

COMMITTENTE:



**DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA**

PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA**

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
(Infrastrutture strategiche legge n. 443/2001)**

Lotto 1: Ripalta- Lesina

**RELAZIONE IDRAULICA CORSI D'ACQUA MINORI: PONTONICCHIO,
CAPOPOSTA E SISTEMAZIONE IDRAULICA FOSSO PARADISO**

SCALA:

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

L I 0 0 0 1 D 1 1 R I I D 0 0 0 2 0 0 3 A

Revis	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. MARSON	Giugno 2016	F. DABAS	Giugno 2016	F. GERNONE	Giugno 2016	ITALFERR S.p.A. U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA Dott. F. SACCHI Ordine degli Ingegneri del Lazio - Roma n. Elab.

File: LI0001D11RIID0002004A.docx



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA:

Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 11 RI ID0002 003	A	2 DI 35

INDICE

1	PREMESSA	5
1.1	Elenco elaborati annessi	5
2	INQUADRAMENTO OPERE DI ATTRAVERSAMENTO	6
3	PORTATE DI PROGETTO	7
4	METODOLOGIA DI VERIFICA	7
4.1	Verifica in moto permanente	7
4.1.1	<i>Caratteristiche del modello matematico</i>	8
4.2	Verifica a moto uniforme	19
5	VERIFICHE IDRAULICHE	21
5.1	Fosso Pontonicchio	21
5.2	Fosso Paradiso	24
5.3	Fosso Capoposta	26
6	CRITERI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	28
6.1	Studio idrogeologico	31
6.2	Verifiche idrauliche	31
6.3	Sistemazioni idrauliche	34
6.4	Analisi di compatibilità idraulica	34

	LINEA PESCARA - BARI				
	RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina				
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
LI00	01	D 11 RI ID0002 003	A	3 DI 35	

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento geografico linea ferroviaria su ortofoto	6
Figura 2.: Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.	8
Figura 3: Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.	9
Figura 4: Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.	11
Figura 5: Pianta schematica di un attraversamento fluviale	12
Figura 6: Sezione schematica di un attraversamento fluviale	13
Figura 7: Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo	15
Figura 8: Diagramma per la stima del coefficiente di deflusso Cd	15
Figura 9: Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo	16
Figura 10: Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo	16
Figura 11: Schema di un tombino ponticello	17
Figura 12: Diagramma di funzionamento del tombino ponticello	17
Figura 13: Inquadramento su ortofoto Fosso Pontonicchio.....	21
Figura 14: Sistemazione Fosso Pontonicchio	22
Figura 15: Profilo Hec-ras Pontonicchio	24
Figura 16: Inquadramento su orto foto Fosso Paradiso	25
Figura 17: Sistemazione Fosso Paradiso	25
Figura 18: Sezione Fosso Paradiso	26
Figura 19: Inquadramento su ortofoto Fosso Capoposta	27
Figura 20: Planimetria sistemazione Fosso Capoposta	28
Figura 21: Profilo sistemazione Fosso Capoposta	28
Figura 22 – Sovrapposizione del tracciato con le aree di pericolosità idraulica – tratto a ovest del viadotto di progetto	30
Figura 23 – Sovrapposizione del tracciato con le aree di pericolosità idraulica – tratto a est del viadotto di progetto.	31



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA:

Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 11 RI ID0002 003	A	4 DI 35

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Elenco elaborati annessi.....	5
Tabella 2 – Portate corsi d'acqua minori con tempo di ritorno pari a 200 anni	7
Tabella 3: Coefficiente di resistenza idrodinamico CD.....	14
Tabella 4: Coefficiente di Yarnell.....	14
Tabella 5: Risultati simulazione monodimensionale Pontonicchio.....	23
Tabella 6 – Classi di pericolosità idraulica – PAI Fortore	30
Tabella 7 - Valori di scabrezza secondo le NTA del PAI Fortore.....	33
Tabella 8 – Franchi richiesti dalle NTA – PAI Fortore	33



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA:

Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 11 RI ID0002 003	A	5 DI 35

1 PREMESSA

Il presente documento è parte della progettazione definitiva dell'intervento di raddoppio della linea ferroviaria Termoli - Lesina, nella tratta che si sviluppa tra Ripalta e Lesina (Lotto 1). Lo sviluppo complessivo della linea ferroviaria interessata dal presente studio è di circa 6.80 km.

Scopo della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei manufatti di attraversamento minori interferenti con la nuova linea ferroviaria.

La fase di progettazione è svolta sulla base delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI/Italferr.

In riferimento alla portata di progetto sono stati considerati eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni, come previsto dal manuale Italferr, per bacini inferiori ai 10 km².

I manufatti di attraversamento sono stati dimensionati al fine di mantenere un grado di riempimento inferiore al 70% della luce e una velocità massima di 3.50 m/s.

1.1 Elenco elaborati annessi

ELABORATO	SCALA	CODIFICA
Relazione idrologica	-	LI0001D11RIID0001001A
Sistemazione idraulica fosso Paradiso – planimetria , profilo,sezioni	varie	LI0001D11PZID0002010A
Sistemazione idraulica Capoposta– planimetria , profilo, sezioni	varie	LI0001D11PZID0002012A
Sistemazione idraulica Pontonicchio– planimetria , profilo, sezioni	varie	LI0001D11PZID0002013A

Tabella 1 – Elenco elaborati annessi.

	LINEA PESCARA - BARI				
	RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina				
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
LI00	01	D 11 RI ID0002 003	A	6 DI 35	

2 INQUADRAMENTO OPERE DI ATTRAVERSAMENTO

Lungo il tratto oggetto di studio, la linea interseca alcuni corsi d'acqua minori, come il Fosso Olivella 2 (alla progressiva 24+450), il Fosso Paradiso (alla progressiva 27+675), il Canale Capoposta (alla progressiva 29+943) e il Fosso Pontonicchio (alla progressiva 30+912), indicati in Figura 1.



Figura 1 - Inquadramento geografico linea ferroviaria su ortofoto

Gli interventi in corrispondenza del fosso Olivella 2 sono oggetto di differente appalto, pertanto non sono trattati all'interno della presente relazione.

3 PORTATE DI PROGETTO

Con riferimento alle risultanze dello studio idrologico, nella tabella seguente si riportano le portate di dimensionamento delle opere di attraversamento minori.

Bacino	Corso d'acqua	Progressiva	Manufatto di progetto	Portate metodo GUMBEL	
				$t_{C_{medio}}$ [ore]	Q 200 [m ³ /s]
B	Fosso Paradiso	27+675	Viadotto	2.06	36.6
C	Canale Capoposta	29+943	Tombino Scatolare	0.54	16.5
D	Fosso Pontonicchio	30+912	Tombino Scatolare	0.73	27.7

Tabella 2 – Portate corsi d'acqua minori con tempo di ritorno pari a 200 anni

4 METODOLOGIA DI VERIFICA

Per quanto concerne le verifiche idrauliche sono state utilizzate due metodologie.

Per il tombino scatolare sul fosso Pontonicchio, data la presenza evidente di un alveo ben inciso sia a monte che a valle dell'intervento, è stata eseguita una verifica monodimensionale in moto permanente mediante il codice Hec-Ras. Per il tombino scatolare sul canale Capoposta, che non presenta un alveo inciso ben definito, è stata eseguita una verifica in moto uniforme. Le verifiche idrauliche per il fosso Paradiso, che scorre al di-sotto del viadotto con una distanza tra impalcato e fondo alveo dell'ordine dei 6.5m, sono state eseguite in moto uniforme.

4.1 Verifica in moto permanente

Le simulazioni numeriche sul fosso Pontonicchio sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce un'adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione del profilo idrico nella situazione attuale e di progetto è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 4.1.0 River Analysis System del gennaio 2010, sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, i cui fondamenti concettuali sono riportati in seguito.

4.1.1 Caratteristiche del modello matematico

Di seguito vengono esposti i fondamenti teorici alla base della modellazione idraulica monodimensionale, effettuata mediante il codice di calcolo HEC-RAS RIVER ANALYSIS SYSTEM versione 4.1.0 del gennaio 2010, utilizzata per il calcolo dei livelli di piena e conseguenti aree d'esondazione.

La determinazione del livello del pelo libero in ogni sezione è computato, nel caso di correnti lente, a partire dalla sezione di valle, risolvendo per via iterativa l'equazione dell'energia, ossia:

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

Dove: Y_1 e Y_2 rappresentano rispettivamente le profondità del pelo libero della sezione di valle e di monte, Z_1 e Z_2 rappresentano rispettivamente le elevazione sul medio mare del fondo del canale della sezione di valle e di monte, V_1 e V_2 rappresentano rispettivamente le velocità medie nella sezione di valle e di monte, α_1 e α_2 i rispettivi coefficienti di Coriolis, g l'accelerazione di gravità e h_e le perdite di energia tra le due sezioni.

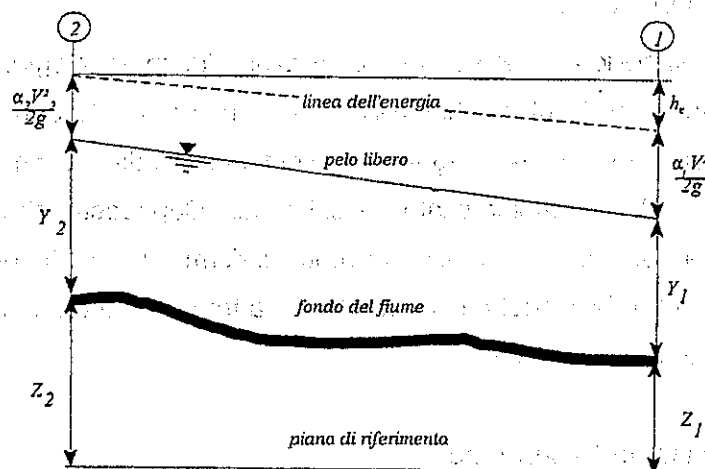


Figura 2: Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.

La Figura 2 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di valle e quella di monte; nella figura sono indicati i singoli termini di bilancio in accordo all'equazione (1).

Le perdite di energia complessive h_e tra le due sezioni sono dovute alle perdite continue ed a quelle localizzate dovute a fenomeni di espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

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

dove, con L è indicata la distanza tra le due sezioni, con \bar{J} le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni mentre il C correla le perdite, dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento piano - altimetrico del corso d'acqua, alla differenza dei carichi cinetici delle due sezioni. Per la valutazione delle perdite di carico è utilizzata la formula di Manning, ossia:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{J} \quad (3)$$

dove: Q rappresenta la portata, A l'area bagnata, R_h il raggio idraulico, n il coefficiente di scabrezza secondo Manning e J le perdite di energia per unità di lunghezza.

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti in modo da trattare separatamente sezioni in cui la velocità media può essere ritenuta, ai fini pratici, costante (Figura 3).

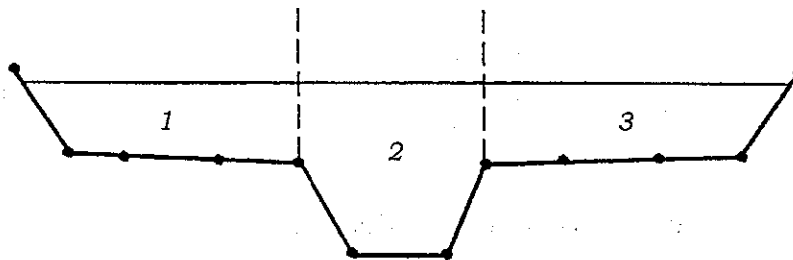


Figura 3: Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.

Con riferimento alla Figura 3 indicata con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata di ogni singola parte i -esima in cui è stata suddivisa la sezione, si ha, in accordo alla formula di Manning :

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{h,i}^{2/3} \quad (4)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza J risulta pari a:

$$J = \left(\frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (5)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservato che, per la costanza di J, la portata di ogni singola area $Q_i = K_i \sqrt{J}$ è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale

$$Q = \sum_i Q_i$$

Calcolata la perdita di carico in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 la pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni e fornita dalla seguente equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (6)$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, da queste, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a

$\sum_i Q_i^3 / A_i^2$, e l'energia cinetica calcolata facendo uso del valore medio della velocità, proporzionale a Q^3 / A^2 .

Esprese le portate delle singole parti i-esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si perviene con qualche semplice passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \frac{\left(\sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \left(\sum_i A_i \right)^2}{\left(\sum_i K_i \right)^3} \quad (7)$$

dal cui calcolo è possibile ottenere α , il coefficiente di Coriolis.

Calcolate tramite le rispettive equazioni le perdite di energia h_e ed il coefficiente di Coriolis α la (1), associata all'equazione di continuità, permette di calcolare la quota del pelo libero, $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte a partire dal valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$ noto in corrispondenza della sezione di valle.

Essendo la (1) un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, a partire da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

Ogni volta che la corrente passa attraverso la condizione critica l'equazione dell'energia non viene considerata applicabile e viene utilizzata l'equazione del momento. All'interno di Hec-Ras l'equazione del momento può essere applicata ai seguenti problemi: formazione di un risalto idraulico, sovrizzo determinato dai ponti e intersezioni di corsi d'acqua.

L'equazione della conservazione del momento è definita partendo dalla seconda legge di Newton

$\sum F_x = ma$ con x la direzione del moto, applicata ad un elemento di fluido racchiuso tra due generiche

sezioni 1-2, Figura 4.

Per equilibrio si ottiene:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (8)$$

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;

ρ , densità del fluido;

ΔV_x , variazione della velocità tra le due sezioni.

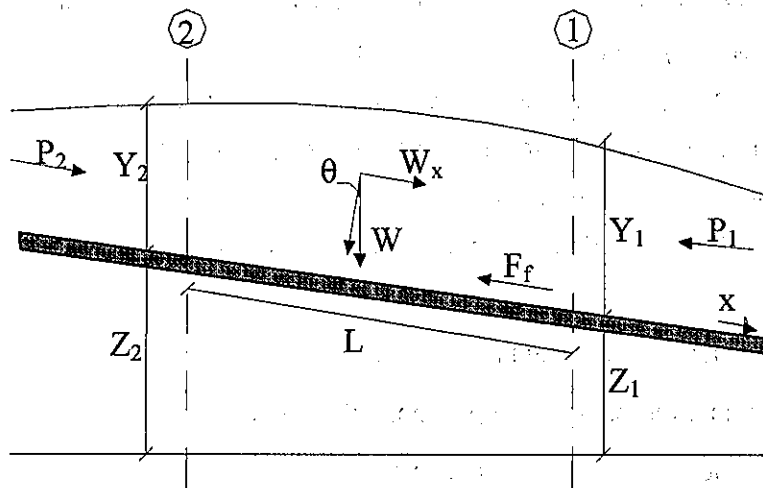


Figura 4: Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.

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

$$P = \gamma \cdot A \cdot \bar{Y} \cdot \cos\theta \cong \gamma \cdot A \cdot \bar{Y} \quad (9)$$

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

Nella relazione (9) γ 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 valutata nel modo seguente:

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \sin\theta \quad (10)$$

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

In particolare:

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma R J \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} J PL = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot J L \quad (11)$$

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

La soluzione dell'equazione (8) è ottenuta per iterazioni successive.

Le equazioni (1) e (8) sono applicate anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte. E' 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 5 e Figura 6, 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.

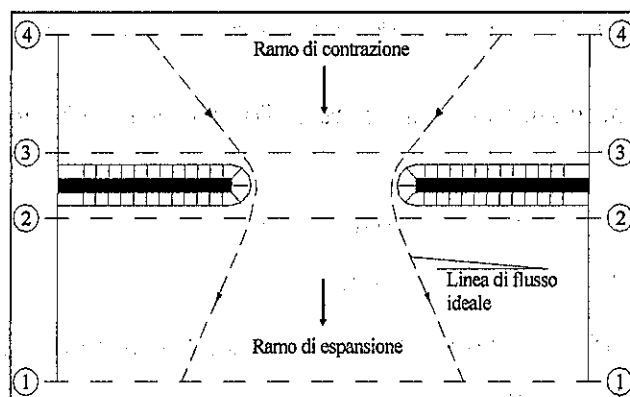


Figura 5: Pianta schematica di un attraversamento fluviale

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), rappresentate in Figura 6.

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 scritta come:

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

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

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

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

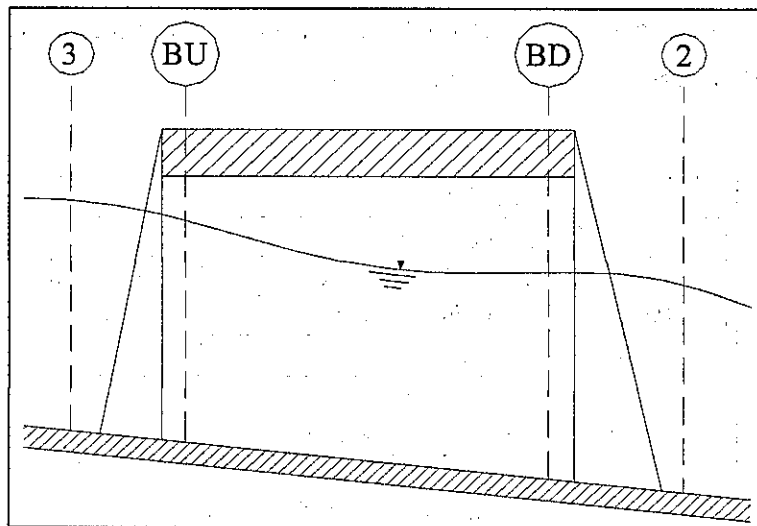


Figura 6: Sezione schematica di un attraversamento fluviale

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

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

Con riferimento alle Figura 5 e Figura 6, le perdite di energia tra le sezioni 2 e 3 sono valutate nel modo seguente:

$$H_{3-2} = 2K(K + 10\omega - 0.6) \cdot (\alpha + 15\alpha^4) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad (12)$$

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, tab. 2; ω rappresenta il rapporto tra la velocità e l'altezza della sezione 2; α il rapporto tra l'area ostruita dalle pile e l'area totale ed infine V_2 la velocità a valle della sezione.

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

Il modello elaborato prevede una corrente con un'altezza idrica minore dell'altezza di intradosso del

ponete. 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, la portata è calcolata nel modo seguente:

$$Q = C_d A_1 \left[2g \left(Y_1 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad (13)$$

Dove:

C_d , coefficiente di deflusso il cui andamento è riportato nel grafico di *Figura 8*, 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;

α , coefficiente correttivo cinetico;

V_1 , velocità della corrente a monte.

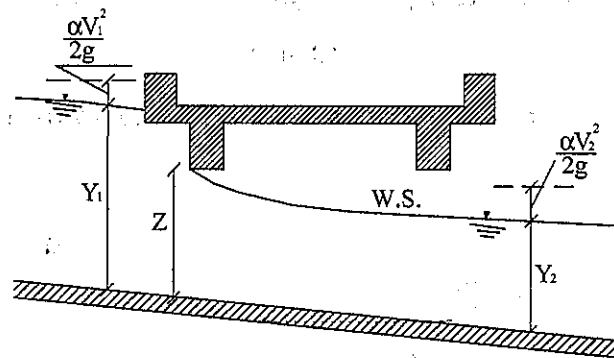


Figura 7: Sezione schematica di un ponte - Schema di calcolo

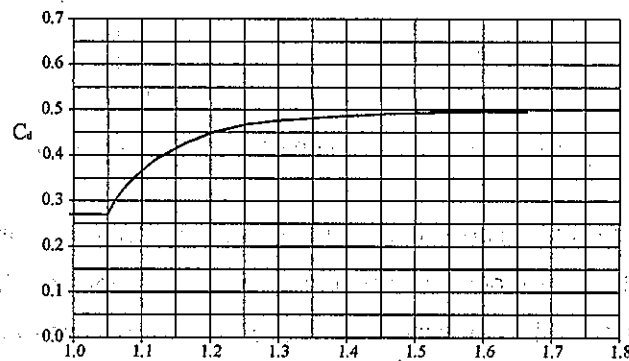


Figura 8: Diagramma per la stima del coefficiente di deflusso C_d

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 9.

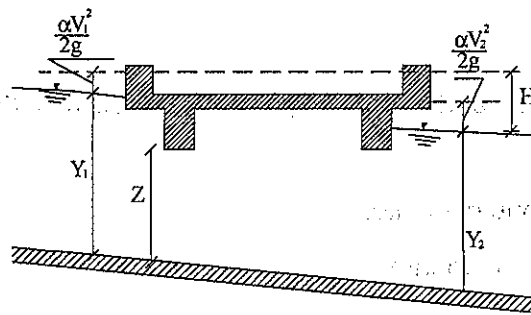


Figura 9: Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

Infine se il ponte è superato dalla corrente di piena, Figura 10, 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.

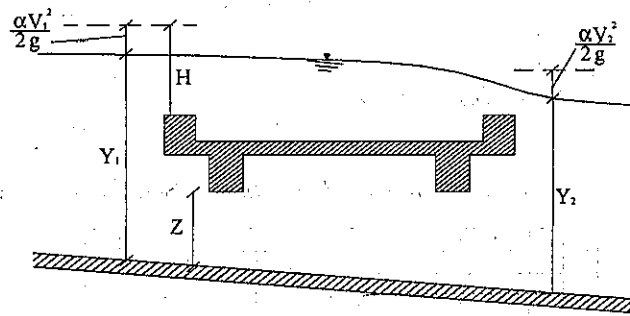


Figura 10: Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

L'analisi del deflusso attraverso un tombino si basa sul concetto di controllo all'imbocco o allo sbocco. Il deflusso secondo il controllo all'imbocco si verifica quando la capacità di deflusso all'entrata del tombino è inferiore a quella interna. La sezione di controllo è collocata subito a valle dell'imbocco della struttura. L'altezza d'acqua passa per il livello critico e il regime di deflusso risulta essere rapido.

L'energia richiesta a monte viene calcolata assumendo che l'imbocco del tombino agisca come uno stramazzo; di conseguenza il profilo che si ottiene secondo tale approccio dipende principalmente dalla geometria dell'entrata.

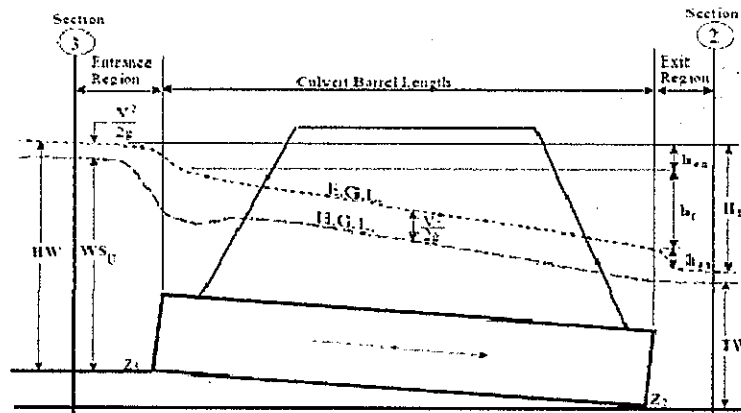


Figura 11: Schema di un tombino ponticello

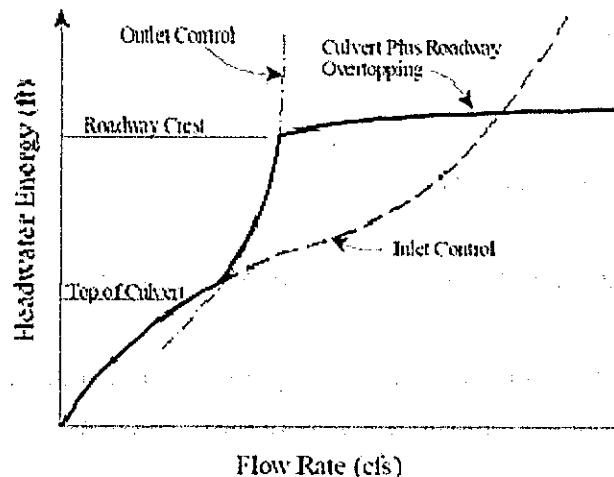


Figura 12: Diagramma di funzionamento del tombino ponticello

Il deflusso secondo il controllo allo sbocco si verifica quando la capacità di deflusso viene limitata dalle condizioni che si instaurano a valle o dalle caratteristiche geometriche della struttura. In linea generale il livello di energia determinato a monte controlla il tipo di deflusso nel tombino, data la portata a monte e il livello a valle. Per il controllo allo sbocco l'energia di monte viene calcolata effettuando un bilancio di energia dalla sezione di valle a quella di monte. Il modulo considera le perdite di ingresso, quelle di uscita e quelle per attrito all'interno della struttura.

Per quanto riguarda il controllo all'imbocco, la capacità della struttura è limitata dall'apertura del tombino,

piuttosto che dalle condizioni che si instaurano a valle. Per il calcolo del livello vengono utilizzate le equazioni ricavate dal National Bureau of Standards e pubblicate nel "Hydraulic Design of Highway Culverts" (FHWA, 1985). Le equazioni sono:

Deflusso libero:

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

Deflusso rigurgitato:

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

Dove:

HW_i livello dell'energia all'imbocco

D altezza interna del tombino

H_c altezza critica

Q portata

A area della sezione interna del tombino

S pendenza

K, M, c, Y costanti variabili con la geometria e le condizioni di ingresso.

Per il controllo allo sbocco l'energia richiesta a monte per consentire il deflusso deve essere computata considerando diverse condizioni nel tombino e a valle di esso. Hec-Ras usa l'equazione di Bernoulli per effettuare tale calcolo:

$$Z_3 + Y_3 + \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + H_L$$

dove:

Y_3, Y_2 tirante d'acqua nelle sezioni di monte e di valle;

Z_3, Z_2 quota del fondo del tombino a monte e a valle;

α_3, α_2 coefficiente di Coriolis nella sezione 1 e 2;

g accelerazione di gravità;

H_L perdita di carico attraverso il tombino.

Nel caso in cui si verifichi moto in pressione all'interno del tombino, la perdita totale di energia viene calcolata secondo la:

$$H_L = h_{en} + h_f + h_{ex}$$

Dove:

h_{en} perdite in entrata

h_f perdite per attrito

h_{ex} perdite in uscita.

Le perdite per attrito vengono considerate mediante la formulazione di Manning:

$$h_f = L \left(\frac{Qn}{1.486AR^{3/2}} \right)^2$$

Dove:

h_f perdite per attrito

L lunghezza del tombino

Q portata

n coefficiente di scabrezza di Manning

A area della sezione di flusso

R raggio idraulico.

Le perdite di ingresso sono calcolate come frazione del carico cinetico a monte, e analogamente per quelle di uscita, secondo il carico cinetico di valle. Tali coefficienti dipendono fortemente dalla geometria che caratterizza l'imbocco e lo sbocco dell'opera.

4.2 Verifica a moto uniforme

Come già precisato, per gli altri due attraversamenti il dimensionamento idraulico è stato eseguito utilizzando le usuali formule dell'idraulica. Per la verifica dei manufatti in progetto si è fatto riferimento alla formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \Omega \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

dove: Q : portata in m^3/s ;



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA:

Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI00	01	D 11 RIID0002 003	A	20 DI 35

n : coefficiente di scabrezza secondo Manning;

R_H : raggio idraulico;

i : pendenza del corso d'acqua;

Ω : sezione bagnata.

Il valore del coefficiente di scabrezza per le strutture in calcestruzzo viene assunto pari a $0,014 \text{ s/m}^{1/3}$.

Il manufatto idraulico risulta verificato secondo le prescrizioni del Manuale di Progettazione se

$\frac{y_m}{D} \leq 70\%$, con D altezza del tombino.

Verrà inoltre verificato che le velocità massime all'interno dei manufatti di attraversamento siano inferiori al valore di 3.50 m/s . $v = Q/\Omega < v_{\max} = 3.50 \text{ m/s}$

5 VERIFICHE IDRAULICHE

5.1 Fosso Pontonicchio

La linea ferroviaria interferisce con il fosso Paradiso in corrispondenza della pk 6+712.30: l'attraversamento idraulico in progetto prevede la realizzazione di un tombino scatolare di dimensioni 6.0X3.0m.

La portata idrologica per un evento con tempo di ritorno di 200 anni è pari a 27.7 m³/s.



Figura 13: Inquadramento su ortofoto Fosso Pontonicchio

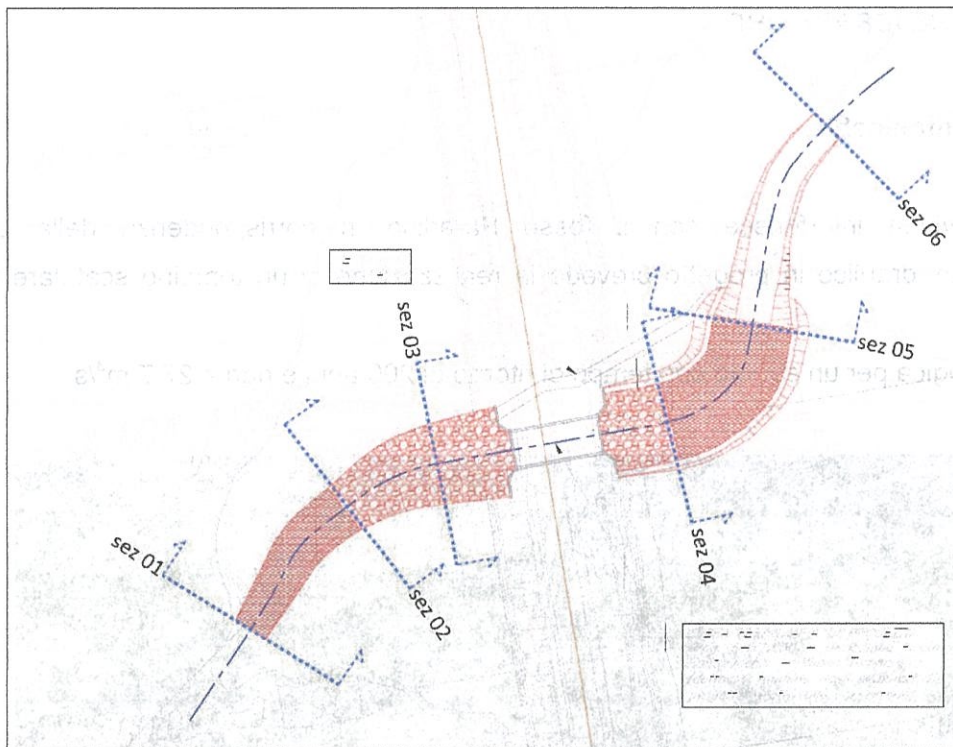


Figura 14: Sistemazione Fosso Pontonicchio

La posizione della livelletta ferroviaria della linea storica ha reso necessario abbassare la quota di scorrimento di progetto rispetto a quella attuale: pertanto è stato previsto un primo tratto di raccordo al fosso esistente con rivestimento in materassi tipo "Reno", seguito da un tratto a maggior pendenza fino all'imbocco dello scatolare protetto con massi di diametro pari a 70cm al fine di ridurre la velocità della corrente in arrivo al manufatto di attraversamento. La medesima sistemazione è stata prevista per un breve tratto immediatamente a valle del tombino scatolare, al quale segue un tratto di raccordo al fosso esistente con protezione in materassi tipo "Reno". Per l'ultimo tratto della sistemazione, tra la sez 05 e 06, si prevede una risagomatura del terreno per raccordarsi con idrografia esistente.

La simulazione monodimensionale è stata eseguita imponendo le seguenti condizioni al contorno:

- Condizioni di moto uniforme a monte ($i=0.0574$ m/m) e a valle ($i=0.004$ m/m);
- Coefficiente di Manning $n=0.0285$ m^{-1/3}s per l'alveo rivestito in materassi e 0.04 per l'alveo rivestito in massi.

Nella tabella seguente si riportano i risultati della simulazione per la portata in progetto. Il tombino nella

sezione di imbocco ha un tirante pari a 1.59 m. Si stabilisce pertanto un grado di riempimento massimo del 53%, e un franco sul livello idrico pari a 1.41 m. La velocità massima all'interno del manufatto è pari a 3.48 m/s, inferiore alla velocità massima consentita ($v_{max}=3.50$ m/s). In corrispondenza, dell'attraversamento, tale flusso possiede un carico cinetico pari a 0.62 m.

Sezione	Q.ta Alveo	Livello Idrico	Livello Critico	Livello Energetico	Velocità	N.Froude
	(m s.m.m.)	(m s.m.m.)	(m s.m.m.)	(m s.m.m.)	(m/s)	
2	26.49	27.30	27.68	28.58	5.20	1.85
3	24.57	26.44	25.77	26.61	1.98	0.46
imbocco	24.53	26.12	25.83	26.55	2.90	0.73
Attraversamento						
sbocco	24.46	25.76	25.76	26.41	3.48	1.00
4	24.41	25.78		26.15	2.85	0.78
5	24.28	25.68	25.48	26.03	2.78	0.75

Tabella 5: Risultati simulazione monodimensionale Pontonichio

	LINEA PESCARA - BARI				
	RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina				
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
L100	01	D 11 RI ID0002 003	A	24 DI 35	

La figura seguente rappresenta il profilo del tirante idrico e energetico nella sistemazione.

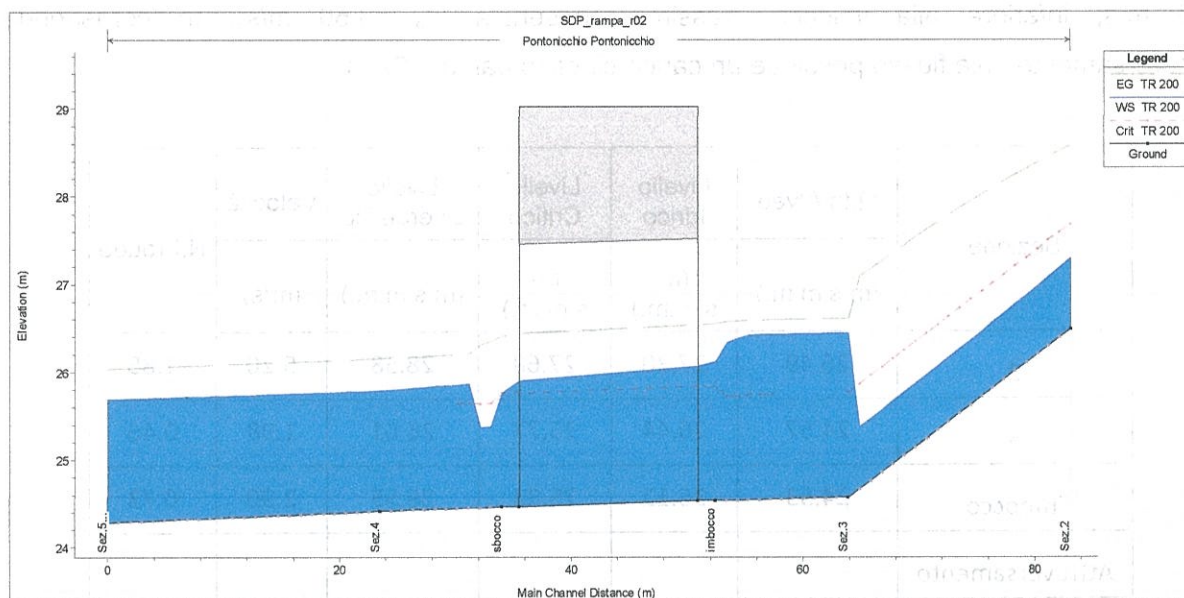


Figura 15: Profilo Hec-ras Pontonichio

5.2 Fosso Paradiso

Il fosso Paradiso attraversa la ferrovia esistente mediante un tombino con base di circa 4.00 m e altezza di 3.00 m. In tale tratto il progetto prevede la sostituzione del rilevato della linea storica con una nuova linea ferroviaria in viadotto. L'intervento di sistemazione dell'alveo prevede una deviazione planimetrica del medesimo al fine permettere il passaggio tra due pile del viadotto e un lungo tratto di raccordo con il fosso esistente a valle dell'attraversamento.

La sistemazione prevede la regolarizzazione dell'alveo con sezione trapezoidale in cls di base minore pari a 5 m e sponde con pendenza 1:1. L'altezza prevista della sistemazione è pari a 1.70m.

La pendenza dell'alveo di progetto pari allo 0.16%, assumendo un coefficiente di manning pari $n=0.013$ s/m^{1/3}, garantisce il transito delle portate con tempo di ritorno duecentennale (36.6 m³/s) in moto uniforme, con un tirante pari 1.65m ed una velocità di 3.3 m/s.



Figura 16: Inquadramento su orto foto Fosso Paradiso

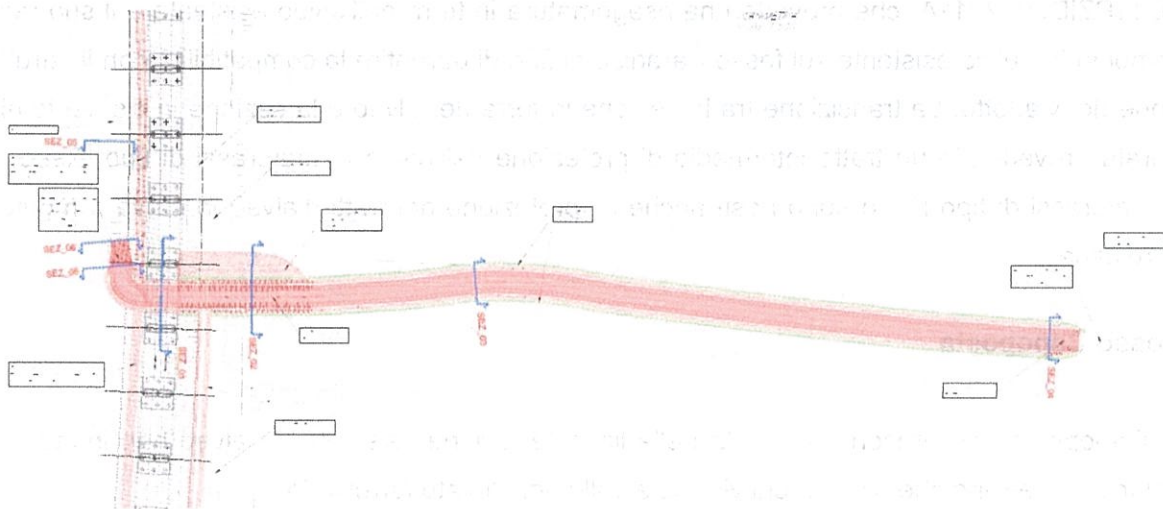


Figura 17: Sistemazione Fosso Paradiso

SEZIONE TIPO FOSSO PARADISO
Scala 1:100

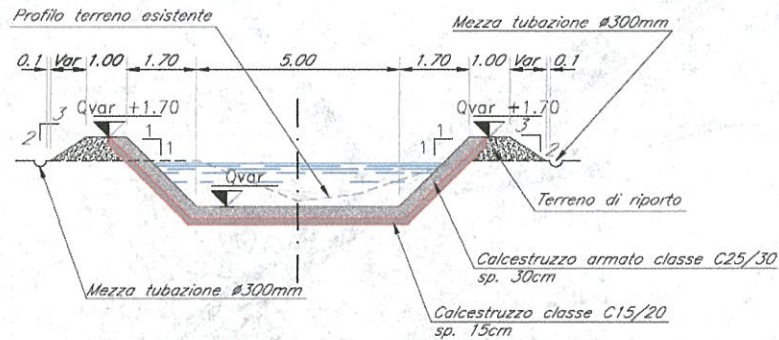


Figura 18: Sezione Fosso Paradiso

La soluzione appena presentata è compatibile con la configurazione progettuale finale che prevede la demolizione del rilevato esistente della linea storica nel tratto in affiancamento al viadotto; per la fase progettuale in cui si ha compresenza del viadotto di progetto e del rilevato esistente della linea storica è stata sviluppata una soluzione di deviazione provvisoria, presentata nell'elaborato di progetto LI0001D11PZID0002011A, che prevede una risagomatura in terra dell'alveo esistente e il suo raccordo con il tombino idraulico esistente sul fosso Paradiso al fine di garantire la compatibilità con le strutture in elevazione del viadotto. La transizione tra la sezione in terra dell'alveo e la sezione in cls del tombino è stata curata prevedendo un tratto intermedio di protezione dell'alveo in materassi di tipo 'Reno'. Brevi tratti di materassi di tipo Reno sono posti anche a protezione dei tratti d'alveo in curva a monte della linea ferroviaria.

5.3 Fosso Capoposta

Il fosso Capoposta non presenta a monte della linea ferroviaria esistente un alveo ben inciso ma una depressione del terreno che diventa più visibile a valle del rilevato ferroviario.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo attraversamento idraulico alla pk 5+775.36 di dimensioni 4.00X3.00 m.

Non essendo presente un alveo inciso a monte, la quota di scorrimento del tombino è stata imposta raccordandosi con la quota di scorrimento del fosso a valle della linea ferroviaria. A monte del tombino in progetto è stata prevista una vasca di imbocco con una protezione in materassi tipo 'Reno' nell'intorno al fine di raccogliere le acque che vi confluiscano grazie all'andamento delle quote del terreno. A valle è previsto un raccordo con il fosso esistente con una sezione trapezoidale con base minore pari a 4m,

sponde 3:2 e altezza 1.75m. La sistemazione a valle dell'attraversamento verrà realizzata in terra.

La pendenza dell'alveo di progetto pari allo 1.8%, assumendo un coefficiente di manning pari $n=0.03 \text{ s/m}^{1/3}$, garantisce il transito delle portate con tempo di ritorno due centennale in moto uniforme ($16.5 \text{ m}^3/\text{s}$), con un tirante pari a 0.9 m ed una velocità di 3.4 m/s.

Per quanto concerne il tombino di attraversamento realizzato con scatolare 4X3m e pendenza 0.35%, il tirante che si instaura a moto uniforme, considerando un coefficiente di Manning pari $n=0.014 \text{ s/m}^{1/3}$, è pari a 1.18 m, con un grado di riempimento prossimo al 40%. La velocità è pari a 3.48 m/s. in corrispondenza dell'attraversamento il franco sul livello idrico è pari a 1.82 m, il carico cinetico è pari a 0.62 m.

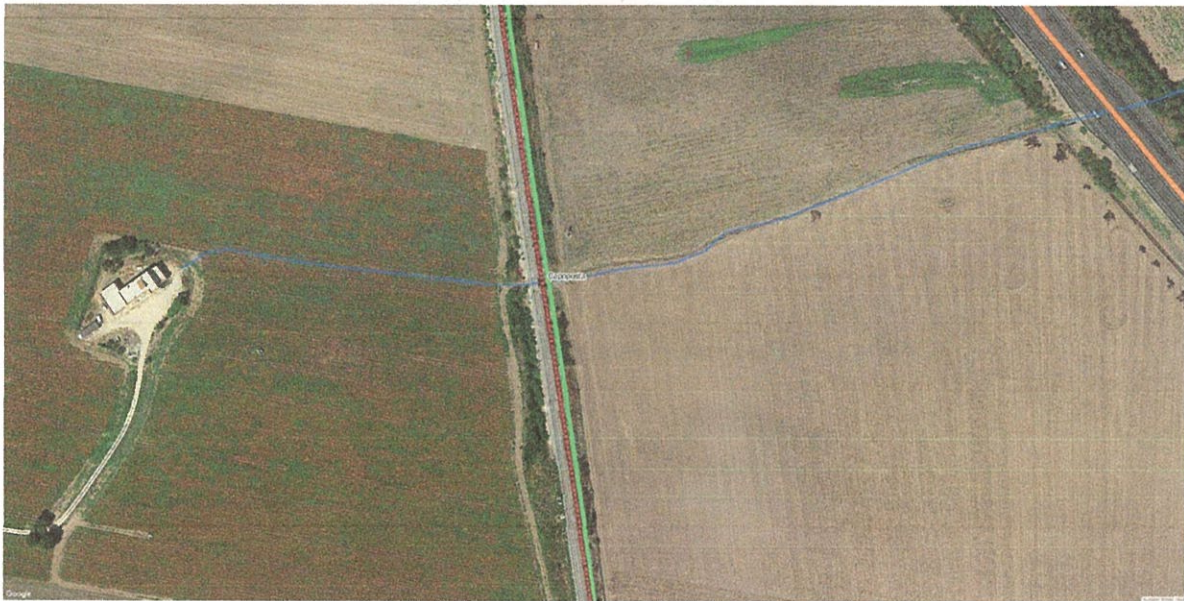


Figura 19: Inquadramento su ortofoto Fosso Capoposta

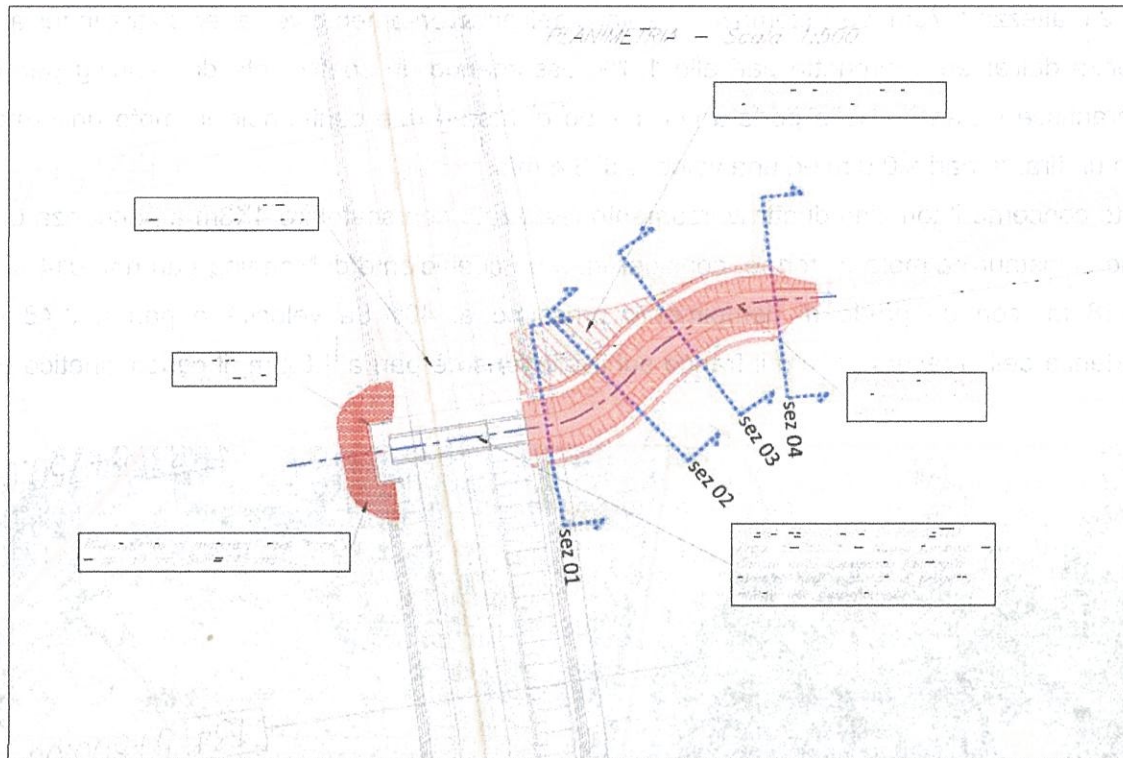


Figura 20: Planimetria sistemazione Fosso Capoposta

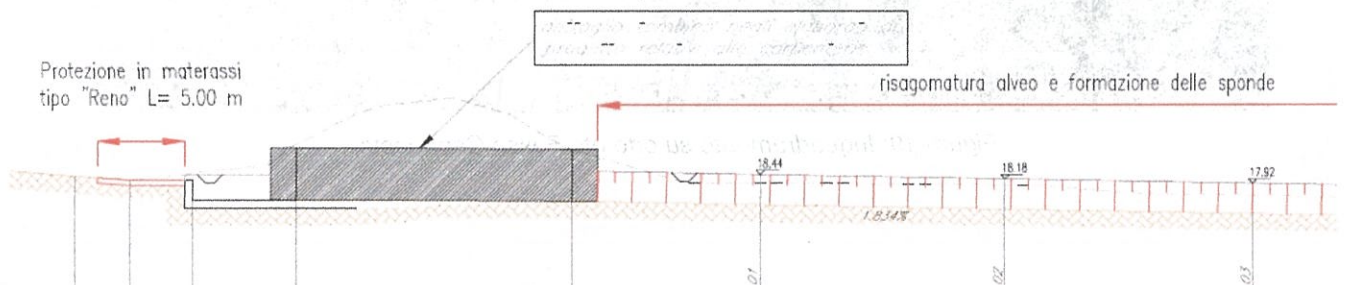


Figura 21: Profilo sistemazione Fosso Capoposta

6 CRITERI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Il tracciato della linea si sviluppa per una sua parte all'interno delle aree fluviali e perifluviali del Fiume Fortore. Vengono anche intersecati dei corsi d'acqua minori, il fosso Olivella 2 (oggetto di differente appalto), il fosso Paradiso, Il fosso Pontonicchio e il fosso Capoposta.

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura di progetto con il



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA:
Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 11 RI ID0002 003	A	29 DI 35

territorio ed è stata analizzata la sicurezza del corpo ferroviario, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio idraulico più opportuni, garantendo un miglioramento delle interferenze delle opere ferroviarie esistenti e di progetto con il normale deflusso delle acque.

Gli strumenti normativi presi a riferimento nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto sono:

- Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Fortore (PAI) – *Relazione Generale* – assetto di versante e assetto idraulico – redatto dall'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore – documento adottato nel settembre 2006;
- Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Fortore (PAI) – *Norme di Attuazione* – assetto di versante e assetto idraulico – redatto dall'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore – documento adottato nel settembre 2006;

Il PAI individua porzioni di territorio caratterizzate da una condizione di pericolosità idraulica. In sede di redazione del piano, la valutazione della pericolosità idraulica è stata condotta utilizzando sia i risultati dell'analisi idraulica (per le aree di fondovalle più importanti, oggetto di rilievo topografico) sia quelli dell'analisi geomorfologica storico-inventariale (per le rimanenti, meno importanti), in modo da coprire tutta l'Area di Studio.

Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Il tracciato ferroviario in parte si sviluppa in aree di pericolosità P1, si vedano la Figura 22 e la Figura 23. In Tabella 6 sono riportate le definizioni della relazione generale del PAI – Fortore. Nel caso in esame le aree sono state studiate dall' AdB su base idraulica, attraverso una modellazione numerica.

Classe di Pericolosità	Tempo di ritorno area inondabile (per le aree studiate su base idraulica)	Tipologia area (per le aree studiate su base geomorfologica)
P3	Inferiore a 30 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo.
P2	Tra 30 anni e 200 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo.
P1	Tra 200 anni e 500 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo.

Tabella 6 – Classi di pericolosità idraulica – PAI Fortore

Secondo le carte di pericolosità il tracciato ricade all'interno dell'area di pericolosità nel tratto compreso tra le progressive 24+200 e 28+400 circa (Figura 22), la parte rimanente del lotto 1 non rientra in alcuna area di pericolosità. L'asse della linea ferroviaria di progetto è in alcuni tratti in aderenza all'asse della linea esistente, in altri tratti nelle prossimità.

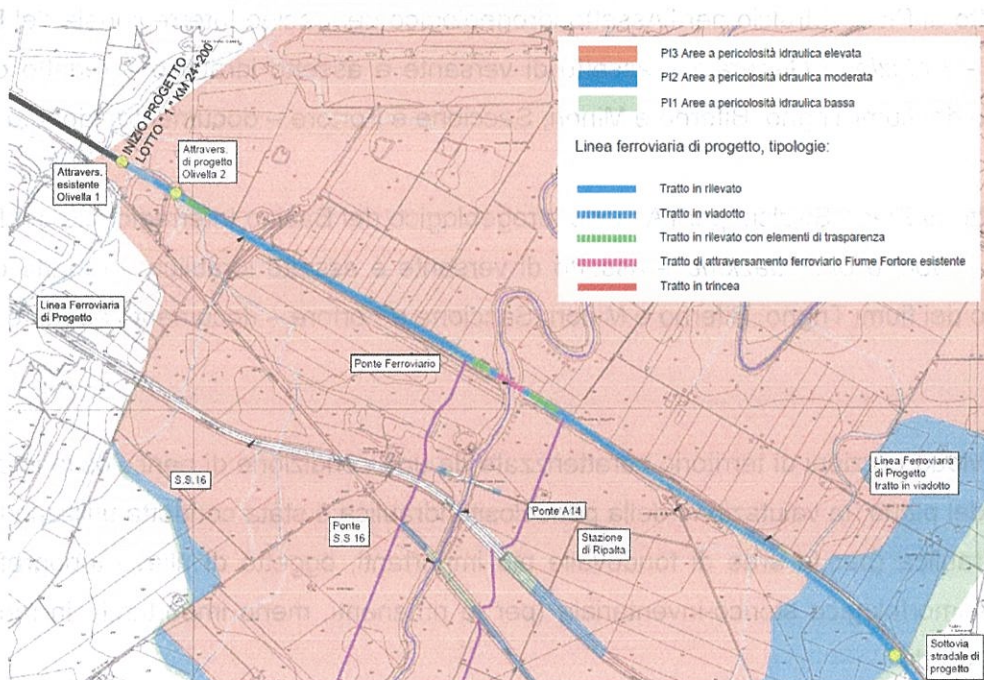


Figura 22 – Sovrapposizione del tracciato con le aree di pericolosità idraulica – tratto a ovest del viadotto di progetto.

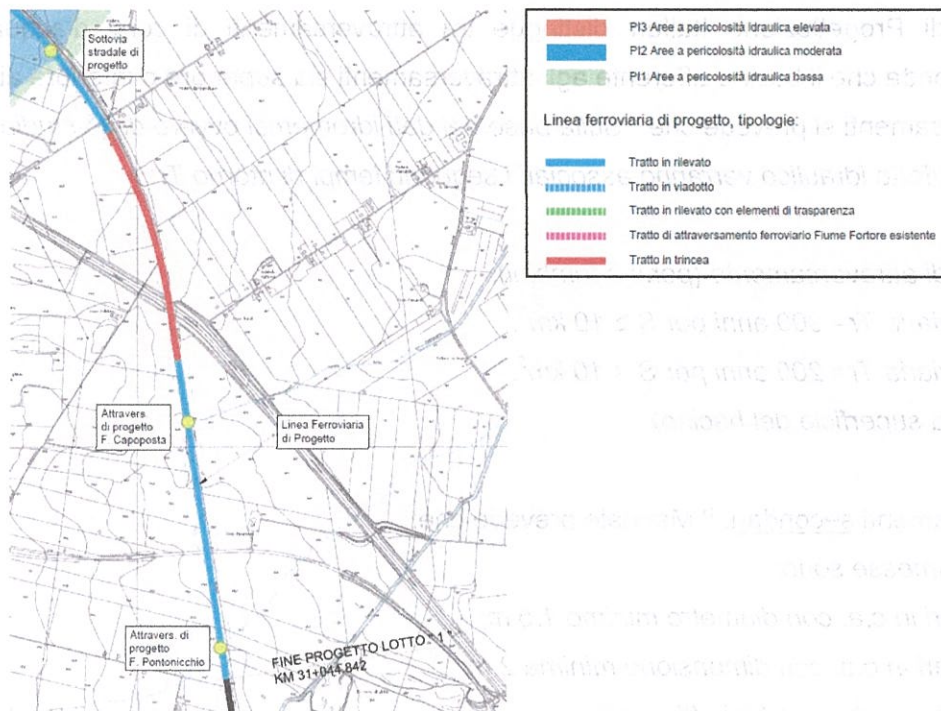


Figura 23 – Sovrapposizione del tracciato con le aree di pericolosità idraulica – tratto a est del viadotto di progetto.


Dalle figure precedenti (Figura 22 e Figura 23) è evidente che il fosso Paradiso ricade all'interno dell'area a pericolosità P3, mentre il fosso Pontonicchio e il canale Capoposta non ricadono in aree a pericolosità idraulica in base a quanto stabilito dalle mappe degli enti territoriali pertinenti.

6.1 Studio idrogeologico

Per i corsi d'acqua minori, le stime per le portate di progetto sono state effettuate mediante applicazione del metodo razionale con riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 200anni, a partire dai dati di piovosità ottenuti dall'analisi statistica delle precipitazioni registrate alla stazione pluviometrica di Lesina. Le stime condotte sono riportate nelle Relazione Idrologica annessa al progetto.

6.2 Verifiche idrauliche

Gli attraversamenti sui corsi d'acqua sono stati verificati sulla base delle prescrizioni tecniche Italferr, dalle Norme Tecniche delle Costruzioni e dalle Norme di Attuazione del PAI Fortore.

	LINEA PESCARA - BARI				
	RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina				
	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	LI00	01	D 11 RIID0002 003	A	32 DI 35

Il Manuale di Progettazione Italferr distingue tra attraversamenti di corsi d'acqua principali e secondari a seconda che il bacino afferente agli attraversamenti sia superiore o inferiore ai 10 kmq. Per i suddetti attraversamenti si prevede che: *"Sulla base dei dati idrometrici ovvero dello studio idrologico, ad ogni tipo di manufatto idraulico verranno associati i seguenti tempi di ritorno Tr:*

[...]

c) *Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):*

- *linea ferroviaria Tr= 300 anni per $S \geq 10 \text{ km}^2$.*

- *linea ferroviaria Tr= 200 anni per $S < 10 \text{ km}^2$.*

(essendo S la superficie del bacino)

Per gli attraversamenti secondari, il Manuale prevede che:

"Le tipologie ammesse sono:

- *tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5 m;*

- *tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2 m.*

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata di massima piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione."

Le Norme di Attuazione del PAI Fortore esprimono a riguardo le modalità con cui eseguire le verifiche idrauliche:

"Lo schema di moto permanente può essere utilizzato qualora sia sufficiente determinare i livelli idrometrici senza compiere valutazioni circa la capacità di laminazione del corso d'acqua.[...]

I progetti che non garantiscono la messa in sicurezza per tempo di ritorno 200 anni devono stimare il rischio residuo".

Per il fosso Pontonicchio, Il fosso Capoposta e il fosso Paradiso si è optato per una metodologia di calcolo di tipo monodimensionale in condizioni stazionarie con riferimento ad eventi con $Tr=200$ anni.

Per i coefficienti di scabrezza adottati nelle verifiche idrauliche sono stati presi in considerazione i valori previsti delle Norme di Attuazione del PAI – Fortore, riportati nella seguente tabella:

Descrizione del corso d'acqua	Ks [m ^{1/3} s ⁻¹]
Alvei naturali con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con materiale di grossa pezzatura, alvei in roccia con sporgenze e grossi massi	20-25
Alvei naturali tortuosi con presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con sedimenti di media pezzatura	25-30
Alvei naturali rettilinei con scarsa presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con sedimenti di piccola pezzatura	30-35
Alvei artificiali inerbiti in assenza di vegetazione arbustiva e arborea	35-40
Alvei artificiali rivestiti in calcestruzzo in assenza di manufatti interferenti con le acqua	40-45

Tabella 7 - Valori di scabrezza secondo le NTA del PAI Fortore.


Le Norme di Attuazione contenute all'interno del Progetto di Piano stralcio per l'assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Fortore richiedono che gli attraversamenti che interessano i corsi d'acqua debbano essere progettati tenendo conto della portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni. I franchi minimi sono riportati nella tabella seguente.

Stato del bacino sotteso	Tipo di opere	
	Argini e difese spondali	Attraversamenti
Sufficientemente sistemato	cm 50	cm 75
Poco sistemato ma non dissestato	cm 75	cm 100
Dissestato	cm 100	cm 150

Tabella 8 – Franchi richiesti dalle NTA – PAI Fortore

All'interno delle NTA viene comunque richiesto che il franco non sia inferiore al carico cinetico della corrente; in altri termini, il franco minimo sul livello energetico deve essere superiore a zero.

Sulla base delle verifiche idrauliche condotte, i franchi minimi all'interno dei manufatti di attraversamento idraulico in progetto (con riferimento alla portata con $T_r=200$ anni) risultano essere pari a 1.41m per il Fosso Pontonicchio e 1.95 per il Canale Capoposta. Per il fosso Paradiso la distanza tra piano di scorrimento e impalcato del viadotto è di circa 6.5m. Sono pertanto ampiamente rispettati i franchi minimi richiesti dagli strumenti normativi vigenti.

	LINEA PESCARA - BARI				
	RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina				
	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	LI00	01	D 11 RI ID0002 003	A	34 DI 35

6.3 Sistemazioni idrauliche

Gli interventi previsti sono stati definiti applicando, laddove possibile, criteri di ingegneria naturalistica ed utilizzando laddove possibile, opere di protezione di tipo "elastico" quali massi sciolti e materassi tipo "Reno", che costituiscono un'affidabile protezione degli stessi dall'azione erosiva della corrente di piena.

Gli interventi di sistemazione ripropongono la sagoma delle sezioni attuali d'alveo, e incidono solo localmente sulle pendenze longitudinali dei corsi d'acqua.

Le sistemazioni idrauliche sono state progettate in generale con lo scopo di:

- assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell'infrastruttura ferroviaria;
- diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;
- impedire divagazioni che possano andare ad interessare le opere di fondazione delle pile o delle spalle;
- assicurarsi che l'evoluzione della livelletta d'alveo, non approfondisca l'incisione esistente in corrispondenza dell'opera di attraversamento;
- evitare le conseguenze derivanti dai fenomeni di erosione localizzata.
- Gli interventi in progetto non prevedono particolari azioni sulla vegetazione esistente.

Particolari accorgimenti sono stati adottati per una corretta manutenzione delle opere, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza ed, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere.

6.4 Analisi di compatibilità idraulica

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali ed in quelle riportate nelle norme di attuazione del PAI, in quanto:

- ✓ il potenziamento della linea ferroviaria in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- ✓ le opere previste non aggravano lo stato di dissesto, piuttosto migliorano l'efficienza idrogeologica del suolo, tenendo in conto gli impatti sull'ambiente fluviale e sul paesaggio;
- ✓ sono state preferite, laddove possibile, tecniche di ingegneria naturalistica finalizzata alla



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA:

Lotto 1: Ripalta - Lesina

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L100	01	D 11 RI ID0002 003	A	35 DI 35

rinaturalizzazione degli alvei;

- ✓ non viene compromesso lo stato delle aree boschive né vi sono alterazioni di rilievo della vegetazione presente tutt'oggi;
- ✓ gli studi idrologici-idraulici sviluppati per verificare la compatibilità delle opere rispettano le indicazioni delle Norme di Attuazione del PAI, della Normativa nazionale;
- ✓ per evitare fenomeni di erosione all'imbocco ed allo sbocco sono previste opere di raccordo in massi o materassi; tali scelte progettuali permettono di consolidare l'alveo in prossimità dell'opera e stabilizzano il trasporto solido di fondo, non aumentando il rischio idraulico associato al territorio;
- ✓ le opere e le deviazioni dei canali non comportano condizionamenti negativi al deflusso della piena, non riducono la loro capacità di invaso e garantiscono il deflusso della piena di progetto;
- ✓ in generale, l'intervento proposto non aggrava la funzionalità idraulica dell'area, ma ne migliora la trasparenza idraulica dell'infrastruttura ferroviaria esistente, aumentando la capacità di smaltimento dei flussi di piena del territorio circostante.

Alla luce delle precedenti considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.