $h$  e di  $V$  si è ricavato il valore di  $H$  fino ad arrivare ad un valore di  $H_{cr}$  corrispondente al minimo.

#### 4.1.2 Equazione della Conservazione del momento

L'equazione della conservazione dell'energia totale (1) ha validità solo nel caso di correnti variabili lentamente all'interno del ramo in esame. In particolare essa è stata applicata nel caso di corrente

ovunque subcritiche o supercritiche. Qualora all'interno di un ramo si verificasse il passaggio da corrente lenta a veloce si è utilizzata l'equazione della conservazione del momento.

Applicando la seconda legge di Newton  $\sum F_x = ma$ , con  $x$  la direzione del moto, ad un elemento di fluido tra due sezioni 1-2, Figura 13, per equilibrio si ottiene:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (5)$$

dove

$P_i$ , risultante della pressione idrostatica;

$W_x$ , componente della forza peso nella direzione del moto;

$F_f$ , forza d'attrito tra le due sezioni;

$Q$ , portata complessiva;

$\rho$ , densità del fluido;

$\Delta V_x$ , variazione della velocità tra le due sezioni.

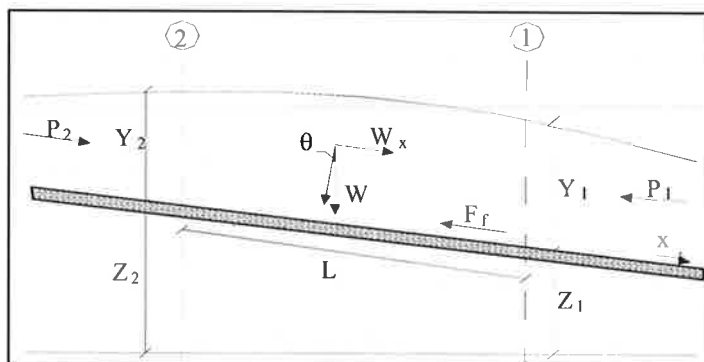


Figura 13 – Schema di calcolo

La risultante della pressione idrostatica per pendenze dell'ordine di 1 a 10 è valutabile come

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta \cong \gamma A \bar{Y} \quad (6)$$

potendo porre, per le pendenze in esame,  $\cos \theta = 1$ .

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</p>	<p>COMMESSA IF0G</p>	<p>LOTTO 01 D 11</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 011</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 21 di 80</p>

Nella relazione (6)  $\gamma$  corrisponde al peso specifico del fluido,  $A$  l'area della sezione ed  $\bar{Y}$  l'altezza del pelo libero nel baricentro della sezione.

La componente della forza peso, noto il peso specifico del fluido, la lunghezza  $L$  del tronco e l'area totale di fluido presente, è stata valutata nel modo seguente:

$$W = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \sin\theta \quad (7)$$

La forza d'attrito  $F_f$  è funzione delle caratteristiche del fluido come la densità dell'acqua, l'azione tangenziale che si esplica sul letto del fiume e la cadente piezometrica  $J$ .

In particolare, scriviamo:

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma R J \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} J PL = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot J L \quad (8)$$

dove  $P$  ed  $R$  sono rispettivamente il perimetro bagnato ed il raggio idraulico della sezione.

La soluzione dell'equazione (5) è stata fatta per iterazioni successive.

Le equazioni (1) e (5) sono state applicate anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte. E' stato sufficiente suddividere il tratto interessato in più sezioni e ripetere per la successione di esse l'analisi svolta per il tratto delimitato da sole due sezioni.

Prendendo un tratto caratterizzato dalla presenza di un ponte, Figura 14 e Figura 15, si evidenziano 3 zone:

- una zona di contrazione in cui arriva la corrente;
- una zona intermedia interessata dalla presenza del ponte;
- una zona di espansione in cui esce la corrente.

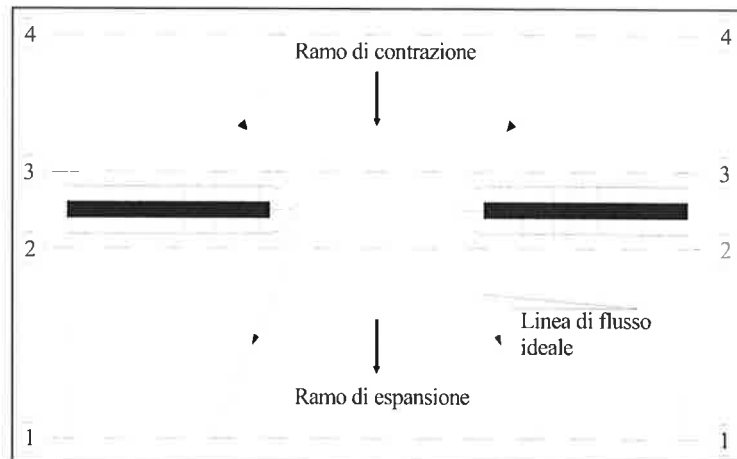


Figura 14 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale

L'applicazione dell'equazione della conservazione del momento tra le sezioni 1-2 e 3-4 è del tutto analoga alla situazione vista in precedenza mentre la presenza del ponte comporta termini nuovi nella valutazione dell'equilibrio tra le sezioni 2-BD (Step 1), BD-BU (Step 2) ed BU-3 (Step 3).

Step 1; definendo con  $A_{pi}$  l'area ostruita ed con  $Y_{pi}$  la distanza verticale che intercorre tra il baricentro delle pile e la superficie libera  $WS$  nella zona di valle, l'espressione del bilancio è stata scritta come

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{gA_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} = \frac{Q_2^2 \beta_2}{gA_2} + A_2 Y_2 - A_{P_{BD}} Y_{P_{BD}} + F_f - W_x$$

Step 2 ; equilibrio tra BU e BD

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{gA_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} + F_f - W_x = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{gA_{BU}} + A_{BU} Y_{BU}$$

Step 3 ; equilibrio tra BU e 3

$$\frac{Q_3^2 \beta_3}{gA_3} + A_3 Y_3 = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{gA_{BU}} + A_{BU} Y_{BU} - A_{P_{BU}} Y_{P_{BU}} + F_f - W_x + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{P_{BU}} Q_3^2}{gA_3^2}$$

con  $C_D$  coefficiente di resistenza idrodinamica intorno alla pila ricavabile dalla Tabella 3 in funzione del tipo di pila presente.

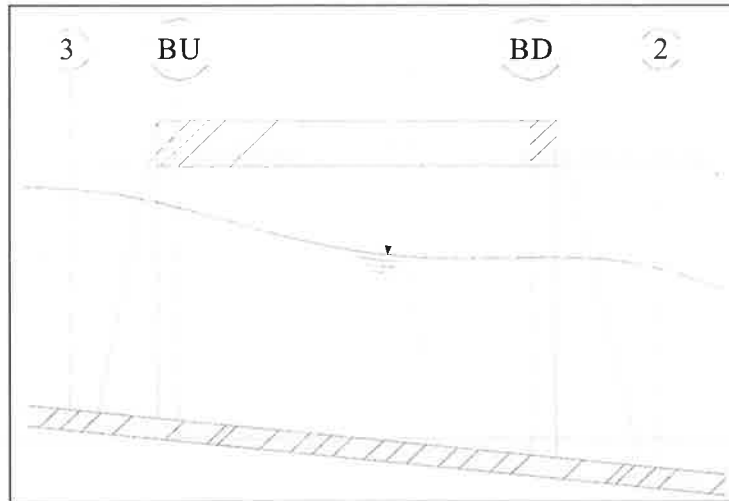


Figura 15 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale

TIPO DI PILA	$C_D$
Pila circolare	1.2
Pila allungata con punta semicircolare	1.33
Pila ellittica con rapporto assi 2 :1	0.6
Pila ellittica con rapporto assi 4 :1	0.32
Pila ellittica con rapporto assi 8 :1	0.29
Pila rettangolare	2.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 30^\circ$	1.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 60^\circ$	1.39
Pila triangolare con apertura $\alpha = 90^\circ$	1.60
Pila triangolare con apertura $\alpha = 120^\circ$	1.72

Tabella 3 – Coefficiente di resistenza idrodinamico  $C_D$

#### 4.1.3 Equazione di Yarnell

In alternativa all'equazione della conservazione del momento si è utilizzata l'equazione di Yarnell che permette di valutare le perdite di energia localizzate in corrispondenza di un ponte.

Con riferimento alle Figura 14 e Figura 15, le perdite di energia tra le sezioni 2 e 3 sono state valutate nel modo seguente:



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

$$H_{3-2} = 2K(K + 10\omega - 0.6) \cdot (\alpha + 15\alpha^4) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad (9)$$

dove  $H_{i-j}$  rappresenta appunto la perdita di energia nel passaggio della corrente attraverso la sezione ostruita e  $K$ , coefficiente di Yarnell, tiene conto delle differenti sagome di pila esistenti, Tabella 4;

TIPO DI PILA	K
Pila semicircolare in punta	0.9
Pila cilindrica doppia collegata con diaframma	0.95
Pila cilindrica doppia senza diaframma	1.05
Pila con punta triangolare $\alpha = 90^\circ$	1.05
Pile rettangolari	1.25
Dieci pile a cavalletto inclinate	2.5

Tabella 4 – Coefficiente di Yarnell

$\omega$  rappresenta il rapporto tra la velocità e l'altezza della sezione 2;  $\alpha$  il rapporto tra l'area ostruita dalle pile e l'area totale ed infine  $V_2$  la velocità a valle della sezione.

Il modello elaborato prevede una corrente con un'altezza idrica minore dell'altezza di intradosso del ponte. Nel caso di correnti con altezza idrica superiore o eguale alla quota di intradosso dell'attraversamento fluviale, la valutazione delle perdite di energia è effettuata attraverso il calcolo della portata che attraversa la sezione. In particolare, in riferimento ad un caso generico, Figura 16, la portata è calcolata nel modo seguente:

$$Q = C_d A_1 \left[ 2g \left( Y_1 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad (10)$$

dove

- $C_d$ , coefficiente di deflusso il cui andamento è riportato nel grafico di Figura 17, assumendo valori tra 0.27 e 0.5;
- $A_1$ , area della luce nella sezione di monte;
- $Y_1$ , altezza idrica della sezione di monte;
- $\alpha$ , coefficiente correttivo cinetico;

- $V_1$ , velocità della corrente a monte.

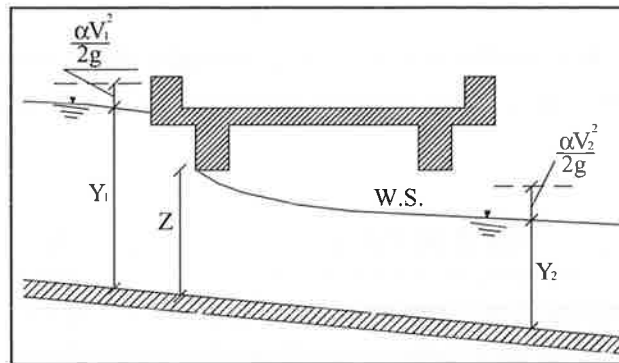


Figura 16 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

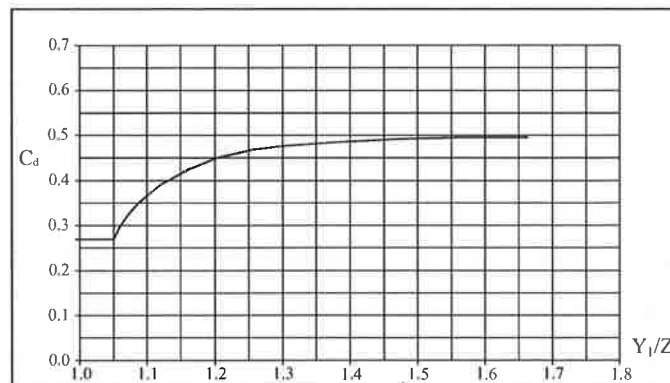


Figura 17 – Diagramma per la stima del coefficiente di deflusso  $C_d$

Se il ponte è in pressione sia a monte che a valle l'equazione (10) è corretta nel modo seguente:

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

dove C assume il valore di 0.8 ed H coincide con la perdita di energia totale tra la sezione di monte e di valle del ponte come indicato in Figura 18.

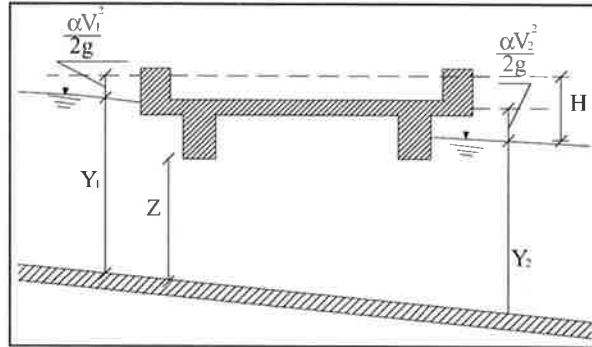


Figura 18 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

Infine se il ponte è superato dalla corrente di piena, Figura 19, la portata si calcola nel modo seguente:

$$Q = CLH^{2/3}$$

con C si indica un coefficiente correttivo della portata, L la lunghezza del ponte ed H la differenza di energie tra monte e valle.

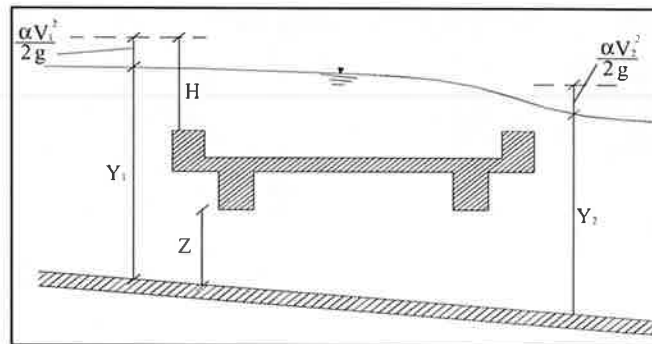


Figura 19 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

## 4.2 Geometria del modello

### 4.2.1 Viadotto VI02

Nel modello idraulico sono state implementate le sezioni trasversali ottenute da rilievo topografico.

L'alveo del torrente Ufita in corrispondenza del viadotto VI02 presenta una serie di salti idraulici che non sono stati rilevati durante il rilievo topografico, ma che risultano fondamentali per la modellazione del comportamento fluviale. Si è quindi provveduto ad integrare le sezioni rilevate con altre sezioni ottenute da rilievo LiDAR, previa verifica della buona corrispondenza dei dati tra i due rilievi. Le sezioni così inserite sono state opportunamente interpolate.

Sono inoltre state inserite all'interno del modello le briglie di salto presenti lungo l'asta.

Una rappresentazione del modello implementato, su base ottenuta da rilievo laseraltimetrico, è fornita nella seguente figura.

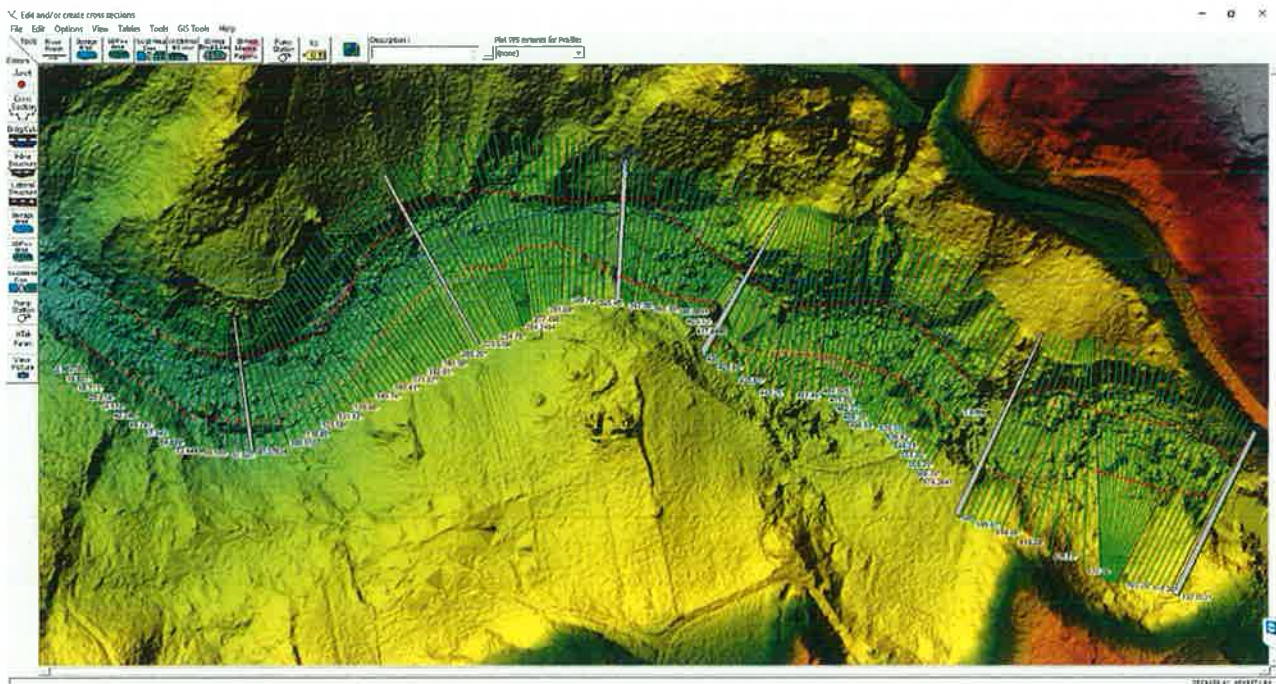


Figura 20 – Rappresentazione delle sezioni modellate in HEC-RAS – viadotto VI02

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA <b>IF0G</b>	LOTTO <b>01 D 11</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 011</b>	REV. <b>A</b>

### 4.2.2 Viadotto VI03

Anche per la rappresentazione del torrente Ufita nei pressi del viadotto VI03 sono state modellate le sezioni rilevate durante la campagna topografica. Inoltre, si sono integrate tali sezioni con alcune sezioni ottenute da rilievo LiDAR, in particolare in corrispondenza del ponte stradale presente a monte del viadotto VI03. Tale infrastruttura infatti ha un asse particolarmente inclinato rispetto alla direzione ortogonale alla corrente e per questo motivo sono state utilizzati gli opportuni accorgimenti e gli idonei strumenti del modello per ottenere una modellazione rappresentativa dell'infrastruttura esistente.

Una rappresentazione del modello implementato, su base ottenuta da rilievo laseraltimetrico, è fornita nella seguente figura.

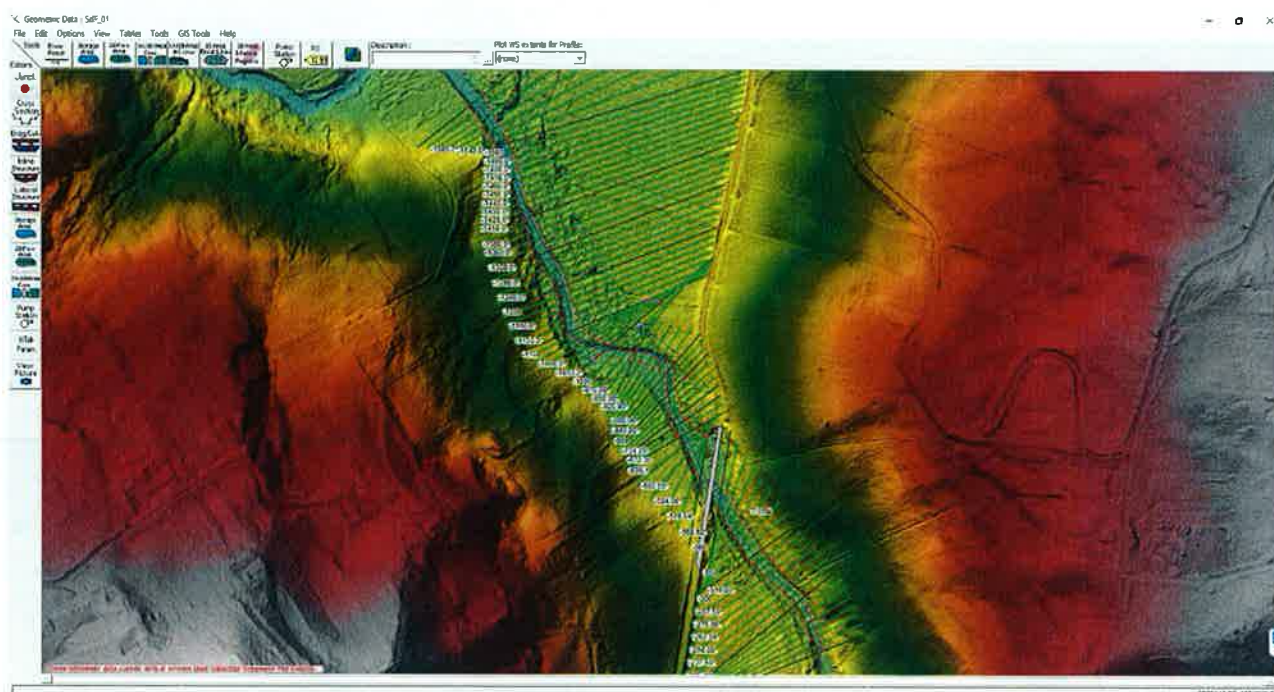


Figura 21 – Rappresentazione delle sezioni modellate in HEC-RAS – viadotto VI03

### 4.3 Scabrezze

I valori di scabrezza sono stati attribuiti all'alveo e all'area golenale esterna all'alveo.

Per l'alveo in corrispondenza del viadotto VI03 è stato considerato un coefficiente di scabrezza di Manning,  $n$ , pari a  $0.033 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ , mentre nel tratto in prossimità del viadotto VI02 è stato utilizzato un valore pari a 0.05, al fine di rappresentare la conformazione fortemente irregolare del fondo alveo, che presenta massi di notevoli dimensioni, come riportato nell'immagine di seguito.

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	29 di 80

Tabella 5 – Valori dei coefficienti di scabrezza tipici per corsi d'acqua in pianura [V.T. Chow].

Descrizione	Manning $n$ [m <sup>-1/3</sup> s]
alvei con fondo compatto, senza irregolarità	0.022÷0.028
alvei regolari con vegetazione erbacea	0.028÷0.033
alvei con ciottoli e irregolarità modeste	0.033÷0.040
alvei fortemente irregolari	0.040÷0.066



Figura 22 – Torrente Ufita nei pressi del viadotto VI02

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p><b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b></p>	<p>COMMESSA IF0G</p>	<p>LOTTO 01 D 11</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 011</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 30 di 80</p>

Alle aree esterne all'alveo è stato applicato, in entrambi i modelli, un coefficiente di scabrezza di Manning medio e pari a  $0.05 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ .

#### 4.4 Scenari simulati e condizioni al contorno

Gli scenari simulati fanno riferimento a tre configurazioni geometriche:

- *ante operam*: si intende la geometria ottenuta dal modello del terreno nello stato di fatto;
- *post operam*: sono stati inseriti i viadotti di progetto. In entrambi i casi l'impalcato dei viadotti è molto alto e non interferente col deflusso anche per piene eccezionali, pertanto è stato possibile modellare le pile dei viadotti esattamente nella loro posizione, pur ricadendo tra sezioni trasversali differenti, senza avere una modellazione unica dei viadotti che, vista la posizione planimetrica degli stessi rispetto all'asse fluviale, avrebbe richiesto di avere le sezioni di monte e di valle molto distanti tra loro, perdendo in termini di accuratezza dei risultati.;
- *provvisoria*: in corrispondenza della viabilità di progetto, sono stati inseriti dei limiti fisici al deflusso (*levee*) che tengono conto dell'ingombro delle opere provvisorie per la realizzazione delle fondazioni a sostegno delle pile dei viadotti.

L'inserimento di tali manufatti è stato calibrato in modo da ottenere il miglior beneficio perseguibile in termini di minor differenza tra le condizioni di pericolosità idraulica ante e post operam.

Resta inteso che qualunque intervento che costituisca un'alterazione dello stato di fatto determina una variazione delle condizioni di deflusso e quindi della pericolosità idraulica dell'area.

Alle configurazioni geometriche ante operam e post operam sono state applicate in ingresso al modello le portate massime calcolate per gli eventi di piena per TR 30, 100, 300 anni e 500 anni.

Come condizioni di monte e di valle per il calcolo a moto permanente misto è stata imposta una condizione di deflusso a moto uniforme fissando le pendenze dell'alveo sia di monte che di valle.

Nella configurazione provvisoria si fa riferimento alla portate di piena di eventi con tempo di ritorno di 5 anni, secondo quanto riportato nei paragrafi dedicati.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A	FOGLIO 31 di 80

## 5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NUMERICHE

I risultati delle simulazioni numeriche sono rappresentati nelle planimetrie di progetto cod. IF0G01D11P6ID0002001A e IF0G01D11P6ID0002003A, per le configurazioni *ante operam* e *post E* IF0G01D11P6ID0002002A e IF0G01D11P6ID0002004A per lo scenario relativo alle opere provvisionali. Inoltre negli elaborati IF0G01D11F7ID0002001A- IF0G01D11F7ID0002002A sono riportati i profili di piena per le configurazioni e gli eventi analizzati, mentre negli elaborati IF0G01D11W9ID0002001A e IF0G01D11W9ID0002003A si riportano le sezioni significative con i corrispondenti livelli ottenuti dai risultati della modellazione.

Per ciascuno scenario, nelle tabelle in appendice, si riportano i risultati dei tiranti idrici ottenuti per ciascun tempo di ritorno e delle corrispondenti velocità, elementi necessari per definire le opere di protezione idraulica delle pile a sostegno dei viadotti ferroviari di progetto e delle sistemazioni idrauliche dell'alveo e delle aree golenali interessate dalle piene.

Nelle pagine seguenti si riporta una descrizione dei principali risultati ottenuti, un confronto con le perimetrazioni del PAI e un confronto tra stato di fatto e stato di progetto.

### 5.1 Viadotto VI02

#### 5.1.1 Scenario *ante operam* e confronto con perimetrazione PAI

Nelle immagini seguenti viene riportato un confronto tra i risultati ottenuti nello scenario *ante operam* e il PAI. Secondo le definizioni delle fasce di pericolosità indicate al paragrafo 2.1, è possibile effettuare un confronto tra i risultati ottenuti per i tempi di ritorno TR 100 e 300 anni, sovrapposti rispettivamente con le aree a pericolosità idraulica P3 e P1.

Si notano delle differenze nella perimetrazione delle aree. In particolare, l'area P3 risulta meno estesa dei risultati del modello (Figura 23), mentre l'area P1 è più estesa di quello che è stato determinato dal modello per un tempo di ritorno trecentennale (Figura 24). Tali differenze possono essere ascrivibili al diverso strumento di calcolo utilizzato (modello idraulico), alla precisione con cui è stato modellato il terreno, alle condizioni al contorno utilizzate.



Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	32 di 80

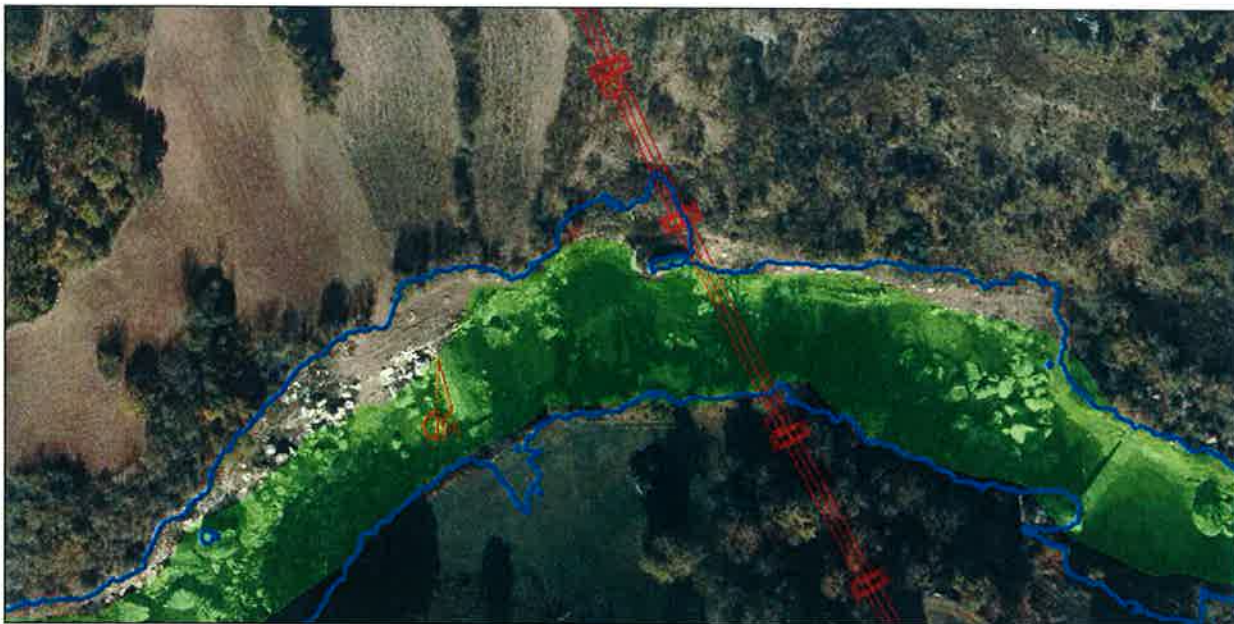


Figura 23 – Confronto aree di allagamento scenario ante operam TR100 anni (linea blu) e area P3 del PAI (area verde).

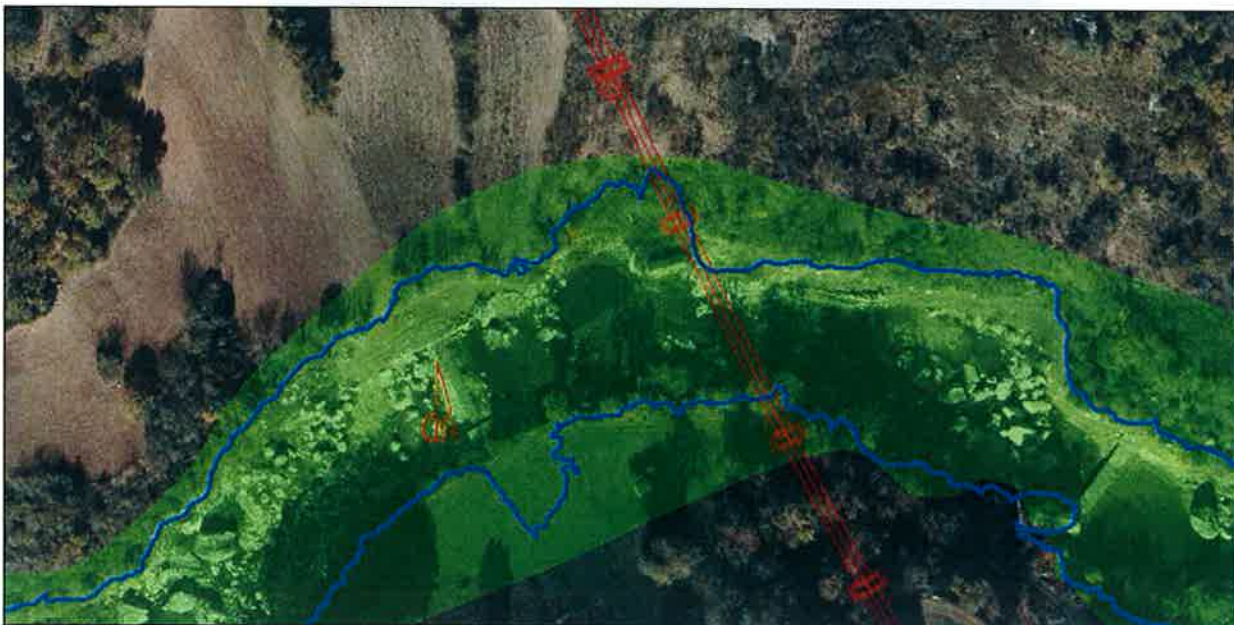


Figura 24 – Confronto aree di allagamento scenario ante operam TR300 anni (linea blu) e area P1 del PAI (area verde).

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A	FOGLIO 33 di 80

### 5.1.2 Scenario post operam e confronto con scenario ante operam

Nella figura seguente vengono riportate le aree di allagamento nella condizione *ante operam* e *post operam* in corrispondenza della viabilità di progetto, per i diversi tempi di ritorno. In appendice A si riportano le tabelle di calcolo ottenuto dal modello HEC-RAS per le configurazioni ante operam e post operam, per i vari tempi di ritorno analizzati.

Le aree di allagamento rimangono sostanzialmente le stesse, eccetto che in corrispondenza dell'attraversamento di progetto dove notiamo una riduzione delle aree di allagamento in corrispondenza e a valle dell'attraversamento a cui corrisponde un aumento molto circoscritto delle aree allagate a monte dello stesso.

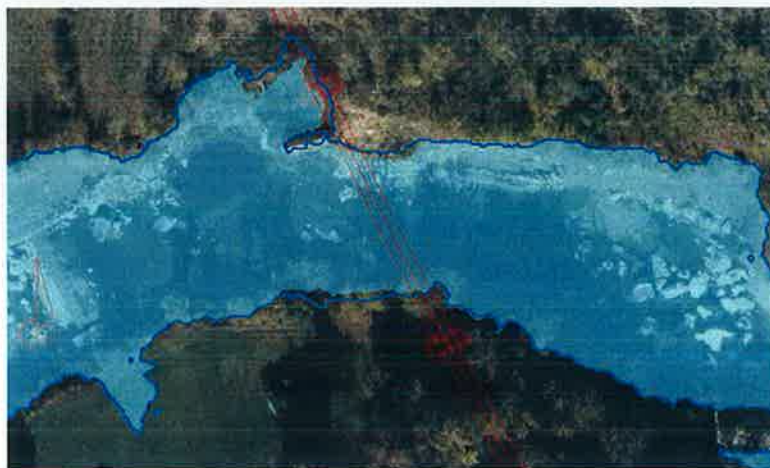




Figura 25 – Confronto aree di allagamento ante operam (linea blu) e post operam (area azzurra) per i diversi tempi di ritorno in corrispondenza del viadotto V102.

Dall'analisi del profilo idraulico si evidenzia un ridotto effetto di rigurgito del viadotto pari a 19 cm per i tempi di ritorno. Tale rigurgito si esaurisce circa 18.0 m a monte, dove è presente un salto di fondo di circa 1.0 m.

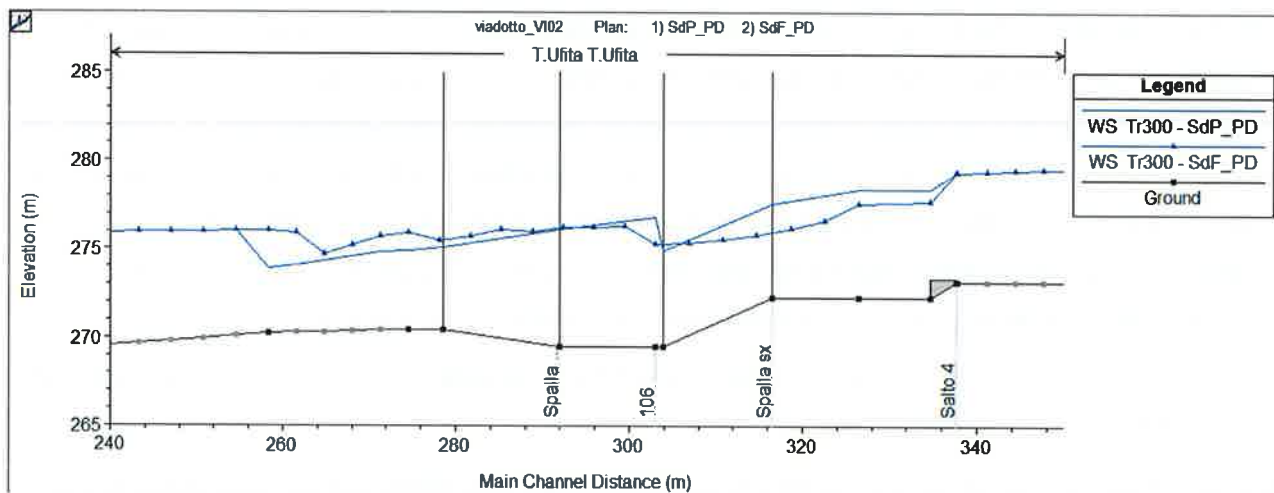


Figura 26 – Profilo longitudinale in corrispondenza del viadotto di progetto V102, con confronto tra il livello idrometrico ante e post operam per un evento con tempo di ritorno di 300 anni.

### 5.1.3 Verifica del franco di progetto

La verifica del franco di progetto viene eseguita secondo le diverse normative e regolamenti di riferimenti. In particolare per l'opera in oggetto sono da considerare:

- Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno
- Norme Tecniche per le Costruzioni
- Manuale di Progettazione R.F.I.

Le normative riportate fanno riferimento ad un franco di sicurezza calcolato rispetto alle grandezze idrauliche determinate per un evento con un tempo di ritorno stabilito.

In particolare, l'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno definisce, nelle Norme di Attuazione al PAI, che il "valore della portata di piena da assumere per le verifiche idrauliche delle opere interferenti con la rete idrografica è fissata pari a quella con tempo di ritorno di 100 anni, salvo i casi particolari in cui sia necessario assumere un tempo superiore ovvero in cui le opere di protezione e sistemazione presenti siano dimensionate per un tempo superiore."

L'AdB richiede la verifica di un franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota di intradosso del ponte pari a:

- 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente
- non inferiore a 1.0 m sul livello di piena.

La circolare 2/2/2009 allegata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2008 specifica e puntualizza alcuni aspetti del testo principale della Norma, come ad esempio nel caso delle valutazioni di compatibilità dei ponti stradali e ferroviari. La circolare specifica che *"in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1.5÷2.0 m"* con riferimento ad un *"tempo di ritorno non inferiore a 200 anni"*, *"è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia non inferiore a 6÷7 m quando si possa temere il transito d'alberi d'alto fusto, con l'avvertenza di prevedere valori maggiori per ponti con luci inferiori a 40 m o per ponti posti su torrenti esposti a sovralti d'alveo per deposito di materiali lapidei provenienti da monte o dai versanti."* L'intradosso delle strutture non deve essere inferiore a 40 m.

Il manuale di progettazione R.F.I., al paragrafo 3.7.2.2.1 richiede, con riferimento alla portata di progetto con tempo di ritorno di 300 anni:

- "franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena pari a 0.50 m e comunque non inferiore a 1.5 m sul livello idrico nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento;
- posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo e in golena;
- posizionamento e geometria delle pile in alveo ed in golena in modo da non provocare significativi

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

fenomeni di rigurgito ovvero fenomeni di erosione localizzati sulle sponde ed alveo.”

In tabella si riportano le verifiche eseguite. Il viadotto risulta ampiamente verificato secondo i criteri richiesti dalla normativa.

Il viadotto presenta una luce di 65 m tra le pile posizionate in prossimità dell'alveo, ben superiore rispetto alla distanza richiesta dalle NTC. Anche le luci posizionate nelle campate immediatamente prossime a quella centrale risultano pari a 45 m, anche in questo caso superiori alla dimensione minima richiesta dalla norma. Inoltre la quota di fondo nella sezione a monte dell'attraversamento è pari a 272.26 m, garantendo quindi un dislivello tra fondo e sottotrave pari a 19.45 m, ampiamente sufficiente a garantire il passaggio di alberi d'alto fusto senza possibilità che i fusti si incastrino a causa della presenza dell'infrastruttura e occludano parzialmente o totalmente la sezione di deflusso.

Tabella 6 – Verifica del franco idraulico del viadotto VI02 secondo le indicazioni di normativa e regolamenti di progettazione vigenti.

	Quota minima impalcato [m s.m.m]	Livello di piena + franco [m s.m.m]	Carico totale + franco [m s.m.m]	Livello di piena + ½ carico cinetico [m s.m.m.]	Verifica
<b>AdB</b> <i>(Tr100 anni)</i>	291.714	277.78+1.0= 278.78		277.78+1.18= 278.96	<b>OK</b>
<b>NTC</b> <i>(Tr200 anni)</i>		278.17+2.0= 280.17			<b>OK</b>
<b>Manuale</b> <b>Prog. R.F.I.</b> <i>(Tr300 anni)</i>		278.40+1.5= 279.90	279.78+0.5= 280.28		<b>OK</b>

#### 5.1.4 Opere provvisionali

Dall'analisi idraulica nella configurazione provvisoria, eseguita considerando un tempo di ritorno di 5 anni, si ottiene un livello pari a 275.11 m s.m.m. in corrispondenza della pila sinistra e pari a 273.57 in corrispondenza della pila destra. Le opere provvisionali per la realizzazione delle fondazioni delle pile sinistra e destra sono poste rispettivamente 3.5 m e 1.0 m al di sopra del livello idrometrico calcolato e pertanto rispettano il franco minimo di 1.0 m.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A	FOGLIO 37 di 80

## 5.2 Viadotto VI03

### 5.2.1 Scenario ante operam e confronto con perimetrazione PAI

Nelle immagini seguenti viene riportato un confronto tra i risultati ottenuti nello scenario *ante operam* e il PAI. Secondo le definizioni delle fasce di pericolosità indicate al paragrafo 2.1, è possibile effettuare un confronto tra i risultati ottenuti per i tempi di ritorno TR 100 e 300 anni, sovrapposti rispettivamente con le aree a pericolosità idraulica P3 e P1.

Si può osservare un generale accordo tra i risultati del presente studio idraulico e la perimetrazione PAI (Figura 27 e Figura 28), eccetto che per l'area in sinistra idraulica in corrispondenza del viadotto, dove si nota una maggiore estensione delle aree delimitate mediante il modello idraulico, e per le aree a valle del viadotto collocate in destra idraulica, dove le esondazioni determinate dal si estendono fin quasi alla strada di accesso al ponte a monte del viadotto.



Figura 27 – Confronto aree di allagamento scenario ante operam TR100 anni (linea blu) e area P3 del PAI (area verde).



Figura 28 – Confronto aree di allagamento scenario ante operam TR300 anni (linea blu) e area P1 del PAI (area verde).

Si fa notare che nella configurazione ante operam il ponte stradale risulta insufficiente a far defluire anche la portata con tempo di ritorno di 30 anni. Per eventi con tempo di ritorno inferiore o uguale a 100 anni, il ponte ha infatti un funzionamento in pressione, mentre per tempi di ritorno superiori si verifica lo scavalco dell'impalcato dell'infrastruttura esistente.

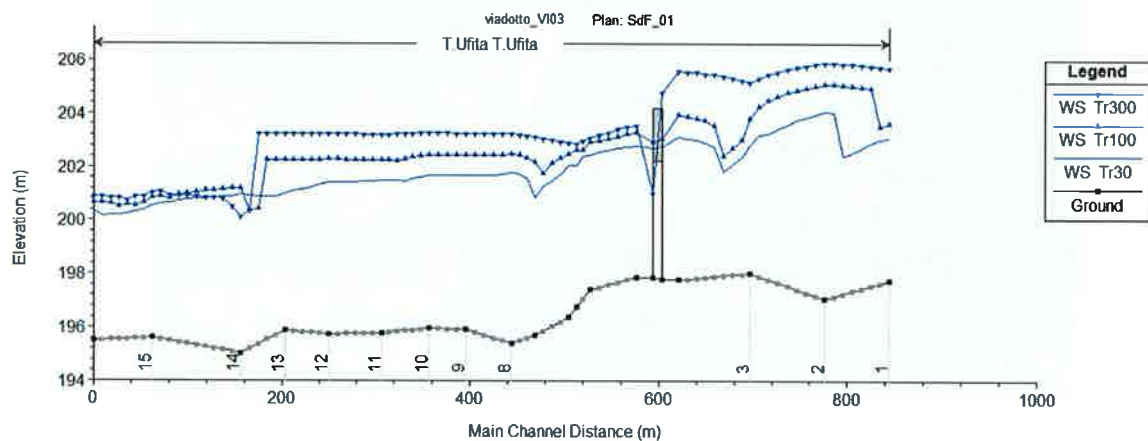
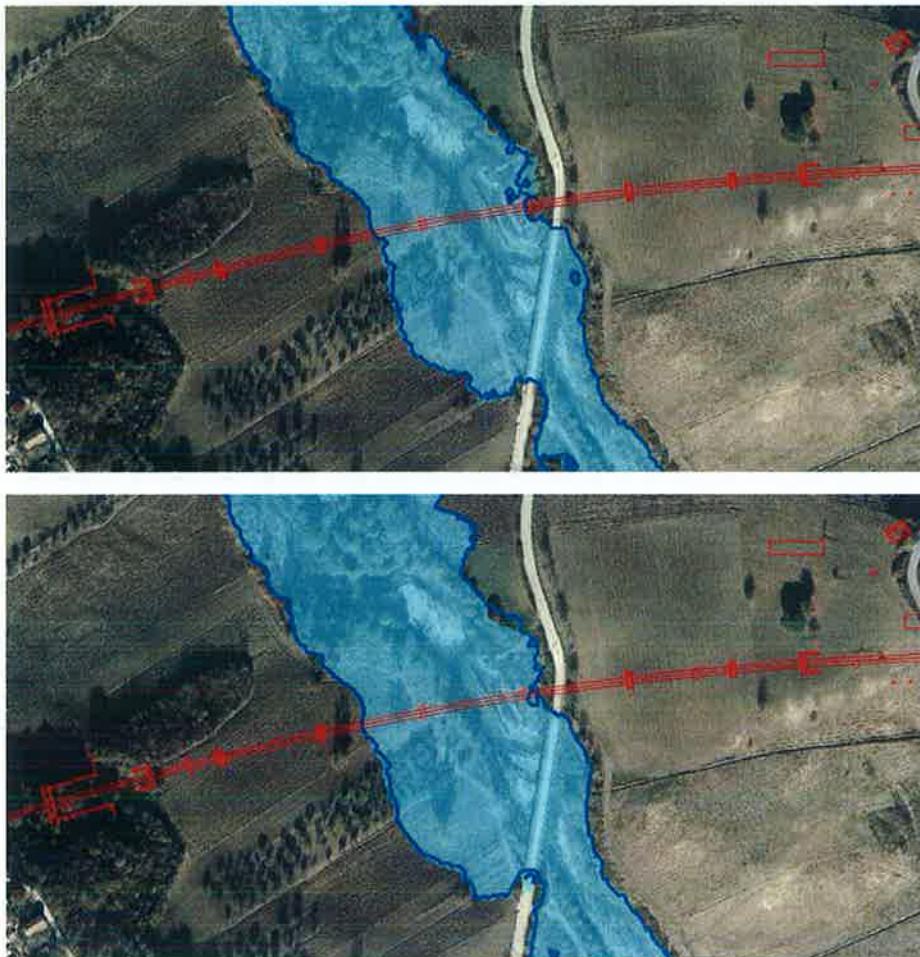


Figura 29 – Profilo longitudinale del viadotto VI03 nella configurazione ante operam per eventi con Tr30, 100 e 300 anni. Si evidenzia il comportamento critico del ponte stradale esistente a monte del viadotto di progetto.

### 5.2.2 Scenario post operam e confronto con scenario ante operam

Nella figura seguente vengono riportate le aree di allagamento nella condizione *ante operam* e *post operam* in corrispondenza della viabilità di progetto, per i diversi tempi di ritorno. In appendice B si riportano le tabelle di calcolo ottenuto dal modello HEC-RAS per le configurazioni ante operam e post operam, per i vari tempi di ritorno analizzati.

Le aree di allagamento rimangono sostanzialmente le stesse, eccetto che in qualche punto localizzato dove si evidenzia un modesto aumento della perimetrazione.





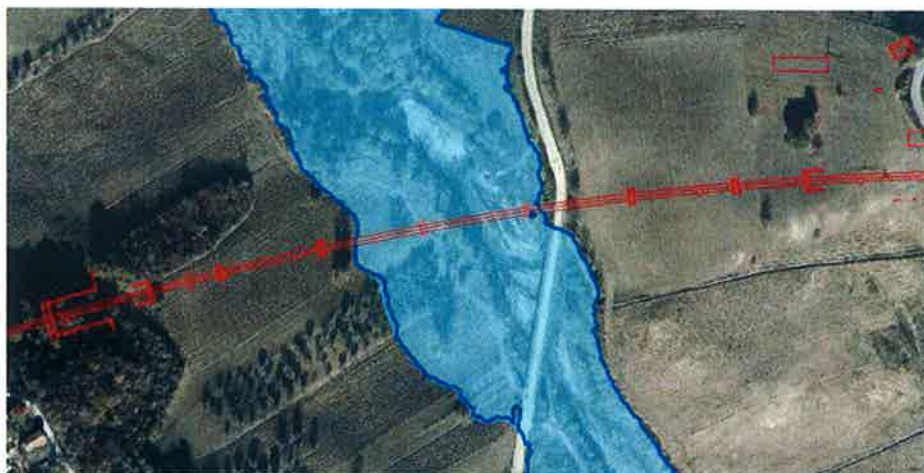


Figura 30 – Confronto aree di allagamento ante operam (linea blu) e post operam (area azzurra) per i diversi tempi di ritorno in corrispondenza del viadotto VI03.

Dall'analisi del profilo idraulico si evidenzia un effetto di rigurgito calcolabile in circa 54 cm per l'evento con Tr30 anno e in circa 74 cm per gli evento con Tr maggiore. Il rigurgito si esaurisce indicativamente in corrispondenza del ponte stradale.

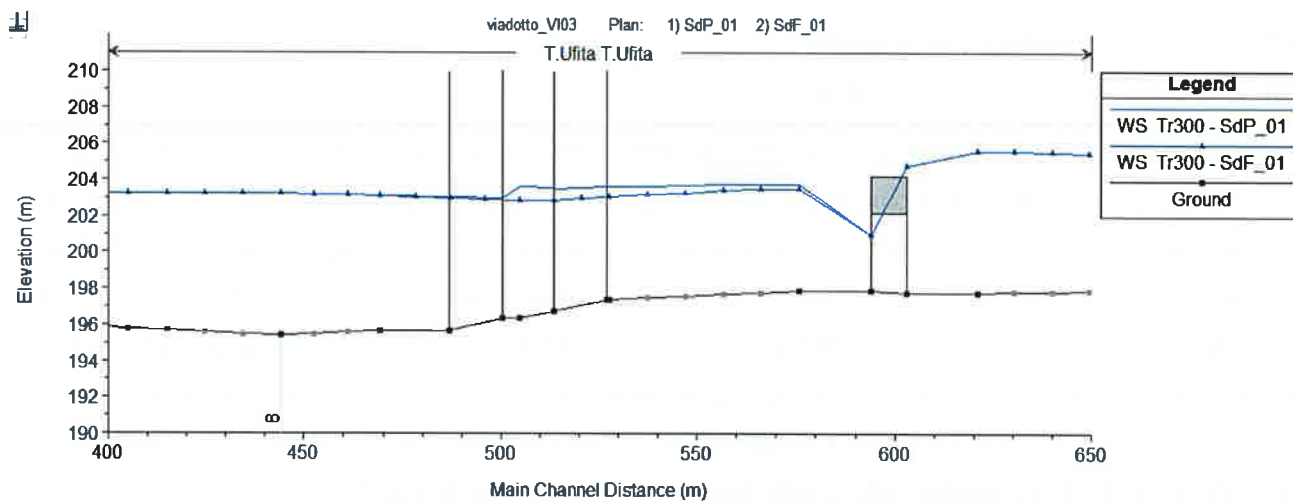


Figura 31 – Profilo longitudinale in corrispondenza del viadotto di progetto VI03, con confronto tra il livello idrometrico ante e post operam per un evento con tempo di ritorno di 300 anni.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</p>	<p>COMMESSA IF0G</p>	<p>LOTTO 01 D 11</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 011</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 41 di 80</p>

### 5.2.3 Verifica del franco di progetto

La verifica del franco di progetto viene eseguita secondo le diverse normative e regolamenti di riferimenti. In particolare per l'opera in oggetto sono da considerare:

- Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno
- Norme Tecniche per le Costruzioni
- Manuale di Progettazione R.F.I.

Le normative riportate fanno riferimento ad un franco di sicurezza calcolato rispetto alle grandezze idrauliche determinate per un evento con un tempo di ritorno stabilito.

In particolare, l'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno definisce, nelle Norme di Attuazione al PAI, che il "valore della portata di piena da assumere per le verifiche idrauliche delle opere interferenti con la rete idrografica è fissata pari a quella con tempo di ritorno di 100 anni, salvo i casi particolari in cui sia necessario assumere un tempo superiore ovvero in cui le opere di protezione e sistemazione presenti siano dimensionate per un tempo superiore."

L'AdB richiede la verifica di un franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota di intradosso del ponte pari a:

- 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente
- non inferiore a 1.0 m sul livello di piena.

La circolare 2/2/2009 allegata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2008 specifica e puntualizza alcuni aspetti del testo principale della Norma, come ad esempio nel caso delle valutazioni di compatibilità dei ponti stradali e ferroviari. La circolare specifica che *"in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1.5÷2.0 m"* con riferimento ad un *"tempo di ritorno non inferiore a 200 anni"*, *"è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia non inferiore a 6÷7 m quando si posa temere il transito d'alberi d'alto fusto, con l'avvertenza di prevedere valori maggiori per ponti con luci inferiori a 40 m o per ponti posti su torrenti esposti a sovralti d'alveo per deposito di materiali lapidei provenienti da monte o dai versanti."* L'intradosso delle strutture non deve essere inferiore a 40 m.

Il manuale di progettazione R.F.I., al paragrafo 3.7.2.2.1 richiede, con riferimento alla portata di progetto con tempo di ritorno di 300 anni:

- "franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena pari a 0.50 m e comunque non inferiore a 1.5 ,m sul livello idrico nella

sezione immediatamente a monte dell'attraversamento;

- posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo e in golena;
- posizionamento e geometria delle pile in alveo ed in golena in modo da non provocare significativi fenomeni di rigurgito ovvero fenomeni di erosione localizzati sulle sponde ed alveo.”

In tabella si riportano le verifiche eseguite. Il viadotto risulta ampiamente verificato secondo i criteri richiesti dalla normativa.

Il viadotto presenta una luce di 65 m tra le pile posizionate in prossimità dell'alveo, ben superiore rispetto alla distanza richiesta dalle NTC. Anche le luci posizionate nelle campate immediatamente prossime a quella centrale risultano pari a 45 m, anche in questo caso superiori alla dimensione minima richiesta dalla norma. Inoltre la quota di fondo nella sezione a monte dell'attraversamento è pari a 196.39 m, garantendo quindi un dislivello tra fondo e sottotrave superiore a 45 m, ampiamente sufficiente a garantire il passaggio di alberi d'alto fusto senza possibilità che i fusti si incastrino a causa della presenza dell'infrastruttura e occludano parzialmente o totalmente la sezione di deflusso.

Tabella 7 – Verifica del franco idraulico del viadotto VI03 secondo le indicazioni di normativa e regolamenti di progettazione vigenti.

	Quota minima impalcato [m s.m.m]	Livello di piena + franco [m s.m.m]	Carico totale + franco [m s.m.m]	Livello di piena + ½ carico cinetico [m s.m.m.]	Verifica
<b>AdB</b> <i>(Tr100 anni)</i>	234.747	203.24+1.0= 204.24		203.24+0.78= 204.02	<b>OK</b>
<b>NTC</b> <i>(Tr200 anni)</i>		203.52+2.0= 205.52			<b>OK</b>
<b>Manuale</b> <b>Prog. R.F.I.</b> <i>(Tr300 anni)</i>		203.63+1.5= 205.13	204.25+0.5= 204.75		<b>OK</b>

#### 5.2.4 Opere provvisoriai

Dall'analisi idraulica nella configurazione provvisoriale, eseguita considerando un tempo di ritorno di 5 anni, si ottiene un livello pari a 200.72 m s.m.m. in corrispondenza della pila destra e pari a 200.58 in corrispondenza della pila sinistra. Le opere provvisoriai per la realizzazione delle fondazioni delle pile destra e sinistra sono poste 1.0 m al di sopra del livello idrometrico calcolato e pertanto rispettano il franco minimo di 1.0 m.

## 6. SISTEMAZIONI IDRAULICHE

### 6.1 Verifica allo scalzamento

La presenza di infrastrutture in alveo o nelle aree golenali interessate dai deflussi di piena è subordinata alla verifica dello scalzamento massimo al piede degli stessi, che deve risultare compatibile con la stabilità del rilevato.

Il manuale di progettazione R.F.I., al paragrafo 3.7.2.2.1 richiede, con riferimento alla portata di progetto con tempo di ritorno di 300 anni:

- Il calcolo dello scalzamento localizzato indotto dalle opere di sostegno deve essere valutato considerando le dimensioni nelle pile; nel caso in cui il plinto di fondazione venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiore e le forme tozze dello stesso provocano un ulteriore scalzamento e pertanto, in tale condizione, il calcolo dell'erosione localizzata va ripetuto portando in conto la diversa geometria.

Di seguito si riportano le formule utilizzate per il calcolo dell'erosione localizzata, mentre nei due paragrafi successivi si riportano i risultati delle verifiche effettuate.

#### 6.1.1 Metodo di calcolo dello scalzamento

Per il calcolo dell'erosione localizzata dovuta alla presenza di una pila sono state utilizzate le formule riportate di seguito.

La formula di *Breusers et al. (1977)*, aggiornata da *Elliot e Baker* calcola lo scavo localizzato nel seguente modo:

$$\frac{Y_s}{b} = f_1\left(\frac{V_0}{V_c}\right) \cdot \left[2 \operatorname{thn}\left(\frac{Y_0}{b}\right)\right] \cdot f_2(\text{forma}) \cdot f_3\left(\alpha, \frac{L}{b}\right) \cdot f_4(b, a)$$

dove:

- $Y_s$ : profondità di scavo a partire dal fondo del terreno indisturbato
- $B$ : larghezza della pila
- $L$ : lunghezza della pila
- $a$ : interasse tra le pile

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	45 di 80

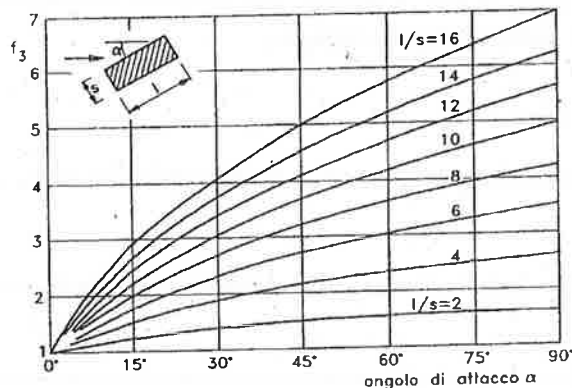
- $V_0$ : velocità media della corrente indisturbata
- $V_c$ : velocità critica di trascinamento relativa al materiale di diametro  $d$ ; per i miscugli si adotta  $d=d_{50}$  e si può ottenere la velocità critica dalla  $V_c = 0,85 \sqrt{2gd_{50}(\gamma_s - \gamma)/\gamma}$  dove  $\gamma_s$  è il peso specifico del materiale di fondo e  $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua
- $d_{50}$ : dimensione media del materiale
- $\alpha$ : angolo tra la direzione della corrente indisturbata e la pila
- $f_1$ : coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del materiale in rapporto a quelle della corrente, pari a:
 
$$f_1 = 0 \quad \text{per } (V_0/V_c) \leq 0.5$$

$$f_1 = 2 \cdot V_0/V_c - 1 \quad \text{per } 0.5 < (V_0/V_c) \leq 1.0$$

$$f_1 = 1 \quad \text{per } (V_0/V_c) > 1.0$$
- $f_2$ : coefficiente di forma, pari a
 
$$f_2 = 1.00 \quad \text{per pile circolari o con fronti arrotondate}$$

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

$$f_2 = 1.30 \quad \text{per pile rettangolari}$$
- $f_3$ : coefficiente funzione della forma e dell'inclinazione della pila, ricavabile dalla figura seguente



- $f_4$ : coefficiente che tiene conto dell'interasse tra le pile ( $a$ ), pari a
 
$$f_4 = 1 + 1.79/(a/b - 1)^{0,695} \quad \text{per } a/b < 4$$

$$f_4 = 2.95 - 0.278 \cdot (a/b) \quad \text{per } 4 < a/b < 7$$

$$f_4 = 1 \quad \text{per } a/b \geq 7$$

Il valore limite 7 è legato all'estensione laterale dello scavo in corrispondenza della pila. Magini ha ricavato sperimentalmente che, dette  $L$  la distanza tra l'asse della pila e il ciglio laterale della fossa e  $b$  la larghezza della pila, il rapporto  $L/b$  si mantiene, per tiranti idrici maggiori di  $b$ , circa uguale a 3.

Una delle formulazioni comunemente più utilizzate, valida per singola pila, è la nota equazione CSU (Colorado State University, 1995); tale espressione venne sviluppata sulla base sia di un'analisi dimensionale dei parametri in grado di influenzare il fenomeno, che a partire dai risultati ottenuti da sperimentazioni condotte in laboratorio. La relazione analitica proposta è la seguente:

$$\frac{Y_s}{Y_0} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 \left( \frac{b}{Y_0} \right)^{0,65} Fr_0^{0,43}$$

dove:

- $y_s$  [m]: massima profondità di erosione (fase di equilibrio del processo erosivo) a partire dal fondo alveo medio locale;
- $b$  [m]: larghezza della pila in metri;
- $y_0$  [m]: profondità media della corrente di monte;
- $Fr_1$ : Numero di Froude della corrente di monte;
- $K_1$ : fattore di correzione per la forma della pila;
- $K_2$ : fattore di correzione per l'angolo di attacco della corrente;
- $K_3$ : fattore di correzione per le condizioni del fondo alveo;
- $K_4$ : fattore di correzione per il materiale che compone il fondo alveo.

Il coefficiente  $K_1$  è stato tabulato per diversi tipi di forma del fronte della pila e varia da 1.1 per pile squadrate, a 1.0 per pile con fronte semicircolare o per pile circolari o per pile costituite da gruppi di cilindri, fino ad un valore di 0.9 per pile con fronte ben raccordato di forma triangolare.

Il coefficiente  $K_2$  viene calcolato con la seguente formula:

$$K_2 = \left( \cos \vartheta + \frac{L}{b} \operatorname{sen} \vartheta \right)^{0,65}$$

dove con  $L$  viene indicata la lunghezza della pila e con  $\vartheta$  l'angolo di attacco della corrente rispetto all'asse di simmetria della stessa pila.

Anche il coefficiente  $K_3$  viene riportato in appositi tabulati. Esso considera le condizioni morfologiche del fondo e varia da 1.1 per fondo piano fino a 1.3 per fondo con presenza di dune di dimensioni importanti.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</p>	<p>COMMESSA IF0G</p>	<p>LOTTO 01 D 11</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 011</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 47 di 80</p>

Il coefficiente  $K_4$  rappresenta un fattore correttivo dello scalzamento che tiene conto della protezione di fondo (armouring) costituita da granulometrie grossolane presenti in alveo o ad una certa profondità. La stima di tale parametro può essere fatta applicando la seguente formula:

$$K_4 = [1 - 0.89(1 - V_R)^2]^{0.5}$$

$$V_R = \left[ \frac{V_1 - V_i}{V_{C90} - V_i} \right]$$

$$V_i = 0.645 \left[ \frac{D_{50}}{b} \right]^{0.053} \cdot V_{C50}$$

dove:

- $V_R$  : carico cinetico;
- $V_1$  : velocità media in alveo o in golena nella sezione subito a monte del ponte;
- $V_i$  : velocità di incipiente movimento;
- $b$  [m]: larghezza della pila;
- $V_{C90}$  : velocità critica per le particelle con diametro D90;
- $V_{C50}$  : velocità critica per le particelle con diametro D50

E' possibile calcolare la velocità critica  $V_C$  come:

$$V_C = 10.95 y_0^{1/6} D_C^{1/3}$$

dove:

- $y_0$  [m] : tirante d'acqua subito a monte delle pile;
- $D_C$  [m] : dimensione critica delle particelle per la velocità critica.

Il valore  $K_4$  deve essere sempre superiore a 0.7, mentre il materiale del fondo che produce protezione dallo scalzamento non deve essere inferiore a 0.06 m.



### 6.1.2 Viadotto VI02

Le pile del viadotto VI02 interessate dalla corrente sono le pile poste in prossimità dell'alveo ovvero le pile P2 (sinistra idraulica) e P3 (destra idraulica).

Le pile presentano forma rettangolare con fronte arrotondata ad accompagnare la corrente, hanno una larghezza pari a 6.15 m per una lunghezza di 13.20 m.

Il diametro del materiale sul fondo è stato ricavato dalle prove geotecniche effettuate in sito, le quali hanno evidenziato un valore di  $d_{50}=0.0012$  m e un  $d_{90}=0.004$  m.

Di seguito sono riportate le caratteristiche di progetto e i valori delle variabili idrauliche utilizzate per il calcolo dello scavo.

Tabella 8 – Valori utilizzati per il calcolo dello scalzamento delle pile del viadotto VI02

	PI02	PI03
$\alpha$ (°)	23	23
$y_0$ (m)	2.39	1.28
$v$ (m)	3.74	3.74
Interasse pile (m)	65	65
Ricoprimento (m)	1.21	2.98

Di seguito si riportano i valori dello scavo localizzato calcolato con le formulazioni sopra indicate. Lo scavo preso in considerazione risulta dalla media dei due valori ottenuti. Se lo scavo risulta maggiore del ricoprimento previsto al di sopra del plinto di fondazione (valore di scavo indicati in rosso) si deve considerare lo scavo generato dall'intero sistema di fondazioni.

Tabella 9 – Scavo localizzato in corrispondenza delle pile del viadotto VI02

	PI02	PI03
CSU	13.81	12.69
Breusers	6.83	2.52
Valore medio (m)	10.32	7.61

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

Si procede quindi alla verifica dello scavo localizzato calcolato nella situazione in cui la fondazione venga interessata dalla corrente, a causa dell'erosione dovuta alla presenza della pila. Nella seguente tabella si riporta la tipologia di fondazione presente, con le caratteristiche geometriche utili al calcolo, e i valori di scavo ottenuti, confrontati con la profondità delle fondazioni.

Tabella 10 – Caratteristiche delle fondazioni delle pile e scavo localizzato in caso di fondazioni interessate dalla corrente.

	<b>PI02</b>	<b>PI03</b>
<b>B plinto (m)</b>	21.5	21.5
<b>L plinto (m)</b>	22.1	21.9
<b>Tipologia fondazione</b>	Pozzo	Pozzo
<b>Profondità fondazione (m)</b>	48	48
<b>CSU</b>	21.17	19.43
<b>Breusers</b>	14.97	5.36
<b>Valore medio (m)</b>	18.07	12.39

Le strutture di sostegno del viadotto VI02 sono verificate per lo scalzamento delle fondazioni.

### 6.1.3 Viadotto VI03

Le pile del viadotto VI03 interessate dalla corrente sono le pile poste in prossimità dell'alveo ovvero le pile P3 (destra idraulica) e P4 (sinistra idraulica).

Le pile presentano forma rettangolare con fronte arrotondata ad accompagnare la corrente, hanno una larghezza pari a 7.5 m per una lunghezza di 13.20 m.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

Il diametro del materiale sul fondo è stato ricavato dalle prove geotecniche effettuate in sito, le quali hanno evidenziato un valore di  $d_{50}=0.01$  m e un  $d_{90}=0.03$  m.

Di seguito sono riportate le caratteristiche di progetto e i valori delle variabili idrauliche utilizzate per il calcolo dello scavo.

Tabella 11 – Valori utilizzati per il calcolo dello scalzamento delle pile del viadotto VI03

	<b>PI03</b>	<b>PI04</b>
$\alpha$ (°)	15	15
$y_0$ (m)	2.06	2.89
$v$ (m)	2.07	2.31
<b>Interasse pile (m)</b>	65	65
<b>Ricoprimento (m)</b>	4.11	3.44

Di seguito si riportano i valori dello scavo localizzato calcolato con le formulazioni sopra indicate. Lo scavo preso in considerazione risulta dalla media dei due valori ottenuti. Se lo scavo risulta maggiore del ricoprimento previsto al di sopra del plinto di fondazione (valore di scavo indicati in rosso) si deve considerare lo scavo generato dall'intero sistema di fondazioni.

Tabella 12 – Scavo localizzato in corrispondenza delle pile del viadotto VI03

	<b>PI03</b>	<b>PI04</b>
<b>CSU</b>	8.04	9.18
<b>Breusers</b>	4.02	5.52
<b>Valore medio (m)</b>	6.03	7.35

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

Si procede quindi alla verifica dello scavo localizzato calcolato nella situazione in cui la fondazione venga interessata dalla corrente, a causa dell'erosione dovuta alla presenza della pila. Nella seguente tabella si riporta la tipologia di fondazione presente, con le caratteristiche geometriche utili al calcolo, e i valori di scavo ottenuti, confrontati con la profondità delle fondazioni.

Tabella 13 – Caratteristiche delle fondazioni delle pile e scavo localizzato in caso di fondazioni interessate dalla corrente.

	<b>PI03</b>	<b>PI04</b>
<b>B plinto (m)</b>	18.5	18.5
<b>L plinto (m)</b>	21.7	21.7
<b>Tipologia fondazione</b>	Pozzo	Pozzo
<b>Profondità fondazione (m)</b>	43	43
<b>CSU</b>	11.14	12.69
<b>Breusers</b>	7.97	11.15
<b>Valore medio (m)</b>	9.56	11.92

Le strutture di sostegno del viadotto VI03 sono verificate per lo scalzamento delle fondazioni.

## 6.2 Verifica dell'erosione dell'alveo

Ai fini della valutazione dell'efficacia antierosiva di una protezione è necessario considerare tutti i parametri idraulici e geometrici: altezza d'acqua della corrente, pendenza della sponda, andamento planimetrico del corso d'acqua, durata dell'evento di piena; ciò significa, in altri termini, che occorre esprimere risultati di prove sperimentali e le conseguenti indicazioni progettuali in termini di tensioni tangenziali ammissibili, tecnicamente più significative del parametro idraulico velocità della corrente.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

Per quanto riguarda le protezioni spondali la resistenza al trascinamento è garantita dal peso del materiale costituente la protezione: per una scogliera non si ha crisi della protezione finché non viene raggiunta la tensione tangenziale critica di inizio movimento, che dipende esclusivamente dalla forma del pietrame e dalle sue dimensioni; per materassi e gabbioni l'azione di contenimento della rete incrementa tale resistenza, permettendo che avvenga un movimento parziale all'interno delle tasche senza crisi della protezione.

### 6.2.1 Metodo di calcolo delle tensioni agenti e resistenti

La formula per calcolare la tensione tangenziale agente massima al fondo fa riferimento al raggio idraulico  $R(m)$  e alla pendenza del fondo  $i_f$ :

$$\tau_b = \gamma_w R i_f$$

Nel caso di alvei larghi e poco profondi si compie un errore trascurabile sostituendo  $R$  (raggio idraulico) con  $h$  (tirante idraulico rispetto al fondo); questa semplificazione può essere effettuata per esempio nelle aree golenali, dove l'ampiezza della sezione di deflusso è sufficientemente elevata rispetto al tirante.

Nel caso si analizzino le condizioni inerenti lo sforzo tangenziale in prossimità della sponda di un corso d'acqua *E. Lane (1953)* ha fornito, sulla base di equazioni di equilibrio di forze descritte in **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata.**, una relazione di  $\tau_{cr}$  che tenga in conto l'inclinazione della sponda e l'angolo di attrito interno  $\phi$  del materiale:

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \left( \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{\text{tg}^2 \alpha}{\text{tg}^2 \phi}} \right) \quad (\text{Eq. 6.1})$$

dove:

- $\tau_{cr(\alpha)}$ : tensione tangenziale critica sulla sponda che induce le particelle al movimento;
- $\tau_{cr(0)}$ : tensione tangenziale critica sul fondo orizzontale che induce le particelle al movimento;
- $\phi$ : inclinazione della sponda;
- $\alpha$ : angolo di attrito interno del materiale che caratterizza la sponda.

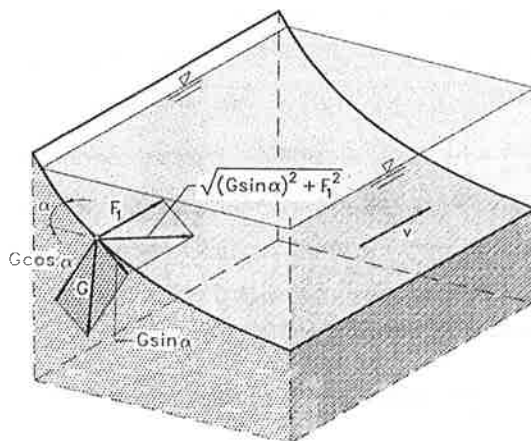


Figura 32 – Forze agenti su di un grano, posizionato su una sponda, impiegate nelle equazioni di equilibrio di Lane

L'equazione scritta in precedenza si presta ad alcune semplici osservazioni che risultano tuttavia essere di interesse pratico. La prima riguarda l'angolo  $\phi$  che deve risultare minore di quello di attrito interno  $\alpha$  del materiale poiché il termine sotto radice ha significato solo se positivo; condizione questa necessaria ma non sufficiente per la stabilità del materiale.

La seconda osservazione riguarda la tensione critica sulla sponda, superata la quale prende origine il moto delle particelle, è minore di quella  $\tau_{(0)}$  sul fondo. Quando cioè sul fondo si verifichi la condizione limite  $\tau(0) \cong \tau_{cr}$ , il materiale della sponda è esposto alla rimozione per essere  $\tau_{cr}(\alpha) \cong \tau(0)$ ; pertanto la sponda va protetta e rivestita con materiale di maggiore pezzatura rispetto a quello posto come protezione al fondo.

Per quanto riguarda la resistenza al trascinamento si definisce tensione massima di trascinamento  $\tau_c$  il massimo sforzo tangenziale oltre il quale il materiale di fondo comincia a muoversi.

Per i materiali non coesivi la formula generalmente utilizzata è la formula di Shields:

$$\tau_c = C^* \cdot (\gamma_m - \gamma_w) \cdot d_{75}$$

dove:

$\tau_c$  = tensione massima di trascinamento (kg/m<sup>2</sup>)

$C^*$  = coefficiente di Shields, dimensionale.

$\gamma_m$  = peso specifico del materiale d'alveo

$\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua (1000 Kg/m<sup>2</sup>)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

$d_{75}$ = diametro del vaglio che consente il passaggio del 75 % del materiale d'alveo (m)

Il coefficiente di Shields per il pietrame sciolto vale circa 0.047, mentre si considera un peso specifico circa pari a 2600 Kg/m<sup>3</sup>.

Per il materiale non coesivo non situato su un fondo orizzontale, occorre tenere conto della riduzione della tensione massima di trascinamento  $\tau_s$  (dovuta all'effetto della pendenza della sponda) mediante un coefficiente correttivo. Le tensioni agenti sulle sponde dell'alveo devono risultare minori alle tensioni agenti:

$$\tau_m \leq \tau_s$$

dove

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \varphi}}$$

in cui:

$\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale (non coesivo) che costituisce la sponda = 41°.

$\theta$  = angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale.

Per evitare che il termine sotto radice diventi negativo, occorre che il materiale che costituisce la sponda abbia un angolo di attrito interno superiore all'inclinazione della sponda.

Risulta che:

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \varphi}}$$

Le verifiche eseguite per le sistemazioni idrauliche dei viadotti oggetto dello studio sono riportate di seguito.

### 6.2.2 Viadotto VI02

Per il viadotto VI02 si prevede una sistemazione spondale per un tratto di circa 65 m in destra idraulica e 25 m in sinistra idraulica, esteso sia a monte che a valle del viadotto, e una sistemazione di fondo a protezione delle zone golenali interessate dalla corrente per un evento con tempo di ritorno di

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

300 anni. In particolare, solo la pila destra viene interessata dalla corrente trecentennale, ma si prevede la realizzazione di una protezione al fondo estesa planimetricamente sull'ingombro delle fondazioni della pila sinistra. Prima della realizzazione delle protezioni spondali è da prevedersi la rimozione delle gabbionature esistenti in prossimità della briglia posta a monte del viadotto.

Per le protezioni spondali si prevede l'utilizzo di massi legati di diametro  $D=1.5\text{m}$ , mentre per le protezioni di fondo si prevede l'utilizzo di massi sciolti di diametro pari a  $1.0\text{ m}$ .

Le verifiche delle protezioni di sponda sono riportate nella tabella seguente, considerando un valore della pendenza del fondo di  $2.4\%$  e un raggio idraulico ottenuto dalla modellazione idraulica di  $3.09$ :

Tabella 14 – Verifica delle protezioni di sponda

<b>Sponda</b>	<b>Tensione agente</b>	<b>Tensione resistente</b>	<b>Coeff. di sicurezza</b>
Sinistra (Pila P02)	77.25	116.33	1.52
Destra (Pila P03)	77.25	116.33	1.52

Nella seguente tabella si verifica la protezione al fondo di progetto considerando il tirante dell'unica pila interessata dalla corrente trecentennale, ovvero la pila destra (PI03).

Tabella 15 – Verifica delle protezioni al fondo

<b>Pila</b>	<b>Tirante</b>	<b>Tensione agente</b>	<b>Tensione resistente</b>	<b>Coeff. di sicurezza</b>
03	1.45	29.0	77.55	2.7

### 6.2.3 Viadotto VI03

Per il viadotto VI03 si prevede una sistemazione spondale per un tratto di circa  $65\text{ m}$  in destra idraulica e  $25\text{ m}$  in sinistra idraulica, esteso sia a monte che a valle del viadotto, e una sistemazione di fondo a protezione delle zone golenali interessate dalla corrente per un evento con tempo di ritorno di



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b>	COMMESSA IFOG	LOTTO 01 D 11	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 011	REV. A

300 anni. Prima della realizzazione delle protezioni spondali è da prevedersi la rimozione delle gabbionature esistenti in prossimità della briglia posta a monte del viadotto.

Sia per le protezioni spondali che per le protezioni di fondo si prevede l'utilizzo di massi di diametro pari a 1.0 m.

Le verifiche delle protezioni di sponda sono riportate nella tabella seguente, considerando un valore della pendenza del fondo di 2.0% e un raggio idraulico ottenuto dalla modellazione idraulica di 2.65.

Tabella 16 – Verifica delle protezioni di sponda

<b>Sponda</b>	<b>Tensione agente</b>	<b>Tensione resistente</b>	<b>Coeff. di sicurezza</b>
Destra (Pila P03)	39.75	56.97	1.43
Sinistra (Pila P04)	39.75	56.97	1.43

Nella seguente tabella si riporta invece la verifica delle protezioni al fondo previste nelle aree golenali.

Tabella 17 – Verifica delle protezioni al fondo

<b>Pila</b>	<b>Tirante</b>	<b>Tensione agente</b>	<b>Tensione resistente</b>	<b>Coeff. di sicurezza</b>
03	1.7	34.0	75.20	2.2
04	2.4	48.0	75.20	1.6

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA PROGETTO DEFINITIVO</b></p>					
<p><b>Relazione idraulica attraversamenti maggiori</b></p>	<p>COMMESSA IF0G</p>	<p>LOTTO 01 D 11</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 011</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 57 di 80</p>

## 7. VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Dall'analisi idraulica eseguita è possibile affermare che i viadotti di progetto non costituiscono un sostanziale aumento delle aree allagabili nei vari tempi di ritorno analizzati.

Il rigurgito generato dalle strutture è contenuto in circa 19 cm per il viadotto VI02 e si esaurisce immediatamente a monte, in corrispondenza della briglia esistente, mentre il viadotto VI03 presenta un rigurgito più sostenuto (circa 74 cm) e anch'esso si esaurisce immediatamente, circa 100 m a monte, in corrispondenza del ponte esistente.

L'intradosso delle strutture di progetto risulta ampiamente verificato secondo le normative e i regolamenti vigenti. In particolare, le verifiche sono state eseguite secondo le indicazioni dell'Autorità di Bacino, le Norme Tecniche delle Costruzioni ed il Manuale di Progettazione R.F.I.

È stato inoltre verificato il dislivello tra il fondo e l'intradosso delle infrastrutture di progetto, che risulta ampiamente sufficiente al fine di non ostacolare l'eventuale passaggio di alberi di alto fusto in entrambi i viadotti di progetto.

Si ricorda inoltre che i viadotti presentano nella campata centrale, in corrispondenza dell'alveo, una campata con luce pari a 65 m, mentre le campate limitrofe presentano una luce di 45 m, tutte superiori rispetto alla dimensione minima richiesta dalle NTC.

Le pile dei viadotti interessate dalla corrente risultano verificate per quanto riguarda lo scalzamento al piede, avendo delle fondazioni a pozzo molto più profonde rispetto allo scavo atteso, calcolato facendo riferimento ad un tempo di ritorno di 300 anni.

Sono state previste adeguate protezioni spondali, riproponendo le pendenze delle sezioni attuali d'alveo e dimensionando le protezioni al fine di evitare il trascinarsi da parte della corrente. Inoltre sono state anche previste delle protezioni al fondo nell'area del viadotto per un'estensione pari a quella degli allagamenti con tempo di ritorno di 300 anni.

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	58 di 80

## 8. APPENDICE A: RISULTATI VIADOTTO VI02

### 8.1 Configurazione ante operam

#### 8.1.1 Evento con tempo di ritorno 30 anni

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch EI (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
733	610.43	298.62	303.58	302.27	304.24	0.006	3.62	168.76	42.46	0.58
730	Inl Struct									
728	610.43	294.02	299.71	299.71	301.28	0.019	5.68	114.42	36.4	0.86
700	610.43	293.6	296.55	297.51	299.76	0.065	7.94	76.9	37.87	1.78
637	610.43	290.47	294.01	294.9	296.74	0.050	7.5	85.97	42.03	1.54
615	610.43	289.36	292.25	292.94	294.94	0.078	7.26	84.12	49.68	1.78
593	610.43	288.92	293.37	292.14	293.99	0.006	3.5	175.49	49.27	0.58
585	Inl Struct									
574	610.43	283.12	288.5	288.5	290.23	0.017	5.96	108.5	32.1	0.93
529	610.43	280.62	283.89	285.04	287.73	0.074	8.67	70.38	31.1	1.84
500	610.43	279.83	284.72	284.72	286.2	0.020	5.4	113.13	38.06	1
468	610.43	278.12	282.98	283.38	285.3	0.028	6.75	90.74	27.22	1.17
447	610.43	278.09	282.2	282.81	284.71	0.029	7.2	90.71	30.36	1.21
424	610.43	277.96	282.72	281.38	283.37	0.006	3.57	171.06	42.73	0.57
420	Inl Struct									
417	610.43	276.02	280.51	280.51	282.49	0.020	6.23	97.95	24.73	1
389	610.43	274.04	277.96	278.94	280.86	0.068	7.55	81.49	35.99	1.55
354	610.43	273.14	277.92	276.46	278.48	0.005	3.31	184.24	47.4	0.54
341	610.43	273.12	277.77	276.49	278.4	0.006	3.52	173.57	45.74	0.57
335	Inl Struct									
329	610.43	272.26	276.33	276.33	277.78	0.020	5.33	114.62	39.52	1
306	610.43	269.49	273.8	274.6	276.72	0.037	7.71	82.65	29.99	1.38
277	610.43	270.44	274.58	274.58	275.96	0.015	5.3	122	46.27	0.91
261	610.43	270.25	274.84		275.52	0.007	3.66	166.73	44.88	0.61
239	610.43	269.34	274.73	273.51	275.37	0.006	3.54	172.21	45.68	0.58
224	610.43	268.65	274.82	272.89	275.23	0.003	2.83	215.77	52.08	0.44
220	Inl Struct									
216	610.43	267.63	271.96	271.96	273.41	0.019	5.34	114.31	39.52	1



**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	60 di 80

329	831.95	272.26	277.01	277.01	278.77	0.019	5.86	141.9	40.31	1
306	831.95	269.49	274.58	275.44	277.84	0.032	8.2	106.46	31.17	1.33
277	831.95	270.44	274.76	275.31	277.02	0.024	6.8	130.4	46.67	1.14
261	831.95	270.25	275.53		276.43	0.007	4.2	198.3	46.21	0.64
239	831.95	269.34	275.41	274.16	276.26	0.007	4.08	204.9	48.96	0.62
224	831.95	268.65	275.55	273.51	276.09	0.004	3.26	261.06	68.57	0.47
220	Inl Struct									
216	831.95	267.63	272.62	272.62	274.41	0.018	5.92	141.2	41.6	1
197	831.95	267.54	271.79	272.09	273.77	0.023	6.29	135.14	45.55	1.12
175	831.95	265.91	270.45	270.94	273.03	0.024	7.12	117.68	33.32	1.17
146	831.95	264.5	268.85	269.7	272.1	0.037	7.99	104.22	30.51	1.38
109	831.95	263.96	267.28	268.23	270.39	0.045	7.83	108.03	47.58	1.52
97	831.95	263.72	268.93	267.65	269.65	0.006	3.9	227.11	56.1	0.58
95	Inl Struct									
92	831.95	261.24	267.01	266.84	268.3	0.015	5.22	169.77	53.59	0.86
72	831.95	260.42	264.71	265.53	267.65	0.037	7.62	111.1	39.21	1.39
38	831.95	258.15	262.91	263.92	266.24	0.052	8.41	106.63	41.57	1.55
3	831.95	256.24	260.25	261.57	264.46	0.058	9.09	91.66	32.37	1.71

**8.1.3 Evento con tempo di ritorno 200 anni**

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
733	959.48	298.62	305.02	303.32	305.9	0.005	4.16	231.53	44.62	0.57
730	Inl Struct									
728	959.48	294.02	300.89	300.89	302.89	0.019	6.53	158.84	39.36	0.88
699.8	959.48	293.6	297.26	298.54	301.55	0.060	9.17	104.88	39.68	1.79
637.0	959.48	290.47	294.7	295.89	298.42	0.051	8.83	116.34	45.97	1.61
614.5	959.48	289.36	292.53	293.75	296.63	0.109	8.97	106.95	58.45	2.12
593	959.48	288.92	294.68	293.14	295.5	0.006	4.03	241.73	51.16	0.57
585.0	Inl Struct									
574.3	959.48	283.12	289.74	289.74	292.02	0.016	6.92	149.61	33.5	0.95
529.3	959.48	280.62	284.71	286.22	289.81	0.068	10.01	96.29	32.5	1.82
500.1	959.48	279.83	285.39	285.98	287.81	0.026	6.89	139.92	40.88	1.16
467.9	959.48	278.12	284.98	284.8	287.12	0.016	6.52	149.82	33.02	0.93
447	959.48	278.09	283.3	284.32	286.52	0.029	8.24	125.36	32.37	1.24

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	61 di 80

424	959.48	277.96	284.11	282.42	284.98	0.006	4.13	233.08	46.59	0.58
420	Inl Struct									
417	959.48	276.02	281.94	281.94	284.57	0.019	7.18	133.85	26.08	1
389	959.48	274.04	278.59	279.85	282.94	0.078	9.28	105.18	38.62	1.72
354	959.48	273.14	279.27	277.47	280.02	0.005	3.84	251	53.16	0.54
341	959.48	273.12	279.1	277.5	279.95	0.005	4.09	237.57	51.04	0.58
335	Inl Struct									
329	959.48	272.26	277.37	277.37	279.29	0.019	6.14	156.42	40.94	1
306	959.48	269.49	275.03	275.85	278.4	0.030	8.36	120.58	31.81	1.29
277	959.48	270.44	275.04	275.67	277.56	0.024	7.23	143.6	49.64	1.17
261	959.48	270.25	275.86	274.71	276.89	0.007	4.5	213.5	46.93	0.67
239	959.48	269.34	275.73	274.49	276.71	0.007	4.39	220.89	51.76	0.64
224	959.48	268.65	275.91	273.84	276.52	0.004	3.48	286.96	75.16	0.48
220	Inl Struct									
216	959.48	267.63	273.03	273.03	274.93	0.017	6.11	158.76	44.28	0.98
197	959.48	267.54	271.88	272.42	274.36	0.027	7.03	139.61	45.71	1.23
175	959.48	265.91	271.3	271.3	273.12	0.014	6.18	169.55	46.97	0.92
146	959.48	264.5	270.22	270.22	272.38	0.016	6.53	149.66	37.52	0.96
109	959.48	263.96	267.6	268.54	270.83	0.040	8.01	123.4	49.24	1.48
97	959.48	263.72	269.35	267.95	270.13	0.006	4.08	250.6	56.42	0.58
95	Inl Struct									
92	959.48	261.24	267.43	267.12	268.77	0.013	5.31	192.44	54.25	0.83
72	959.48	260.42	265.05	265.97	268.18	0.034	7.87	124.63	40.27	1.36
38	959.48	258.15	263.18	264.28	266.81	0.051	8.8	117.75	42.1	1.55
3	959.48	256.24	260.57	261.94	265.09	0.054	9.42	102.2	32.99	1.68

8.1.4 Evento con tempo di ritorno 300 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	1034.08	298.62	305.29	303.51	306.22	0.005	4.27	243.78	45.02	0.57
730	Inl Struct									
728	1034.08	294.02	301.09	301.09	303.2	0.019	6.72	166.64	39.93	0.89
700	1034.08	293.6	297.41	298.75	301.88	0.059	9.37	110.65	39.91	1.78
637	1034.08	290.47	294.83	296.05	298.75	0.052	9.08	122.26	47.13	1.63
615	1034.08	289.36	292.62	293.89	296.97	0.109	9.24	111.94	58.56	2.13

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	62 di 80

593	1034.08	288.92	294.92	293.32	295.79	0.006	4.14	254.3	51.45	0.57
585	Inl Struct									
574	1034.08	283.12	289.98	289.98	292.37	0.016	7.1	157.56	33.65	0.96
529	1034.08	280.62	284.87	286.45	290.2	0.066	10.24	101.63	32.6	1.82
500	1034.08	279.83	285.64	286.21	288.09	0.024	6.93	150.71	46.34	1.13
468	1034.08	278.12	285.36	285.47	287.35	0.013	6.36	175.96	53.09	0.87
447	1034.08	278.09	283.56	284.59	286.82	0.029	8.31	133.75	33.56	1.24
424	1034.08	277.96	284.37	282.62	285.28	0.006	4.23	245.45	48.81	0.58
420	Inl Struct									
417	1034.08	276.02	282.22	282.22	284.97	0.019	7.34	141.37	26.53	0.99
389	1034.08	274.04	278.7	279.88	283.36	0.079	9.61	109.63	38.81	1.74
354	1034.08	273.14	279.53	277.66	280.32	0.005	3.94	264.63	54.08	0.54
341	1034.08	273.12	279.35	277.69	280.24	0.005	4.19	250.37	51.7	0.58
335	Inl Struct									
329	1034.08	272.26	277.57	277.57	279.59	0.018	6.29	164.63	41.34	1
306	1034.08	269.49	275.29	276.09	278.71	0.029	8.43	128.99	32.19	1.27
277	1034.08	270.44	275.93	275.98	277.66	0.013	6.09	191.38	60.26	0.89
261	1034.08	270.25	276.04		277.15	0.008	4.67	221.89	47.27	0.68
239	1034.08	269.34	275.91	274.69	276.96	0.007	4.56	231.55	65.24	0.65
224	1034.08	268.65	276.11	274.02	276.76	0.004	3.6	302.08	77.12	0.49
220	Inl Struct									
216	1034.08	267.63	273.24	273.24	275.22	0.016	6.24	168.27	45.39	0.97
197	1034.08	267.54	272.05	272.61	274.64	0.027	7.19	147.27	45.96	1.23
175	1034.08	265.91	271.5	271.5	273.4	0.014	6.32	179.21	47.52	0.92
146	1034.08	264.5	270.4	270.4	272.31	0.015	6.31	179.57	47.22	0.91
109	1034.08	263.96	267.71	268.73	271.15	0.041	8.27	129.17	49.39	1.5
97	1034.08	263.72	269.58	268.12	270.4	0.005	4.18	263.58	56.94	0.58
95	Inl Struct									
92	1034.08	261.24	267.6	267.3	269.01	0.014	5.47	201.74	54.67	0.84
72	1034.08	260.42	265.29	266.16	268.43	0.031	7.9	134.43	41.25	1.32
38	1034.08	258.15	263.34	264.46	267.11	0.050	8.98	124.53	42.41	1.55
3	1034.08	256.24	260.76	262.16	265.44	0.052	9.59	108.4	33.45	1.66

**8.1.5 Evento con tempo di ritorno 500 anni**

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
733	1128.06	298.62	305.63	303.76	306.61	0.005	4.39	258.9	45.52	0.57

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	63 di 80

730	Inl Struct									
728	1128.06	294.02	301.48	301.48	303.6	0.018	6.76	183.17	43.24	0.87
700	1128.06	293.6	297.59	299.01	302.29	0.057	9.61	117.84	40.4	1.77
637	1128.06	290.47	294.97	296.23	299.16	0.055	9.4	128.67	48.5	1.68
615	1128.06	289.36	292.72	294.08	297.38	0.109	9.56	118.05	58.8	2.15
593	1128.06	288.92	295.22	293.56	296.14	0.005	4.27	269.56	51.79	0.57
585	Inl Struct									
574	1128.06	283.12	290.27	290.27	292.8	0.016	7.32	167.35	33.83	0.96
529	1128.06	280.62	285.07	286.8	290.68	0.065	10.5	108.23	32.73	1.81
500	1128.06	279.83	285.59	286.36	288.59	0.030	7.68	148.14	45.77	1.26
468	1128.06	278.12	285.14	285.74	287.8	0.019	7.31	164.8	52.04	1.02
447	1128.06	278.09	284.01	284.87	287.04	0.026	8.05	153.96	45.21	1.19
424	1128.06	277.96	284.7	282.87	285.66	0.005	4.34	262.39	51.14	0.58
420	Inl Struct									
417	1128.06	276.02	282.57	282.57	285.46	0.018	7.53	150.61	26.95	0.99
389	1128.06	274.04	278.8	280.37	283.81	0.083	10.04	117.43	47.42	1.79
354	1128.06	273.14	279.84	277.89	280.67	0.005	4.05	281.62	54.97	0.54
341	1128.06	273.12	279.65	277.93	280.6	0.005	4.32	266.16	52.53	0.58
335	Inl Struct									
329	1128.06	272.26	277.81	277.81	279.95	0.018	6.47	174.8	41.83	1
306	1128.06	269.49	275.63	276.4	279.08	0.027	8.47	140.19	32.69	1.23
277	1128.06	270.44	275.47	276.25	278.14	0.022	7.48	165.62	52.97	1.15
261	1128.06	270.25	276.24		277.46	0.008	4.89	231.63	47.81	0.7
239	1128.06	269.34	276.12	274.92	277.26	0.008	4.75	246.15	71.07	0.67
224	1128.06	268.65	276.35	274.24	277.04	0.004	3.73	320.61	78.19	0.5
220	Inl Struct									
216	1128.06	267.63	273.51	273.51	275.57	0.015	6.37	180.92	46.76	0.96
197	1128.06	267.54	272.15	272.84	275.05	0.029	7.61	151.86	46.11	1.29
175	1128.06	265.91	270.68	271.75	274.31	0.032	8.63	141.01	45.38	1.38
146	1128.06	264.5	270.48	270.48	272.66	0.016	6.76	183.15	47.29	0.96
109	1128.06	263.96	267.87	268.94	271.53	0.041	8.56	136.72	49.78	1.51
97	1128.06	263.72	269.86	268.33	270.73	0.005	4.31	279.71	59.38	0.58
95	Inl Struct									
92	1128.06	261.24	267.89	267.48	269.33	0.013	5.53	217.98	55.55	0.82
72	1128.06	260.42	265.54	266.4	268.79	0.030	8.05	145.29	43.8	1.3
38	1128.06	258.15	263.53	264.71	267.48	0.049	9.22	132.6	42.76	1.54
3	1128.06	256.24	260.99	262.5	265.86	0.049	9.78	116.22	34.02	1.64



## Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	01 D 11	RI	ID0002 011	A	64 di 80

## 8.2 Configurazione post operam

### 8.2.1 Evento con tempo di ritorno 30 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	610.43	298.62	303.58	302.27	304.24	0.006	3.62	168.76	42.46	0.58
730	Inl Struct									
728	610.43	294.02	299.71	299.71	301.28	0.019	5.68	114.42	36.4	0.86
700	610.43	293.6	296.55	297.51	299.76	0.065	7.94	76.91	37.87	1.78
637	610.43	290.47	294.01	294.9	296.74	0.050	7.5	85.98	42.03	1.54
615	610.43	289.36	292.25	292.94	294.94	0.078	7.26	84.12	49.69	1.78
593	610.43	288.92	293.37	292.14	293.99	0.006	3.5	175.49	49.27	0.58
585	Inl Struct									
574	610.43	283.12	288.5	288.5	290.23	0.017	5.96	108.5	32.1	0.93
529	610.43	280.62	283.89	285.04	287.73	0.074	8.67	70.37	31.1	1.84
500	610.43	279.83	284.72	284.72	286.2	0.020	5.4	113.13	38.06	1
468	610.43	278.12	282.97	283.38	285.3	0.028	6.76	90.6	27.21	1.17
447	610.43	278.09	282.2	282.81	284.71	0.029	7.2	90.71	30.36	1.21
424	610.43	277.96	282.72	281.38	283.37	0.006	3.57	171.06	42.73	0.57
420	Inl Struct									
417	610.43	276.02	280.51	280.51	282.49	0.020	6.23	97.95	24.73	1
389	610.43	274.04	277.96	278.94	280.86	0.068	7.55	81.49	35.99	1.55
354	610.43	273.14	277.92	276.46	278.48	0.005	3.31	184.33	47.4	0.54
341	610.43	273.12	277.77	276.49	278.4	0.006	3.52	173.65	45.74	0.57
335	Inl Struct									
329	610.43	272.26	277.03	276.33	277.97	0.010	4.28	142.73	40.33	0.73
306	Bridge									
306	610.43	269.49	275.23	274.6	276.46	0.010	5.04	127.19	32.11	0.76
305	Bridge									
277	610.43	270.44	274.13	274.58	276.06	0.026	6.22	102.01	40.55	1.15
261	610.43	270.25	274.84		275.52	0.007	3.66	166.72	44.88	0.61
239	610.43	269.34	274.73	273.51	275.37	0.006	3.54	172.21	45.68	0.58
224	610.43	268.65	274.82	272.89	275.23	0.003	2.83	215.77	52.08	0.44
220	Inl Struct									
216	610.43	267.63	271.96	271.96	273.41	0.019	5.34	114.31	39.52	1
197	610.43	267.54	271.09	271.45	272.89	0.027	5.97	103.57	44.39	1.19

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	01 D 11	RI	ID0002 011	A	65 di 80

175	610.43	265.91	269.44	270.12	272.06	0.037	7.17	85.12	31.06	1.38
146	610.43	264.5	268.11	268.87	270.93	0.042	7.44	82	29.52	1.43
109	610.43	263.96	266.9	267.59	269.2	0.040	6.71	91.35	41.46	1.41
97	610.43	263.72	268.13	267.02	268.72	0.006	3.53	182.88	54.2	0.58
95	Inl Struct									
92	610.43	261.24	266.21	266.21	267.71	0.022	5.42	112.6	37.51	1
72	610.43	260.42	263.95	264.8	266.79	0.051	7.46	82.23	37.09	1.56
38	610.43	258.15	263.23	263.23	264.65	0.020	5.49	120.07	42.2	0.96
3	610.43	256.24	259.73	260.73	263.09	0.059	8.12	75.22	31.64	1.68

**8.2.2 Evento con tempo di ritorno 100 anni**

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	831.95	298.62	304.52	302.96	305.33	0.005	3.98	209.65	43.93	0.57
730	Inl Struct									
728	831.95	294.02	300.49	300.49	302.34	0.019	6.25	143.25	38.3	0.88
700	831.95	293.6	297.01	298.18	300.94	0.062	8.79	94.82	39.24	1.79
637	831.95	290.47	294.46	295.6	297.84	0.051	8.39	105.49	43.92	1.59
615	831.95	289.36	294.4	293.46	295.13	0.008	3.78	220.58	63.1	0.64
593	831.95	288.92	294.23	292.78	294.98	0.006	3.85	218.73	50.65	0.57
585	Inl Struct									
574	831.95	283.12	289.32	289.32	291.4	0.016	6.6	135.37	33.21	0.95
529	831.95	280.62	284.42	285.81	289.11	0.070	9.59	86.97	32.06	1.83
500	831.95	279.83	285.06	285.43	287.28	0.027	6.6	126.31	39.55	1.17
468	831.95	278.12	284.15	284.29	286.48	0.020	6.77	124.21	29.77	1.03
447	831.95	278.09	282.91	283.74	285.91	0.029	7.94	112.78	31.73	1.24
424	831.95	277.96	283.64	282.05	284.43	0.006	3.93	211.6	45.07	0.57
420	Inl Struct									
417	831.95	276.02	281.44	281.44	283.85	0.020	6.87	121.12	25.24	1
389	831.95	274.04	278.37	279.57	282.22	0.076	8.73	96.72	38.27	1.68
354	831.95	273.14	278.81	277.12	279.5	0.005	3.66	227.38	49.6	0.54
341	831.95	273.12	278.65	277.16	279.42	0.005	3.89	215.03	48.89	0.57
335	Inl Struct									
329	831.95	272.26	277.78	277.01	278.96	0.010	4.81	173.35	41.76	0.74

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	66 di 80

306	Bridge									
306	831.95	269.49	276.11	275.44	277.62	0.011	5.62	155.86	33.78	0.79
305	Bridge									
277	831.95	270.44	274.57	275.31	277.16	0.029	7.27	121.17	46.23	1.26
261	831.95	270.25	275.53	274.37	276.43	0.007	4.2	198.29	46.21	0.64
239	831.95	269.34	275.41	274.16	276.26	0.007	4.08	204.9	48.96	0.62
224	831.95	268.65	275.55	273.51	276.09	0.004	3.26	261.06	68.57	0.47
220	Inl Struct									
216	831.95	267.63	272.62	272.62	274.41	0.018	5.92	141.2	41.6	1
197	831.95	267.54	271.79	272.09	273.77	0.023	6.29	135.14	45.55	1.12
175	831.95	265.91	270.45	270.94	273.03	0.024	7.12	117.68	33.32	1.17
146	831.95	264.5	268.85	269.7	272.1	0.037	7.99	104.22	30.51	1.38
109	831.95	263.96	267.28	268.23	270.39	0.045	7.83	108.04	47.59	1.52
97	831.95	263.72	268.93	267.65	269.65	0.006	3.9	227.11	56.1	0.58
95	Inl Struct									
92	831.95	261.24	267.01	266.84	268.3	0.015	5.22	169.77	53.59	0.86
72	831.95	260.42	264.71	265.53	267.65	0.037	7.62	111.1	39.21	1.39
38	831.95	258.15	262.91	263.92	266.24	0.052	8.41	106.63	41.57	1.55
3	831.95	256.24	260.25	261.57	264.46	0.058	9.09	91.66	32.37	1.71

8.2.3 Evento con tempo di ritorno 200 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	959.48	298.62	305.02	303.32	305.9	0.005	4.16	231.53	44.62	0.57
730	Inl Struct									
728	959.48	294.02	300.89	300.89	302.89	0.019	6.53	158.84	39.36	0.88
699.8	959.48	293.6	297.26	298.54	301.55	0.060	9.17	104.89	39.68	1.79
637.0	959.48	290.47	294.7	295.89	298.42	0.051	8.82	116.35	45.97	1.61
614.5	959.48	289.36	292.53	293.75	296.63	0.109	8.97	106.95	58.45	2.12
593	959.48	288.92	294.68	293.14	295.5	0.006	4.03	241.73	51.16	0.57
585.0	Inl Struct									
574.3	959.48	283.12	289.74	289.74	292.02	0.016	6.92	149.61	33.5	0.95
529.3	959.48	280.62	284.71	286.22	289.81	0.068	10.01	96.29	32.5	1.82
500.1	959.48	279.83	285.39	285.98	287.81	0.026	6.89	139.93	40.88	1.16
467.9	959.48	278.12	284.98	284.8	287.12	0.016	6.52	149.82	33.02	0.93

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	67 di 80

447	959.48	278.09	283.3	284.32	286.52	0.029	8.24	125.36	32.37	1.24
424	959.48	277.96	284.11	282.42	284.98	0.006	4.13	233.08	46.59	0.58
420	Inl Struct									
417	959.48	276.02	281.94	281.94	284.57	0.019	7.18	133.85	26.08	1
389	959.48	274.04	278.59	279.85	282.94	0.078	9.28	105.18	38.62	1.72
354	959.48	273.14	279.27	277.47	280.02	0.005	3.84	250.94	53.16	0.54
341	959.48	273.12	279.1	277.5	279.95	0.005	4.09	237.5	51.04	0.58
335	Inl Struct									
329	959.48	272.26	278.17	277.37	279.48	0.010	5.07	189.99	42.99	0.75
306	Bridge									
306	959.48	269.49	276.56	275.85	278.23	0.011	5.92	171.68	35.87	0.79
305	Bridge									
277	959.48	270.44	274.78	275.67	277.74	0.031	7.8	131.2	46.71	1.31
261	959.48	270.25	273.74	274.71	277.09	0.047	8.1	118.38	43.63	1.57
239	959.48	269.34	275.73	274.49	276.71	0.007	4.39	220.89	51.76	0.64
224	959.48	268.65	275.91	273.84	276.52	0.004	3.48	286.96	75.16	0.48
220	Inl Struct									
216	959.48	267.63	273.03	273.03	274.93	0.017	6.11	158.76	44.28	0.98
197	959.48	267.54	271.88	272.42	274.36	0.027	7.03	139.61	45.71	1.23
175	959.48	265.91	271.3	271.3	273.12	0.014	6.18	169.55	46.97	0.92
146	959.48	264.5	270.22	270.22	272.38	0.016	6.53	149.66	37.52	0.96
109	959.48	263.96	267.6	268.54	270.83	0.040	8.01	123.4	49.24	1.48
97	959.48	263.72	269.35	267.95	270.13	0.006	4.08	250.6	56.42	0.58
95	Inl Struct									
92	959.48	261.24	267.43	267.12	268.77	0.013	5.31	192.44	54.25	0.83
72	959.48	260.42	265.05	265.97	268.18	0.034	7.87	124.63	40.27	1.36
38	959.48	258.15	263.18	264.28	266.81	0.051	8.8	117.75	42.1	1.55
3	959.48	256.24	260.57	261.94	265.09	0.054	9.42	102.2	32.99	1.68

**8.2.4 Evento con tempo di ritorno 300 anni**

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	1034.08	298.62	305.29	303.51	306.22	0.005	4.27	243.78	45.02	0.57
730	Inl Struct									
728	1034.08	294.02	301.09	301.09	303.2	0.019	6.72	166.64	39.93	0.89

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	68 di 80

700	1034.08	293.6	297.41	298.75	301.88	0.059	9.37	110.65	39.91	1.78
637	1034.08	290.47	294.83	296.05	298.75	0.052	9.08	122.27	47.13	1.63
615	1034.08	289.36	292.62	293.89	296.97	0.109	9.24	111.94	58.56	2.13
593	1034.08	288.92	294.92	293.32	295.79	0.006	4.14	254.3	51.45	0.57
585	Inl Struct									
574	1034.08	283.12	289.98	289.98	292.37	0.016	7.1	157.56	33.65	0.96
529	1034.08	280.62	284.87	286.45	290.2	0.067	10.24	101.63	32.6	1.82
500	1034.08	279.83	285.64	286.21	288.09	0.024	6.93	150.71	46.34	1.13
468	1034.08	278.12	285.37	285.47	287.35	0.013	6.34	176.72	53.11	0.87
447	1034.08	278.09	283.56	284.59	286.81	0.029	8.3	133.96	33.66	1.24
424	1034.08	277.96	284.37	282.62	285.28	0.006	4.23	245.45	48.81	0.58
420	Inl Struct									
417	1034.08	276.02	282.22	282.22	284.97	0.019	7.34	141.37	26.53	0.99
389	1034.08	274.04	278.7	279.88	283.36	0.079	9.61	109.63	38.81	1.74
354	1034.08	273.14	279.53	277.66	280.32	0.005	3.93	264.72	54.08	0.54
341	1034.08	273.12	279.35	277.69	280.24	0.005	4.19	250.45	51.71	0.58
335	Inl Struct									
329	1034.08	272.26	278.4	277.57	279.78	0.010	5.21	199.67	43.19	0.75
306	Bridge									
306	1034.08	269.49	276.82	276.09	278.57	0.010	6.07	181	36.89	0.8
305	Bridge									
277	1034.08	270.44	274.92	275.98	278.07	0.031	8.07	137.55	47.89	1.33
261	1034.08	270.25	273.88	274.9	277.41	0.047	8.33	124.18	43.75	1.58
239	1034.08	269.34	275.91	274.69	276.96	0.007	4.56	231.55	65.24	0.65
224	1034.08	268.65	276.11	274.02	276.76	0.004	3.6	302.08	77.12	0.49
220	Inl Struct									
216	1034.08	267.63	273.24	273.24	275.22	0.016	6.24	168.27	45.39	0.97
197	1034.08	267.54	272.05	272.61	274.64	0.027	7.19	147.27	45.96	1.23
175	1034.08	265.91	271.5	271.5	273.4	0.014	6.32	179.21	47.52	0.92
146	1034.08	264.5	270.4	270.4	272.31	0.015	6.31	179.57	47.22	0.91
109	1034.08	263.96	267.71	268.73	271.15	0.041	8.27	129.17	49.39	1.5
97	1034.08	263.72	269.58	268.12	270.4	0.005	4.18	263.58	56.94	0.58
95	Inl Struct									
92	1034.08	261.24	267.6	267.3	269.01	0.014	5.47	201.74	54.67	0.84
72	1034.08	260.42	265.29	266.16	268.43	0.031	7.9	134.43	41.25	1.32
38	1034.08	258.15	263.34	264.46	267.11	0.050	8.98	124.53	42.41	1.55
3	1034.08	256.24	260.76	262.16	265.44	0.052	9.59	108.4	33.45	1.66

### 8.2.5 Evento con tempo di ritorno 500 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	1128.06	298.62	305.63	303.76	306.61	0.005	4.39	258.9	45.52	0.57
730	Inl Struct									
728	1128.06	294.02	301.48	301.48	303.6	0.018	6.76	183.17	43.24	0.87
700	1128.06	293.6	297.59	299.01	302.29	0.057	9.61	117.85	40.4	1.77
637	1128.06	290.47	294.97	296.23	299.16	0.055	9.4	128.68	48.5	1.68
615	1128.06	289.36	292.72	294.08	297.38	0.109	9.56	118.05	58.8	2.15
593	1128.06	288.92	295.22	293.56	296.14	0.005	4.27	269.56	51.79	0.57
585	Inl Struct									
574	1128.06	283.12	290.27	290.27	292.8	0.016	7.32	167.35	33.83	0.96
529	1128.06	280.62	285.07	286.8	290.68	0.065	10.5	108.23	32.73	1.81
500	1128.06	279.83	285.59	286.36	288.59	0.030	7.68	148.13	45.76	1.26
468	1128.06	278.12	285.14	285.74	287.8	0.019	7.31	164.66	52.03	1.03
447	1128.06	278.09	284.01	284.87	287.04	0.026	8.05	153.96	45.21	1.19
424	1128.06	277.96	284.7	282.87	285.66	0.005	4.34	262.39	51.14	0.58
420	Inl Struct									
417	1128.06	276.02	282.57	282.57	285.46	0.018	7.53	150.61	26.95	0.99
389	1128.06	274.04	278.8	280.37	283.81	0.083	10.04	117.43	47.42	1.79
354	1128.06	273.14	279.84	277.89	280.67	0.005	4.05	281.56	54.97	0.54
341	1128.06	273.12	279.65	277.93	280.6	0.005	4.32	266.16	52.53	0.58
335	Inl Struct									
329	1128.06	272.26	278.68	277.81	280.14	0.010	5.37	213.04	45.9	0.75
306	Bridge									
306	1128.06	269.49	277.14	276.4	278.99	0.010	6.25	192.92	37.99	0.8
305	Bridge									
277	1128.06	270.44	275.08	276.25	278.48	0.032	8.4	145.42	49.72	1.35
261	1128.06	270.25	274.04	275.12	277.81	0.047	8.6	131.2	43.91	1.59
239	1128.06	269.34	276.12	274.92	277.26	0.008	4.75	246.15	71.07	0.67
224	1128.06	268.65	276.35	274.24	277.04	0.004	3.73	320.61	78.19	0.5
220	Inl Struct									
216	1128.06	267.63	273.51	273.51	275.57	0.015	6.37	180.92	46.76	0.96
197	1128.06	267.54	272.15	272.84	275.05	0.029	7.61	151.86	46.11	1.29
175	1128.06	265.91	270.68	271.75	274.31	0.032	8.63	141.01	45.38	1.38
146	1128.06	264.5	270.48	270.48	272.66	0.016	6.76	183.15	47.29	0.96
109	1128.06	263.96	267.87	268.94	271.53	0.041	8.56	136.72	49.78	1.51
97	1128.06	263.72	269.86	268.33	270.73	0.005	4.31	279.71	59.38	0.58

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	70 di 80

95	Inl Struct									
92	1128.06	261.24	267.89	267.48	269.33	0.013	5.53	217.98	55.55	0.82
72	1128.06	260.42	265.54	266.4	268.79	0.030	8.05	145.29	43.8	1.3
38	1128.06	258.15	263.53	264.71	267.48	0.049	9.22	132.6	42.76	1.54
3	1128.06	256.24	260.99	262.5	265.86	0.049	9.78	116.22	34.02	1.64

### 8.3 Fase di cantiere

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
733	280.77	298.62	301.83	300.99	302.25	0.007	2.88	97.37	39.15	0.58
730	Inl Struct									
728	280.77	294.02	297.62	297.62	298.96	0.031	5.13	54.77	20.56	1
700	280.77	293.6	295.79	296.26	297.42	0.052	5.66	49.58	34.51	1.51
637	280.77	290.47	293.15	293.61	294.71	0.045	5.58	51.77	35.11	1.38
615	280.77	289.36	291.5	292.02	293.09	0.063	5.59	50.27	38.59	1.56
593	280.77	288.92	291.76	290.93	292.14	0.007	2.75	102.15	42.51	0.57
585	Inl Struct									
574	280.77	283.12	286.81	286.81	288.03	0.021	4.9	57.97	25.19	0.97
529	280.77	280.62	282.99	283.63	285.16	0.073	6.53	43.02	29.51	1.73
500	280.77	279.83	283.32	283.32	284.33	0.024	4.46	62.94	30.85	1
468	280.77	278.12	281.3	281.75	283.08	0.043	5.9	47.62	24.25	1.34
447	280.77	278.09	280.74	281.08	282.36	0.033	5.71	50.94	24.52	1.22
424	280.77	277.96	281.01	280.17	281.4	0.006	2.8	100.37	40.18	0.57
420	Inl Struct									
417	280.77	276.02	278.83	278.83	280.06	0.022	4.89	57.36	23.37	1
389	280.77	274.04	276.97	277.42	278.6	0.060	5.66	49.58	28.94	1.38
354	280.77	273.14	276.25		276.59	0.005	2.58	108.84	43.01	0.52
341	280.77	273.12	276.12	275.3	276.51	0.006	2.76	101.77	41.34	0.56
335	Inl Struct									
329	280.77	272.26	275.66	275.11	276.18	0.010	3.21	87.49	37.38	0.67
306	Bridge									
306	280.77	269.49	273.6	273.06	274.32	0.010	3.82	76.57	29.72	0.7
305	Bridge									
277	280.77	270.44	273.09	273.06	274.12	0.021	4.5	62.4	29.1	0.98

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	71 di 80

261	280.77	270.25	273.35		273.74	0.007	2.77	101.3	43.18	0.58
239	280.77	269.34	273.24	272.29	273.59	0.006	2.64	106.39	42.93	0.54
224	280.77	268.65	273.28	271.73	273.48	0.003	2.02	139.26	48.06	0.38
220	Inl Struct									
216	280.77	267.63	270.63	270.63	271.58	0.022	4.31	65.13	34.69	1
197	280.77	267.54	270.09	270.2	271.1	0.026	4.46	62.92	37.38	1.1
175	280.77	265.91	268.13	268.69	270.04	0.053	6.13	45.83	28.73	1.55
146	280.77	264.5	266.86	267.37	268.68	0.047	5.98	46.99	26.15	1.42
109	280.77	263.96	266.57	266.29	267.23	0.014	3.6	78.03	38.94	0.81
97	280.77	263.72	266.66	265.92	267.03	0.007	2.77	106.33	48.11	0.57
95	Inl Struct									
92	280.77	261.24	264.82	264.82	265.81	0.024	4.42	63.48	31.69	1
72	280.77	260.42	262.93	263.49	264.78	0.062	6.03	46.59	31.84	1.59
38	280.77	258.15	261.67	261.97	263.08	0.035	5.28	54.07	28.35	1.17
3	280.77	256.24	258.63	259.33	260.94	0.071	6.73	41.74	27.16	1.73





Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	73 di 80

5.5	804.29	197.87	203.26		203.76	0.002	3.42	279.84	87.6	0.5
5.6	804.29	197.39	202.94	202.56	203.63	0.002	4.35	255.17	103.05	0.62
6.7	804.29	196.77	202.64	202.64	203.55	0.003	5.02	234.77	112.67	0.7
7.5	804.29	196.39	202.47	202.56	203.51	0.004	5.36	224.77	114.32	0.74
8	804.29	195.69	202.17	202.02	203.05	0.003	5.12	231.72	98.53	0.69
8	804.29	195.4	202.5		202.84	0.001	3.3	341.53	109.89	0.41
9	804.29	195.92	202.42		202.75	0.001	3.5	352.46	124.6	0.46
10	804.29	195.97	202.43	200.68	202.69	0.001	2.95	442.87	206.55	0.38
11	804.29	195.79	202.24	201	202.59	0.001	3.53	387.67	191.09	0.47
12	804.29	195.75	202.28		202.48	0.001	2.82	489.66	223.48	0.37
13	804.29	195.88	202.25		202.43	0.001	2.55	506.97	249.59	0.36
14	804.29	195.04	201.2	200.6	201.7	0.003	4.82	357.7	270.53	0.64
15	804.29	195.62	200.87	200.87	201.36	0.003	4.2	352.49	308.31	0.64
16	804.29	195.5	200.65	200.52	201	0.002	3.5	416.11	323.2	0.53

9.1.3 Evento con tempo di ritorno 200 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	927.58	197.74	205.54	204.94	206.29	0.002220	5.36	296.64	105.53	0.62
2	927.58	197.06	205.74		206.07	0.000878	3.38	430.32	131.22	0.38
3	927.58	198.02	205.09		205.92	0.001885	4.60	282.63	97.60	0.57
5	927.58	197.77	205.47	202.06	205.64	0.000403	2.32	552.35	133.48	0.27
5.4	Bridge									
5.5	927.58	197.87	203.44		204.03	0.001878	3.75	296.00	89.44	0.53
5.6	927.58	197.39	203.08	202.78	203.90	0.002887	4.77	269.22	105.22	0.67
6.7	927.58	196.77	202.76	202.82	203.83	0.003770	5.47	248.61	114.42	0.76
7.5	927.58	196.39	202.79	202.81	203.77	0.003411	5.32	262.33	119.12	0.71
8	927.58	195.69	201.76	202.24	203.52	0.006920	7.07	192.21	91.52	0.98
8	927.58	195.40	202.46		202.92	0.001718	3.85	337.80	109.15	0.48
9	927.58	195.92	202.33		202.80	0.001879	4.18	341.22	123.70	0.55
10	927.58	195.97	202.32	200.91	202.71	0.001356	3.58	420.31	205.87	0.47
11	927.58	195.79	201.97	201.20	202.53	0.002168	4.26	317.51	116.20	0.58
12	927.58	195.75	202.02		202.38	0.001651	3.79	430.93	222.37	0.50
13	927.58	195.88	201.55	201.62	202.23	0.003546	4.66	336.52	239.96	0.70
14	927.58	195.04	201.33		201.85	0.002915	4.99	393.66	276.78	0.66
15	927.58	195.62	200.97	200.97	201.49	0.003179	4.41	385.08	311.52	0.66
16	927.58	195.50	200.80	200.62	201.15	0.002000	3.57	463.58	325.57	0.53

#### 9.1.4 Evento con tempo di ritorno 300 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	999.7	197.74	205.69	205.09	206.47	0.002	5.5	313.31	109.5	0.63
2	999.7	197.06	205.9		206.24	0.001	3.47	451.7	134.2	0.39
3	999.7	198.02	205.17		206.08	0.002	4.86	290.19	99.65	0.6
5	999.7	197.77	205.59	202.49	205.78	0.000	2.42	568.47	133.67	0.28
5.4	Bridge									
5.5	999.7	197.87	203.53		204.18	0.002	3.93	304.28	89.92	0.56
5.6	999.7	197.39	203.08	202.88	204.03	0.003	5.15	268.89	105.2	0.72
6.7	999.7	196.77	202.85	202.95	203.98	0.004	5.66	259.18	115.63	0.78
7.5	999.7	196.39	202.88	202.9	203.91	0.004	5.51	273.4	120.6	0.73
8	999.7	195.69	203.11	202.38	203.69	0.002	4.35	351.32	137.78	0.54
8	999.7	195.4	203.25		203.57	0.001	3.26	434.97	150.78	0.39
9	999.7	195.92	203.22		203.51	0.001	3.24	453.38	127.69	0.4
10	999.7	195.97	203.27	201.03	203.45	0.001	2.57	619.61	212.65	0.31
11	999.7	195.79	203.21	201.3	203.41	0.001	2.77	576.01	197.16	0.34
12	999.7	195.75	203.23		203.36	0.000	2.25	703.33	227.45	0.27
13	999.7	195.88	203.22		203.33	0.000	1.97	755.13	258.95	0.25
14	999.7	195.04	200.14	201.36	202.9	0.014	9.52	152.93	81.8	1.41
15	999.7	195.62	201.05	201.05	201.57	0.003	4.46	409.08	314.13	0.66
16	999.7	195.5	200.88	200.68	201.23	0.002	3.62	489.59	326.86	0.54

#### 9.1.5 Evento con tempo di ritorno 500 anni

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	1090.56	197.74	206.04	205.27	206.76	0.002	5.36	353.29	117.69	0.6
2	1090.56	197.06	206.22		206.55	0.001	3.45	495.86	140.16	0.38
3	1090.56	198.02	205.57		206.41	0.002	4.74	332.41	109.8	0.57
5	1090.56	197.77	205.95	202.68	206.14	0.000	2.42	616.57	134.43	0.27
5.4	Bridge									
5.5	1090.56	197.87	201.06	202.41	205.16	0.028	9.39	125.69	56.71	1.85
5.6	1090.56	197.39	203.12	203.03	204.23	0.004	5.57	276.18	113.04	0.78
6.7	1090.56	196.77	202.99	203.09	204.16	0.004	5.82	275.13	117.33	0.79
7.5	1090.56	196.39	202.85	203.06	204.12	0.004	6.09	269.6	120.04	0.81
8	1090.56	195.69	202.04	202.68	203.87	0.007	7.35	218.62	95.89	0.99
8	1090.56	195.4	202.68		203.23	0.002	4.22	362.4	113.98	0.52



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	75 di 80

9	1090.56	195.92	202.55		203.1	0.002	4.51	368.39	125.16	0.58
10	1090.56	195.97	202.58	201.19	202.98	0.001	3.72	475.07	207.46	0.48
11	1090.56	195.79	202	201.54	202.87	0.004	5.51	341.68	189.3	0.75
12	1090.56	195.75	202.17		202.58	0.002	4.08	463.5	222.99	0.54
13	1090.56	195.88	201.72	201.78	202.43	0.004	4.86	376.68	244.06	0.71
14	1090.56	195.04	201.46	201.46	202.02	0.003	5.25	430.26	277.4	0.69
15	1090.56	195.62	201.05	201.12	201.67	0.004	4.84	410.99	314.35	0.72
16	1090.56	195.5	200.98	200.74	201.33	0.002	3.67	521.69	328.45	0.54



**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	77 di 80

5.6	804.29	197.87	203.42		203.87	0.001	3.27	294.18	89.3	0.47
6	804.29	197.39	203.24	202.56	203.78	0.002	3.92	289.73	114.24	0.54
6.1	Bridge									
6.5	804.29	196.77	203.17	202.64	203.71	0.002	3.98	297.13	120.48	0.53
6.7	804.29	196.39	203.19	202.59	203.68	0.002	3.89	310.64	124.05	0.5
7.0	Bridge									
7.5	804.29	195.69	202.17	202.02	203.05	0.003	5.12	231.76	98.53	0.69
8	804.29	195.4	202.5	200.22	202.84	0.001	3.3	341.53	109.89	0.41
9	804.29	195.92	202.42		202.75	0.001	3.5	352.46	124.6	0.46
10	804.29	195.97	202.43	200.68	202.69	0.001	2.95	442.87	206.55	0.38
11	804.29	195.79	202.24	201	202.59	0.001	3.53	387.67	191.09	0.47
12	804.29	195.75	202.28		202.48	0.001	2.82	489.66	223.48	0.37
13	804.29	195.88	202.25		202.43	0.001	2.55	506.97	249.59	0.36
14	804.29	195.04	201.2	200.6	201.7	0.003	4.82	357.7	270.53	0.64
15	804.29	195.62	200.87	200.87	201.36	0.003	4.2	352.49	308.31	0.64
16	804.29	195.5	200.65	200.52	201	0.002	3.5	416.11	323.2	0.53

**9.2.3 Evento con tempo di ritorno 200 anni**

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	927.58	197.74	205.54	204.94	206.29	0.002	5.36	296.64	105.53	0.62
2	927.58	197.06	205.74		206.07	0.001	3.38	430.32	131.22	0.38
3	927.58	198.02	205.09		205.92	0.002	4.6	282.63	97.6	0.57
5.4	927.58	197.77	205.47	202.06	205.64	0.000	2.32	552.35	133.48	0.27
5.5	Bridge									
5.6	927.58	197.87	203.67		204.19	0.002	3.5	316.96	90.49	0.49
6	927.58	197.39	203.52	202.79	204.09	0.002	4.05	322.36	117.05	0.55
6.1	Bridge									
6.5	927.58	196.77	203.45	202.85	204.01	0.002	4.1	331.16	122.85	0.53
6.7	927.58	196.39	203.47	202.81	203.98	0.002	4	345.76	126.83	0.51
7.0	Bridge									
7.5	927.58	195.69	202.24	202.24	203.34	0.004	5.74	238.59	100.01	0.76
8	927.58	195.4	202.46	201.45	202.92	0.002	3.85	337.8	109.15	0.48
9	927.58	195.92	202.33		202.8	0.002	4.18	341.22	123.7	0.55
10	927.58	195.97	202.32	200.91	202.71	0.001	3.58	420.31	205.87	0.47
11	927.58	195.79	201.97	201.2	202.53	0.002	4.26	317.51	116.2	0.58
12	927.58	195.75	202.02		202.38	0.002	3.79	430.93	222.37	0.5

Relazione idraulica attraversamenti maggiori

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	01 D 11	RI	ID0002 011	A	78 di 80

13	927.58	195.88	201.55	201.62	202.23	0.004	4.66	336.52	239.96	0.7
14	927.58	195.04	201.33		201.85	0.003	4.99	393.66	276.78	0.66
15	927.58	195.62	200.97	200.97	201.49	0.003	4.41	385.08	311.52	0.66
16	927.58	195.5	200.8	200.62	201.15	0.002	3.57	463.58	325.57	0.53

9.2.4 Evento con tempo di ritorno 300 anni

River Sta	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
1	999.7	197.74	205.69	205.09	206.47	0.002	5.5	313.31	109.5	0.63
2	999.7	197.06	205.9		206.24	0.001	3.47	451.7	134.2	0.39
3	999.7	198.02	205.17		206.08	0.002	4.86	290.19	99.65	0.6
5.4	999.7	197.77	205.59	202.49	205.78	0.000	2.42	568.47	133.67	0.28
5.5	Bridge									
5.6	999.7	197.87	203.78		204.34	0.002	3.66	326.99	90.92	0.5
6	999.7	197.39	203.63	202.9	204.25	0.002	4.24	335.73	124.39	0.57
6.1	Bridge									
6.5	999.7	196.77	203.59	202.96	204.17	0.002	4.19	348.47	123.96	0.54
6.7	999.7	196.39	203.61	202.91	204.14	0.002	4.1	363.41	128.72	0.51
7.0	Bridge									
7.5	999.7	195.69	203.11	202.38	203.69	0.002	4.35	351.33	137.78	0.54
8	999.7	195.4	203.25	201.56	203.57	0.001	3.26	434.97	150.78	0.39
9	999.7	195.92	203.22		203.51	0.001	3.24	453.38	127.69	0.4
10	999.7	195.97	203.27	201.03	203.45	0.001	2.57	619.61	212.65	0.31
11	999.7	195.79	203.21	201.3	203.41	0.001	2.77	576.01	197.16	0.34
12	999.7	195.75	203.23		203.36	0.000	2.25	703.33	227.45	0.27
13	999.7	195.88	203.22		203.33	0.000	1.97	755.13	258.95	0.25
14	999.7	195.04	200.14	201.36	202.9	0.014	9.52	152.91	81.78	1.41
15	999.7	195.62	201.05	201.05	201.57	0.003	4.46	409.08	314.13	0.66
16	999.7	195.5	200.88	200.68	201.23	0.002	3.62	489.59	326.86	0.54

9.2.5 Evento con tempo di ritorno 500 anni

River Sta	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
1	1090.56	197.74	206.04	205.27	206.76	0.002	5.36	353.29	117.69	0.6

**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	01 D 11	RI	ID0002 011	A	79 di 80

2	1090.56	197.06	206.22		206.55	0.001	3.45	495.86	140.16	0.38
3	1090.56	198.02	205.57		206.41	0.002	4.74	332.41	109.8	0.57
5.4	1090.56	197.77	205.95	202.68	206.14	0.000	2.42	616.57	134.43	0.27
5.5	Bridge									
5.6	1090.56	197.87	203.93		204.55	0.002	3.84	340.52	91.73	0.52
6	1090.56	197.39	203.79	203.14	204.45	0.002	4.39	356.49	131.24	0.58
6.1	Bridge									
6.5	1090.56	196.77	203.76	203.09	204.36	0.002	4.29	369.41	125.29	0.55
6.7	1090.56	196.39	203.77	203.07	204.33	0.002	4.22	384.97	132.13	0.52
7.0	Bridge									
7.5	1090.56	195.69	202.68	202.68	203.69	0.004	5.66	293.89	128.23	0.73
8	1090.56	195.4	202.68	201.61	203.23	0.002	4.22	362.4	113.98	0.52
9	1090.56	195.92	202.55		203.1	0.002	4.51	368.39	125.16	0.58
10	1090.56	195.97	202.58	201.19	202.98	0.001	3.72	475.07	207.46	0.48
11	1090.56	195.79	202	201.54	202.87	0.004	5.51	341.68	189.3	0.75
12	1090.56	195.75	202.17		202.58	0.002	4.08	463.5	222.99	0.54
13	1090.56	195.88	201.72	201.78	202.43	0.004	4.86	376.68	244.06	0.71
14	1090.56	195.04	201.46	201.46	202.02	0.003	5.25	430.26	277.4	0.69
15	1090.56	195.62	201.05	201.12	201.67	0.004	4.84	410.99	314.35	0.72
16	1090.56	195.5	200.98	200.74	201.33	0.002	3.67	521.69	328.45	0.54

**9.3 Fase di cantiere**

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	271.44	197.74	201.46	202.07	203.45	0.010	6.87	49.09	23.44	1.16
2	271.44	197.06	200.67	201.24	202.61	0.012	6.34	46.71	22.98	1.21
3	271.44	198.02	201.21	200.93	202.14	0.005	4.33	65.32	26.28	0.83
5.4	271.44	197.77	201.47	200.13	201.67	0.001	2.21	143.58	55.46	0.38
5.5	Bridge									
5.6	271.44	197.87	201.39		201.59	0.001	2.04	145.42	59.76	0.38
6	271.44	197.39	200.72	200.42	201.44	0.004	3.9	76.44	37.1	0.74
6.1	Bridge									
6.5	271.44	196.77	200.45	200.15	201.36	0.005	4.3	66.91	27.35	0.79
6.7	271.44	196.39	200.47	200.05	201.3	0.004	4.13	71.09	29.18	0.72
7.0	Bridge									
7.5	271.44	195.69	200.56	200.01	201.08	0.002	3.47	100.01	52.6	0.55



**Relazione idraulica attraversamenti maggiori**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	01 D 11	RI	ID0002 011	A	80 di 80

8	271.44	195.4	200.77	199.01	200.93	0.001	2.14	170.81	87.71	0.31
9	271.44	195.92	200.66		200.86	0.001	2.58	163.2	89.25	0.4
10	271.44	195.97	200.69	198.93	200.81	0.001	1.83	201.98	90.19	0.28
11	271.44	195.79	200.56	199.38	200.74	0.001	2.31	172.15	95.45	0.37
12	271.44	195.75	200.46		200.66	0.001	2.43	167.46	95.98	0.38
13	271.44	195.88	200.24		200.57	0.002	2.79	123.33	81.33	0.49
14	271.44	195.04	200.27		200.46	0.001	2.58	164.94	114.92	0.38
15	271.44	195.62	199.49	199.26	200.18	0.004	3.91	83.17	57.96	0.71
16	271.44	195.5	199.5	198.75	199.86	0.002	2.86	122.89	104.49	0.5

