

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 DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)

SCALA:

-

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

IP00 00 D 26 RI ID0002 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 Ottobre 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: IP0000D26RIID0002001C.DOCX

n. Elab.:

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	2 di 53

INDICE

1	PREMESSA.....	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
2.1	NORMATIVA NAZIONALE	8
2.2	NORMATIVA REGIONALE E LOCALE	8
2.3	DOCUMENTI TECNICI	9
3	DISPOSIZIONI NORMATIVE	10
3.1	PAI-AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO	11
3.2	PGRA-DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO	13
3.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	16
4	DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	18
4.1	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA.....	18
4.2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO: SIFONI MAGGIORI.....	19
	4.2.1 <i>Sifone IN01 pk 2+070 - Sifone Abbeveratoio</i>	20
	4.2.2 <i>Sifone IN02 pk 3+730 - Sifone Via Cava</i>	22
5	ANALISI IDROLOGICA.....	25
5.1	DEFINIZIONE DEGLI INPUT PLUVIOMETRICI.....	25
5.2	CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEI BACINI DI SCOLO	26
5.3	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE.....	27
	5.3.1 <i>Stima del tempo di corrivazione Tc</i>	28
	5.3.2 <i>Metodo del Curve Number</i>	30

6	VERIFICA IDRAULICA DEI SIFONI	35
6.1	CALCOLO E VERIFICA DELLE PERDITE DI CARICO.....	35
6.2	PRE-DIMENSIONAMENTO DEI CANALI DI MONTE/VALLE	37
6.2.1	<i>Verifiche idrauliche in moto uniforme dei canali di monte/valle – PIOGGE ATTUALI.....</i>	<i>38</i>
7	MODELLAZIONE IDRAULICA DEI SIFONI	39
7.1	FONDAMENTI DI TEORIA	41
7.2	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA	43
7.2.1	<i>Sifone Abbeveratoia (Pk 2+070 Km).....</i>	<i>45</i>
7.2.1	<i>Sifone Via Cava (Pk 3+730 Km).....</i>	<i>47</i>
8	CAMBIAMENTI CLIMATICI	49
8.1	VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO UNIFORME DEI CANALI DI MONTE/VALLE	49
8.2	MODELLAZIONE IDRAULICA DEI SIFONI	51
8.2.1	<i>Sifone Abbeveratoia (Pk 2+070 Km).....</i>	<i>52</i>
8.2.2	<i>Sifone Via Cava (Pk 3+730 Km).....</i>	<i>53</i>

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	4 di 53

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1 Definizione dei tempi di ritorno per ciascun ambito territoriale	14
Tabella 5-1 LSPP.....	25
Tabella 5-2 Caratteristiche morfologiche dei bacini	27
Tabella 5-3 Valori di M e d nella formula di Giandotti modificata	29
Tabella 5-4 Confronto tempi di corrivazione usati.....	30
Tabella 5-5 Tipi di suolo	31
Tabella 5-6 Curve Number in base all'uso del suolo.....	32
Tabella 5-7 Parametri caratteristici del metodo CN.	33
Tabella 5-8 Valori di portata ottenuti con il metodo CN per tempo di ritorno di 200 anni.....	33
Tabella 6-1 Dati geometrici dei sifoni	36
Tabella 6-2 Dati di progetto.....	36
Tabella 6-3 Verifica dei sifoni minori con riferimento a TR = 200 anni	37
Tabella 6-4 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme con TR = 200 anni.....	38
Tabella 7-1 Valori di portata ottenuti con il metodo CN tenendo in conto l'effetto dei cambiamenti climatici.....	50
Tabella 7-2 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme tenendo in conto dei cambiamenti climatici.	50

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	5 di 53

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Suddivisione territoriale in distretti.....	10
Figura 2 Schema per la delimitazione delle fasce fluviali.....	12
Figura 3 Inquadramento fasce di esondazione da PAI.	12
Figura 4 Inquadramento aree di esondazione da PGRA e RRI Parma.....	15
Figura 10 Inquadramento dell'area di intervento e indicazione dei principali corsi d'acqua	19
Figura 11 Planimetria IN01 – Sifone Abbeveratoia.....	21
Figura 12 Sezione longitudinale IN01 – Sifone Abbeveratoia	21
Figura 13 Sezione trasversale IN01 – Sifone Abbeveratoia	22
Figura 14 Planimetria IN02 – Sifone Via Cava	23
Figura 15 Sezione longitudinale IN02 – Sifone Via Cava	23
Figura 16 Sezione trasversale IN02 – Sifone Via Cava.....	24
Figura 17 Inquadramento bacini di drenaggio di studio	26
Figura 18 Condizioni di saturazione antecedenti l'evento meteorico	32
Figura 19 Schematizzazione processo di modellazione	39
Figura 20 Planimetria con individuazione nodi caratteristici	45
Figura 21 Planimetria con individuazione nodi caratteristici	47

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	<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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>6 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	6 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	6 di 53								

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.

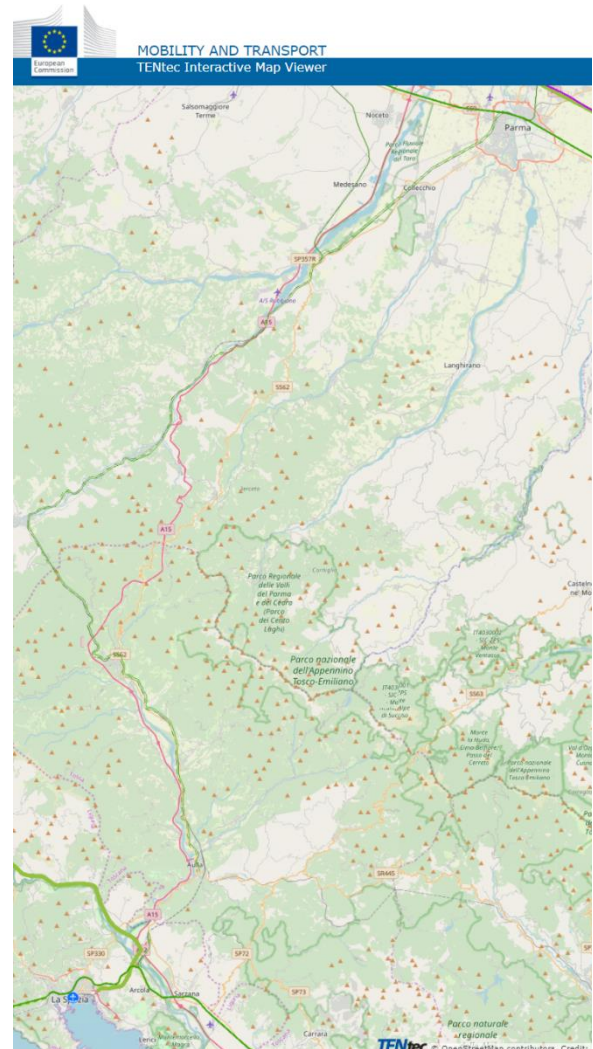
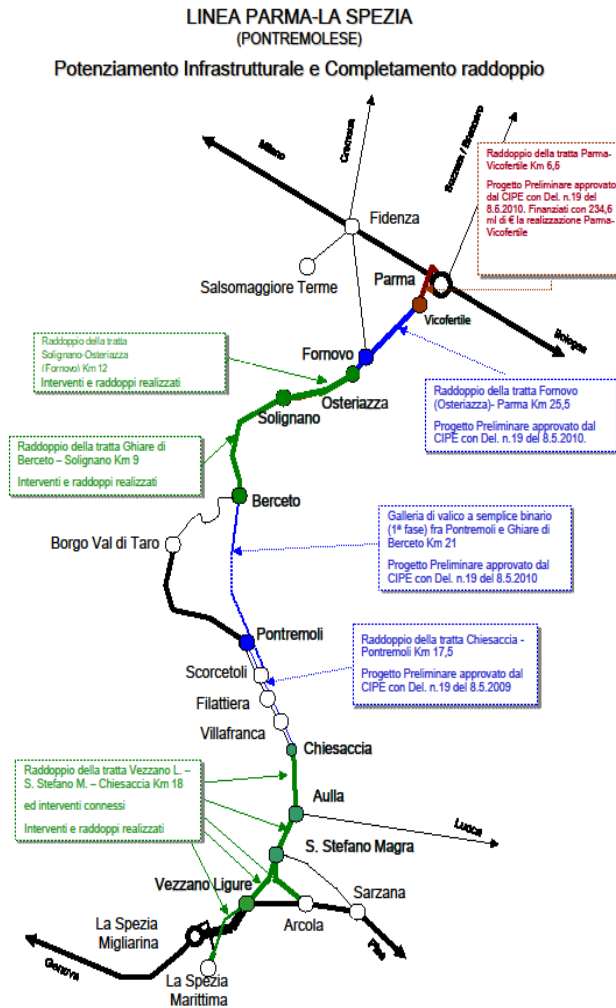
Di questi tre lotti funzionali, nella stessa Delibera, è stato individuato il primo, quello Parma-Osteriazza, come lotto prioritario, a sua volta suddiviso nei tre sub lotti Parma-Vicofertile, Vicofertile-Collecchio e Collecchio-Osteriazza.

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.



	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>8 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	8 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	8 di 53								

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

	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>9 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	9 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	9 di 53								

- [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>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>10 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	10 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	10 di 53								

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).




Figura 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>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>11 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	11 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	11 di 53								

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.

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

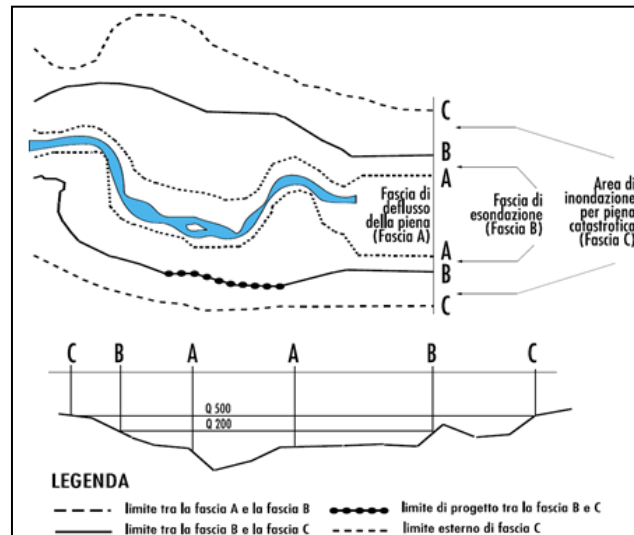


Figura 2 Schema per la delimitazione delle fasce fluviali

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.

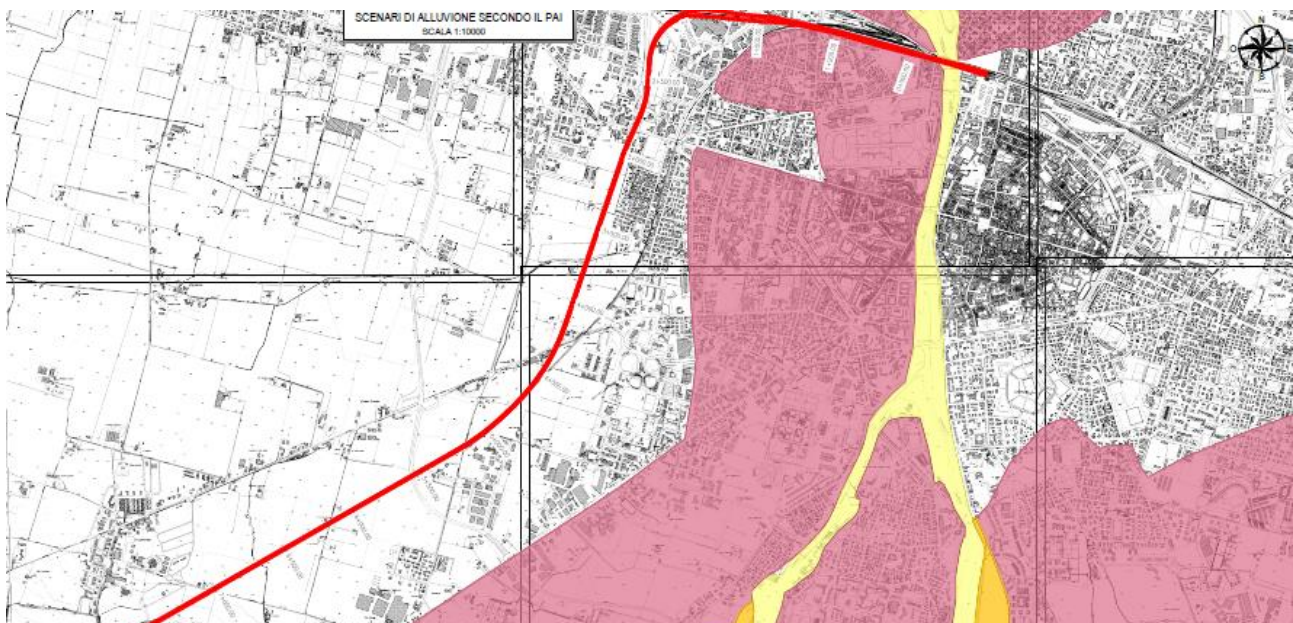


Figura 3 Inquadramento fasce di esondazione da PAI.

	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>13 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	13 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	13 di 53								

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 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.

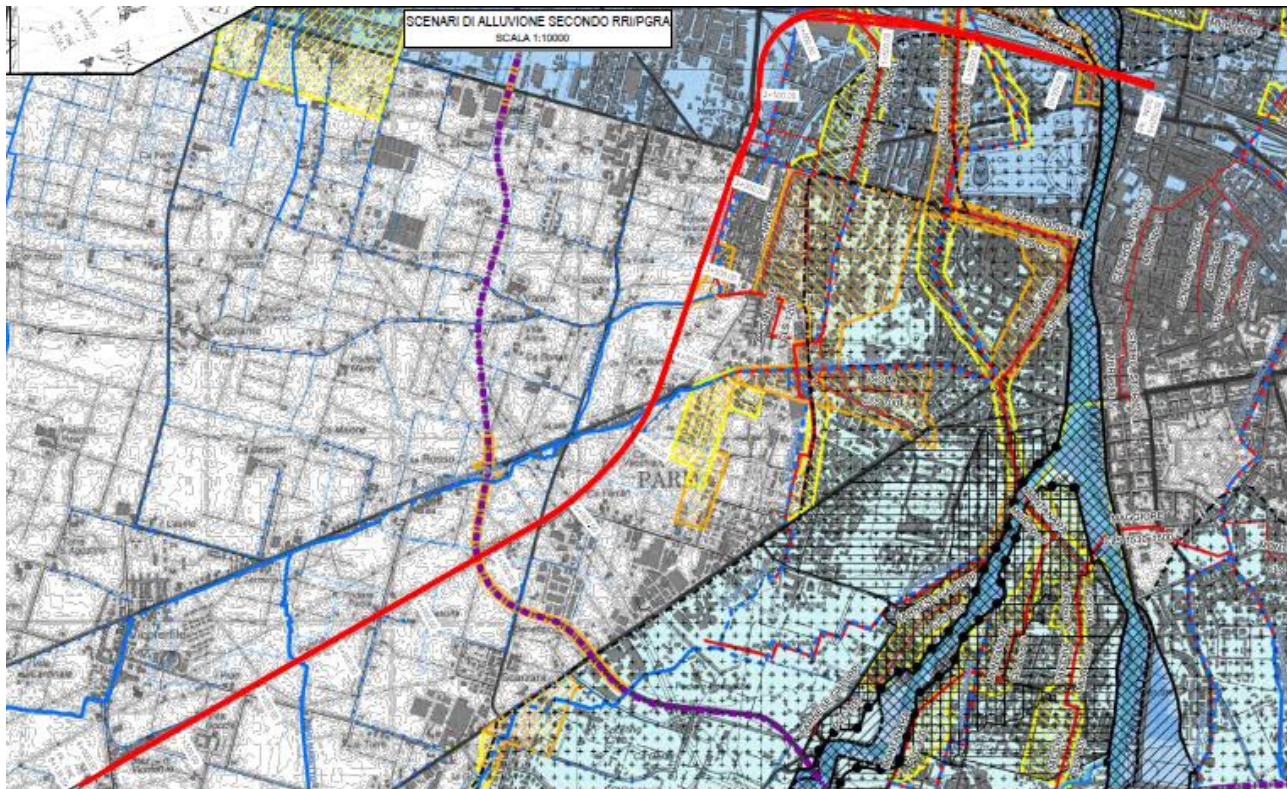



Figura 4 Inquadramento aree di esondazione da PGRA e RRI Parma.

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).

	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>16 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	16 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	16 di 53								


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 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.

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	<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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>17 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	17 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	17 di 53								

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 al 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.

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.

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002001	REV C	FOGLIO 18 di 53

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'Abbeveratoia (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.

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.

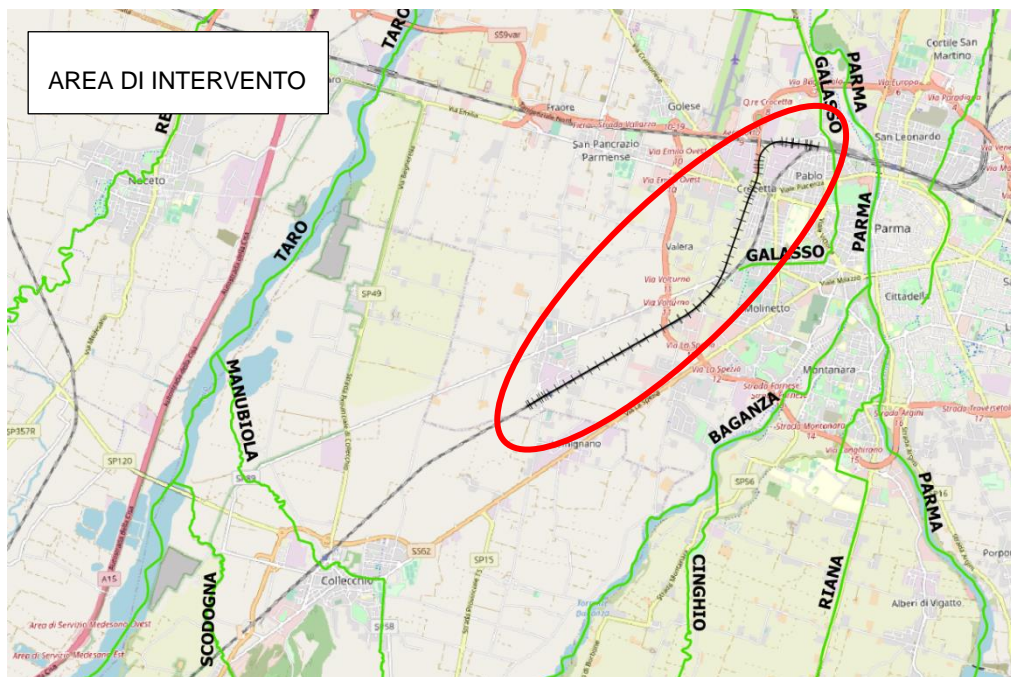


Figura 5 Inquadramento dell'area di intervento e indicazione dei principali corsi d'acqua

4.2 Descrizione degli interventi in progetto: sifoni maggiori

Il presente progetto interferisce con l'asse dei corsi d'acqua *Canale Abbeveratoio* e *Cavo Via Cava*; tali interferenze con il tracciato ferroviario sono state risolte mediante la realizzazione di due sifoni a doppia canna, i quali costituiscono l'unico modo per riconnettere i corsi d'acqua ai rispettivi alvei esistenti date le insormontabili problematiche legate alla plano-altimetria della linea ferroviaria di progetto: infatti, entrambe le interferenze sono localizzate in prossimità dei rami di ingresso/uscita dalla galleria "Parma" in progetto, il che non consente il passaggio del nuovo percorso dei corsi d'acqua a cielo aperto al di sopra la galleria stessa, per motivi di ingombri altimetrici.

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	<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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>20 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	20 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	20 di 53								

I sifoni in questione sono stati dimensionati in modo da limitare fenomeni di rigurgito a monte e consentire un facile accesso per l'ispezione e la manutenzione delle tubazioni interrato. Per il canale Abbeveratoia, su richiesta dell'ente è stata predisposta l'installazione di griglie automatiche oleodinamiche.

4.2.1 Sifone IN01 pk 2+070 - Sifone Abbeveratoia

L'intervento di sistemazione idraulica del canale naturale prevede:

A MONTE DEL SIFONE:

- un taglione di ammorsamento in c.a. di spessore 0,5m;
- la deviazione con un canale trapezoidale in cls 6,0x2,5m rivestito in CLS con sponde inclinate di 45° con pendenza 0,002 m/m;

A VALLE DEL SIFONE:

- una prima deviazione del corso d'acqua esistente con un canale trapezoidale in cls 6,0x2,5 rivestito in CLS con sponde inclinate di 45° con pendenza 0,002 m/m;
- il passaggio sotto la linea ferroviaria esistente BO-MI per mezzo di un canale tombinato in cls a sezione rettangolare di dimensioni 6,0x3,0m.
- la deviazione di allaccio al corso d'acqua con un canale trapezoidale in cls 6,0x3,0 rivestito in CLS con sponde inclinate di 45° con pendenza 0,002 m/m;
- un taglione di ammorsamento in c.a. di spessore 0,5m;

Il sifone si innesca a Sud-Est del binario dispari alla pk 2+070, sottopassa la galleria artificiale a singolo binario sbucando a Nord-Ovest del binario pari. In particolare, il manufatto è costituito da due pozzi scatolari di dimensioni interne in pianta 12,0x9,5m e altezza 3,50 m entrambi provvisti di paratoie e sgrigliatori; i due condotti orizzontali che collegano i pozzi di monte e valle sono in acciaio e hanno entrambi un diametro interno di 4500 mm.

La quota di imbocco del pozzo di monte è 47,27 m.s.l.m. e quella di sbocco è 47,12 m.s.l.m, mentre il fondo delle canne circolari si trova a 32,35 m.s.l.m.; lo sviluppo orizzontale dell'intera struttura misura circa 45,0 m, mentre le singole canne sono lunghe circa 32 m.

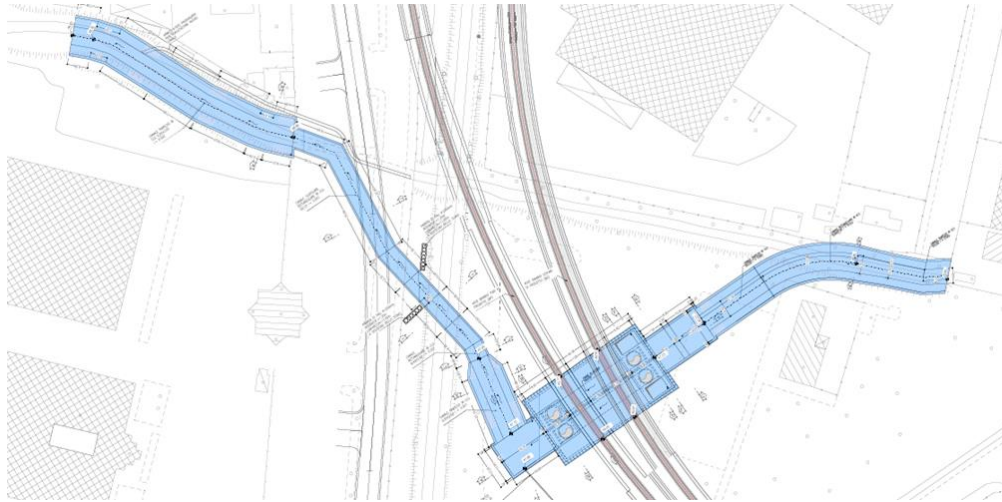


Figura 6 Planimetria IN01 – Sifone Abbeveratoio

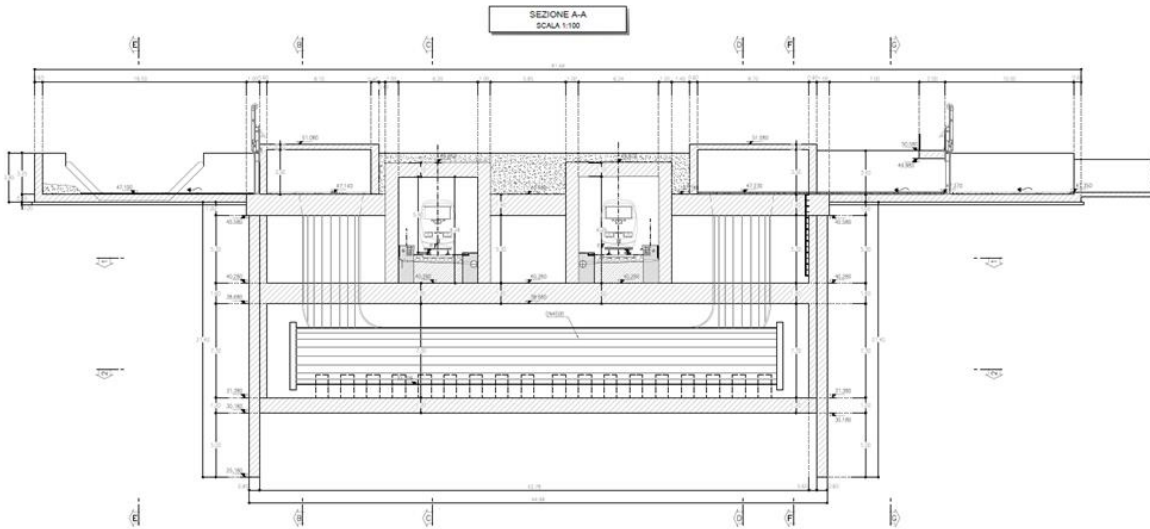


Figura 7 Sezione longitudinale IN01 – Sifone Abbeveratoio

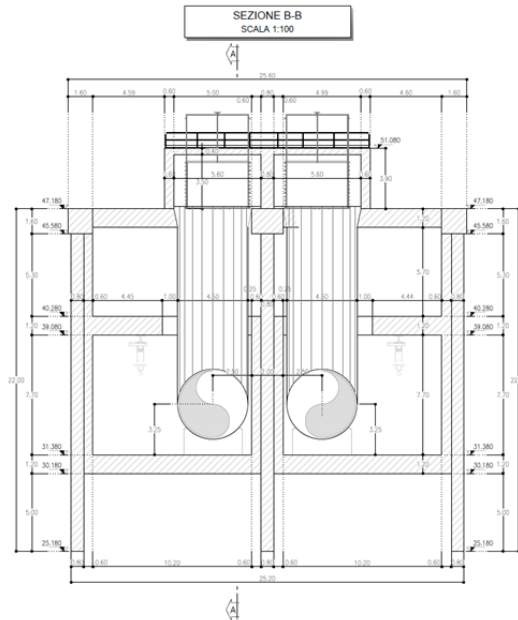


Figura 8 Sezione trasversale IN01 – Sifone Abbeveratoio

4.2.2 Sifone IN02 pk 3+730 - Sifone Via Cava

L'intervento di sistemazione idraulica del canale naturale prevede:

- una deviazione del tratto di monte e valle con un canale rettangolare in cls 2,30x2,30 m aventi pendenza 0,004 m/m per il tratto di monte e pendenza 0,003 m/m per il tratto di valle;
- un taglione di ammassamento in c.a. di spessore 0,5m a monte e a valle dei tratti deviati;

Il sifone si innesca ad Ovest del binario pari alla pk 3+730, sottopassa la galleria artificiale a doppio binario sbucando a Est del binario dispari. In particolare, il manufatto è costituito da due pozzi scatolari di dimensioni:

- 7,20x4,30m ed altezza 2,68m per il pozzo di monte;
- 7,20x7,70m ed altezza 2,68m per il pozzo di valle;

Entrambi i pozzi sono provvisti di paratoie e sgrigliatori; i due condotti orizzontali che collegano i pozzi di monte e valle sono in acciaio e hanno entrambi un diametro interno di 1800 mm.

La quota di imbocco del pozzo di monte è 55,21 m.s.l.m. e quella di sbocco è 55,00 m.s.l.m, mentre il fondo delle canne circolari si trova a 46,02 m.s.l.m; lo sviluppo orizzontale misura circa 37 m, mentre le singole canne sono lunghe circa 26 m.

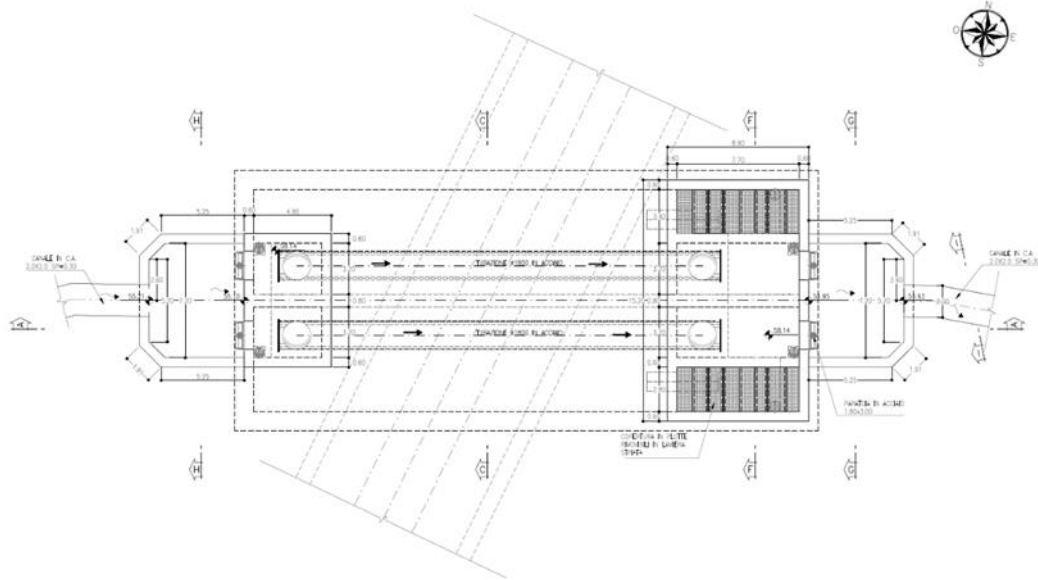


Figura 9 Planimetria IN02 – Sifone Via Cava

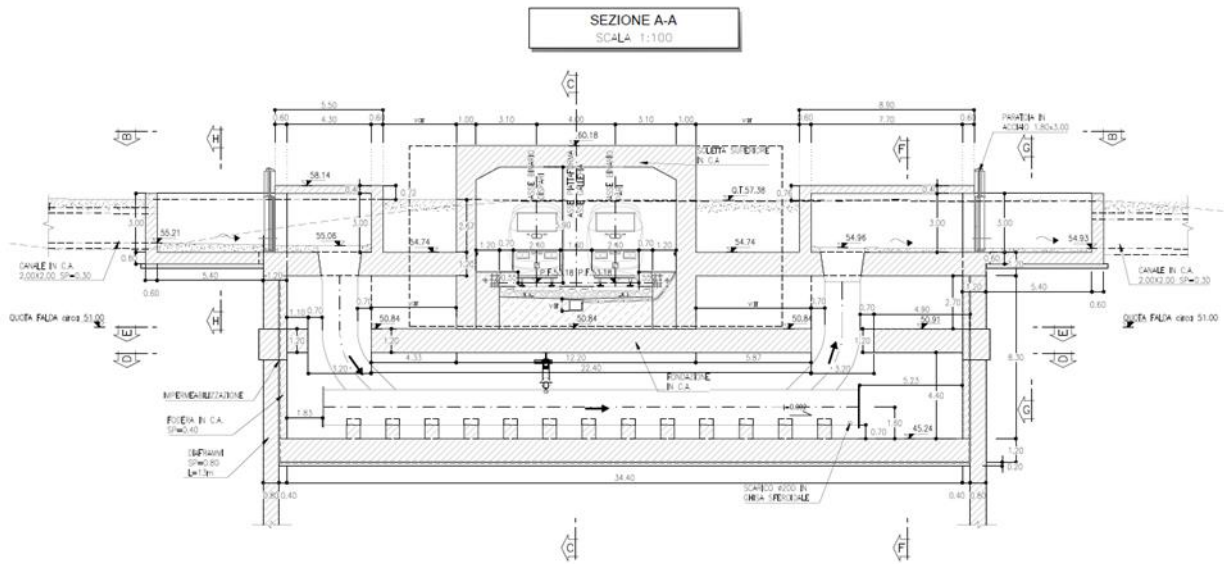


Figura 10 Sezione longitudinale IN02 – Sifone Via Cava

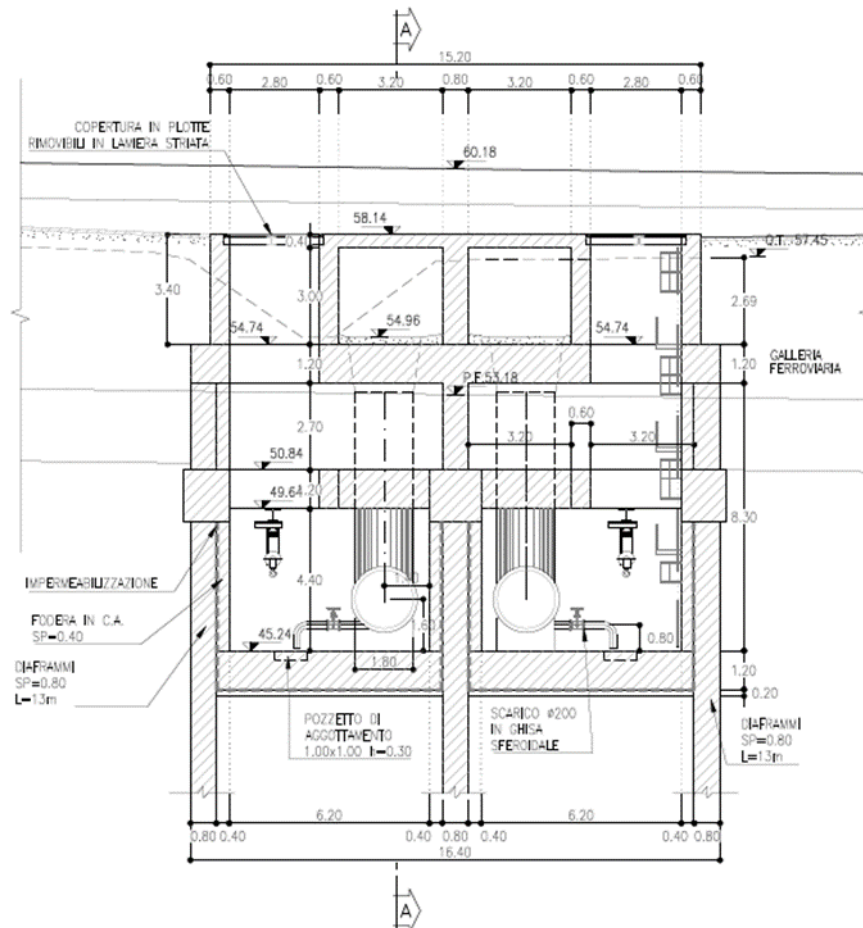



Figura 11 Sezione trasversale IN02 – Sifone Via Cava

Le verifiche idrauliche verranno condotte utilizzando come input sia le portate derivate dalle piogge attuali, che le portate che tengono in conto degli effetti dei cambiamenti climatici (vedi par.7).

Nel seguito, si procede a:

1. Definizione dell'input pluviometrico di pioggia;
2. Definizione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino;
3. Stima del tempo di corrivazione;
4. Stima della portata idrologica associata a tempi di ritorno duecentennali (con anche il surplus dei cambiamenti climatici);
5. Verifica idraulica dei sifoni maggiori.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002001	REV C

5 ANALISI IDROLOGICA

5.1 Definizione degli input pluviometrici

Nell'ambito del presente progetto è stato sviluppato uno studio idrologico al fine di:

- ricavare le caratteristiche idrologiche dell'area di studio;
- individuare le portate di progetto per i principali corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria di progetto.
- Individuare le portate di progetto per il dimensionamento dei manufatti di drenaggio per lo smaltimento idraulico di piattaforma ferroviaria e stradale, ivi compreso FV e piazzali.

Per la determinazione delle leggi di pioggia si sono confrontate, per le piogge di durata maggiori di un'ora:

- Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nell'Allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" delle Norme di attuazione del PAI;
- Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dal Consorzio di Bonifica Parmense (CBP);
- Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dal Comune di Parma nel Regolamento di gestione del Rischio Idraulico (RRI).

Per le piogge di durata inferiori all'ora (scrosci), si è ricorsi invece al confronto tra:

- l'analisi statistica delle piogge brevi contenuta nel RRI del Comune di Parma;
- le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate dal CBP;
- le piogge orarie fornite dall' AdB del fiume Po, modificate secondo la formula di Bell.

Dal confronto tra le varie metodologie è emerso che le curve più cautelative sono, per tutte le durate, quelle del CBP:

Tabella 5-1 LSPP

- Durate < 1 ora – Legge di pioggia fornita dal CBP:

T = 25 anni		T = 50 anni		T = 100 anni		T = 200 anni	
a (mm/h)	n (-)	a (mm/h)	n (-)	a (mm/h)	n (-)	a (mm/h)	n (-)
56.69	0.384	64.33	0.376	71.91	0.370	79.46	0.366

- Durate > 1 ora – Legge di pioggia fornita dal CBP:

T = 25 anni		T = 50 anni		T = 100 anni		T = 200 anni	
a (mm/h)	n (-)	a (mm/h)	n (-)	a (mm/h)	n (-)	a (mm/h)	n (-)
50.46	0.295	56.76	0.300	63.01	0.304	69.26	0.307

5.2 Caratteristiche morfometriche dei bacini di scolo

Al fine di valutare la portata al colmo di piena per ogni attraversamento idraulico, sono stati dapprima individuati i bacini di drenaggio sulla base dei dati forniti dal Consorzio di Bonifica Parmense, riportati nell'inquadramento generale seguente:

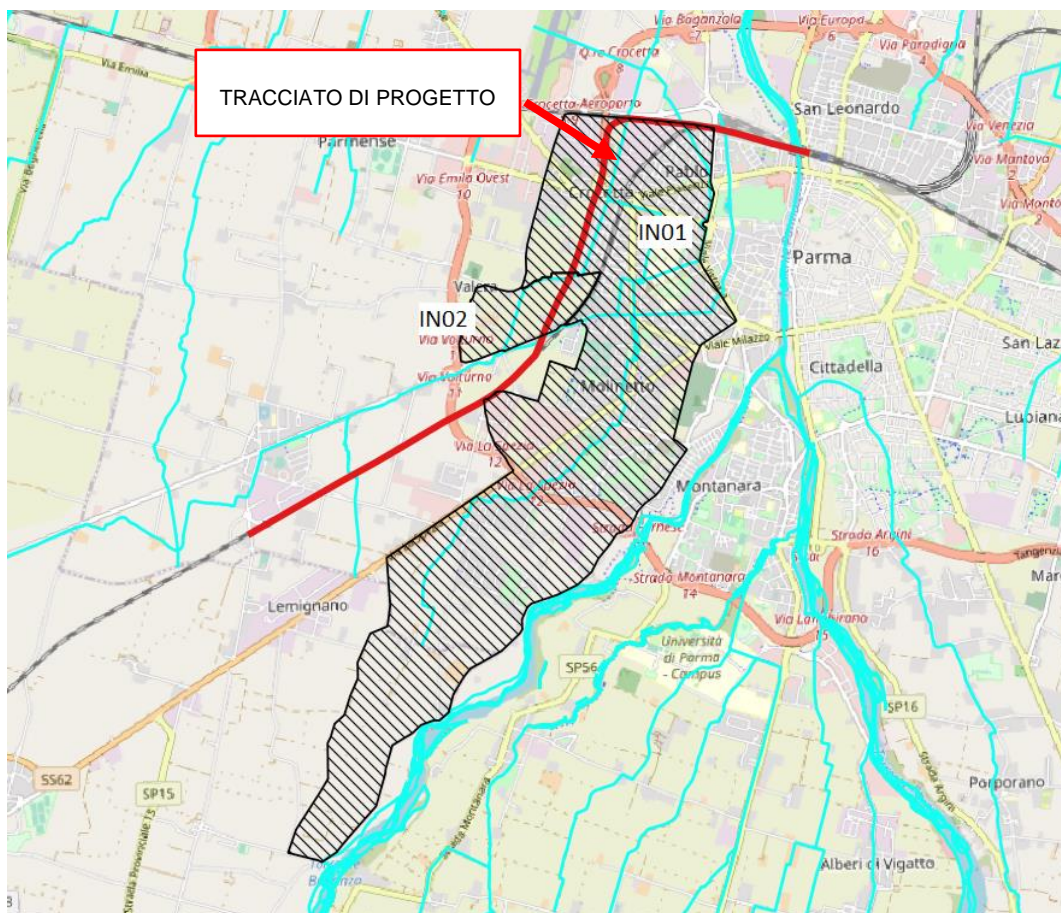


Figura 12 Inquadramento bacini di drenaggio di studio

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002001	REV C

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.

Tabella 5-2 Caratteristiche morfologiche dei bacini

ID Bacino	Area (kmq)	z min (msm)	z max (msm)	z media (msm)	Lunghezza asta (km)	z min asta (msm)	z max asta (msm)	Pendenza media asta (-)	Pendenza media bacino (-)
IN01	10.838	47.61	113.32	70.61	2.399	47.61	112.0	0.002	0.027
IN02	0.695	56.22	67.13	61.19	1.207	56.22	66.0	0.004	0.011

5.3 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. 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 (-);
- h = altezza di pioggia (mm), con durata posta pari al tempo di corrivazione (t_c), 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 (km^2);

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	<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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>28 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	28 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	28 di 53								

- t_c = tempo di corrivazione (ore), scelto a valle di un confronto tra i metodi descritti di seguito;

5.3.1 Stima del tempo di corrivazione T_c

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);

L = Lunghezza dell'asta principale (km);

i_m = pendenza asta principale (m/m).

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)					
	TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002001	REV C	FOGLIO 29 di 53

➤ 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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002001	REV C

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)					
	Pezzoli	Ventura	Pasini	Kirpich	Giandotti Aronica Paltrinieri	t_c scelto
IN01	2.95	9.35	7.15	2.25	5.18	7.15
IN02	1.05	1.67	1.61	0.98	3.32	1.61

5.3.2 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.

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.

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	31 di 53

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. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. 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
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. 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>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>32 di 53</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	32 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	32 di 53								

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

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

Figura 13 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:

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

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	33 di 53

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, come suggerito dal Consorzio di Bonifica Parmense.

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 $\varphi = P_n/h_{tot}$:

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 (-)
IN01	79.72	90.0	28.10	5.62	126.7	98.2	0.78
IN02	75.82	87.8	35.23	7.05	80.1	49.3	0.62

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 per tempo di ritorno di 200 anni.

ID bacino	A (km^2)	h_{tot} (mm)	P_n (mm)	t_c (ore)	φ (-)	Q_{200} (m^3/s)
-----------	--------------	----------------	------------	-------------	---------------	-----------------------

IN01	10.838	126.7	98.2	7.15	0.78	41.37
IN02	0.695	80.1	49.3	1.61	0.62	5.92

6 VERIFICA IDRAULICA DEI SIFONI

6.1 Calcolo e Verifica delle perdite di carico

Analogamente a quanto fatto per i sifoni minori a singola canna, per le verifiche idrauliche si è partiti da un pre-dimensionamento in moto uniforme; in particolare, si è seguita la seguente procedura:

- 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):

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

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);

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	36 di 53

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

g = accelerazione di gravità posta pari a 9,81 m²/s;

L = lunghezza del condotto (m);

K_s = scabrezza tubazione posto pari a 90 m^{1/3}/s;

R_h = raggio idraulico (m);

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 (m);

ΣH_i = sommatoria delle perdite di carico nel sifone (m).

Entrambi i sifoni di progetto sono a doppia canna, quindi i dati di progetto di seguito riportati si riferiscono al dimensionamento di un singolo dispositivo:

Tabella 6-1 Dati geometrici dei sifoni

ID SIFONE	Progressiva km	Diametro sifone (m)	Lunghezza (m)
IN01	2+070	4.50	32.00
IN02	3+730	1.80	25.60

Tabella 6-2 Dati di progetto

ID SIFONE	$Q_{TR=200}$ (m ³ /s)	K_s (m ^{1/3} /s)
IN01	20.69	90
IN02	2.96	90

Nelle tabelle successive si riportano i risultati delle verifiche dei sifoni in termini di perdite di carico:

Tabella 6-3 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)
IN01	0.00572	0.043	0.051	0.016	0.116	0.13	1.30
IN02	0.012	0.035	0.060	0.049	0.156	0.21	1.16

Come è possibile osservare tutte le verifiche dei sifoni risultano soddisfatte essendo il dislivello disponibile tra i pozzetti di monte e valle dei sifoni maggiore delle perdite di carico complessive.

6.2 Pre-dimensionamento dei canali di monte/valle

A monte e a valle dei due sifoni è prevista la deviazione dei canali naturali dotandoli di un taglio di ammorsamento in c.a all'ingresso e all'uscita dei tratti deviati.

In particolare, per il canale Abbeveratoia si prevede a monte un unico canale trapezio 6x2.5 m rivestito con sponde inclinate 1:1, pendenza pari a 0.002 m/m. Il tratto di valle invece, è caratterizzato da 3 tipi di sezioni dovendo sottopassare la linea MI-BO per poi riconnettersi all'alveo naturale, di seguito descritte:

- Primo tratto – sbocco del pozzo di valle: canale trapezoidale in cls 6,0x2,5m rivestito con sponde inclinate di 45° con pendenza 0,002 m/m;
- Secondo tratto – tratto tombinato: canale rettangolare in cls 6,0x3,0 m con pendenza 0,002 m/m;
- Terzo tratto – riconnessione alveo esistente: canale trapezoidale in cls 6,0x3,0 m rivestito con sponde inclinate di 45° con pendenza 0,002 m/m.

Per il Via Cava è prevista invece la deviazione con un canale rettangolare in cls 2,30x2,30 m con pendenza pari a 0.004 m/m a monte e 0.003 m/m a valle dell'opera fino a riconnettersi con l'alveo esistente.

I fenomeni di deflusso nelle deviazioni in esame si caratterizzano per la prevalenza di una dimensione rispetto alle altre, ed appare quindi ragionevole l'accettazione dell'ipotesi di monodimensionalità del moto. È stata quindi effettuata una verifica in moto uniforme delle sezioni di progetto.

6.2.1 Verifiche idrauliche in moto uniforme dei canali di monte/valle – PIOGGE ATTUALI

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.

Nelle tabelle vengono riportate le verifiche in moto uniforme delle deviazioni di progetto.

Tabella 6-4 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme con TR = 200 anni

ID TOMBINO	Progressiva km	Dimensioni (m)			i (m/m)	Rh (m)	Tirante (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	GR (%)
		B	h	s						
IN01	2+070	6	2.5	1/1	0.002	1.23	1.74	41.38	3.10	69
		6	3.0	-	0.002	1.27	2.19		3.14	73
		6	3.0	1/1	0.002	1.23	1.74		3.10	58
IN02	3+730	2.3	2.3	-	0.004	0.54	1.02	5.92	2.52	44
		2.3	2.3	-	0.003	0.57	1.14		2.26	49

	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>39 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	39 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	39 di 53								

7 MODELLAZIONE IDRAULICA DEI SIFONI

A seguito del pre-dimensionamento in moto uniforme, per la verifica idraulica dei sifoni di maggiori dimensioni (IN01, IN02) è stata prevista anche l'implementazione di una modellazione idraulica.

Tale modellazione è stata sviluppata col software *Storm and Sanitary Analysis* (di seguito SSA) di Autodesk: si tratta di un componente aggiuntivo incluso nella suite di Autodesk Civil 3D, col quale si integra alla perfezione anche di termini di restituzione dei risultati.

SSA è un modello dinamico di simulazione idraulica di afflussi in deflussi usato per lo studio di un singolo evento o la simulazione (continua) di lunga durata della quantità e della qualità del deflusso. La componente di deflusso funziona sull'identificativo di alcune zone denominate *subcatchment* (sottobacini) che ricevono la precipitazione e generano i carichi della sostanza inquinante e di precipitazione. Il modello trasporta i carichi attraverso un sistema di condotte, canali, dispositivi di trattamento e di invaso, impianti di sollevamento, luci di fondo e stramazzi.

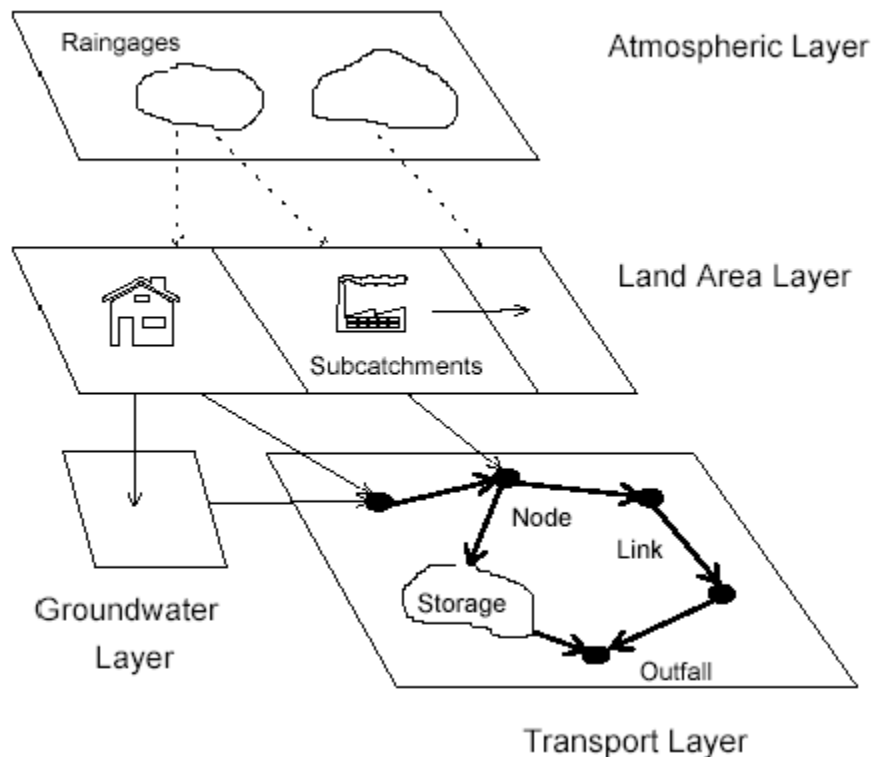


Figura 14 Schematizzazione processo di modellazione

	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)</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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>40 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	40 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	40 di 53								

Il software rintraccia la quantità e la qualità di deflusso generate all'interno di ogni *subcatchment*, la portata, la profondità di flusso e la qualità di acqua in ogni condotta e canale durante il periodo di simulazione formato da passi temporali definiti.

SSA rappresenta i vari processi idrologici che producono il deflusso dalle aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni;
- evaporazione d'acqua;
- accumulo e scioglimento della neve;
- infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno;
- percolazione di acqua infiltrata negli strati dell'acqua freatica;

La variabilità spaziale di questi processi è realizzata dividendo la zona di studio in sottobacini, *subcatchment*, ognuna delle quali sarà divisa sulla base dell'area permeabile ed impermeabile. Il flusso terrestre può essere diretto fra i *subcatchments*, o nei punti di entrata di una rete di fognatura.

Inoltre, SSA contiene un insieme flessibile di possibilità per la modellazione idraulica usate per dirigere

le portate e le affluenze esterne attraverso la rete di fognatura delle condotte, dei canali, delle unità di

trattamento e di invaso e delle strutture di diversione. Questi includono:

- rete di drenaggio con numero di maglie illimitato;
- impiego di un'ampia varietà di figure chiuse standard ed aperte delle condotte come pure per canali naturali;
- elementi speciali di modello quali le unità trattamento/di invaso, i divisori di flusso, le pompe, gli stramazzi e luci di fondo;
- applicare i flussi e gli input esterni di qualità dell'acqua alle acque di superficie, dal *interflow* dell'acqua freatica, dall'infiltrazione pioggia-dipendente/dall'affluenza, dal flusso sanitario del tempo asciutto e dalle affluenze prestabilite dall'utente;

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	41 di 53

- utilizzare l'onda cinematica o i metodi di percorso dinamici completi di flusso dell'onda;
- modellare i vari regimi di flusso, come lo stagno, il sovraccarico, il flusso d'inversione ed accumulazione di superficie;
- applicare le regole dinamiche prestabilite dall'utente di controllo per simulare il funzionamento delle pompe, delle aperture dell'orifizio e dei livelli della sommità degli sbarramenti.

Di seguito, si riportano alcuni accenni della teoria alla base del software.

7.1 Fondamenti di teoria

Il metodo dell'onda dinamica risolve le equazioni monodimensionali di De Saint Venant. Queste equazioni

consistono nell'equazione di continuità e dei momenti, espresse nel seguente modo:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0; \quad \text{equazione di continuità}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f + gAh_L = 0; \quad \text{equazione dei momenti}; \quad (2)$$

dove, x è la distanza lungo la condotta, t è la variabile temporale, A l'area liquida trasversale nella condotta, Q la portata defluita, H è il livello idraulico dell'acqua nella condotta (termine potenziale più eventuale termine di pressione), S_f la pendenza d'attrito, h_L è la locale perdita di energia per unità di lunghezza della condotta, e g l'accelerazione di gravità.

Data la geometria della condotta, l'area A risulta funzione del tirante idrico y il quale può essere ottenuto dall'altezza H . Pertanto le variabili dipendenti in queste equazioni sono la portata Q e l'altezza H , a sua volta funzioni della distanza x e del tempo t .

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	<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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>42 di 53</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	42 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	42 di 53								

Il termine S_f viene espresso in termini delle equazione di Manning come:

$$S_f = \frac{n^2 \cdot V \cdot |V|}{k^2 \cdot R^{4/3}};$$

Dove n è il coefficiente di scabrezza secondo Manning, V la velocità di flusso (pari al rapporto tra la portata Q e la sezione di area liquida trasversale A , R è il raggio idraulico della sezione di flusso, e $k= 1,0$ nel sistema metrico.

Il termine che tiene conto della normale perdita di energia h_L può essere espresso come:

$$\frac{K \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot L}$$

dove K è il coefficiente di perdita in corrispondenza della posizione x e L la lunghezza della condotta.

Per risolvere le equazioni (1) e (2), su una singola condotta, sono richieste una serie di condizioni iniziali per H e Q al tempo 0 come condizioni al contorno per $x=0$ e $x=L$ per la durata della simulazione.

Quando si analizza una rete di condotte, è necessario inserire una relazione aggiuntiva di continuità per i nodi che connettono due o più condotte; la continuità del pelo libero si presume che esista tra il tirante al nodo e quello corrispondente alla condotta in ingresso e uscita (ad eccezione dei nodi a caduta libera). Il cambiamento nel pelo libero H al nodo al variare del tempo può essere espresso come segue:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\sum Q}{A_{store} + \sum A_s}; \quad (3)$$

Dove A_{store} è l'area liquida al nodo, $\sum A_s$ è la somma delle superficie liquide delle condotte connesse al nodo, e $\sum Q$ è la portata netta all'interno del nodo (portate in arrivo – portate rilasciate), contributo di tutte le condotte connesse al nodo ed eventuali contributi esterni imposti. Il tirante idrico alla fine di una condotta connessa ad un nodo può essere computato come differenza tra la grandezza H al nodo e la quota della condotta.

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	<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>ID0002001</td> <td>C</td> <td>43 di 53</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	43 di 53
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	43 di 53								

Le equazioni (1), (2) e (3) sono risolte convertendole in una serie esplicita alle differenze finite che computano il flusso in ogni condotta ed il livello al nodo al tempo $t+\Delta t$ come funzioni del valore noto al tempo t .

7.2 Risultati della modellazione idraulica

Dal punto di vista pratico, le informazioni che servono al programma per effettuare la simulazione idraulica, sono:

- Portata idrologica da inserire come condizione al contorno di monte;
- Quote di monte e valle in ogni nodo/condotta inclusi nella rete;
- Forma, Lunghezza, Scabrezza e Dimensioni di ogni tratto incluso nella rete;
- Coefficienti di perdite distribuite/concentrate;
- Condizione al contorno di valle.

Inoltre, per una corretta schematizzazione di quanto potrebbe verificarsi nella realtà, è necessario inserire nel modello anche i tratti immediatamente a monte/valle dei sifoni.

Di seguito, si riporta una tabella con i coefficienti dei sole grandezze di cui sopra il cui valore non cambia tra i sifoni IN01 e IN02, mentre si rimanda al cap. 4.2 per gli specifici valori.

Scabrezza di Manning [$s/m^{1/3}$]

	Manning [$s/m^{1/3}$]
Canale in terra	0,033
Canale rivestito in CLS	0,016
Condotte in acciaio	0,011
Rivestimento in massi cementati	0,025

Coefficienti di perdita concentrata [-]

	Coefficiente di perdita concentrata [-]
Sbocco in un serbatoio	1
Imbocco a spigolo vivo (90°)	0,5
Brusco restringimento	0,5

Condizione al contorno di valle

Come condizione al contorno di valle è stata impostata l'opzione "*Normal*", ovvero l'altezza di moto uniforme.

Di seguito, si riportano gli output della modellazione idraulica di ogni sifone.

7.2.1 Sifone Abbeveratoioia (Pk 2+070 Km)

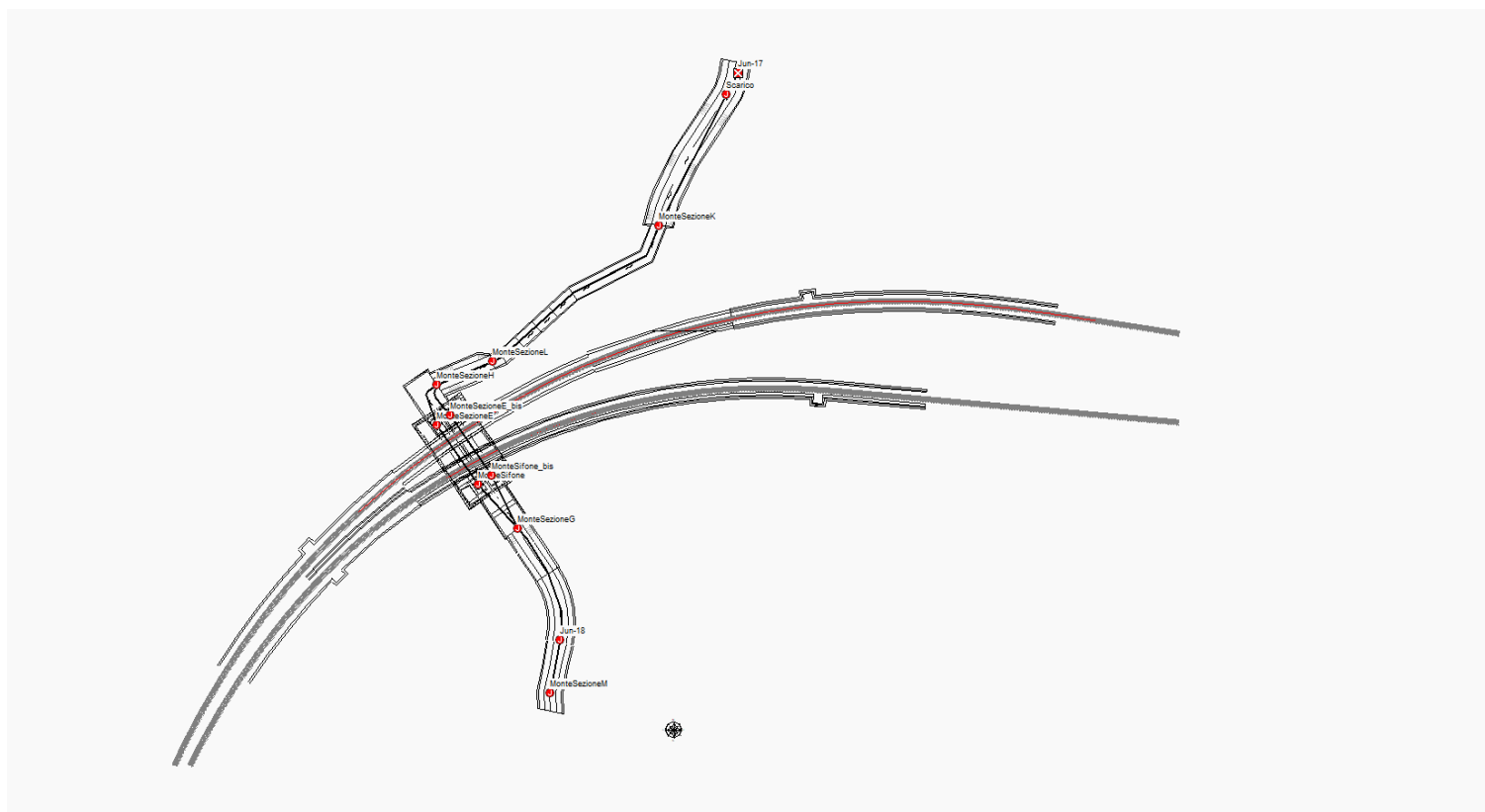
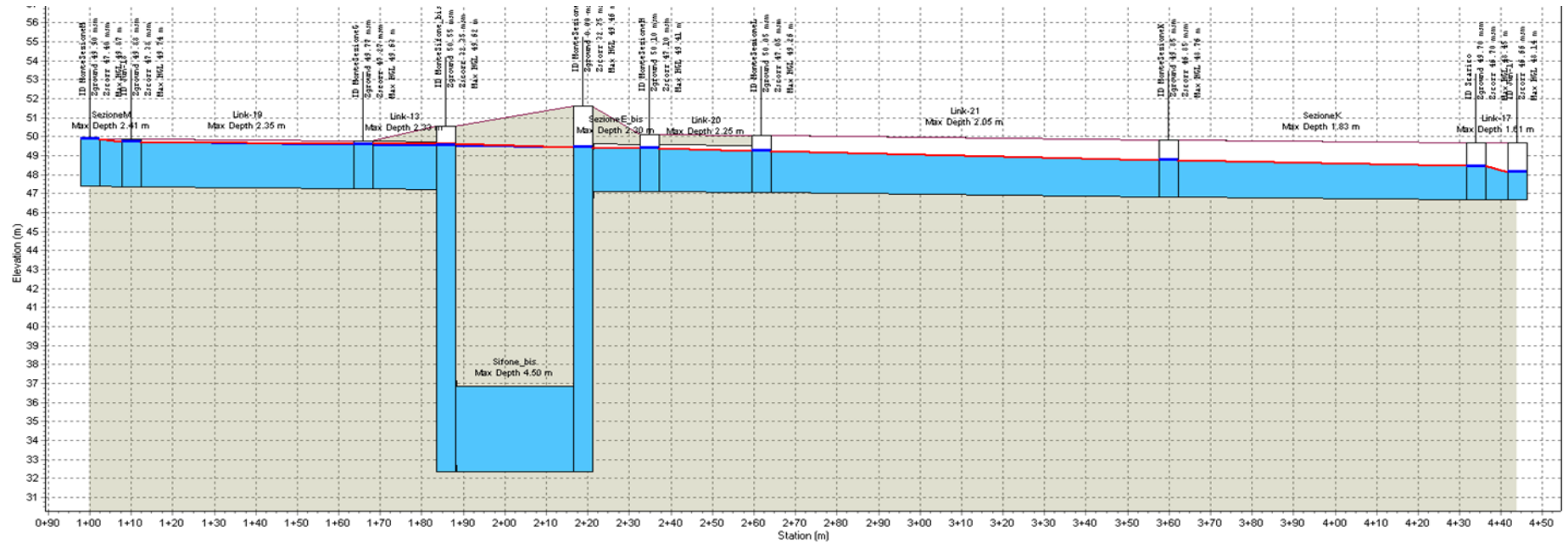


Figura 15 Planimetria con individuazione nodi caratteristici



ID:	MonteSezioneM-18	MonteSezioneG	MonteSifone_bis	MonteSezioneE	MonteSezioneH	MonteSezioneL	MonteSezioneK	Scarico	Juv-17
Zground (msn)	49.90	49.88	49.77	50.55	0.00	50.10	50.05	49.85	49.70
Zscorr (msn)	47.40	47.38	47.27	32.35	32.35	47.10	47.05	46.85	46.70
Min Pipe Cover (m)	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
Max HGL (m)	49.87	49.74	49.63	49.62	49.46	49.41	49.26	48.76	48.45
	SezioneM	Link-19	Link-13	Sifone_bis	SezioneE_bis	Link-20	Link-21	SezioneK	Link-17
Lunghezza (m)	10.00	55.80	20.00	33.00	16.07	26.90	98.04	74.00	10.00
Altezza/Diametro (m)	2.50	2.50	2.50	4.50	2.50	2.50	3.00	3.00	3.00
Pendenza (m/m)	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004
US Invert (m)	47.40	47.38	47.27	32.35	47.14	47.10	47.05	46.85	46.70
DS Invert (m)	47.38	47.27	47.23	32.35	47.10	47.05	46.85	46.70	46.66
Max Q (cms)	55.08	54.35	23.85	22.49	23.54	43.34	41.39	41.38	41.38
Max Vel (m/s)	6.19	4.82	3.05	2.81	2.21	5.28	4.00	2.98	3.88
Max Depth (m)	2.41	2.35	2.33	4.50	2.30	2.25	2.05	1.83	1.61

7.2.1 Sifone Via Cava (Pk 3+730 Km)

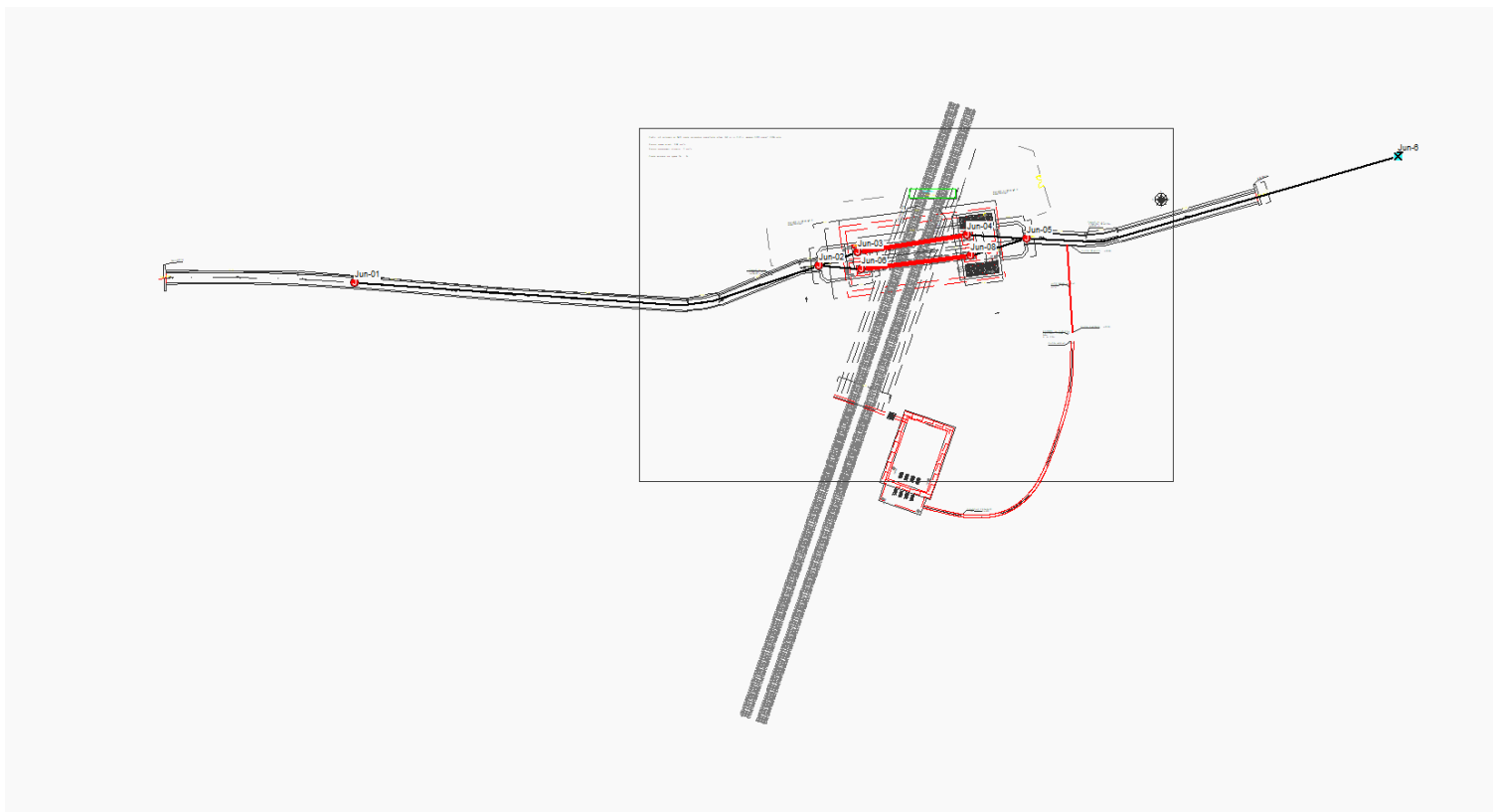
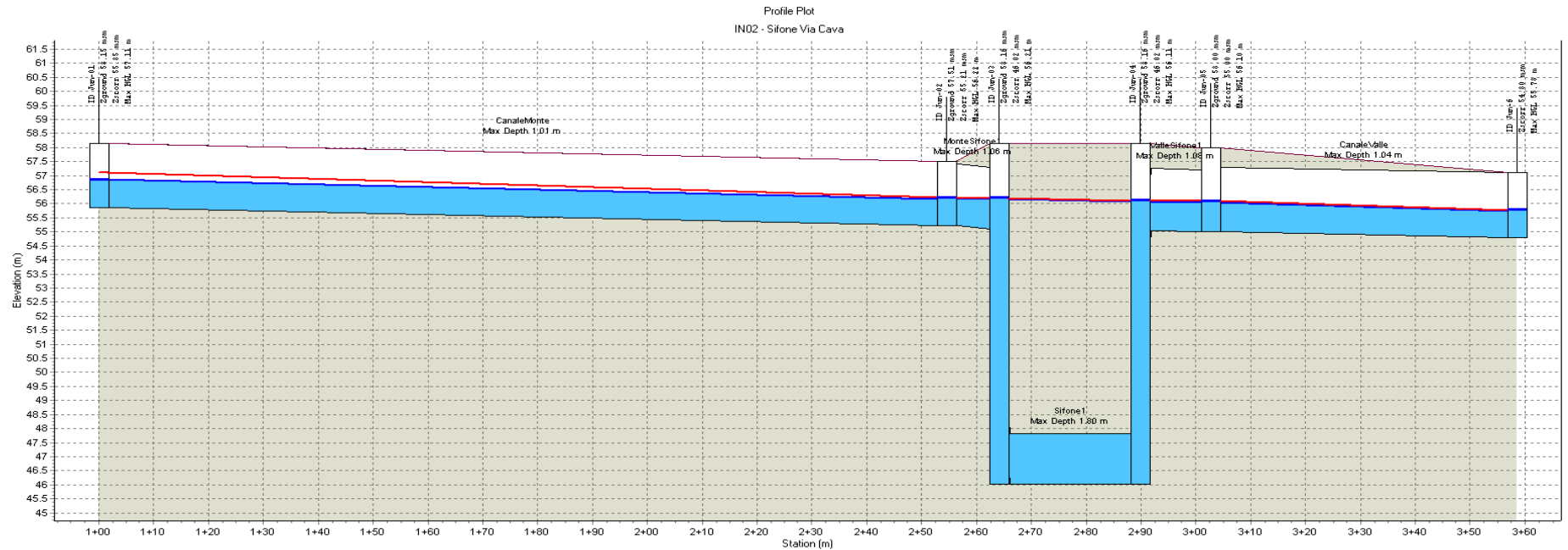


Figura 16 Planimetria con individuazione nodi caratteristici



ID:	Jun-01			Jun-02	Jun-03		Jun-04	Jun-05		Jun-6
Zground (msm):	58.15			57.51	58.16		58.16	58.00		
Zscorr (msm):	55.85			55.21	46.02		46.02	55.00		54.80
Min Pipe Cover (m):	0.00			0.00	0.86		0.91	0.70		
Max HGL (m):	57.11			56.22	56.21		56.11	56.10		55.78
		CanaleMonte		MonteSifone1	Sifone1		ValleSifone1		CanaleValle	
Lunghezza (m):		154.50		9.64	25.74		12.87		55.80	
Altezza/Diametro (m):		2.30		2.20	1.80		2.20		2.30	
Pendenza (m/m):		0.004		0.011	0.000		0.004		0.004	
US Invert (m):		55.85		55.21	46.02		55.05		55.00	
DS Invert (m):		55.21		55.10	46.02		55.00		54.80	
Max Q (cms):		7.56		3.81	2.96		3.03		5.92	
Max Vel (m/s):		4.39		2.74	1.63		2.33		2.47	
Max Depth (m):		1.01		1.06	1.80		1.08		1.04	

RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	IP00	00	D26RI	ID0002001	C	49 di 53

8 CAMBIAMENTI CLIMATICI

Nel presente capitolo si vuole evidenziare come le opere idrauliche (canali in terra, sifoni, ecc.) descritte in precedenza dispongano di un certo “margine di sicurezza”, per fronteggiare eventi caratterizzati da portate superiori a quelle di progetto.

Dato che il tempo di ritorno di progetto è pari a 200 anni, non avrebbe avuto senso condurre la verifica in riferimento a tempi di ritorno decisamente superiori (300 anni o, addirittura, 500 anni) in quanto la stessa difficilmente sarebbe stata soddisfatta; di conseguenza, si è deciso correlare il verificarsi di eventi di entità superiore a quella di progetto con la tematica dei cambiamenti climatici.

Dunque, per prima cosa, si richiamano le variazioni di altezza di pioggia dovute proprio ai cambiamenti climatici, rimandando al documento IP0000D26RHID0001001 per maggiori dettagli.

Variazione media h_{24} (RCP8.5) [mm]


INTERVENTO:	2021-2050	2041-2070	2061-2090
RADDOPPIO PARMA-VICOFERTILE	+0-5	+0-5	+5-10

In particolare, con riferimento al periodo 2061-2090, le precipitazioni subiranno i seguenti incrementi a causa dell'effetto dei cambiamenti climatici, in maniera proporzionale al tempo di ritorno:

- del 7.8% per le piogge con $Tr = 25$ anni;
- del 6.8% per le piogge con $Tr = 50$ anni;
- del 6.0% per le piogge con $Tr = 100$ anni;
- del 5.4% per le piogge con $Tr = 200$ anni.

8.1 Verifiche idrauliche in moto uniforme dei canali di monte/valle

A partire dagli incrementi percentuali di cui sopra, sono state stimate le portate maggiorate causate dall'effetto dei cambiamenti climatici, le quali sono poi state utilizzate come input per la verifica a moto uniforme dei canali di monte dei due sifoni, così da determinare il franco idraulico ancora disponibile negli stessi che preserverebbe il territorio circostante dall'esondazione dei corsi d'acqua.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID0002001	REV C

I valori ottenuti sono i seguenti:

Tabella 8-1 Valori di portata ottenuti con il metodo CN tenendo in conto l'effetto dei cambiamenti climatici.

ID bacino	A (km ²)	h _{tot} (mm)	P _n (mm)	t _c (ore)	φ (-)	Q _c (m ³ /s)
IN01	10.838	136.7	107.99	7.15	0.79	45.45
IN02	0.695	90.1	58.56	1.61	0.65	7.00

Senza stare a re-iterare la narrativa precedenza, si riporta di seguito il pre-dimensionamento in moto uniforme dei canali a monte/valle dei sifoni:

Tabella 8-2 Esiti verifiche idrauliche in moto uniforme tenendo in conto dei cambiamenti climatici.

ID TOMBINO	Progressiva km	Dimensioni (m)			i (m/m)	Rh (m)	Tirante (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	GR (%)
		B	h	s						
IN01	2+070	6	2.5	1/1	0.002	1.28	1.83	45.45	3.17	73
		6	3.0	-	0.002	1.32	2.35		3.20	78
		6	3.0	1/1	0.002	1.28	1.83		3.17	61
IN02	3+730	2.3	2.3	-	0.004	0.58	1.16	7.00	2.63	50
		2.3	2.3	-	0.003	0.61	1.29		2.36	56

Dai risultati sopra riportati, si evince che, anche considerando le portate che tengano conto dei cambiamenti climatici, l'incremento percentuale del grado di riempimento risulta compreso tra 3-7%, attestandosi su valori massimi attorno al 80% dell'altezza utile dei canali.

In aggiunta a quanto evidenziato sopra, si è deciso di calcolare (sempre attraverso una verifica in moto uniforme) la portata limite defluibile nei canali di monte, al di sopra della quale si verificherebbe l'allagamento delle aree esterne circostanti:

IN01	CANALE MONTE (sez. trapezia)	IN02	CANALE MONTE (sez. rettangolare)
Q_{max} [m ³ /s]	78,80	Q_{max} [m ³ /s]	16,81
Pendenza canale [m/m]	0,002	Pendenza canale [m/m]	0,004
Sponda [H:V]	1,00	Sponda [H:V]	0,00
Base canale [m]	6,00	Base canale [m]	2,30
K_s [m ^{1/3} /s]	60,0	K_s [m ^{1/3} /s]	60,0
A_b [m ²]	21,25	A_b [m ²]	5,29
P_b [m]	13,07	P_b [m]	6,90
Tirante [m]	2,50	Tirante [m]	2,30
Altezza canale [m]	2,50	Altezza canale [m]	2,30
Grado di riempimento [%]	100	Grado di riempimento [%]	100
V [m/s]	3,70	V [m/s]	3,18

Considerando che la portata TR200 associata ad i cambiamenti climatici è pari a 45.45 m³/s per IN01 e pari a 7 m³/s per IN02, si può affermare che le verifiche in moto uniforme testimoniano la presenza di un elevato margine di sicurezza nei confronti di eventi estremi caratterizzati da portate superiori a quelle di progetto.

8.2 Modellazione idraulica dei sifoni

In analogia a quanto fatto nel cap. 7 per le piogge di intensità pari a $T_r = 200$ anni, si riportano di seguito i risultati della modellazione idraulica condotta col software SSA nello scenario in cui sono conteggiati gli effetti dei cambiamenti climatici.

I risultati di seguito presenti evidenziano di nuovo la presenza, seppur minima, di un franco idraulico nei confronti di eventi di intensità superiore a quella di progetto, mettendo al sicuro le aree adiacenti da possibili esondazioni.



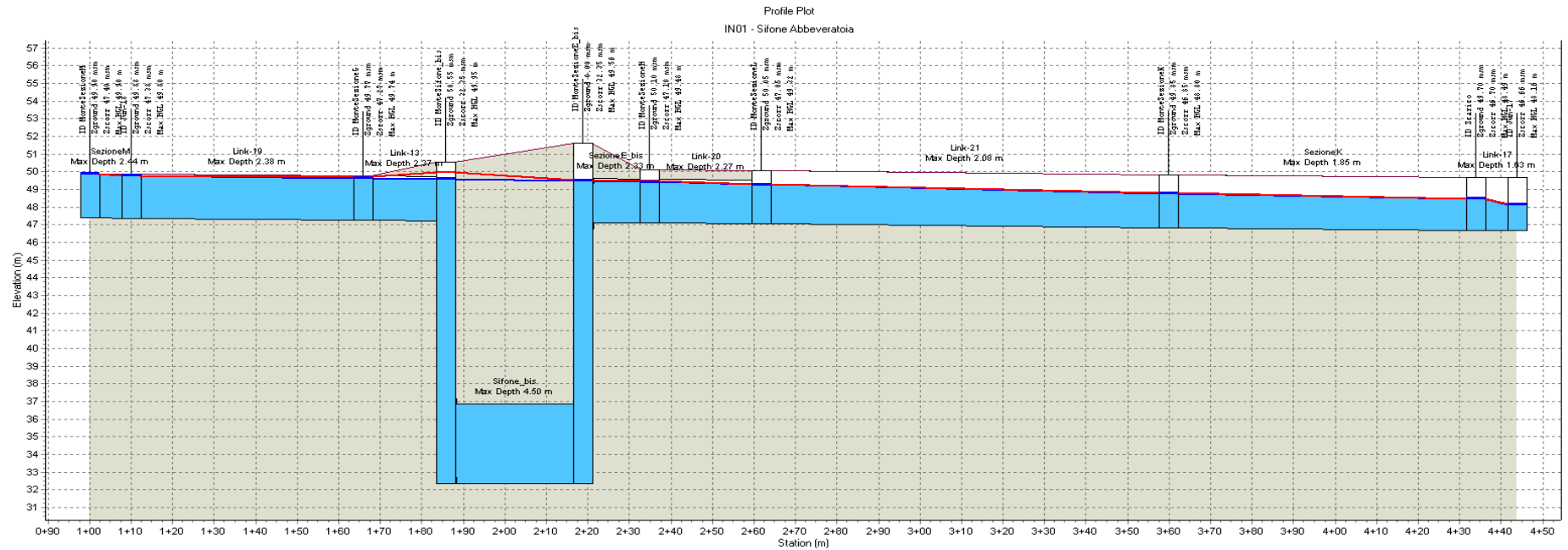
**COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA
(PONTREMOLESE)**

TRATTA PARMA - VICOFERTILE

**RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI
INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	52 di 53

8.2.1 Sifone Abbeveratoio (Pk 2+070 Km)



	MonteSezioneM	MonteSezioneE	MonteSifone_bis	MonteSezioneE_bis	MonteSezioneH	MonteSezioneL	MonteSezioneK	Scarico Jun-17	
ID:	49.90	49.88	49.77	50.55	0.00	50.10	50.05	49.85	
Zground (msm):	47.40	47.38	47.27	32.35	32.35	47.10	47.05	46.85	
Zscorr (msm):	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.50	0.00	0.00	
Min Pipe Cover (m):	49.90	49.80	49.74	49.95	49.56	49.48	49.32	48.49	
Max HGL (m):	49.90	49.80	49.74	49.95	49.56	49.48	49.32	48.49	
	SezioneM	Link-19	Link-13	Sifone_bis	SezioneE_bis	Link-20	Link-21	SezioneK	Link-17
Lunghezza (m):	10.00	55.80	20.00	33.00	16.07	26.90	98.04	74.00	10.00
Altezza/Diametro (m):	2.50	2.50	2.50	4.50	2.50	2.50	3.00	3.00	3.00
Pendenza (m/m):	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004
US Invert (m):	47.40	47.38	47.27	32.35	47.14	47.10	47.05	46.85	46.70
DS Invert (m):	47.38	47.27	47.23	32.35	47.10	47.05	46.85	46.70	46.66
Max Q (cms):	59.01	59.35	26.23	24.63	25.88	47.02	42.93	42.89	42.82
Max Vel (m/s):	6.18	4.93	3.12	2.88	2.24	5.30	4.11	3.06	3.91
Max Depth (m):	2.44	2.38	2.37	4.50	2.33	2.27	2.08	1.85	1.63



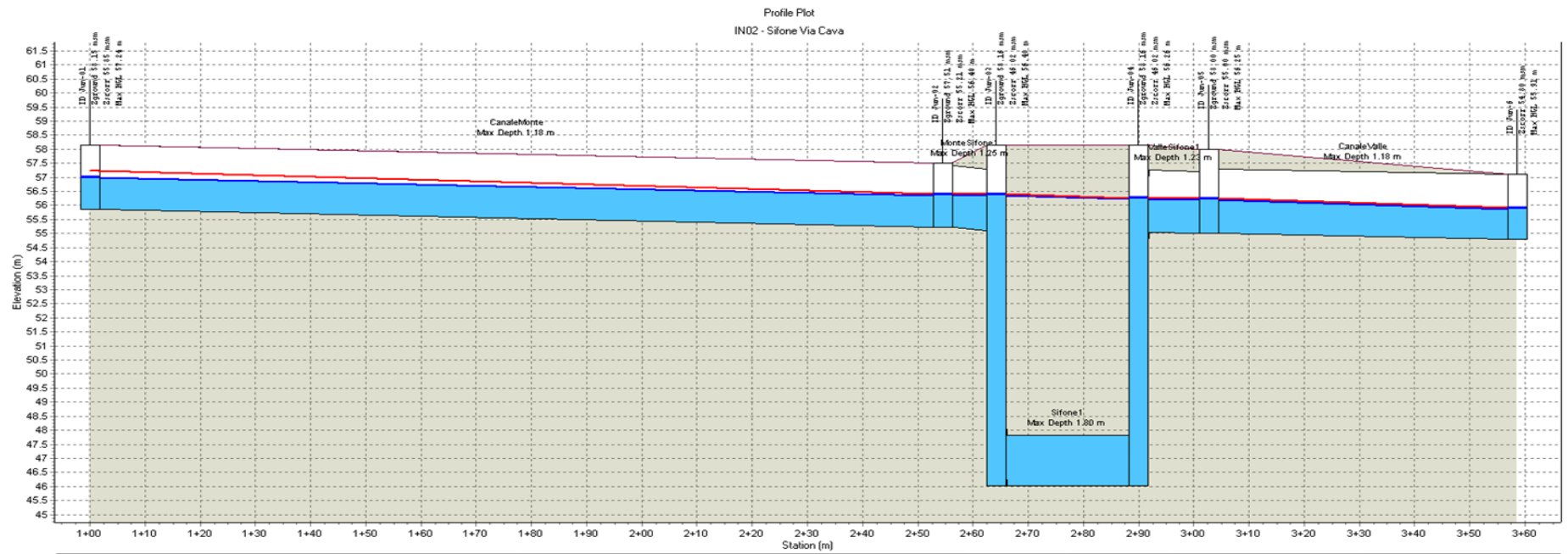
**COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA
(PONTREMOLESE)**

TRATTA PARMA - VICOFERTILE

**RELAZIONE IDRAULICA DEVIAZIONE CANALI
INTERFERENTI (PK. 2+070, 3+730)**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26RI	ID0002001	C	53 di 53

8.2.2 Sifone Via Cava (Pk 3+730 Km)



ID:	Jun-01				Jun-02	Jun-03		Jun-04	Jun-05		Jun-6
Zground (msm):	58.15				57.51	58.16		58.16	58.00		54.80
Zscorr (msm):	55.85				55.21	46.02		46.02	55.00		55.80
Min Pipe Cover (m):	0.00				0.00	0.86		0.91	0.70		
Max HGL (m):	57.24				56.40	56.40		56.26	56.25		55.91
		CanaleMonte			MonteSifone1	Sifone1		ValleSifone1		CanaleValle	
Lunghezza (m):		154.50			9.64	25.74		12.87		55.90	
Altezza/Diametro (m):		2.30			2.20	1.80		2.20		2.30	
Pendenza (m/m):		0.004			0.011	0.000		0.004		0.004	
US Invert (m):		55.85			55.21	46.02		55.05		55.00	
DS Invert (m):		55.21			55.10	46.02		55.10		54.80	
Max Q (cms):		8.83			4.45	3.50		3.50		7.00	
Max Vel (m/s):		4.61			2.88	1.71		2.33		2.57	
Max Depth (m):		1.18			1.25	1.80		1.23		1.18	