

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J81H02000000001

S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

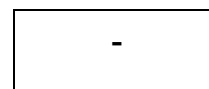
**COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA - LA SPEZIA
(PONTREMOLESE)**

TRATTA PARMA - VICOFERTILE

09-IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

SCALA:



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

IP000 00 D 26 RI IN0002 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P. Cucino	Feb 2022	C. Cappellini	Feb 2022	G. Fadda	Feb 2022	A. Perego Ott 2022
B	EMISSIONE ESECUTIVA	P. Cucino	Mar 2022	C. Cappellini	Mar 2022	G. Fadda	Mar 2022	
C	AGGIORNAMENTO POST VERIFICA RFI	P. Cucino	Ott 2022	C. Cappellini	Ott 2022	G. Fadda	Ott 2022	



File: IP0000D26RIIN0002001C.DOCX

n. Elab.: X

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>2 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	2 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	2 di 43								

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
2.1	NORMATIVA NAZIONALE	7
2.2	NORMATIVA REGIONALE E LOCALE	7
2.3	DOCUMENTI TECNICI	8
3	DISPOSIZIONI NORMATIVE	9
3.1	PAI-AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO	10
3.2	PGRA-DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO	12
3.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	14
4	DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	17
4.1	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA.....	17
5	ATTRAVERSAMENTI FERROVIARI MINORI.....	19
5.1	CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEI BACINI DI SCOLO	20
5.2	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE.....	23
	5.2.1 <i>Metodo del Curve Number</i>	26
5.3	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE CON I VALORI DERIVANTI DAI CAMBIAMENTI CLIMATICI	31
5.4	VERIFICHE IDRAULICHE TOMBINI CIRCOLARI E SCATOLARI	31
	5.4.1 <i>Risoluzione interferenze mediante manufatti a gravità</i>	32
	5.4.1 <i>Risoluzione interferenze mediante manufatti in pressione</i>	39
6	RISULTATI MODELLAZIONE HY-8	43

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>3 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	3 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	3 di 43								

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1 Definizione dei tempi di ritorno per ciascun ambito territoriale	13
Tabella 5-1 Tabella di sintesi dei tombini/sifoni rilevati.	20
Tabella 5-2 Caratteristiche morfologiche dei bacini	23
Tabella 5-3 Valori di M e d nella formula di Giandotti modificata	25
Tabella 5-4 Confronto tempi di corrivazione usati.....	26
Tabella 5-5 Tipi di suolo	27
Tabella 5-6 Curve Number in base all'uso del suolo.....	28
Tabella 5-7 Parametri caratteristici del metodo CN.	29
Tabella 5-8 Valori di portata ottenuti con il metodo CN.....	30
Tabella 5-9 Valori di portata con riferimento ai cambiamenti climatici.....	31
Tabella 5-10 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme con TR = 200 anni	32
Tabella 5-11 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme con riferimento ai cambiamenti climatici ..	33
Tabella 5-12 Verifiche attraversamenti minori in moto permanente con TR = 200 anni	38
Tabella 5-13 Verifiche attraversamenti minori in moto permanente con riferimento ai cambiamenti climatici.....	38
Tabella 5-14 Dati geometrici dei sifoni	40
Tabella 5-15 Dati di progetto	41
Tabella 5-16 Verifica dei sifoni minori con riferimento a TR = 200 anni	41
Tabella 5-17 Verifica dei sifoni con riferimento ai cambiamenti climatici.....	41

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>4 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	4 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	4 di 43								

INDICE DELLE FIGURE

Figure 1 Suddivisione territoriale in distretti.....	9
Figure 2 Schema per la delimitazione delle fasce fluviali.....	11
Figure 3 Inquadramento fasce di esondazione da PAI.....	12
Figure 4 Inquadramento aree di esondazione da PGRA e RRI Parma.....	14
Figure 5 Inquadramento dell'area di intervento e indicazione dei principali corsi d'acqua	18
Figure 6 Inquadramento bacini di drenaggio degli attraversamenti ferroviari minori 1 di 2.....	21
Figure 7 Inquadramento bacini di scolo degli attraversamenti ferroviari minori 2 di 2	22
Figure 8 Condizioni di saturazione antecedenti l'evento meteorico	29
Figure 9 Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso	35
Figure 10 Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino.....	35
Figure 11 Variabili di riferimento per l'equazione di conservazione dell'energia	37

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>5 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	5 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	5 di 43								

1 **PREMESSA**

Con “Pontremolese” viene comunemente intesa la linea ferroviaria Parma – La Spezia, linea che congiunge come trasversale la linea Tirrenica con la dorsale Roma-Firenze-Bologna-Milano.

Nel 1976 entra a far parte del Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero (Ti-Bre) e fra gli anni '80 e '90 vengono realizzati il raddoppio delle tratte Vezzano Ligure-S.Stefano di Magra, e Ghiare di Berceto-Solignano e successivamente viene realizzato il prolungamento del raddoppio Solignano-Fornovo. A seguito dell’emanazione della Legge n. 443 del 21 dicembre 2001 (Legge Obiettivo), la restante parte da raddoppiare della linea (Parma-Osteriazza e Berceto-Chiesaccia) è stata inserita fra le opere strategiche.

Con Delibera n.19 del 8 maggio 2009, pubblicata sulla G.U.R.I. n. 301 del 29 dicembre 2009, il CIPE approva il Progetto Preliminare del Completamento del 2003. Delle tratte comprese tra Parma e Osteriazza e tra Berceto e Chiesaccia, vengono individuati tre lotti funzionali:

- Parma-Osteriazza
- Berceto-Pontremoli
- Pontremoli-Chiesaccia.

Di questi tre lotti funzionali, nella stessa Delibera, è stato individuato il primo, quello Parma-Osteriazza, come lotto prioritario, a sua volta suddiviso nei tre sub lotti Parma-Vicofertile, Vicofertile-Collecchio e Collecchio-Osteriazza.

Il progetto in oggetto è relativo al progetto definitivo del raddoppio della tratta Parma- Vicofertile

Rispetto al tracciato sviluppato nel Progetto Preliminare del 2004, il Progetto Definitivo vede una variante di tracciato per la parte d’innesto del raddoppio nei binari della stazione di Parma: la coppia di binari garantisce le relazioni merci Fornovo Bologna (direzioni P/D) e il solo binario dispari garantisce le relazioni viaggiatori con La Spezia attestate a Parma (evitando di fuori uscire dal corridoio urbanistico).

Tale variante, oltre a portare notevoli benefici ferroviari nella Stazione di Parma, permetterà di risolvere all’interno dell’abitato di Parma le interferenze della linea Pontremolese con la viabilità ordinaria e di rendere disponibile alla città un tratto di circa 3,5 km (il vecchio binario di tracciato).

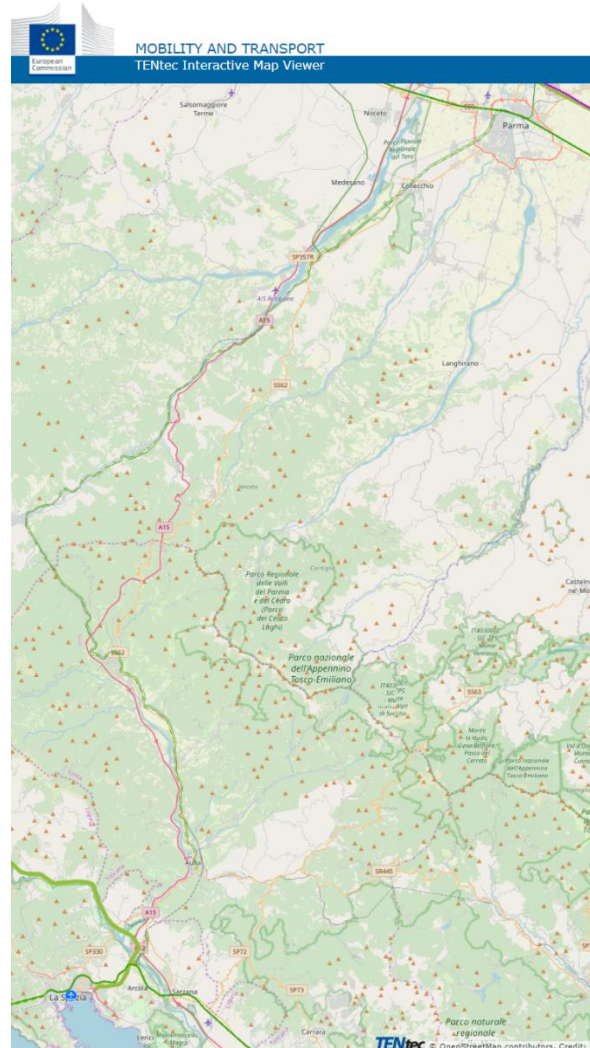
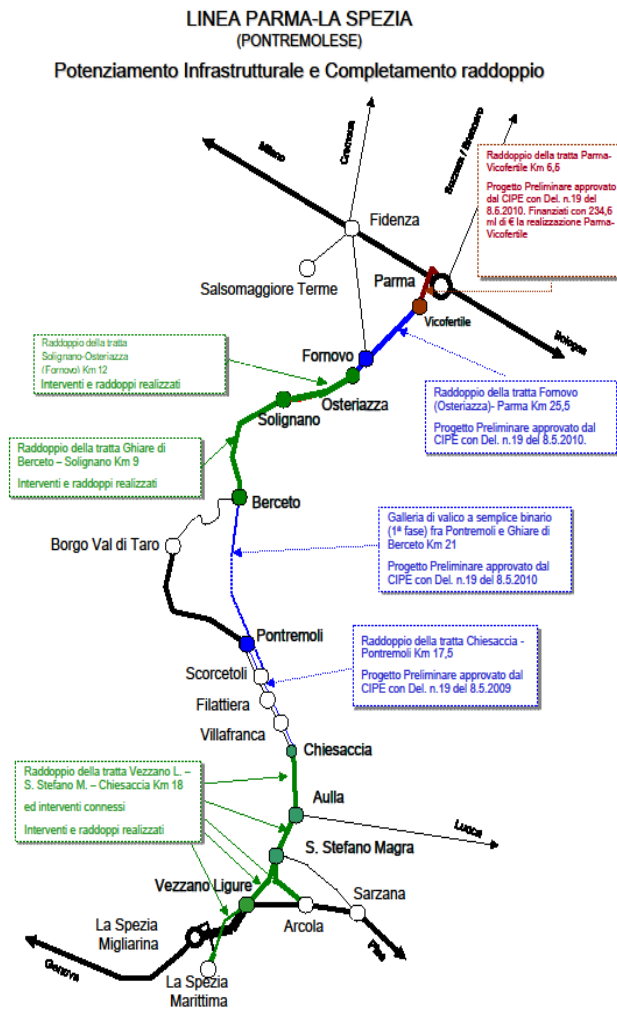
Nel seguente schema si riporta lo stato attuale della linea con evidenziati i tratti già raddoppiati, quelli in corso di realizzazione e di progettazione.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	6 di 43



	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>7 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	7 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	7 di 43								

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Con specifico riferimento agli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, i riferimenti principali nel campo idrologico-idraulico sono elencati nel seguito.

2.1 Normativa nazionale

- [1] R.D. 25/07/1904, n. 523 – “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- [2] Legge 18 maggio 1989, n. 183. Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- [3] L. 36/94 (Legge Galli). Disposizioni in materia di risorse idriche;
- [4] D.P.R. 14 aprile 1994. Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale e interregionale;
- [5] Dpcm 4/3/96. Disposizioni in materia di risorse idriche;
- [6] Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale;
- [7] Direttiva 2007/60/CE, cosiddetta “Direttiva Alluvioni”;
- [8] Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- [9] Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”
- [10] Manuale di Progettazione RFI – Edizione 2021;

2.2 Normativa regionale e locale

- [1] DGR 1300 del 1° agosto 2016: prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione del rischio di alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell’art. 58 elaborato n. 7 (norme di attuazione) e dell’art. 22 elaborato n. 5 (norme di attuazione) del progetto di

	<p style="text-align: center;">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p style="text-align: center;">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>8 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	8 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	8 di 43								

variante al PAI e al PAI Delta adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazioni n. 5/2015;

- [2] PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) approvato con Deliberazione n.2/2016 dall’Autorità di Bacino del Po;
- [3] Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016) - AdBRR;
- [4] REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA DEL CONSORZIO DI BONIFICA PARMENSE, 2018;
- [5] Regolamento di gestione del Rischio Idraulico (RRI) - Comune di Parma, Febbraio 2020;
- [6] Piano Stralcio per l’Assetto idrogeologico (PAI, AdBPo) – DPCM 24/05/2001;
- [7] Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – Norme di Attuazione del PAI dell’AdBPo, Allegato 3;
- [8] Adeguamento tematico del P.T.C.P. alla “Variante al Piano per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI): torrente Baganza da Calestano a confluenza Parma e torrente Parma zona confluenza Baganza” – Del. del C.I. n. 4 del 7 dicembre 2016;

2.3 Documenti tecnici

- [1] D. Citrini, G. Nosedà – “Idraulica” – Casa Editrice Ambrosiana Milano – 1987;
- [2] F. Arredi – “Costruzioni Idrauliche” – Utet – 1987;
- [3] L. Da Deppo, C. Datei – “Fognature” – Edizioni Progetto Padova – 1997;
- [4] S. Artina et al. – “Sistemi di Fognatura” – Centro Studi Deflussi Urbani – Hoepli – 1997;

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>9 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	9 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	9 di 43								

3 DISPOSIZIONI NORMATIVE

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 7 distretti idrografici, in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di Bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico e responsabile della redazione del Piano di Gestione (art. 117).



Figure 1 Suddivisione territoriale in distretti

Le opere in progetto, secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE ricadono nel bacino idrografico del fiume Po, di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

Di conseguenza, l'analisi idraulica condotta nel seguito dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore nella zona in esame; in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Po;
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) approvato con Deliberazione n.2/2016 dall'Autorità di Bacino del Po.

	<p style="text-align: center;">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p style="text-align: center;">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>10 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	10 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	10 di 43								

3.1 PAI-AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po, attraverso le sue disposizioni, persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi.

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto di una suddivisione in fasce fluviali, la cui delimitazione è eseguita in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali. Nello specifico, le fasce fluviali definite dal PAI sono le seguenti:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena, si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>11 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	11 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	11 di 43								

La figura seguente riporta uno schema esplicativo della definizione delle fasce fluviali.

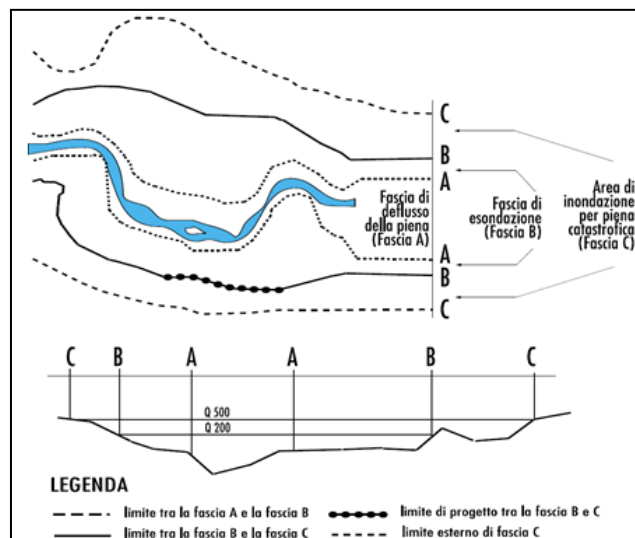


Figure 2 Schema per la delimitazione delle fasce fluviali

Dagli inquadramenti delle aree di esondazione PAI/PGRA (cod. elaborato IP0000D26N4ID0002001A), di seguito si riportano:

- In rosso il tracciato dell'infrastruttura ferroviaria in progetto
- le fasce fluviali definite dal PAI.

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>12 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	12 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	12 di 43								

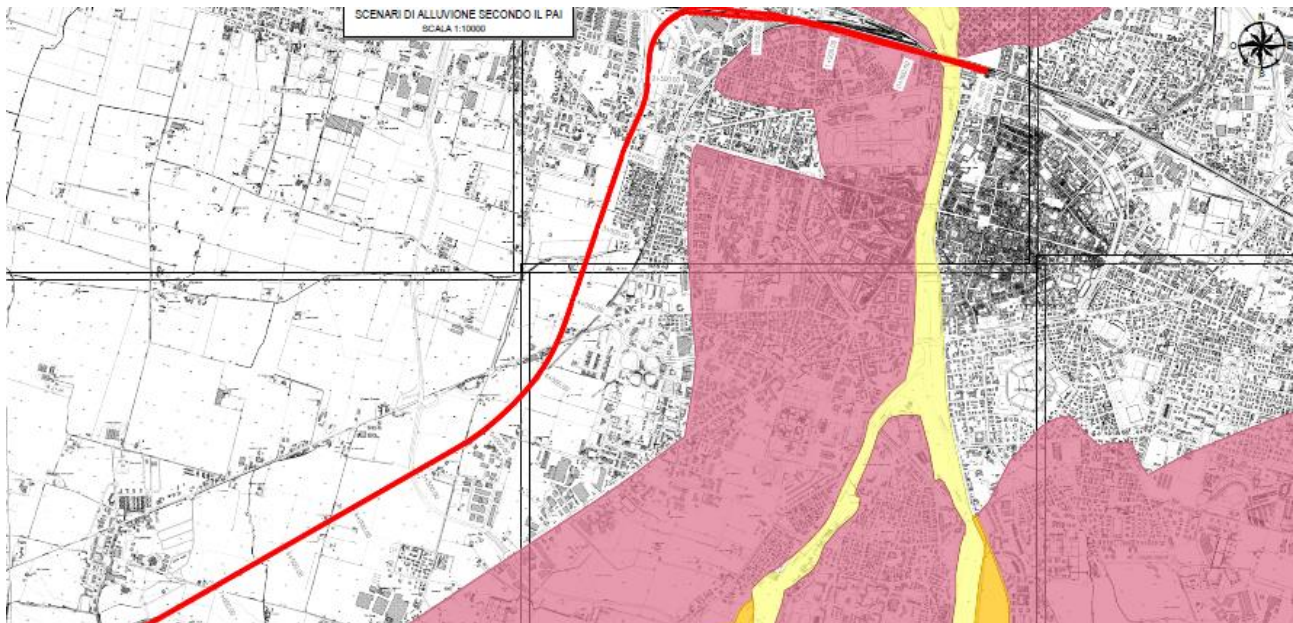


Figure 3 Inquadramento fasce di esondazione da PAI.


Come si evince dalla tavola del PAI del bacino del fiume Po, l'intervento infrastrutturale in progetto è esterno alle aree di pericolosità idraulica, ad eccezione della stazione di Parma la quale è però rialzata rispetto al piano campagna adiacente.

3.2 PGRA-DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D. Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. A tal proposito, l'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE identifica tre scenari su cui valutare la pericolosità idraulica:

- scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (tempo di ritorno > 500 anni);
- alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità di alluvione);
- alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (elevata probabilità di alluvione).

Il Distretto idrografico Padano, vista la rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico, ha disposto di effettuare la mappatura

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>13 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	13 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	13 di 43								

della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali di seguito definiti:

- Reticolo principale (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);
- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento, come riportato nella tabella seguente:

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Tabella 3-1 Definizione dei tempi di ritorno per ciascun ambito territoriale

Dagli inquadramenti delle aree di esondazione PAI/PGRA (cod. elaborato IP0000D26N4ID0002001A), di seguito si riportano:

- In rosso il tracciato dell'infrastruttura ferroviaria in progetto
- le aree a pericolosità idraulica definita dal PGRA.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	14 di 43

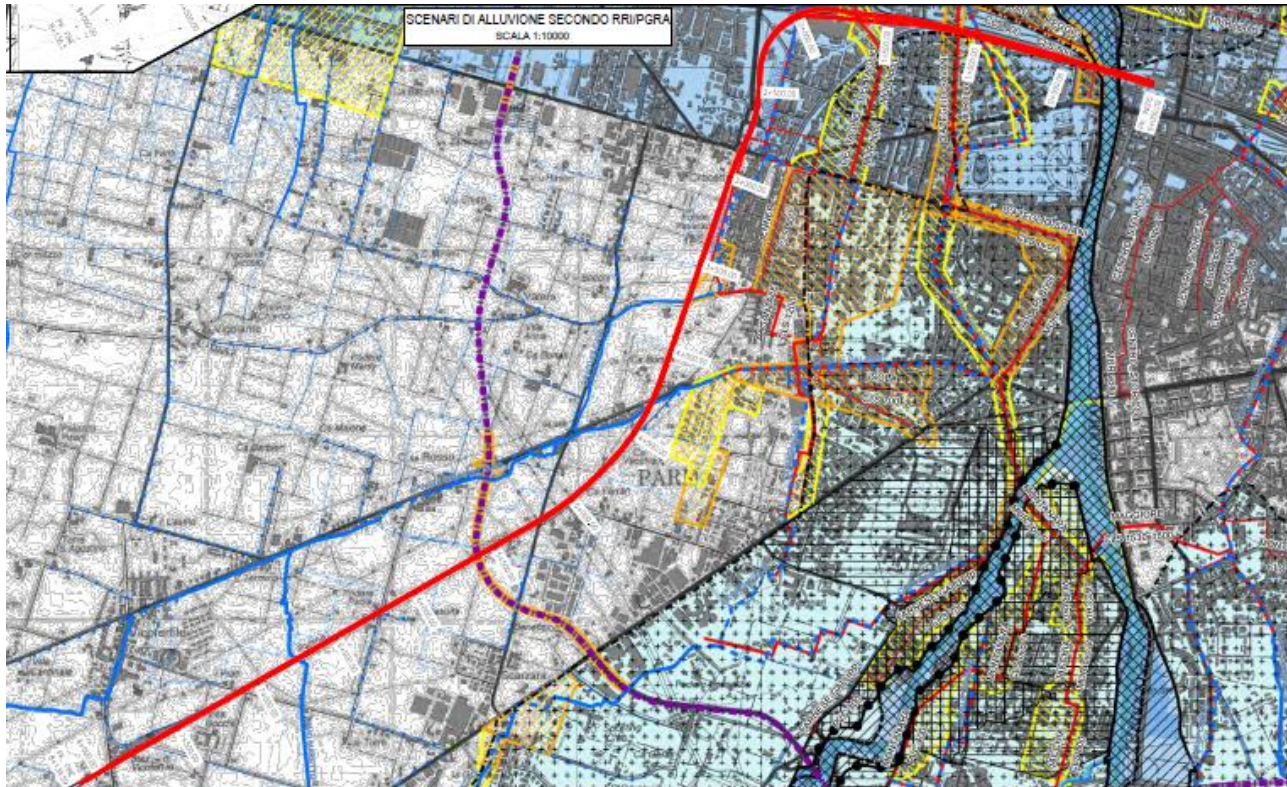


Figure 4 Inquadramento aree di esondazione da PGRA e RRI Parma.

Come si evince dalla tavola del Regolamento del Rischio Idraulico del Comune di Parma (integrativo rispetto al PGRA), l'intervento infrastrutturale ricade in aree a pericolosità di alluvioni media secondo il PGRA, con tempo di ritorno atteso dell'evento di 200 anni. In particolare, il tratto d'opera di progetto che ricade in aree a pericolosità idraulica P2 si estende dalla stazione di Parma (che si trova in posizione rialzata rispetto al circostante piano campagna) fino alla rotatoria di Via Emilia Ovest (sempre nel comune di Parma).

3.3 Compatibilità idraulica

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto lambisce le fasce fluviali di esondazione ai sensi del PAI, mentre interessa in alcuni punti aree a pericolosità di alluvioni media secondo il PGRA, con tempo di ritorno dell'evento di 200 anni. In particolare, il tratto d'opera di progetto che ricade in aree a pericolosità idraulica P2 si estende dalla stazione di Parma (che si trova in posizione

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>15 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	15 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	15 di 43								

decisamente rialzata rispetto al circostante piano campagna) fino alla rotatoria di Via Emilia Ovest (sempre nel comune di Parma).


Tuttavia, la porzione citata ricade in aree a pericolosità idraulica da RSP (Reticolo Secondario di Pianura), la cui mappatura è stata messa a punto secondo un criterio “storico-inventariale” ed i cui valori di tiranti e velocità risultano “esigui”, così come riportato nel documento messo a punto dalla regione Emilia-Romagna “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell’art. 58 elaborato n. 7 (norme di attuazione) e dell’art. 22 elaborato n. 5 (norme di attuazione) del Progetto di variante al PAI e al PAI Delta, adottato dal comitato istituzionale Autorità di bacino del fiume Po con deliberazioni n. 5/2015”.

In aggiunta a ciò, gli interventi in progetto sono stati protetti dall’ingresso dell’acqua mediante la realizzazione di dispositivi di disconnessione idraulica (sopraelevazione delle opere in progetto laddove possibile, dossi lungo le viabilità, muri perimetrali ad imbocco/sbocco della galleria, cancelli a tenuta stagna), in maniera tale da proteggerli da possibili allagamenti. Per maggiori dettagli, si rimanda all’elaborato IP0000D26RIID0102001.

Inoltre, essendo gli interventi in progetto classificabili come interventi di interesse pubblico, si richiamano le indicazioni fornite dall’art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l’Assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Po, per inquadrarne la fattibilità.

Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>16 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	16 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	16 di 43								

Alla luce di quanto esplicitato in precedenza, si può affermare che l'intervento in oggetto non concorre ad incrementare le condizioni di rischio idraulica, né in loco né in aree limitrofe. Inoltre, l'intervento in essere:

- non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area;
- non produce effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico, assicurando l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
- garantisce il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;
- assicura il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti;
- non produce effetti in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi).

In conseguenza di ciò, è possibile affermare che le nuove opere in progetto risultano idraulicamente compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni.

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>17 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	17 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	17 di 43								

4 DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

Nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della Linea ferroviaria compresa tra le stazioni di Parma e Vicofertile, il presente Progetto Definitivo prevede il raddoppio della linea storica con affiancamento alla linea esistente, ad eccezione del tratto che corre all'interno del centro abitato di Parma, laddove è prevista una galleria artificiale sotterranea, così come da elaborati redatti nella precedente fase progettuale.

Dal punto di vista idrologico-idraulico, la tratta ferroviaria interferisce con il reticolo idrografico superficiale costituito principalmente da canali irrigui gestiti dal Consorzio di Bonifica Parmense (di seguito indicato CBP) e dal Consorzio Naviglio-Taro (di seguito indicato CNT).

Nel tracciato di variante, a causa della forte urbanizzazione del territorio, viene previsto, come prima accennato, l'inserimento di una galleria artificiale tra il km 1+790 e il km 3+760. In questo tratto l'opera interferisce con due canali principali, tra cui l'Abbeveratoio (km 2+070) e il cavo Via Cava (km 3+730) e per cui si è resa necessaria la risoluzione delle due interferenze attraverso due sifoni. Una terza interferenza è rappresentata dal canale Navile del Taro (km 4+500), che nello specifico viene risolta mediante deviazione del corso d'acqua, affinché questo attraversi in retto la linea di progetto con un canale tombinato in calcestruzzo.

Successivamente, il tracciato, all'altezza del km 4+700, si ricongiunge alla linea esistente raggiungendola nord, dirigendosi verso la stazione di Vicofertile. L'interferenza idraulica della linea con il cavo Maretto è risolta mediante il rifacimento e prolungamento del tombino esistente al km 6+698.

Sono altresì presenti una serie di attraversamenti di canali irrigui esistenti di minori dimensioni risolti attraverso la ricucitura con il sistema di drenaggio ferroviario mediante il rifacimento dei tombini con sezione circolare seguendo le prescrizioni del MdP RFI.

4.1 Inquadramento morfologico dell'area interessata

Il tracciato si sviluppa all'interno del Bacino del Fiume Po, in particolare nella fascia interclusa tra il Fiume Taro ed il Fiume Parma a valle della confluenza con il Torrente Baganza.

Il bacino del Taro è costituito da due sottobacini: quello del F. Taro e quello del T. Ceno. Le rispettive vallate confluiscono poco a monte di Fornovo Taro; la superficie complessiva del bacino montano è di 1.207,49 Km², di cui 536,99 appartenenti al T. Ceno.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	18 di 43

Il Fiume Parma e il Torrente Baganza formano due sottobacini montani indipendenti.

Il Baganza confluisce nel Parma alle porte della Città.

Le superfici dei bacini montani e le corrispondenti lunghezze delle aste fluviali sono rispettivamente di 316,60 Km² e 42 Km per il F. Parma e di 173,02 Km² e 38,30 Km per il T. Baganza. La quota massima presente nel bacino del T. Baganza è di 1.401 m s.l.m. (M.te Borgognone) e quella di chiusura di 165 m s.l.m. (a Sala Baganza). La quota massima del bacino del T. Parma è toccata ai 1.852 m s.l.m. del M.te Marmagna, quella inferiore di 160 m s.l.m. alla chiusura del Ponte di Pannocchia, a valle di Langhirano.

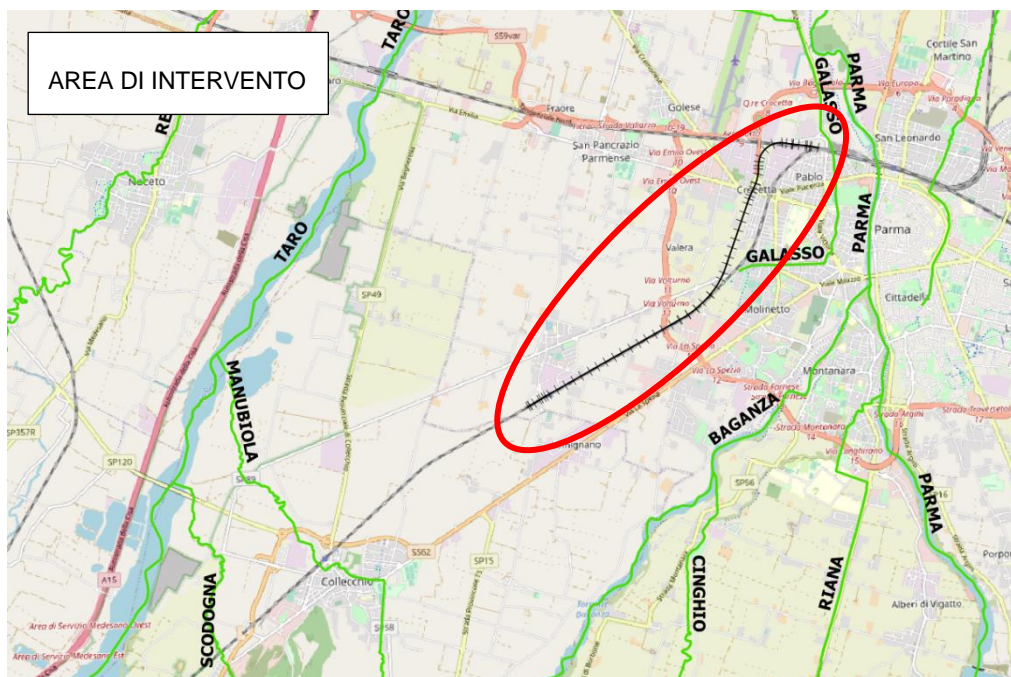


Figure 5 Inquadramento dell'area di intervento e indicazione dei principali corsi d'acqua

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>19 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	19 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	19 di 43								

5 ATTRAVERSAMENTI FERROVIARI MINORI

Il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa nel territorio di Parma interferendo con un reticolo idrografico complesso, composto da corsi d'acqua naturali e artificiali. Per questo motivo è fondamentale non alterare l'attuale sistema di drenaggio e irrigazione del territorio interessato dall'intervento garantendo le attuali condizioni di deflusso dell'acqua.

È stato, a tal proposito, effettuato un censimento degli attraversamenti idraulici minori esistenti allo scopo di:

- Stabilire quali, tra quelli esistenti lungo il tracciato, sono rilevanti ai fini del progetto e da ripristinare;
- Distinguere gli attraversamenti a gravità dai sifoni in modo da differenziare le modalità di verifica;
- Delimitare i bacini idrografici afferenti ai tombini/sifoni di interesse ed estrarne le caratteristiche morfologiche;
- Valutare le portate al colmo di piena utilizzando le leggi di pioggia derivanti dall'analisi idrologica condotta nel documento IP0000D26RHID0001001;
- Verificare in moto uniforme e moto permanente i tombini;
- Verificare i sifoni.

È inoltre stato rilevato un tombino denominato "di trasparenza", la cui funzione è quella di garantire dall'allagamento e dalla formazione di ristagni in prossimità dell'infrastruttura ferroviaria oltre che funzionali alla connessione con i fossi di guardia del rilevato ferroviario. Questi ultimi non saranno oggetto di verifica e saranno ripristinati con tombini circolari in cls aventi diametro pari a 1000 mm.

Si precisa che il sifone Abbeveratoio, Via Cava, l'adeguamento dell'attraversamento del Cavo maretto e la deviazione del Navile Taro saranno oggetto di specifica verifica, non riportata nel presente documento.

In sintesi, si riporta una tabella che riporta gli attraversamenti idraulici minori attualmente esistenti:

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IP00</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">D26RI</td> <td style="text-align: center;">IN0002001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">20 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	20 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	20 di 43								

Tabella 5-1 Tabella di sintesi dei tombini/sifoni rilevati.

ID	Progressiva di progetto (km)	Tipologia manufatto	Funzionalità del manufatto
IN04	4+799	tombino ad arco	irriguo
IN05	5+029	sifone	irriguo
IN06	5+538	sifone	irriguo
IN07	5+632	tombino	trasparenza idraulica
IN08	5+911	tombino scatolare	irriguo
IN09	6+162	tombino scatolare	irriguo
IN10	6+534	sifone scatolare	irriguo
IN11	6+698	tombino scatolare	reticolo idrografico
IN12	7+248	sifone scatolare	irriguo

5.1 Caratteristiche morfometriche dei bacini di scolo

Al fine di valutare la portata al colmo di piena per ogni attraversamento idraulico “di continuità”, sono stati dapprima individuati i bacini di drenaggio sulla base di rilievo topografico e dei corsi d’acqua presenti.

Di seguito si riporta un inquadramento generale dei bacini idrografici afferenti ai tombini di continuità oggetto di verifica:

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV FOGLIO

RELAZIONE IDRAULICA

IP00 00 D26RI IN0002001 C 21 di 43

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

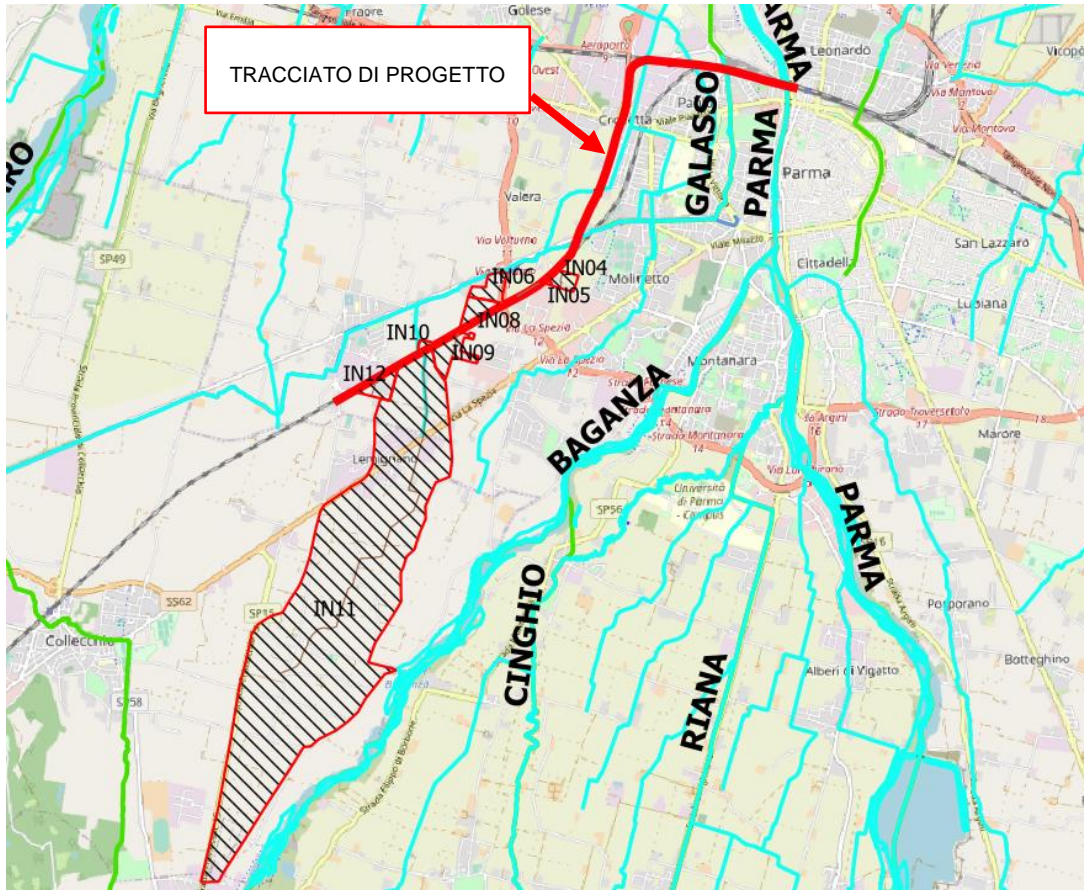


Figure 6 Inquadramento bacini di drenaggio degli attraversamenti ferroviari minori 1 di 2

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	22 di 43

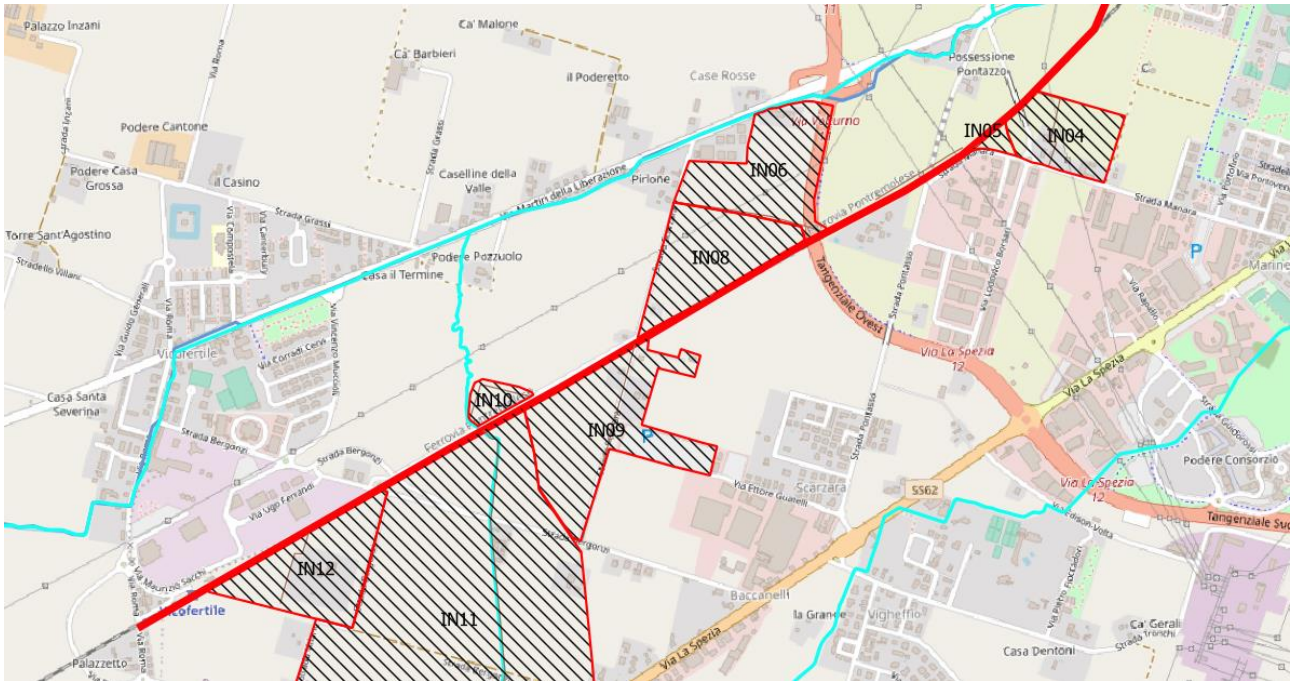


Figure 7 Inquadramento bacini di scolo degli attraversamenti ferroviari minori 2 di 2

Successivamente sono state estrapolate le caratteristiche morfologiche dei bacini attraverso il software QGIS (Quantum GIS, Ver. 3.16.4) e l'integrazione con il plugin GRASS. Il DTM (Digital Terrain Model) è stato reperito sul sito della Regione Emilia-Romagna (<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/>) ed ha risoluzione a terra di 5x5 metri.

I parametri individuati sono riportati nella seguente tabella, nella quale non sono presenti le caratteristiche dei bacini associati ai tombini IN01, IN02, IN03, IN11 (per i quali sono stati previsti elaborati a parte) e del bacino associato al tombino IN07 (tombino di trasparenza idraulica).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>23 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	23 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	23 di 43								

Tabella 5-2 Caratteristiche morfologiche dei bacini

ID Bacino	Area (kmq)	z min (msm)	z max (msm)	z media (msm)	Lunghezza (km)	z min asta (msm)	z max asta (msm)	Pendenza media asta (-)	Pendenza media bacino (-)
IN04	0.061	64.8	68.9	66.8	0.292	64.8	68.2	0.0116	0.0209
IN05	0.006	67.1 7	68.43	67.75	0.12	67.1	68.4	0.0108	0.0104
IN06	0.102	67.9	72.3	70.35	0.444	67.9	72.0	0.0092	0.0113
IN08	0.092	71.0	74.9	72.2	0.228	72.5	73.5	0.0044	0.0075
IN09	0.146	73.7	78.6	76.5	0.599	73.7	77.2	0.0058	0.0089
IN10	0.015	77.3	78.4	77.9	0.244	77.4	78.35	0.0039	0.0072
IN12	0.096	80.0	84.1	82.3	0.288	80.0	83.0	0.0104	0.0124

5.2 Determinazione delle portate

Quando non sono disponibili misure storiche di portata, la stima delle portate al colmo viene condotta mediante l'applicazione di modelli di trasformazione afflussi – deflussi a partire dalle precipitazioni e sulle caratteristiche geomorfologiche dei bacini versanti. Generalmente la valutazione delle portate massime al colmo di piena è schematizzata attraverso il metodo razionale secondo cui c'è una relazione di tipo lineare tra precipitazione in ingresso e portata in uscita.

La massima portata al colmo di piena, viene espressa dalla seguente relazione:

$$Q_c = \varphi \frac{A * h}{t_c}$$

Dove:

- Q_c = è il valore della portata al colmo (m^3/s);
- φ = coefficiente di deflusso (-);

	<p style="text-align: center;">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p style="text-align: center;">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDRAULICA</p> <p style="text-align: center;">ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>24 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	24 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	24 di 43								

- h = altezza di pioggia (mm), con durata posta pari al tempo di corrivazione (tc), dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica di tempo di ritorno assegnato (T), calcolata con i diversi metodi descritti in precedenza;
- A = area del bacino idrografico (km²);
- tc = tempo di corrivazione (ore), scelto a valle di un confronto tra i metodi descritti di seguito;

Le caratteristiche morfologiche riportate in Tabella 5-2 sono state utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario affinché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino pervenga alla sezione di chiusura. Si riportano le varie formule di calcolo utilizzate, sulla base delle quali si è scelto il tempo di corrivazione da usare per il calcolo della portata di piena dei singoli bacini perimetrati:

➤ Formula di Pezzoli (ore):

$$t_c = \frac{0.055 * L}{\sqrt{i}}$$

Dove:

L = lunghezza dell'asta principale (km);

i = Pendenza asta principale (m/m).

➤ Formula di Ventura (ore):

$$t_c = 0.127 * \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$$

Dove:

S = Superficie del bacino (km²);

i = Pendenza media dell'asta principale (m/m).

➤ Formula di Pasini (ore):

$$t_c = \frac{0.108 * \sqrt[3]{AL}}{\sqrt{i_m}}$$

Dove:

A = Superficie del bacino (km²);

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IP00</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">D26RI</td> <td style="text-align: center;">IN0002001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">25 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	25 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	25 di 43								

L = Lunghezza dell'asta principale (km);

i_m = pendenza asta principale (m/m).

➤ Formula di Kirpich (ore):

$$t_c = 0.000325 * L^{0.77} * i_b^{-0.385}$$

Dove:

L = Lunghezza asta principale (m);

i_b = pendenza media del bacino idrografico.

➤ Formula di Giandotti modificata da Aronica Paltrinieri (ore):

$$t_c = \frac{1}{M * d} \frac{\sqrt{A_b} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_m}}$$

Dove:

A_b = Superficie del bacino (km²);

L = lunghezza asta principale (km);

H_m = quota media del bacino idrografico (m);

M e d = costanti numeriche che dipendono dal tipo di suolo e dalla sua permeabilità e sono assunti rispettivamente 0,25 e 0,81.

Tipo di copertura	M
Terreno nudo	0,667
Terreni coperti con erbe rade	0,250
Terreni coperti da bosco	0,200
Terreni coperti da prato permanente	0,167
Permeabilità	d
Terreni semi-impermeabili	1,270
Terreni poco permeabili	0,960
Terreni mediamente permeabili	0,810
Terreni molto permeabili	0,690

Tabella 5-3 Valori di M e d nella formula di Giandotti modificata

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IP00</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">D26RI</td> <td style="text-align: center;">IN0002001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">26 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	26 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	26 di 43								

La tabella di seguito riportata riassume i tempi di corrivazione ottenuti con le formule elencate; il tempo di corrivazione utilizzato nella progettazione è stato scelto in base alla formula che meglio rappresenta le caratteristiche geomorfologiche dei bacini oggetto di studio; in particolare, tenendo presente che gli stessi sono di piccole dimensioni e si estendono in un contesto principalmente rurale e pianeggiante, si è scelto di optare per la formula di Pasini, in quanto ben si adatta al contesto e, allo stesso tempo, è correlata a tutti i principali parametri geomorfologici (superficie del bacino, pendenza e lunghezza dell'asta principale).

Tabella 5-4 Confronto tempi di corrivazione usati

ID BACINO	Tempo di corrivazione t_c (ore)					t_c scelto
	Pezzoli	Ventura	Pasini	Kirpich	Giandotti Aronica Paltrinieri	
IN04	0,149	0,292	0,262	0,114	0,254	0,262
IN05	0.063	0.094	0.092	0.075	0.085	0.092
IN06	0,254	0,423	0,401	0,199	0,334	0,401
IN08	0,189	0,583	0,450	0,140	0,271	0,450
IN09	0,431	0,636	0,627	0,275	0,398	0,627
IN10	0,215	0,251	0,268	0,150	0,138	0,268
IN12	0,155	0,387	0,320	0,138	0,271	0,320

5.2.1 Metodo del Curve Number

La procedura utilizzata per il calcolo della "pioggia netta" si basa sul metodo del Curve Number (CN), formulato dal Soil Conservation Service (SCS) nel 1972, nel seguito brevemente descritto.

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>27 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	27 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	27 di 43								

Il Metodo CN mette in relazione la pioggia totale P(t), il deflusso superficiale Q(t), le perdite iniziali I_a(t) prima della produzione di deflusso e di quelle successive F(t) attraverso la formula:

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{F}{S}$$

Dove:

F = perdite effettive (mm);

S = massima saturazione del suolo (mm);

Q = pioggia netta cumulata (mm);

P = pioggia lorda cumulata (mm);

I_a = perdite iniziali dovute all'infiltrazione ed accumulo nelle depressioni superficiali (mm);

Il parametro S è funzione del tipo di terreno, del grado di saturazione e dell'uso del suolo.

Viene identificato mediante la relazione:

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Dove il parametro CN è il coefficiente di ruscellamento, denominato Curve Number, che dipende dalla tipologia di terreno, dall'uso del suolo e dal contenuto di umidità del terreno.

Il Soil Conservation Service, ed altri autori, forniscono valori empirici di CN a seconda delle caratteristiche idrogeologiche del tipo di suolo, dell'uso del suolo congiuntamente alle pratiche agricole o ai trattamenti dei terreni e della condizione di umidità iniziale (condizioni I, II, o III).

Il CN viene scelto quindi tenendo conto della suddivisione dei terreni fatta per i quattro gruppi (A, B, C e D) in dipendenza dalla loro capacità di infiltrazione.

Tabella 5-5 Tipi di suolo

Gruppo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	28 di 43

	<p>Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili</p>
B	<p>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa.</p> <p>Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione</p>
C	<p>Potenzialità di deflusso moderatamente alta.</p> <p>Comprende la maggior parte dei suoli sottili e contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione</p>
D	<p>Potenzialità di deflusso molto alta.</p> <p>Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie</p>

Nella presente progettazione, il parametro CN è stato fornito dal Consorzio di Bonifica Parmense per l'area di intervento.

In Tabella 5-6 sono riportati i valori di CN(I), CN (II), CN(III) per diverse tipologie di uso del suolo, trattamento, condizione idrologica e caratteristiche idrogeologiche.

Tabella 5-6 Curve Number in base all'uso del suolo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>29 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	29 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	29 di 43								

Uso suolo	CN (I)	CN (II)	CN (III)
Area boscata	49	70	84
Coltivo	56	75	87
Aree residenziali	63	80	90
Strade asfaltate	95	98	99

Risulta importante, in fase di valutazione del Curve Number, conoscere la condizione di saturazione del terreno precedente all'evento meteorico. Per questo vengono assegnate 3 classi di saturazione, in relazione all'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni antecedenti l'evento:

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Figure 8 Condizioni di saturazione antecedenti l'evento meteorico

Per condizioni antecedenti all'evento molto umide (AMC III) o molto asciutte (AMC I) viene apportata la seguente correzione:

$$CN(I) = \frac{42CN(II)}{10-0.058CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0.13CN(II)}$$

La scarsa permeabilità delle litologie dominanti presenti i bacini interessati impone di utilizzare la correzione del CN(III) per la stima delle portate di progetto.

Una volta ottenuto il parametro S, si calcolano le perdite iniziali ponendo $I_a = 0,2S$ e si ricava, la pioggia netta P_n o deflusso superficiale (Q) assumendo $F = P-Q$. La relazione quindi diventa:

$$Q = P_n = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

La conoscenza della pioggia netta P_n permette di ricavare il coefficiente di deflusso ϕ , espresso dalla relazione $\phi = P_n/h_{tot}$:

Tabella 5-7 Parametri caratteristici del metodo CN.

ID bacino	CN (II)	CN (III)	S (mm)	I_a (mm)	h_{tot} (mm)	P_n (mm)	ϕ (-)
IN04	77.37	88.72	32.29	6.46	48.67	23.92	0.49

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	30 di 43

IN05	77.01	88.51	32.97	6.59	33.22	11.89	0.36
IN06	77.08	88.55	32.84	6.57	56.86	30.42	0.54
IN08	74.62	87.12	37.55	7.51	59.33	30.05	0.51
IN09	75.85	87.84	35.16	7.03	66.98	37.79	0.56
IN10	74.25	86.90	38.29	7.66	49.04	21.49	0.44
IN12	74.42	87.00	37.95	7.59	52.39	24.25	0.46

Una volta noti i parametri caratteristici del metodo CN, la formula da impiegare per il calcolo della portata Q_c è la seguente:

$$Q_c = \frac{P_n * A}{t_c}$$

Dove:

Q_c = portata di deflusso (m^3/s);

P_n = Pioggia netta o $h_{tot} * \varphi$ (mm);

A = area del bacino idrografico (m^2);

t_c = tempo di corrivazione (ore);

Si riportano nella seguente tabella i valori di portata ottenuti per bacini idrografici esaminati:

Tabella 5-8 Valori di portata ottenuti con il metodo CN.

ID bacino	A (m^2)	Pn (mm)	t_c (ore)	Q_c (m^3/s)
IN04	0.061	23.92	0.262	1.56
IN05	0.006	11.89	0.092	0.21
IN06	0.102	30.42	0.401	2.15
IN08	0.092	30.05	0.450	1.71
IN09	0.146	37.79	0.627	3.12

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	31 di 43

IN10	0.015	21.49	0.268	0.68
IN12	0.096	24.25	0.32	2.03

5.3 Determinazione delle portate con i valori derivanti dai cambiamenti climatici

Gli incrementi di precipitazione riportati nel documento IP0000D26RHID0001001, riguardanti i cambiamenti climatici hanno determinato un aumento dei valori di portata riportati precedentemente. Senza re-iterare la narrativa già descritta di seguito si riportano i valori delle principali grandezze idrologiche necessarie per il calcolo della portata derivante dall'incremento di precipitazione dovuto ai cambiamenti climatici, con particolare riferimento al periodo 2061-2090.

Tabella 5-9 Valori di portata con riferimento ai cambiamenti climatici

ID bacino	A (m ²)	h _{tot} (mm)	P _n (mm)	φ (-)	Q _c (m ³ /s)
IN04	0.061	51.30	26.1	0.508	1.699
IN05	0.006	35.01	13.2	0.376	0.232
IN06	0.102	59.93	33.0	0.551	2.338
IN08	0.092	62.53	32.7	0.523	1.861
IN09	0.146	70.60	40.9	0.580	3.350
IN10	0.015	51.69	23.6	0.456	0.710
IN12	0.096	55.22	26.5	0.480	2.216

5.4 Verifiche idrauliche tombini circolari e scatolari

I fenomeni di deflusso in esame si caratterizzano per la prevalenza di una dimensione rispetto alle altre, ed appare quindi ragionevole l'accettazione della ipotesi di monodimensionalità del moto.

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>32 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	32 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	32 di 43								

Nei paragrafi seguenti verranno quindi esposte le metodologie impiegate per le verifiche idrauliche oggetto della presente relazione, evidenziando le ipotesi adottate di semplificazione ed i criteri di valutazione assunti per la quantificazione dei parametri.

Per tutti gli attraversamenti minori, oggetto di questa relazione, è stata effettuata dapprima un dimensionamento in moto uniforme e, in seguito, in moto permanente.

5.4.1 Risoluzione interferenze mediante manufatti a gravità

5.4.1.1 Verifiche idrauliche in moto uniforme

Per il dimensionamento e la verifica dei manufatti idraulici in condizioni di moto uniforme, è stato fatto riferimento alla formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = A * k_s * \sqrt{i} * R_H^{2/3}$$

dove le grandezze indicate sono:

Q = portata di deflusso (m³/s);

R_H = raggio idraulico (m);

A = sezione idraulica bagnata (m²);

i = pendenza (m/m);

k_s = coefficiente di scabrezza, posto cautelativamente pari a 60 m^{1/3}/s per considerare le condizioni di usura dovute all'esercizio del manufatto.

Considerando, dove possibile, le dimensioni minime indicate nel manuale di progettazione RFI 2021 e un riempimento massimo dei manufatti pari al 67% nel caso di funzionamento a superficie libera degli attraversamenti idraulici come esplicitato nelle NTC 2018 (D.M. 17 gennaio 2018) e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, in tabella vengono riportate le verifiche in moto uniforme dei manufatti di progetto.

Tabella 5-10 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme con TR = 200 anni

ID	Progressiva	Dimensioni	i (m/m)	Rh (m)	Tirante (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	GR (%)
TOMBINO	km							

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	33 di 43

IN08	5+911	D1200	0.006	0.343	0.767	1.71	2.28	64
IN09	6+162	2xD1200	0.006	0.334	0.722	3.12	2.24	60
IN10	6+534	D1200	0.006	0.244	0.449	0.68	1.82	37

Come si evince dalla tabella sopra riportata, a moto uniforme, tutti i manufatti risultano ampiamente verificati, con gradi di riempimento inferiori al 67%.

Nel seguito si riportano le verifiche con riferimento ai cambiamenti climatici:

Tabella 5-11 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme con riferimento ai cambiamenti climatici

ID TOMBINO	Progressiva km	D (m)	i (m/m)	Rh (m)	Tirante (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	GR (%)
IN08	5+911	1.2	0.006	0.349	0.798	1.86	2.30	66
IN09	6+162	2x1.2	0.006	0.338	0.741	3.36	2.26	60
IN10	6+534	1.2	0.006	0.244	0.449	0.71	1.82	37

5.4.1.2 Verifiche idrauliche con il software HY-8

Tale software consente di simulare il deflusso che avviene all'interno di un tombino in condizioni di moto permanente, sfruttando l'equazione di conservazione dell'energia secondo la metodologia messa a punto dall'agenzia americana U.S. Federal Highway Administration.

Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;

	<p align="center">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p align="center">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>34 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	34 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	34 di 43								

- la scabrezza;
- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

La verifica proposta dalla FHWA (Federal Highway Administration) ossia l’Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti, che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il programma HY-8 ha quindi lo scopo di consentire un supporto alla progettazione ed alla verifica delle intersezioni dei corsi d’acqua minori con le infrastrutture viarie come strade e ferrovie. Il software utilizza le routines, in accordo ai criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels".

I principali risultati che si possono ottenere tramite questo programma sono:

- determinare la dimensione, la forma ed il numero di opere d’arte (tombini e scolari) necessari a far defluire la portata di progetto;
- definire la capacità di deflusso di un manufatto esistente imponendo il livello idrico ammissibile di monte;
- calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una determinata portata, sia in condizioni di normale deflusso che in condizioni di acqua ferma all’imbocco;
- determinare la scala di portata o altre relazioni tra le principali variabili idrauliche per determinare il livello di rischio della struttura;
- determinare il profilo idrico della portata transitante nell’opera.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p> <p>ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>35 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	35 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	35 di 43								

5.4.1.2.1 Metodologia utilizzata

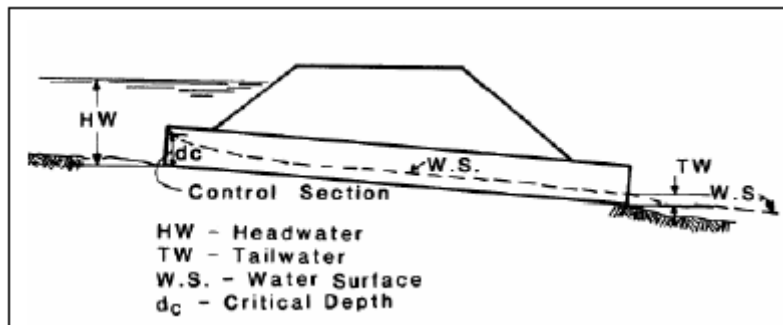


Figure 9 Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il “controllo da monte” si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l’ingresso. La sezione di controllo si localizza appena oltre l’ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico.

Il “controllo da valle” invece si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l’ingresso. La sezione di controllo si localizza allora all’uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

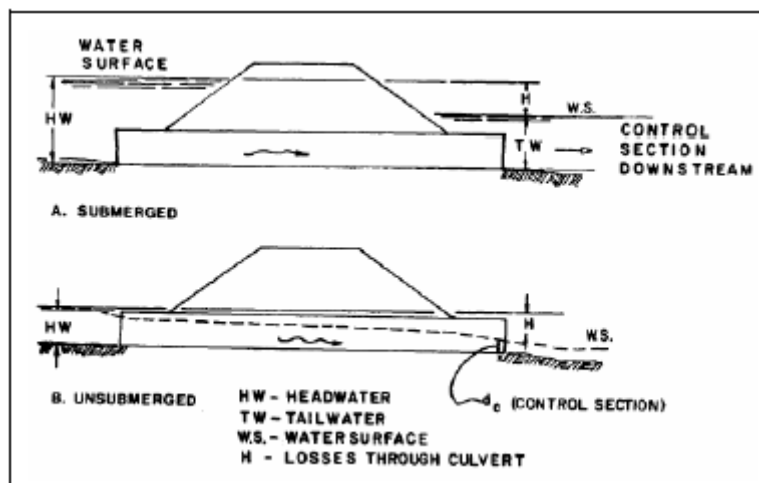


Figure 10 Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino

Per calcolare il livello idrico a monte del manufatto vengono utilizzati dei diagrammi sperimentali (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

	<p style="text-align: center;">COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p style="text-align: center;">TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDRAULICA</p> <p style="text-align: center;">ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>36 di 43</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	36 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	36 di 43								

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna, nonché il tirante all'imbocco e allo sbocco.

Nell'analisi delle strutture di progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle. Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (caso tipico dell'immissione in un lago o in un altro fiume, o in un manufatto di sbocco in cui per la sezione di partenza del canale di allontanamento si possono ipotizzare condizioni di acqua ferma e quindi componente cinetica iniziale nulla.) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

Calcolo idraulico per tombini con controllo all'ingresso

Le equazioni del deflusso dipendono dal fatto che l'imbocco del tombino sia sommerso o meno.

Il manuale HDS-5, già citato, fornisce le equazioni sulla base del parametro (non adimensionale):

$$Q/AD^{0.5}$$

Dove Q (ft³/s) è la portata, A (ft²) è la sezione del tombino e D [ft] è l'altezza interna.

Riferendoci alle unità del SI, le equazioni usate dal software assumono le seguenti forme:

Se $Q / AD^{0.5} < 1,932$ l'imbocco è non sommerso, e si utilizza:

$$Hw_t = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{1.81Q}{AD^{0.5}} \right] - 0.5S$$

Se $Q / AD^{0.5} > 2.208$ l'imbocco è sommerso, e si utilizza:

$$Hw_t = c \left[\frac{1.81Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

Se infine $1,932 < Q / AD^{0.5} < 2,208$ si è in una zona di transizione e si effettua una interpolazione lineare tra le due equazioni precedenti.

I termini utilizzati nelle equazioni indicano:

- Hwi = altezza idrica prima dell'imbocco, nel caso di velocità in arrivo nulla;
- Hc = energia critica;
- S = pendenza della condotta;

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV FOGLIO

IP00 00 D26RI IN0002001 C 37 di 43

- K, M, Y, c = coefficienti dipendenti dalla forma dell'imbocco, dai materiali e dall'equazione usata.

Calcolo idraulico per tombini con sezione di controllo a valle

Il calcolo viene eseguito sulla base della conservazione dell'energia (simboli indicati in figura):

$$H_{wo} + \frac{V_u^2}{2g} = TW + \frac{V_d^2}{2g} + H_L$$

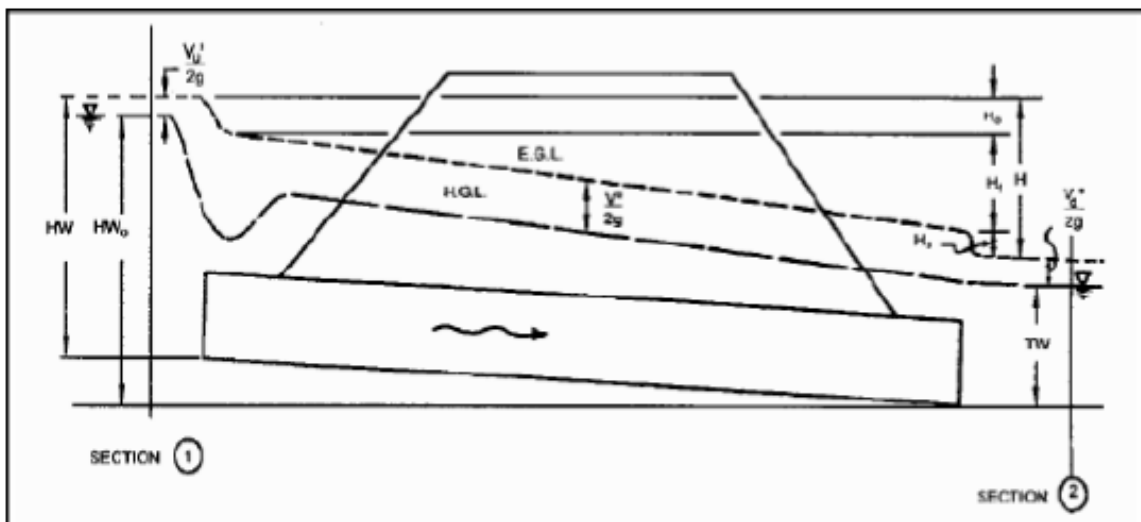



Figure 11 Variabili di riferimento per l'equazione di conservazione dell'energia

Il pelo libero di moto permanente viene integrato utilizzando gli usuali metodi numerici e tenendo conto della pendenza dello stato rapido o lento della corrente e degli eventuali risalti idraulici.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26RI</td> <td>IN0002001</td> <td>C</td> <td>38 di 43</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	IN0002001	C	38 di 43
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	38 di 43								

Per calcolare la condizione al contorno di valle, che è fondamentale, come già detto, è possibile definire la sezione del canale e la sua scabrezza, sia per canali con sezione geometrica (rettangolare, trapezia, ecc.), sia per alvei naturali.

Il calcolo del moto uniforme si basa sulla formula di Manning:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dove:

- v [m/s] = velocità media della corrente;
- R [m] = raggio idraulico;
- S = pendenza della linea dell'energia;
- n = scabrezza. Per canali in terra è pari a 0,028, per il cls pari a 0,017.

Nella tabella di seguito vengono riportate le verifiche degli scolori idraulici effettuate mediante HY-8, mentre i risultati completi dell'analisi sono riportati all'allegato A e B.

Tabella 5-12 Verifiche attraversamenti minori in moto permanente con $TR = 200$ anni

ID TOMBINO	Progressiva km	Q (m ³ /s)	D (m)	lf (m/m)	Rh (m)	Tirante (m)	GR (%)
IN08	5+911	1.71	D1200	0.006	0.351	0.82	67
IN09	6+162	3.12	2xD1200	0.006	0.334	0.72	62
IN10	6+534	0.68	D1200	0.006	0.245	0.46	38

Tabella 5-13 Verifiche attraversamenti minori in moto permanente con riferimento ai cambiamenti climatici

ID TOMBINO	Progressiva km	Q (m ³ /s)	D (m)	lf (m/m)	Rh (m)	Tirante (m)	GR (%)
IN08	5+911	1.86	D1200	0.006	0.359	0.86	72

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	39 di 43

IN09	6+162	3.36	2xD1200	0.006	0.342	0.76	64
IN10	6+534	0.71	D1200	0.006	0.254	0.48	40

5.4.1 Risoluzione interferenze mediante manufatti in pressione

Quando il manufatto attraversa l'infrastruttura ferroviaria per mezzo di un sifone, eccezion fatta per i sifoni maggiori IN01 e IN02, si è ricorsi ad una verifica idraulica di tipo semplificato e che consiste essenzialmente in:

- calcolo della perdita di carico totale lungo il sifone per la portata di progetto al fine di confrontarla con il dislivello idrico disponibile tra imbocco e sbocco dei pozzi di ingresso e uscita;
- verifica della velocità di scorrimento nelle condotte al fine di soddisfare quanto prescritto nella NTC 2018: “nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s”.

Di seguito si riportano le formule utilizzate per il calcolo delle perdite di carico relative al sifone:

- Perdita di carico distribuita in condotta (m):

$$H_a = \frac{2Lg}{K_s^2 R_h^{4/3}} * \frac{V_c^2}{2g}$$

- Perdite di carico all'imbocco pozzo/condotta (m):

$$H_b = 0.5 \frac{V_c^2}{2g}$$

- Perdite di carico canale di monte/pozzo di monte (m):

$$H_c = 0.2 \frac{V_2^2 - V_3^2}{2g}$$

- Perdite di carico allo sbocco condotta/pozzo di valle (m):

$$H_c = \frac{V_c^2 - V_4^2}{2g}$$

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	40 di 43

Dove:

V_c = velocità nel sifone (m/s);

V_2 = velocità nel canale di monte (m/s);

V_3 = velocità nel pozzo di monte (m/s);

V_4 = velocità nel pozzo di valle (m/s);

g = accelerazione di gravità posta pari a $9,81 \text{ m}^2/\text{s}$;

L = lunghezza del condotto (m);

K_s = scabrezza tubazione posto pari a 60;

R_h = raggio idraulico;

Perché il sifone sia considerato verificato dovrà essere rispettata la disuguaglianza:

$$\Delta s > \Sigma H_i$$

Dove:

Δs = differenza di quota tra imbocco e sbocco del sifone;

ΣH_i = sommatoria delle perdite di carico nel sifone.

Nel seguito si riportano i dati di progetto:

Tabella 5-14 Dati geometrici dei sifoni

ID SIFONE	Progressiva km	Diametro sifone (m)	Lunghezza (m)
IN04	4+799	1.2	25
IN05	5+035	0.8	24
IN06	5+538	1.5	21
IN12	7+248	1.5	23

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE IDRAULICA
ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	41 di 43

Tabella 5-15 Dati di progetto

ID SIFONE	$Q_{TR=200}$ (m ³ /s)	Q_{cc} (m ³ /s)	K_S (m ^{1/3} /s)
IN04	1.56	1.70	60
IN05	0.21	0.23	60
IN06	2.15	2.34	60
IN12	2.03	2.22	60

Nelle tabelle successive si riportano i risultati delle verifiche dei sifoni.

Tabella 5-16 Verifica dei sifoni minori con riferimento a TR = 200 anni

ID SIFONE	H_a (m)	H_b (m)	H_c (m)	H_d (m)	H_{tot} (m)	Δs (m)	V_c (m/s)
IN04	0.066	0.049	0.010	0.088	0.212	0.38	1.38
IN05	0.010	0.004	0.003	0.008	0.025	0.07	0.42
IN06	0.0320	0.038	0.003	0.075	0.147	0.22	1.22
IN12	0.031	0.034	0.017	0.051	0.133	0.39	1.15

Tabella 5-17 Verifica dei sifoni con riferimento ai cambiamenti climatici

ID SIFONE	H_a (m)	H_b (m)	H_c (m)	H_d (m)	H_{tot} (m)	Δs (m)	V_c (m/s)
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	---------------	----------------	-------------

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	IN0002001	C	42 di 43

IN04	0.0780	0.058	0.011	0.105	0.252	0.38	1.50
IN05	0.0120	0.005	0.003	0.010	0.03	0.07	0.46
IN06	0.0379	0.045	0.003	0.089	0.174	0.22	1.32
IN12	0.0373	0.040	0.016	0.065	0.159	0.22	1.26

Come è possibile osservare tutte le verifiche risultano soddisfatte essendo il dislivello disponibile maggiore delle perdite di carico.



**COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA
SPEZIA (PONTREMOLESE)**

TRATTA PARMA - VICOFERTILE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

ATTRAVERSAMENTI MINORI FERROVIARI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	-----	--------

IP00	00	D26RI	IN0002001	C	43 di 43
------	----	-------	-----------	---	----------

6 RISULTATI MODELLAZIONE HY-8

ALLEGATO A

HY-8 Culvert Analysis Report

1. ID TOMBINO: IN08

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.25 cms

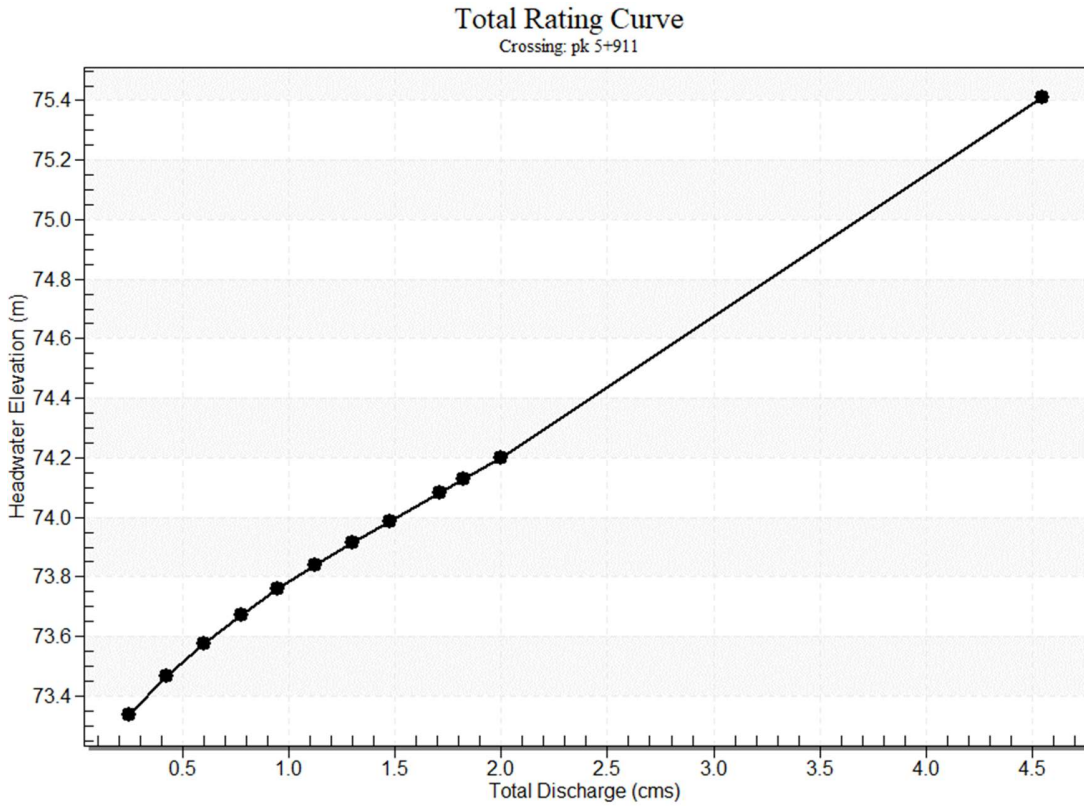
Design Flow: 1.71 cms

Maximum Flow: 2.00 cms

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: pk 5+911

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	IN08 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
73.34	0.25	0.25	0.00	1
73.47	0.43	0.43	0.00	1
73.58	0.60	0.60	0.00	1
73.67	0.78	0.78	0.00	1
73.76	0.95	0.95	0.00	1
73.84	1.12	1.12	0.00	1
73.91	1.30	1.30	0.00	1
73.99	1.47	1.47	0.00	1
74.08	1.71	1.71	0.00	1
74.13	1.82	1.82	0.00	1
74.20	2.00	2.00	0.00	1
75.09	3.66	3.66	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: pk 5+911



Culvert Data: IN08

Table 2 - Culvert Summary Table: IN08

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.25 cms	0.25 cms	73.34	0.36	0.403	3-M1t	0.27	0.26	0.29	0.29	1.20	0.68
0.43 cms	0.43 cms	73.47	0.48	0.534	3-M1t	0.35	0.35	0.39	0.39	1.34	0.79
0.60 cms	0.60 cms	73.58	0.57	0.643	3-M1t	0.42	0.42	0.47	0.47	1.46	0.87
0.78 cms	0.78 cms	73.67	0.67	0.738	3-M1t	0.48	0.47	0.54	0.54	1.57	0.93

0.95 cms	0.95 cms	73.76	0.76	0.82 4	3- M1 t	0.54	0.53	0.6 0	0.60	1.67	0.98
1.12 cms	1.12 cms	73.84	0.84	0.90 3	3- M1 t	0.59	0.58	0.6 6	0.66	1.77	1.03
1.30 cms	1.30 cms	73.91	0.92	0.97 9	3- M1 t	0.64	0.62	0.7 1	0.71	1.86	1.07
1.47 cms	1.47 cms	73.99	0.99	1.05 2	3- M1 t	0.70	0.66	0.7 6	0.76	1.96	1.10
1.71 cms	1.71 cms	74.08	1.09	1.14 9	3- M1 t	0.77	0.72	0.8 2	0.82	2.08	1.15
1.82 cms	1.82 cms	74.13	1.14	1.19 6	3- M1 t	0.80	0.74	0.8 5	0.85	2.14	1.17
2.00 cms	2.00 cms	74.20	1.21	1.26 7	7- M1 t	0.86	0.78	0.8 9	0.89	2.23	1.19

Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 72.93 m,

Outlet Elevation (invert): 72.83 m

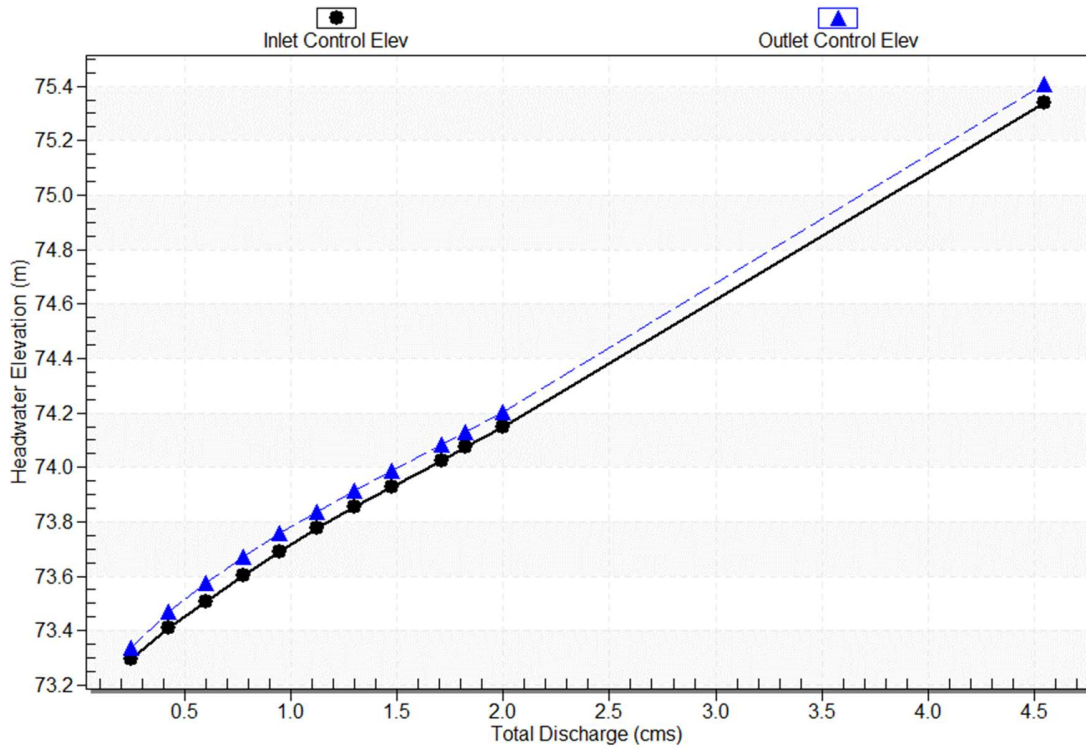
Culvert Length: 17.00 m,

Culvert Slope: 0.0060

Culvert Performance Curve Plot: IN08

Performance Curve

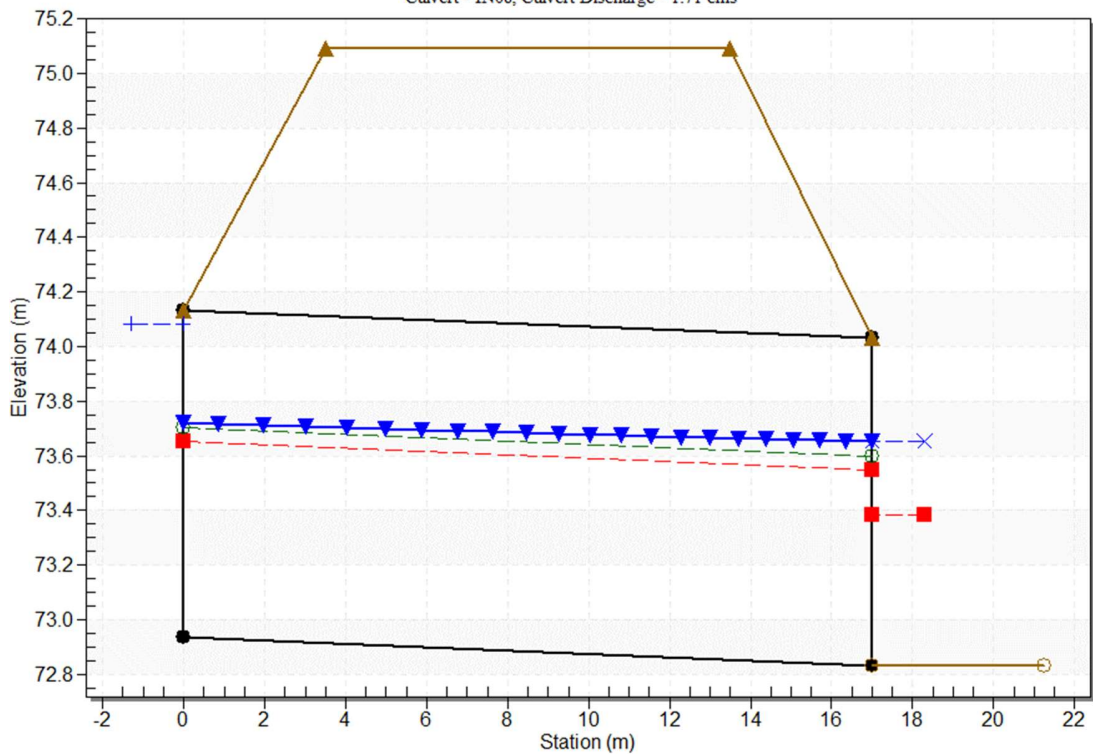
Culvert: IN08



Water Surface Profile Plot for Culvert: IN08

Crossing - pk 5+911, Design Discharge - 1.71 cms

Culvert - IN08, Culvert Discharge - 1.71 cms



Site Data - IN08

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 72.93 m

Outlet Station: 17.00 m

Outlet Elevation: 72.83 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - IN08

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall (Ke=0.5)

Inlet Depression: None

Tailwater Data for Crossing: pk 5+911

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: pk 5+911)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.25	73.12	0.29	0.68	8.43	0.45
0.43	73.22	0.39	0.79	11.40	0.46
0.60	73.30	0.47	0.87	13.81	0.47
0.78	73.37	0.54	0.93	15.88	0.47
0.95	73.43	0.60	0.98	17.71	0.47
1.12	73.49	0.66	1.03	19.38	0.48
1.30	73.54	0.71	1.07	20.90	0.48
1.47	73.59	0.76	1.10	22.32	0.48
1.71	73.65	0.82	1.15	24.09	0.49
1.82	73.68	0.85	1.17	24.90	0.49
2.00	73.72	0.89	1.19	26.09	0.49

Tailwater Channel Data - pk 5+911

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (.:1)

Channel Slope: 0.0030

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 72.83 m

Roadway Data for Crossing: pk 5+911

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 2.00 m

Crest Elevation: 75.09 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 10.00 m

2. ID TOMBINO: IN09

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.25 cms

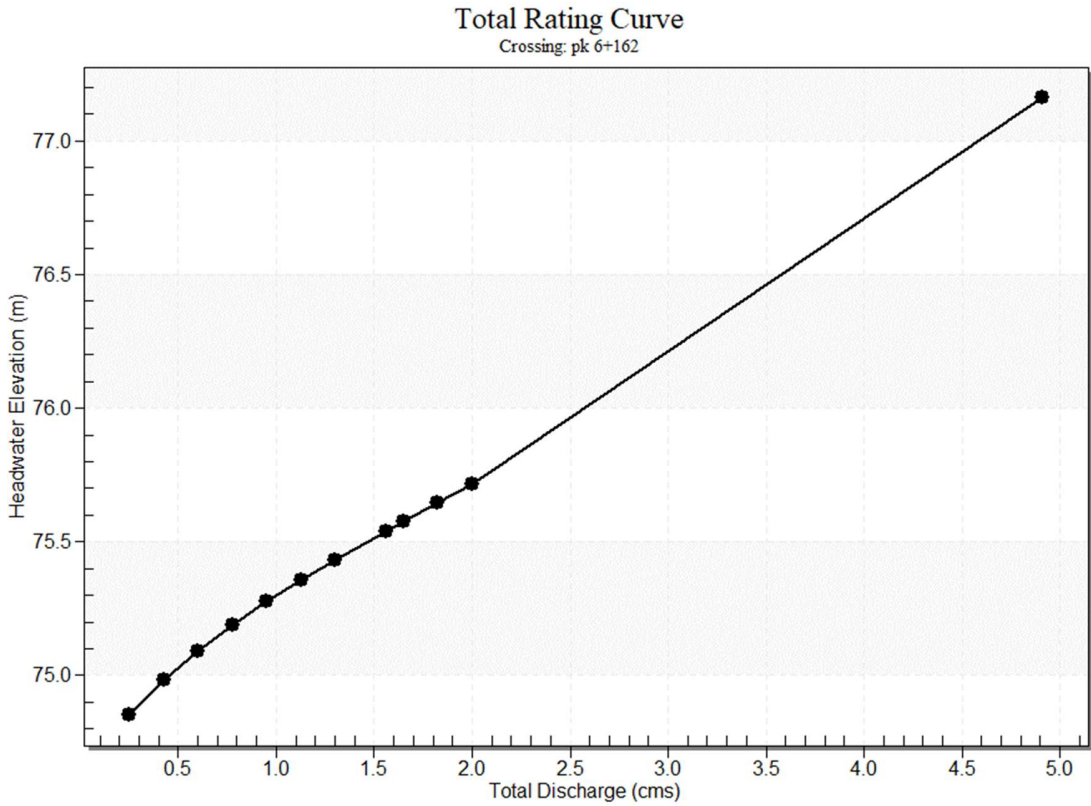
Design Flow: 1.56 cms

Maximum Flow: 2.00 cms

Table 4 - Summary of Culvert Flows at Crossing: pk 6+162

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	IN09 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
74.85	0.25	0.25	0.00	1
74.98	0.43	0.43	0.00	1
75.09	0.60	0.60	0.00	1
75.19	0.78	0.78	0.00	1
75.28	0.95	0.95	0.00	1
75.36	1.12	1.12	0.00	1
75.43	1.30	1.30	0.00	1
75.54	1.56	1.56	0.00	1
75.58	1.65	1.65	0.00	1
75.65	1.82	1.82	0.00	1
75.72	2.00	2.00	0.00	1
76.84	3.96	3.96	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: pk 6+162



Culvert Data: IN09

Table 5 - Culvert Summary Table: IN09

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.25 cms	0.25 cms	74.85	0.36	0.403	2-M2c	0.27	0.26	0.26	0.13	1.35	1.64
0.43 cms	0.43 cms	74.98	0.48	0.534	2-M2c	0.35	0.35	0.35	0.18	1.56	1.95
0.60 cms	0.60 cms	75.09	0.57	0.643	2-M2c	0.42	0.42	0.42	0.22	1.73	2.18
0.78 cms	0.78 cms	75.19	0.67	0.738	2-M2c	0.48	0.47	0.47	0.26	1.86	2.36

0.95 cms	0.95 cms	75.28	0.76	0.82 5	2- M2 c	0.54	0.53	0.5 3	0.29	1.99	2.50
1.12 cms	1.12 cms	75.36	0.84	0.90 6	2- M2 c	0.59	0.58	0.5 8	0.32	2.10	2.63
1.30 cms	1.30 cms	75.43	0.92	0.98 2	2- M2 c	0.64	0.62	0.6 2	0.35	2.20	2.74
1.56 cms	1.56 cms	75.54	1.03	1.09 1	2- M2 c	0.72	0.68	0.6 8	0.39	2.34	2.89
1.65 cms	1.65 cms	75.58	1.07	1.12 7	2- M2 c	0.75	0.70	0.7 0	0.40	2.39	2.93
1.82 cms	1.82 cms	75.65	1.14	1.19 7	2- M2 c	0.80	0.74	0.7 4	0.42	2.49	3.02
2.00 cms	2.00 cms	75.72	1.21	1.26 7	7- M2 c	0.86	0.78	0.7 8	0.45	2.58	3.10

Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

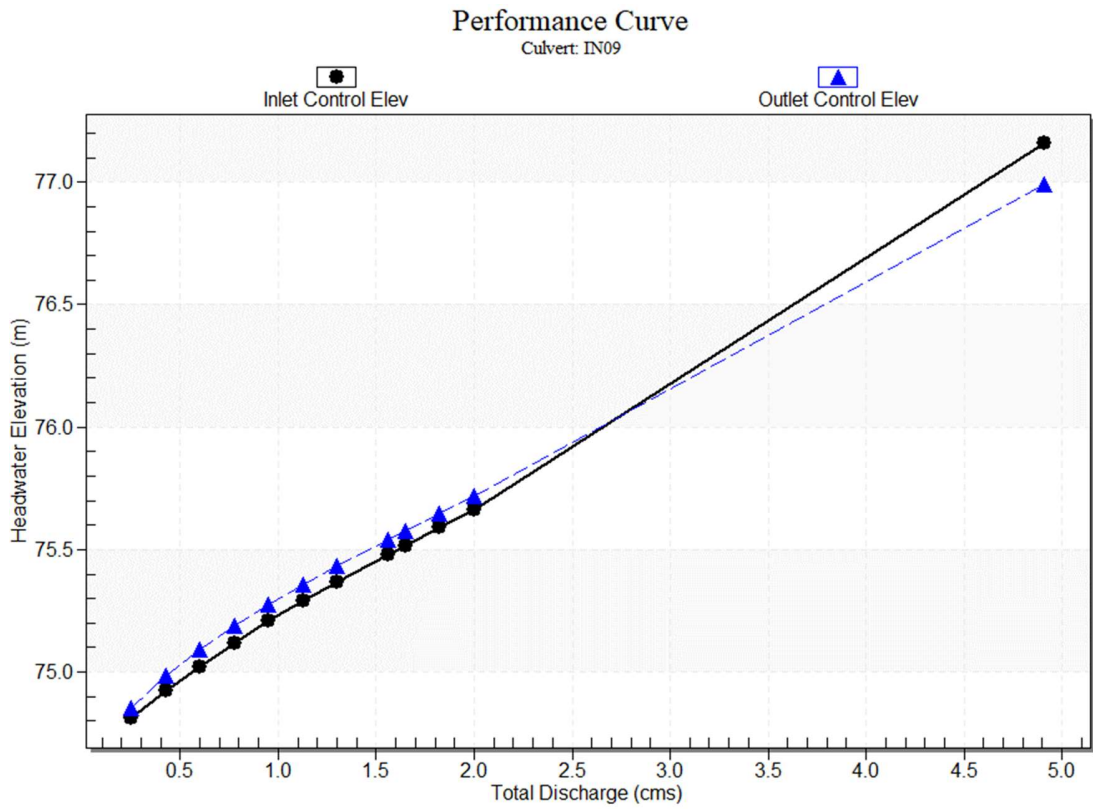
Inlet Elevation (invert): 74.45 m,

Outlet Elevation (invert): 74.35 m

Culvert Length: 17.00 m,

Culvert Slope: 0.0060

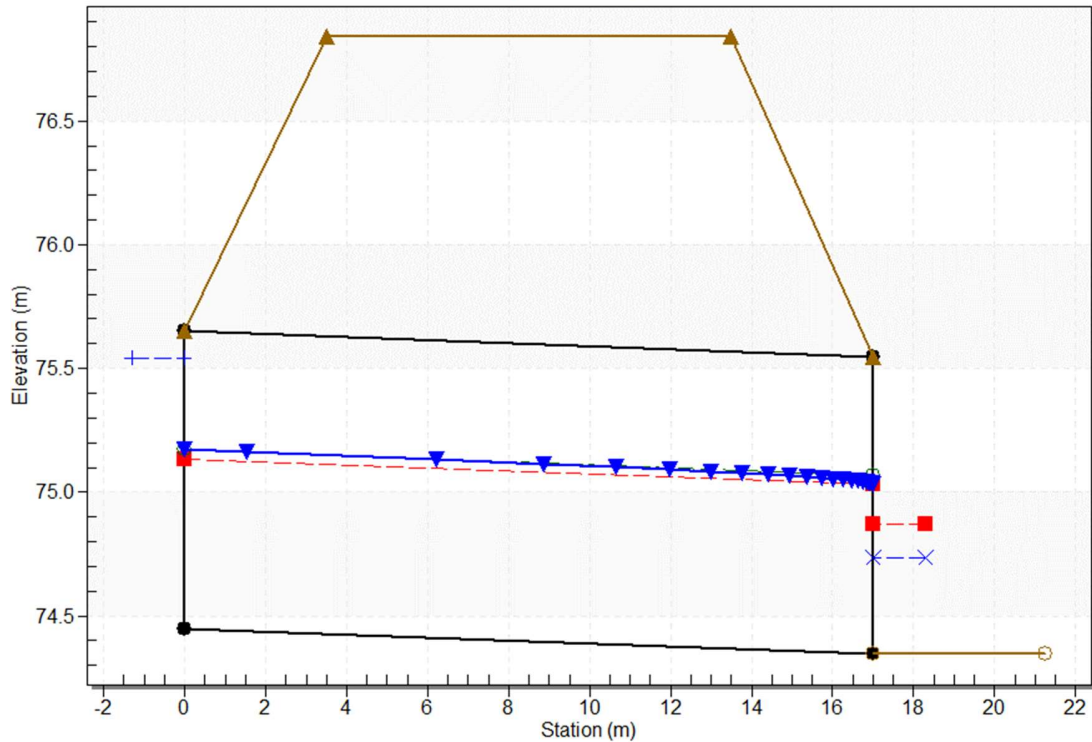
Culvert Performance Curve Plot: IN09



Water Surface Profile Plot for Culvert: IN09

Crossing - pk 6+162, Design Discharge - 1.56 cms

Culvert - IN09, Culvert Discharge - 1.56 cms



Site Data - IN09

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 74.45 m

Outlet Station: 17.00 m

Outlet Elevation: 74.35 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - IN09

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall (Ke=0.5)

Inlet Depression: None

Tailwater Data for Crossing: pk 6+162

Table 6 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: pk 6+162)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.25	74.48	0.13	1.64	52.61	1.51
0.43	74.53	0.18	1.95	72.03	1.56
0.60	74.57	0.22	2.18	88.18	1.59
0.78	74.61	0.26	2.36	102.32	1.62
0.95	74.64	0.29	2.50	115.05	1.63
1.12	74.67	0.32	2.63	126.74	1.65
1.30	74.70	0.35	2.74	137.58	1.66
1.56	74.74	0.39	2.89	152.45	1.67
1.65	74.75	0.40	2.93	157.31	1.68
1.82	74.77	0.42	3.02	166.40	1.69
2.00	74.79	0.45	3.10	175.07	1.69

Tailwater Channel Data - pk 6+162

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (.:1)

Channel Slope: 0.0400

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 74.35 m

Roadway Data for Crossing: pk 6+162

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 2.00 m

Crest Elevation: 76.84 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 10.00 m

3. ID TOMBINO: IN10

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.25 cms

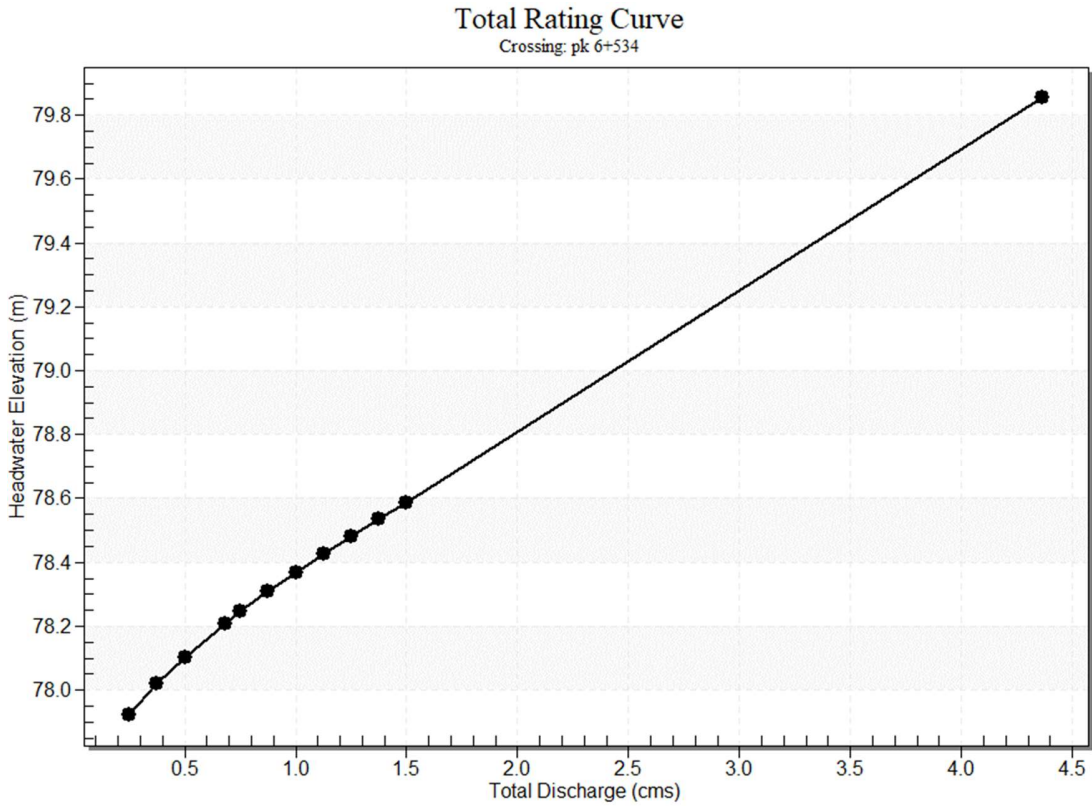
Design Flow: 0.68 cms

Maximum Flow: 1.50 cms

Table 7 - Summary of Culvert Flows at Crossing: pk 6+534

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	IN10 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
77.92	0.25	0.25	0.00	1
78.02	0.38	0.38	0.00	1
78.10	0.50	0.50	0.00	1
78.21	0.68	0.68	0.00	1
78.25	0.75	0.75	0.00	1
78.31	0.88	0.88	0.00	1
78.37	1.00	1.00	0.00	1
78.43	1.13	1.13	0.00	1
78.48	1.25	1.25	0.00	1
78.53	1.37	1.37	0.00	1
78.59	1.50	1.50	0.00	1
79.57	3.52	3.52	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: pk 6+534



Culvert Data: IN10

Table 8 - Culvert Summary Table: IN10

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.25 cms	0.25 cms	77.92	0.36	0.403	2-M2c	0.27	0.26	0.26	0.26	1.35	0.75
0.38 cms	0.38 cms	78.02	0.45	0.500	3-M1t	0.33	0.33	0.33	0.33	1.46	0.84
0.50 cms	0.50 cms	78.10	0.52	0.583	3-M1t	0.38	0.38	0.39	0.39	1.56	0.92
0.68 cms	0.68 cms	78.21	0.61	0.688	3-M1t	0.45	0.44	0.46	0.46	1.68	1.00

0.75 cms	0.75 cms	78.25	0.65	0.72 5	3- M1 t	0.47	0.47	0.4 9	0.49	1.73	1.03
0.88 cms	0.88 cms	78.31	0.72	0.78 9	3- M1 t	0.51	0.51	0.5 3	0.53	1.80	1.07
1.00 cms	1.00 cms	78.37	0.78	0.84 9	3- M1 t	0.55	0.54	0.5 7	0.57	1.88	1.11
1.13 cms	1.13 cms	78.43	0.84	0.90 6	3- M1 t	0.59	0.58	0.6 1	0.61	1.95	1.14
1.25 cms	1.25 cms	78.48	0.90	0.96 0	3- M1 t	0.63	0.61	0.6 5	0.65	2.02	1.18
1.37 cms	1.37 cms	78.53	0.95	1.01 4	3- M1 t	0.67	0.64	0.6 8	0.68	2.08	1.21
1.50 cms	1.50 cms	78.59	1.00	1.06 6	3- M1 t	0.70	0.67	0.7 1	0.71	2.15	1.23

Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 77.52 m,

Outlet Elevation (invert): 77.42 m

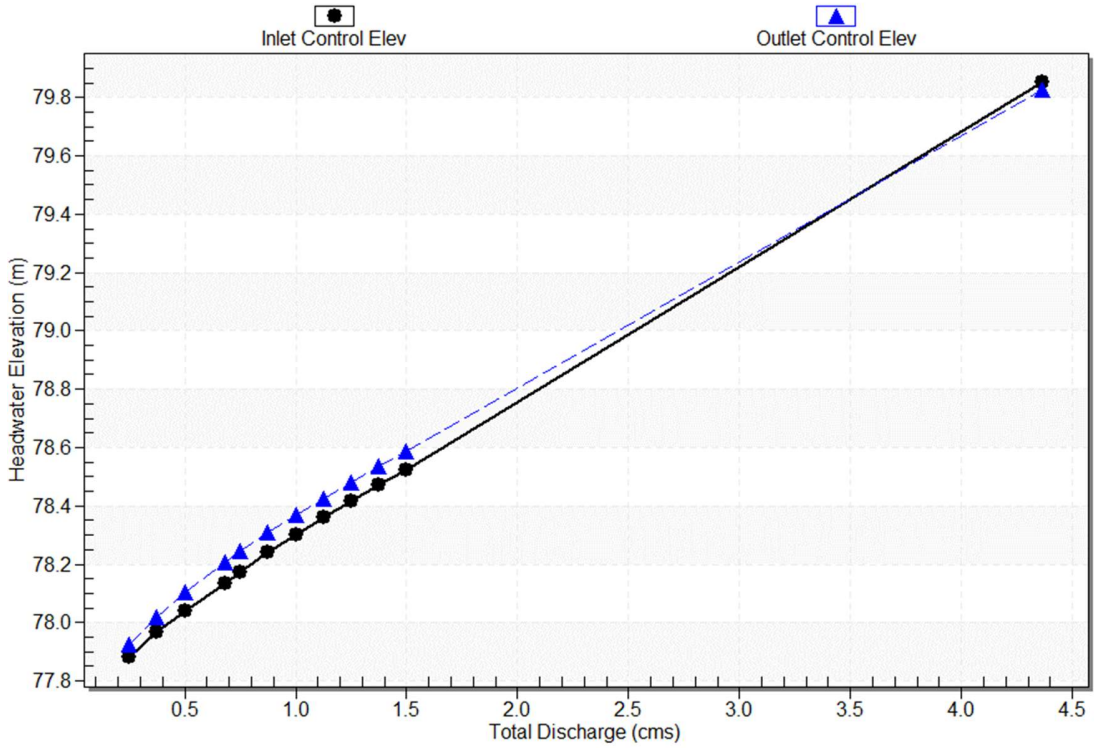
Culvert Length: 17.00 m,

Culvert Slope: 0.0060

Culvert Performance Curve Plot: IN10

Performance Curve

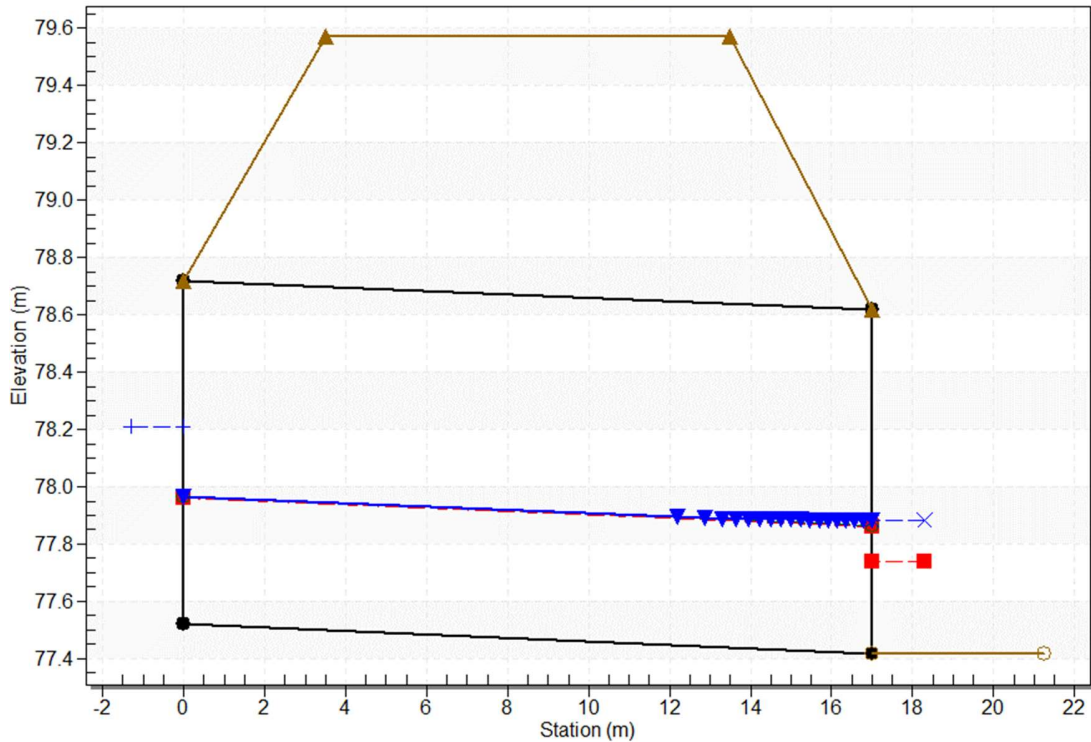
Culvert: IN10



Water Surface Profile Plot for Culvert: IN10

Crossing - pk 6+534, Design Discharge - 0.68 cms

Culvert - IN10, Culvert Discharge - 0.68 cms



Site Data - IN10

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 77.52 m

Outlet Station: 17.00 m

Outlet Elevation: 77.42 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - IN10

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall (Ke=0.5)

Inlet Depression: None

Tailwater Data for Crossing: pk 6+534

Table 9 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: pk 6+534)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.25	77.68	0.26	0.75	10.35	0.51
0.38	77.75	0.33	0.84	13.06	0.52
0.50	77.81	0.39	0.92	15.36	0.53
0.68	77.88	0.46	1.00	18.22	0.54
0.75	77.91	0.49	1.03	19.23	0.54
0.88	77.95	0.53	1.07	20.91	0.54
1.00	77.99	0.57	1.11	22.47	0.55
1.13	78.03	0.61	1.14	23.94	0.55
1.25	78.06	0.65	1.18	25.31	0.55
1.37	78.10	0.68	1.21	26.62	0.55
1.50	78.13	0.71	1.23	27.86	0.56

Tailwater Channel Data - pk 6+534

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (.:1)

Channel Slope: 0.0040

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 77.42 m

Roadway Data for Crossing: pk 6+534

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 2.00 m

Crest Elevation: 79.57 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 10.00 m

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.25 cms

Design Flow: 1.86 cms

Maximum Flow: 2.00 cms

Table 10 - Summary of Culvert Flows at Crossing: pk 5+911

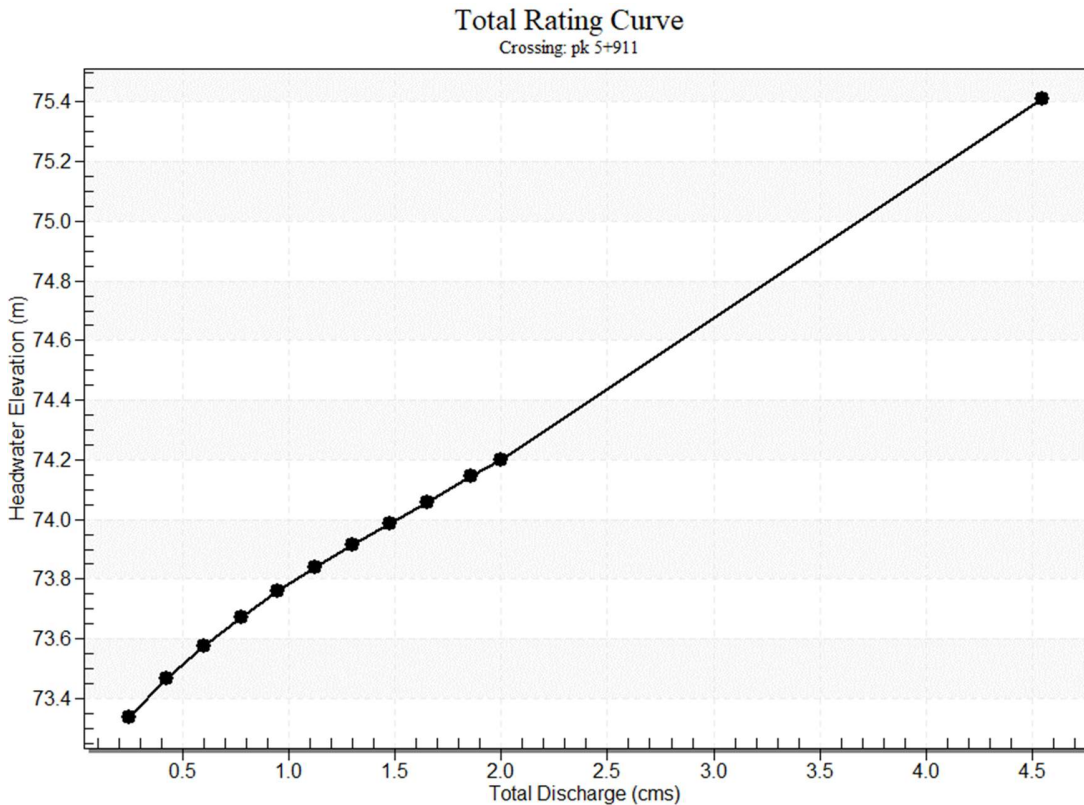
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	IN08 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
73.34	0.25	0.25	0.00	1
73.47	0.43	0.43	0.00	1
73.58	0.60	0.60	0.00	1
73.67	0.78	0.78	0.00	1
73.76	0.95	0.95	0.00	1
73.84	1.12	1.12	0.00	1
73.91	1.30	1.30	0.00	1
73.99	1.47	1.47	0.00	1
74.06	1.65	1.65	0.00	1
74.14	1.86	1.86	0.00	1
74.20	2.00	2.00	0.00	1
75.09	3.66	3.66	0.00	Overtopping

ALLEGATO B

HY-8 Culvert Analysis Report

1.ID TOMBINO: IN08

Rating Curve Plot for Crossing: pk 5+911



Culvert Data: IN08

Table 11 - Culvert Summary Table: IN08

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.25 cms	0.25 cms	73.34	0.36	0.403	3-M1t	0.27	0.26	0.29	0.29	1.20	0.68

0.43 cms	0.43 cms	73.47	0.48	0.53 4	3- M1 t	0.35	0.35	0.3 9	0.39	1.34	0.79
0.60 cms	0.60 cms	73.58	0.57	0.64 3	3- M1 t	0.42	0.42	0.4 7	0.47	1.46	0.87
0.78 cms	0.78 cms	73.67	0.67	0.73 8	3- M1 t	0.48	0.47	0.5 4	0.54	1.57	0.93
0.95 cms	0.95 cms	73.76	0.76	0.82 4	3- M1 t	0.54	0.53	0.6 0	0.60	1.67	0.98
1.12 cms	1.12 cms	73.84	0.84	0.90 3	3- M1 t	0.59	0.58	0.6 6	0.66	1.77	1.03
1.30 cms	1.30 cms	73.91	0.92	0.97 9	3- M1 t	0.64	0.62	0.7 1	0.71	1.86	1.07
1.47 cms	1.47 cms	73.99	0.99	1.05 2	3- M1 t	0.70	0.66	0.7 6	0.76	1.96	1.10
1.65 cms	1.65 cms	74.06	1.07	1.12 4	3- M1 t	0.75	0.70	0.8 0	0.80	2.05	1.14
1.86 cms	1.86 cms	74.14	1.15	1.21 0	7- M1 t	0.81	0.75	0.8 6	0.86	2.16	1.17
2.00 cms	2.00 cms	74.20	1.21	1.26 7	7- M1 t	0.86	0.78	0.8 9	0.89	2.23	1.19

Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 72.93 m,

Outlet Elevation (invert): 72.83 m

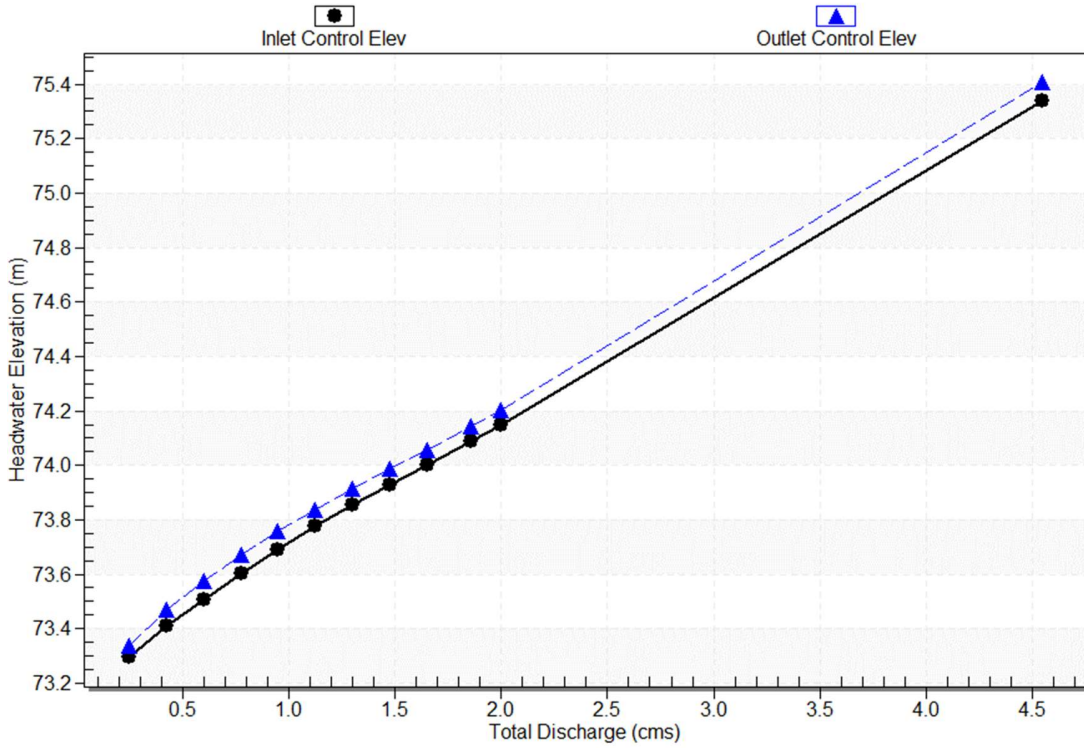
Culvert Length: 17.00 m,

Culvert Slope: 0.0060

Culvert Performance Curve Plot: IN08

Performance Curve

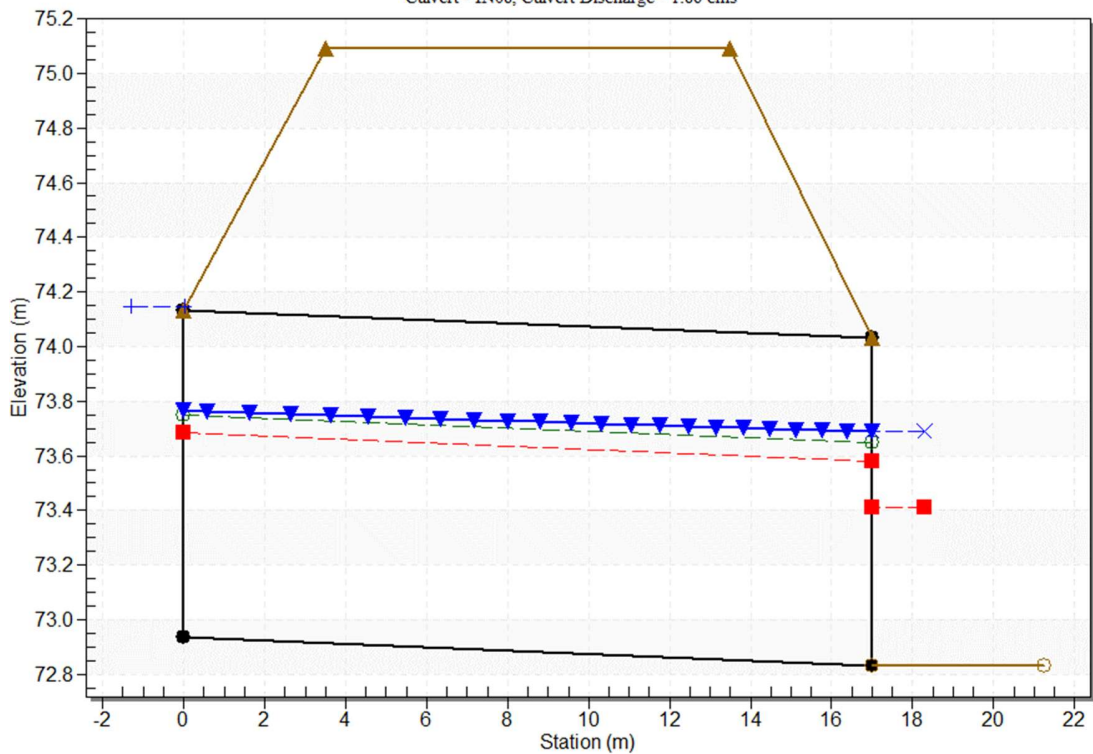
Culvert: IN08



Water Surface Profile Plot for Culvert: IN08

Crossing - pk 5+911, Design Discharge - 1.86 cms

Culvert - IN08, Culvert Discharge - 1.86 cms



Site Data - IN08

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 72.93 m

Outlet Station: 17.00 m

Outlet Elevation: 72.83 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - IN08

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall ($K_e=0.5$)

Inlet Depression: None

Tailwater Data for Crossing: pk 5+911

Table 12 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: pk 5+911)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.25	73.12	0.29	0.68	8.43	0.45
0.43	73.22	0.39	0.79	11.40	0.46
0.60	73.30	0.47	0.87	13.81	0.47
0.78	73.37	0.54	0.93	15.88	0.47
0.95	73.43	0.60	0.98	17.71	0.47
1.12	73.49	0.66	1.03	19.38	0.48
1.30	73.54	0.71	1.07	20.90	0.48
1.47	73.59	0.76	1.10	22.32	0.48
1.65	73.64	0.80	1.14	23.65	0.49
1.86	73.69	0.86	1.17	25.15	0.49
2.00	73.72	0.89	1.19	26.09	0.49

Tailwater Channel Data - pk 5+911

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (.:1)

Channel Slope: 0.0030

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 72.83 m

Roadway Data for Crossing: pk 5+911

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 2.00 m

Crest Elevation: 75.09 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 10.00 m

2. ID TOMBINO: IN09

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.25 cms

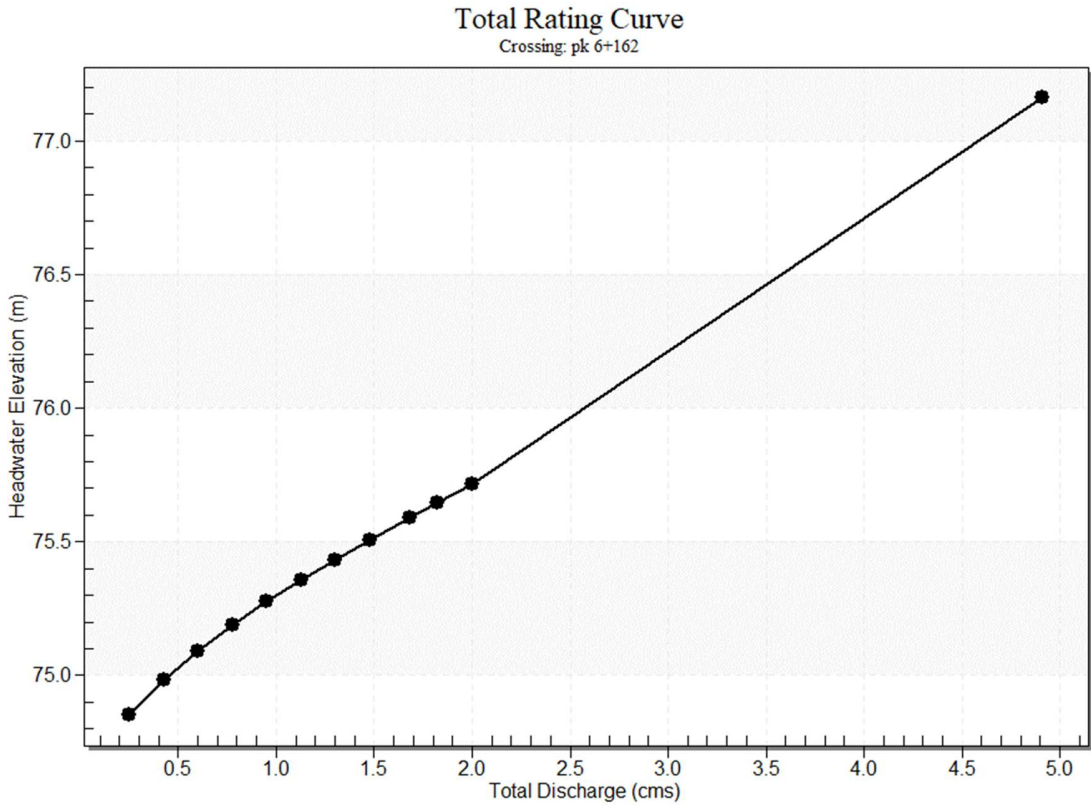
Design Flow: 1.68 cms

Maximum Flow: 2.00 cms

Table 13 - Summary of Culvert Flows at Crossing: pk 6+162

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	IN09 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
74.85	0.25	0.25	0.00	1
74.98	0.43	0.43	0.00	1
75.09	0.60	0.60	0.00	1
75.19	0.78	0.78	0.00	1
75.28	0.95	0.95	0.00	1
75.36	1.12	1.12	0.00	1
75.43	1.30	1.30	0.00	1
75.51	1.47	1.47	0.00	1
75.59	1.68	1.68	0.00	1
75.65	1.82	1.82	0.00	1
75.72	2.00	2.00	0.00	1
76.84	3.96	3.96	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: pk 6+162



Culvert Data: IN09

Table 14 - Culvert Summary Table: IN09

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.25 cms	0.25 cms	74.85	0.36	0.403	2-M2c	0.27	0.26	0.26	0.13	1.35	1.64
0.43 cms	0.43 cms	74.98	0.48	0.534	2-M2c	0.35	0.35	0.35	0.18	1.56	1.95
0.60 cms	0.60 cms	75.09	0.57	0.643	2-M2c	0.42	0.42	0.42	0.22	1.73	2.18
0.78 cms	0.78 cms	75.19	0.67	0.738	2-M2c	0.48	0.47	0.47	0.26	1.86	2.36

0.95 cms	0.95 cms	75.28	0.76	0.82 5	2- M2 c	0.54	0.53	0.5 3	0.29	1.99	2.50
1.12 cms	1.12 cms	75.36	0.84	0.90 6	2- M2 c	0.59	0.58	0.5 8	0.32	2.10	2.63
1.30 cms	1.30 cms	75.43	0.92	0.98 2	2- M2 c	0.64	0.62	0.6 2	0.35	2.20	2.74
1.47 cms	1.47 cms	75.51	0.99	1.05 6	2- M2 c	0.70	0.66	0.6 6	0.38	2.30	2.84
1.68 cms	1.68 cms	75.59	1.08	1.13 9	2- M2 c	0.76	0.71	0.7 1	0.41	2.41	2.95
1.82 cms	1.82 cms	75.65	1.14	1.19 7	2- M2 c	0.80	0.74	0.7 4	0.42	2.49	3.02
2.00 cms	2.00 cms	75.72	1.21	1.26 7	7- M2 c	0.86	0.78	0.7 8	0.45	2.58	3.10

Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

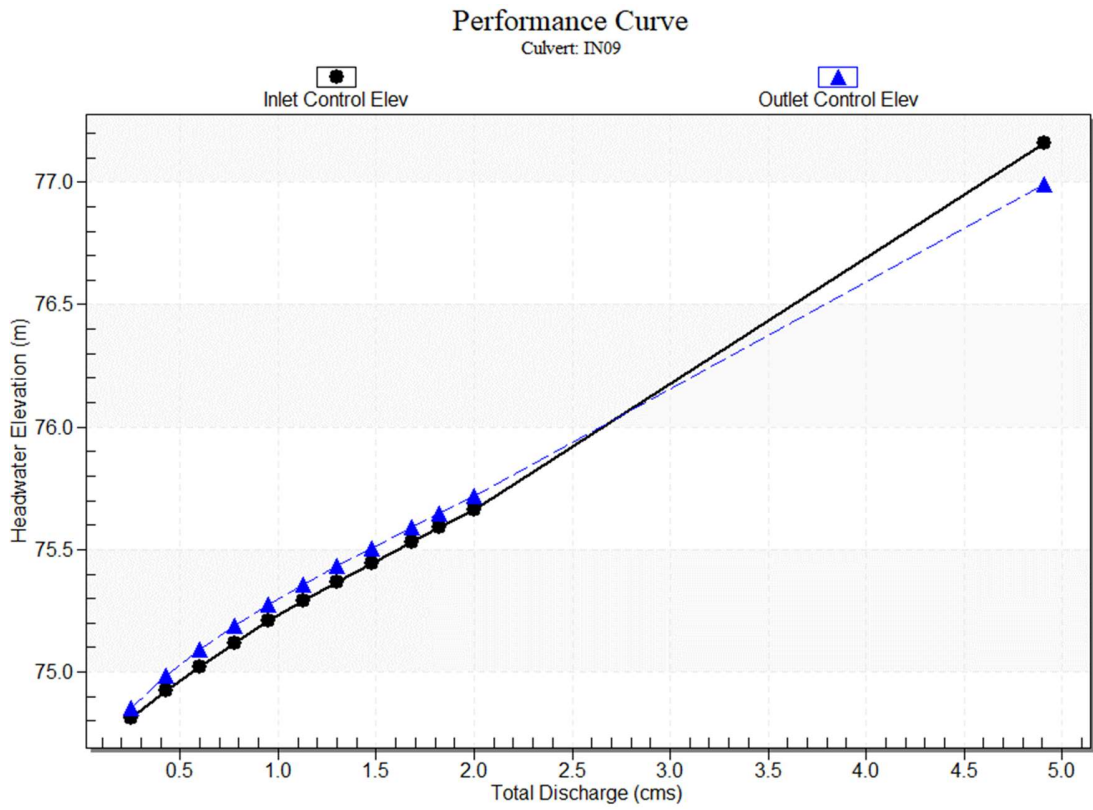
Inlet Elevation (invert): 74.45 m,

Outlet Elevation (invert): 74.35 m

Culvert Length: 17.00 m,

Culvert Slope: 0.0060

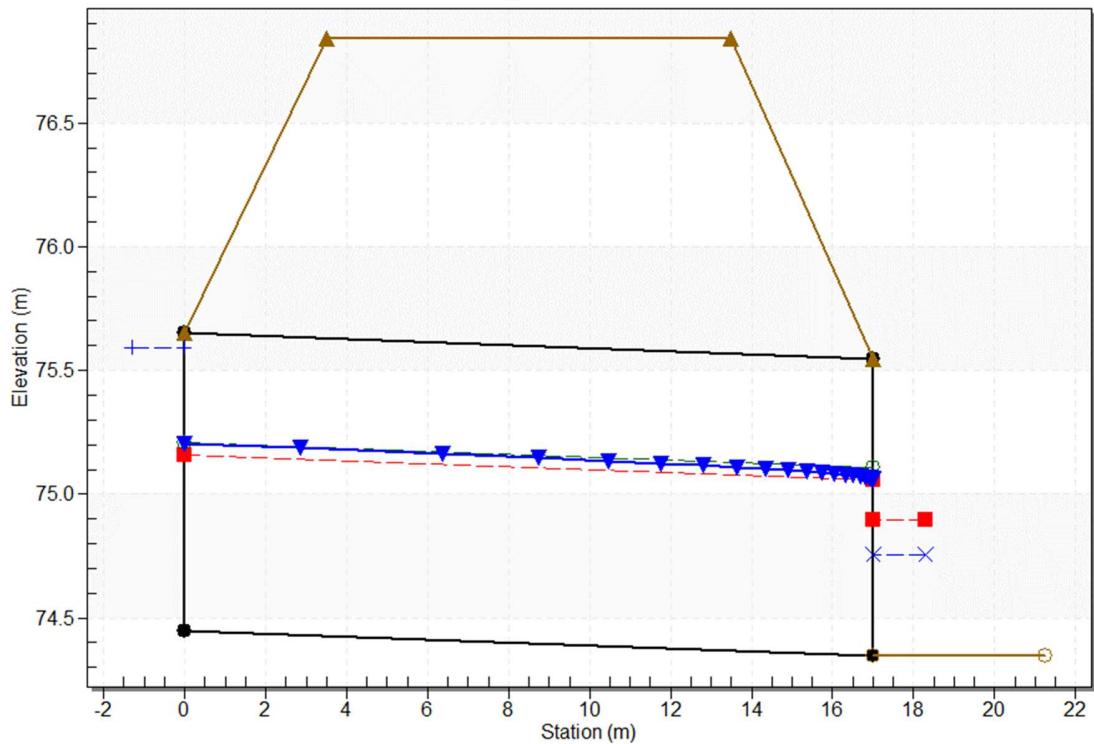
Culvert Performance Curve Plot: IN09



Water Surface Profile Plot for Culvert: IN09

Crossing - pk 6+162, Design Discharge - 1.68 cms

Culvert - IN09, Culvert Discharge - 1.68 cms



Site Data - IN09

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 74.45 m

Outlet Station: 17.00 m

Outlet Elevation: 74.35 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - IN09

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall ($K_e=0.5$)

Inlet Depression: None

Tailwater Data for Crossing: pk 6+162

Table 15 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: pk 6+162)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.25	74.48	0.13	1.64	52.61	1.51
0.43	74.53	0.18	1.95	72.03	1.56
0.60	74.57	0.22	2.18	88.18	1.59
0.78	74.61	0.26	2.36	102.32	1.62
0.95	74.64	0.29	2.50	115.05	1.63
1.12	74.67	0.32	2.63	126.74	1.65
1.30	74.70	0.35	2.74	137.58	1.66
1.47	74.72	0.38	2.84	147.74	1.67
1.68	74.75	0.41	2.95	158.91	1.68
1.82	74.77	0.42	3.02	166.40	1.69
2.00	74.79	0.45	3.10	175.07	1.69

Tailwater Channel Data - pk 6+162

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (.:1)

Channel Slope: 0.0400

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 74.35 m

Roadway Data for Crossing: pk 6+162

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 2.00 m

Crest Elevation: 76.84 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 10.00 m

3. ID TOMBINO: IN10

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.25 cms

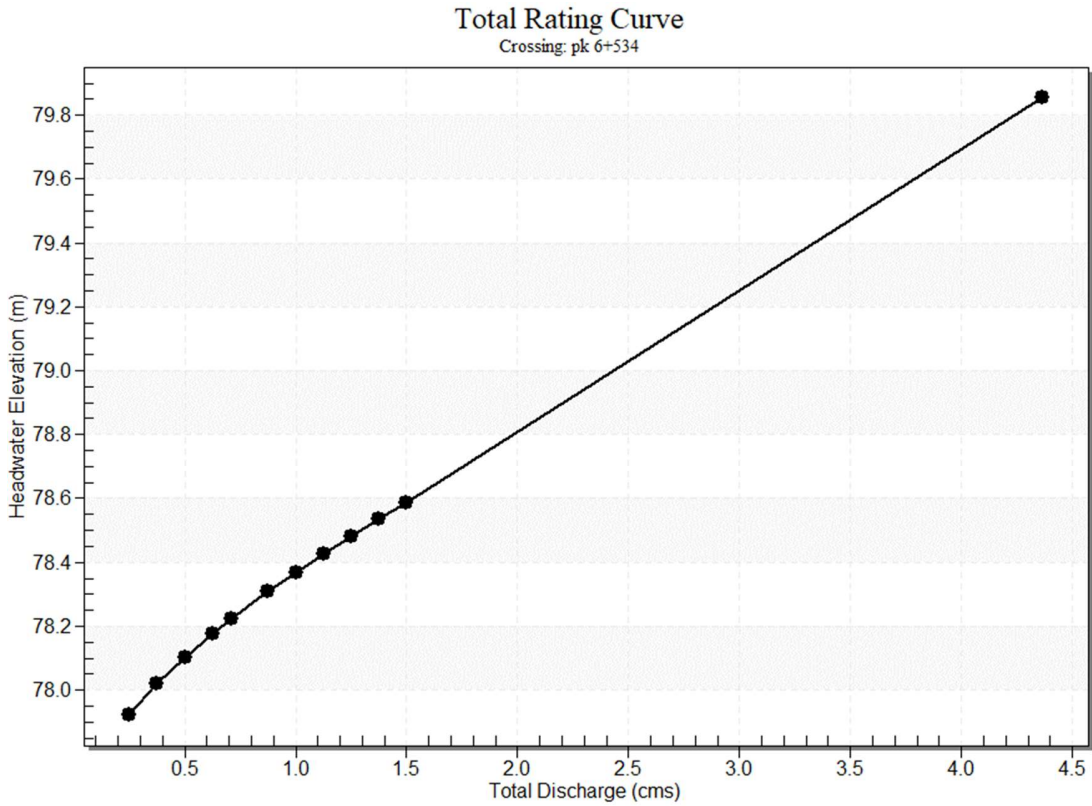
Design Flow: 0.71 cms

Maximum Flow: 1.50 cms

Table 16 - Summary of Culvert Flows at Crossing: pk 6+534

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	IN10 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
77.92	0.25	0.25	0.00	1
78.02	0.38	0.38	0.00	1
78.10	0.50	0.50	0.00	1
78.18	0.63	0.63	0.00	1
78.22	0.71	0.71	0.00	1
78.31	0.88	0.88	0.00	1
78.37	1.00	1.00	0.00	1
78.43	1.13	1.13	0.00	1
78.48	1.25	1.25	0.00	1
78.53	1.37	1.37	0.00	1
78.59	1.50	1.50	0.00	1
79.57	3.52	3.52	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: pk 6+534



Culvert Data: IN10

Table 17 - Culvert Summary Table: IN10

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.25 cms	0.25 cms	77.92	0.36	0.403	2-M2c	0.27	0.26	0.26	0.26	1.35	0.75
0.38 cms	0.38 cms	78.02	0.45	0.500	3-M1t	0.33	0.33	0.33	0.33	1.46	0.84
0.50 cms	0.50 cms	78.10	0.52	0.583	3-M1t	0.38	0.38	0.39	0.39	1.56	0.92
0.63 cms	0.63 cms	78.18	0.58	0.657	3-M1t	0.43	0.42	0.44	0.44	1.65	0.98

0.71 cms	0.71 cms	78.22	0.63	0.70 4	3- M1 t	0.46	0.45	0.4 8	0.48	1.70	1.01
0.88 cms	0.88 cms	78.31	0.72	0.78 9	3- M1 t	0.51	0.51	0.5 3	0.53	1.80	1.07
1.00 cms	1.00 cms	78.37	0.78	0.84 9	3- M1 t	0.55	0.54	0.5 7	0.57	1.88	1.11
1.13 cms	1.13 cms	78.43	0.84	0.90 6	3- M1 t	0.59	0.58	0.6 1	0.61	1.95	1.14
1.25 cms	1.25 cms	78.48	0.90	0.96 0	3- M1 t	0.63	0.61	0.6 5	0.65	2.02	1.18
1.37 cms	1.37 cms	78.53	0.95	1.01 4	3- M1 t	0.67	0.64	0.6 8	0.68	2.08	1.21
1.50 cms	1.50 cms	78.59	1.00	1.06 6	3- M1 t	0.70	0.67	0.7 1	0.71	2.15	1.23

Culvert Barrel Data

Culvert Barrel Type Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 77.52 m,

Outlet Elevation (invert): 77.42 m

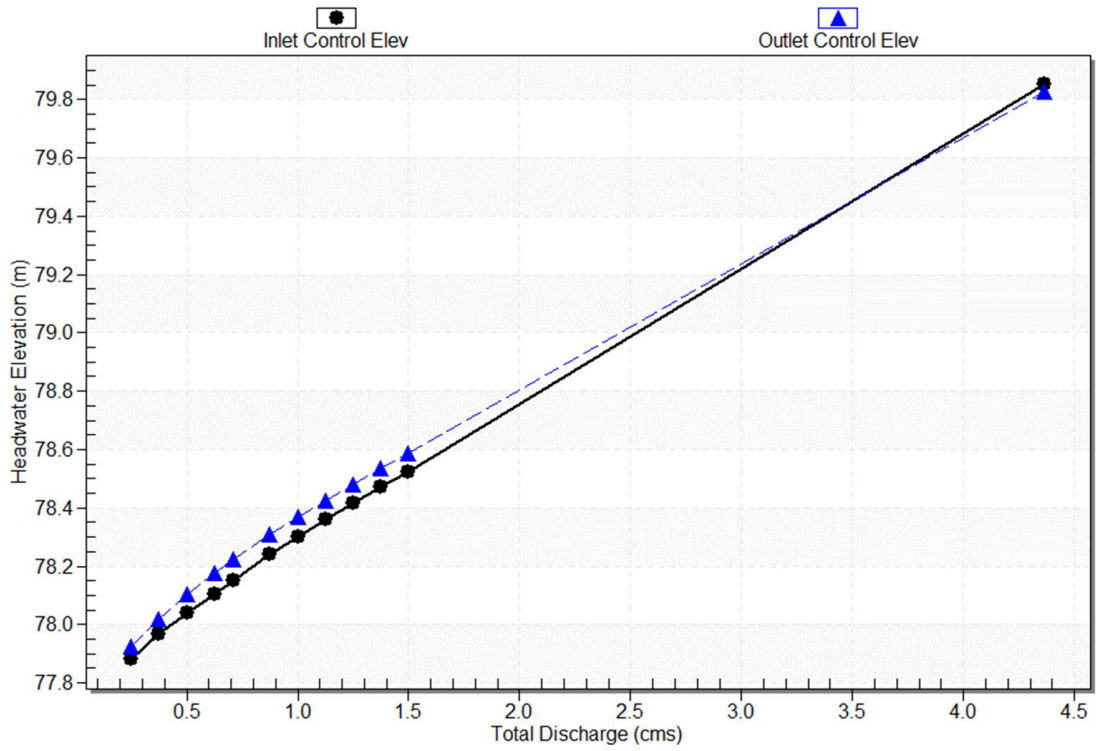
Culvert Length: 17.00 m,

Culvert Slope: 0.0060

Culvert Performance Curve Plot: IN10

Performance Curve

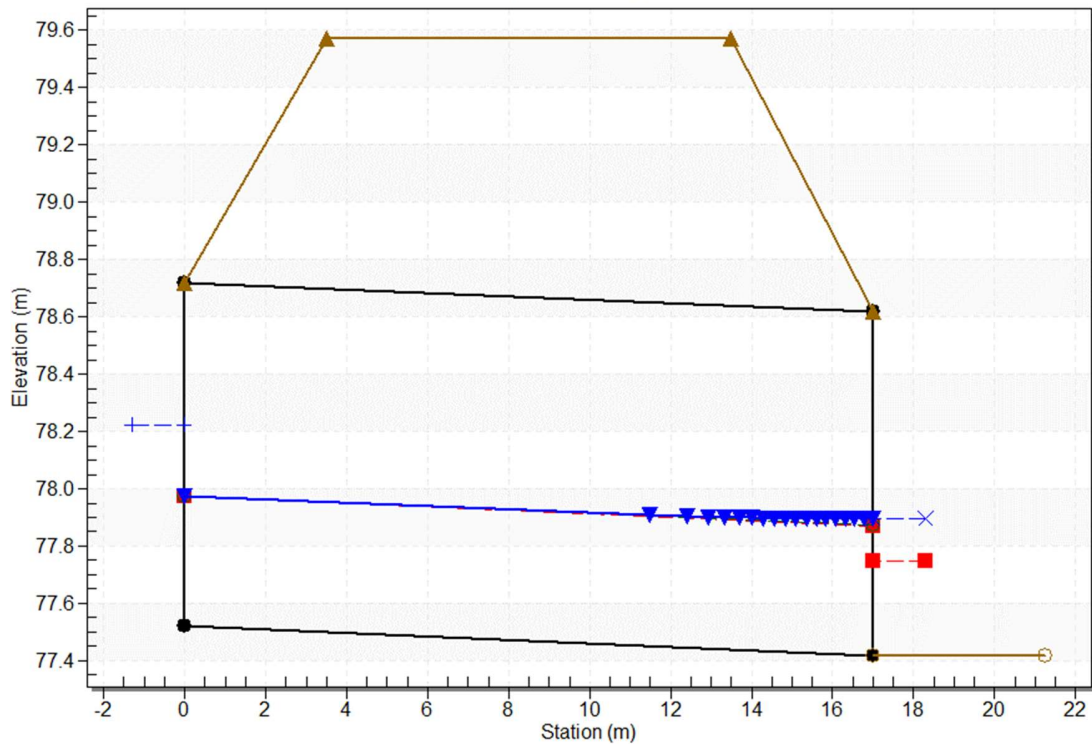
Culvert: IN10



Water Surface Profile Plot for Culvert: IN10

Crossing - pk 6+534, Design Discharge - 0.71 cms

Culvert - IN10, Culvert Discharge - 0.71 cms



Site Data - IN10

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 77.52 m

Outlet Station: 17.00 m

Outlet Elevation: 77.42 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - IN10

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1200.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall (Ke=0.5)

Inlet Depression: None

Tailwater Data for Crossing: pk 6+534

Table 18 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: pk 6+534)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Velocity (m/s)	Depth (m)	Shear (Pa)	Froude Number
0.25	77.68	0.26	0.75	10.35	0.51
0.38	77.75	0.33	0.84	13.06	0.52
0.50	77.81	0.39	0.92	15.36	0.53
0.63	77.86	0.44	0.98	17.39	0.53
0.71	77.89	0.48	1.01	18.66	0.54
0.88	77.95	0.53	1.07	20.91	0.54
1.00	77.99	0.57	1.11	22.47	0.55
1.13	78.03	0.61	1.14	23.94	0.55
1.25	78.06	0.65	1.18	25.31	0.55
1.37	78.10	0.68	1.21	26.62	0.55
1.50	78.13	0.71	1.23	27.86	0.56

Tailwater Channel Data - pk 6+534

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (:1)

Channel Slope: 0.0040

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 77.42 m

Roadway Data for Crossing: pk 6+534

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 2.00 m

Crest Elevation: 79.57 m

Roadway Surface: Gravel

Roadway Top Width: 10.00 m