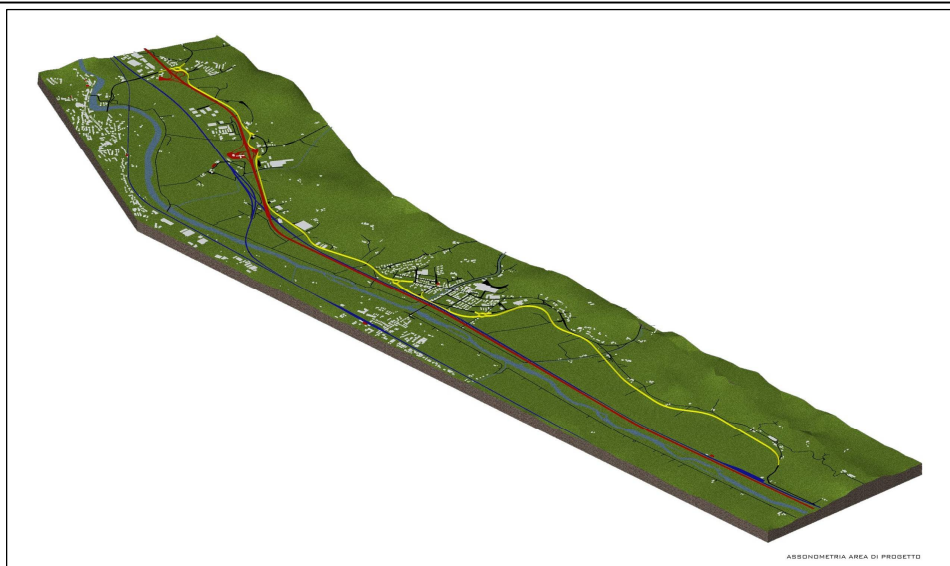




DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO  
PUBBLICO LOCALE

# S.R. n° 69 "Di Val d'Arno" Variante in riva destra d'Arno LOTTO 5

Provincia di Firenze e Arezzo  
Comune di Figline e Incisa Valdarno, Castelfranco  
Piandiscò e San Giovanni Valdarno



## PROGETTO DEFINITIVO

### *Relazione Idrologico Idraulica*

NOME FILE: P\_DEF\_MASK\_Lotto 5

C.U.P. D31B1800053002

R.U.P.: Ing. Antonio De Crescenzo

PROGETTISTA:

Ing. Alessio Gensini

EL. N.

**D-B-03-01**

SCALA: -

Data revisione elaborato:

**Luglio 2021**

PROGETTISTI OPERE IDRAULICHE:



**SORGENTE INGEGNERIA**  
STUDIO TECNICO INGEGNERIA AMBIENTALE

Ing. Luca Rosadini  
Ing. Leonardo Marini

SETTORE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE VIABILITA' REGIONALE  
FIRENZE - PRATO - PISTOIA

**SOMMARIO**

<b>PREMESSA</b> .....	6
<b>1. RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	7
<b>2. INQUADRAMENTO</b> .....	8
2.1 Pericolosità idraulica dell'area .....	10
2.1.1 PGRA.....	10
2.1.2 Comune di Figline-Incisa .....	10
2.1.3 Comune di Castelfranco-Piandiscò.....	13
2.1.4 Comune di San Giovanni Valdarno .....	15
2.2 Reticolo idrografico e fasce di rispetto .....	15
2.3 Piano Stralcio: "Riduzione del Rischio Idraulico" .....	18
2.3.1 Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno ....	18
2.3.2 Carta delle aree allagate .....	19
2.4 Sovrapposizione tracciato viario con Cassa Pizziconi .....	20
<b>3. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI</b> .....	24
<b>4. TORRENTE FAELLA</b> .....	29
4.1 Introduzione .....	29
4.2 Analisi idrologica e calcolo delle portate .....	29
4.2.1 Calcolo LSPP.....	29
4.2.2 Parametri del modello idrologico .....	30
4.2.3 Risultati analisi idrologica.....	32
4.3 Analisi idraulica.....	33
4.3.1 Modello idraulico del torrente Faella .....	33
4.3.2 Risultati simulazioni Faella stato attuale .....	35
4.4 Interventi di progetto.....	38
4.4.1 Intervento di ripristino argine .....	39
4.4.2 Nuovo ponte sul torrente Faella .....	42
<b>5. RETICOLO IDROGRAFICO LRT79/2012 E SMI</b> .....	43
5.1 Introduzione .....	43
5.2 Analisi idrologica e calcolo delle portate .....	43
5.3 Analisi idraulica.....	46
5.3.1 Borro Volpaie .....	46
5.3.2 Borro Casanuova .....	48
5.3.3 Borro Burrone .....	50
<b>6. ARGINI</b> .....	51
6.1 Argine Casanuova II .....	51
6.2 Argine Volpaie .....	53
6.3 Adeguamento argine area esondabile in dx Faella.....	54
6.4 Rilevato stradale e argine cassa .....	56

---

<b>7.</b>	<b>RETE SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>57</b>
7.1	Definizione dei bacini scolanti .....	58
7.2	Calcolo delle portate .....	59
	7.2.1 Dati pluviometrici.....	59
	7.2.2 Coefficienti di deflusso .....	60
	7.2.3 Metodologia di stima delle portate .....	62
	7.2.4 Valutazione portate di riferimento .....	63
7.3	Dimensionamento e verifica della rete di drenaggio .....	64
	7.3.1 Impostazione progettuale dei fossi di guardia e verifiche idrauliche .....	66
7.4	Drenaggio della piattaforma stradale .....	69
	7.4.1 Piattaforma stradale verifiche idrauliche.....	69
7.5	Rete raccolta sversamenti accidentali .....	72
	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>74</b>

## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1.</b> Planimetria tracciato variante SRT69. ....	8
<b>Figura 2.</b> Estratto pericolosità idraulica PGRA. ....	10
<b>Figura 3.</b> Estratto Tav. IS1.11.2-Planimetria della Pericolosità idraulica Stato Attuale ai sensi del DPGR 53R/2011". ....	11
<b>Figura 4.</b> Estratto Tav. IS1.11.2-Planimetria della Pericolosità idraulica Stato di Progetto ai sensi del DPGR 53R/2011". ....	12
<b>Figura 5.</b> Estratto Tav. QC.I.02S-Aree a Pericolosità idraulica – SUD – Comune di Castelfranco-Piandiscò. ....	13
<b>Figura 6.</b> Particolare-Estratto Tav. QC.I.02S-Aree a Pericolosità idraulica – SUD – Comune di Castelfranco-Piandiscò. ....	14
<b>Figura 7.</b> Estratto Tav. QC.I.08-Aree Presidiate da Sistemi Arginali – Comune di Castelfranco-Piandiscò. ....	14
<b>Figura 8.</b> Estratto Tav. 2.11-Carta delle aree a pericolosità idraulica – Comune di San Giovanni Valdarno. ....	15
<b>Figura 9.</b> Carta del reticolo idrografico regionale (LRT 79/2012 e smi). ....	16
<b>Figura 10.</b> Borro Casanuova planimetria reticolo idrografico LRT73/2012 e smi – inserita planimetria reale (linea blu) ....	17
<b>Figura 11.</b> Carta degli interventi strutturali. ....	18
<b>Figura 12.</b> Carta delle aree allagate. ....	19
<b>Figura 13.</b> Estratto Tav. ID.05.02 Planimetria di drenaggio cassa nord. ....	20
<b>Figura 14.</b> Estratto Tav. ID.05.01 Planimetria di drenaggio cassa sud. ....	21
<b>Figura 15.</b> Estratto planimetria Tav. NOI 03 e NOI04 del 01/12/2017. ....	22
<b>Figura 16.</b> Estratto planimetria Tav. NOI 02 Planimetria degli interventi da Nulla osta idraulico Stralcio 1 Lotto 1 del 01/12/2017. ....	24
<b>Figura 17.</b> Confronto dei limiti della cassa di espansione "Pizziconi" definiti nella revisione del progetto preliminare 2° stralcio delle casse Prulli e Leccio e nel Piano Rischio Idraulico (area verde). ....	25
<b>Figura 18.</b> Individuazione dei tratti viari di progetto con funzione arginale e dei rilevati arginali supplementari. ....	27
<b>Figura 19.</b> Individuazione dei bacini idrografici analizzati-Torrente Faella ....	30
<b>Figura 20.</b> Modello idraulico torrente Faella – sovrapposizione ad ortofoto RT2016. ....	34
<b>Figura 21.</b> Estratto da ICM – Scenario stato attuale TR200 massimo allagamento. ....	35
<b>Figura 22.</b> Estratto da ICM – Scenario stato attuale TR30 massimo allagamento. ....	36
<b>Figura 23.</b> Estratto da ICM – Scenario attuale TR200 - limnogramma in area esondazione controllata. ....	37
<b>Figura 24.</b> Dettaglio interferenza tracciato di progetto ed argine zona esondazione controllata. ....	38
<b>Figura 25.</b> Planimetria adeguamento arginale. ....	39
<b>Figura 26.</b> Estratto da ICM – Stato di progetto Scenario TR200 massimo allagamento. ....	40
<b>Figura 27.</b> Estratto da ICM – Stato di progetto Scenario TR200 - limnogramma in area esondazione controllata. ....	40
<b>Figura 28.</b> Estratto da ICM – Stato di progetto Scenario TR200 – idrogramma alla sezione FA_T1_09. ....	42
<b>Figura 29.</b> Bacini scolanti - estensione areale. ....	44
<b>Figura 30.</b> Borro Volpaie estratto da planimetria di progetto. ....	47
<b>Figura 31.</b> Borro Volpaie planimetria tracciato attuale. ....	48
<b>Figura 32.</b> Borro Casanuova estratto da planimetria di progetto. ....	49
<b>Figura 33.</b> Borro Burrone estratto da planimetria di progetto. ....	50
<b>Figura 34.</b> Argine Casanuova II estratto da planimetria di progetto. ....	51
<b>Figura 35.</b> Argine Casanuova II – sezione tipo. ....	52
<b>Figura 36.</b> Intervento argine dx Volpaie – sezione 323. ....	53
<b>Figura 37.</b> Intervento adeguamento argine area esondabile in dx Faella – planimetria. ....	54
<b>Figura 38.</b> Intervento adeguamento argine area esondabile in dx Faella – sezione tipo. ....	55



---

<b>Figura 39.</b> Bacini scolanti reticolo idraulico .....	58
<b>Figura 40.</b> Bacini scolanti reticolo idraulico e aree impermeabili (retino magenta).....	61
<b>Figura 41.</b> Schema della cunetta stradale.....	70

---

## PREMESSA

Questa relazione tecnica è redatta a supporto del Progetto Definitivo "S.R.T. n. 69 Variante in riva destra del fiume Arno - Lotto 5 - Variante Urbinese".

Il progetto preliminare dell'opera è stato sottoposto a procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA e con provvedimento 7876 del 28/05/2020 emesso da SETTORE VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE - VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA - OPERE PUBBLICHE DI INTERESSE STRATEGICO REGIONALE è stato determinato di escludere il progetto da VIA con l'emissione di alcune prescrizioni ed osservazioni.

Questo studio idraulico va a recepire le prescrizioni e le indicazioni contenute nel decreto individuando opportune soluzioni progettuali.

Questa relazione descrive gli aspetti del progetto dell'infrastruttura viaria relativi alle tematiche inerenti al rischio idraulico e alla gestione delle interferenze con il reticolo idraulico della Regione Toscana (LRT79/2012) ed il reticolo di drenaggio minore.

La realizzazione dell'infrastruttura viaria interagisce con la cassa di espansione Pizziconi secondo Lotto (modulo 11) poiché viene previsto che un tratto di tracciato debba svolgere anche la funzionalità di argine di contenimento della cassa, sono quindi definiti gli interventi necessari per tale funzionalità.

## 1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il quadro normativo di riferimento vigente al momento è il seguente:

- R.D. 25 luglio 1904 n.523 Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie;
- DPCM n. 226 del 5/11/99 "Approvazione del Piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico del bacino del fiume Arno";
- D.L. 180/89 e successive modifiche;
- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49: "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni".
- DPGR N°53/R del 25/10/2011 (regolamento di attuazione dell'art.62 della LR 1/2005);
- L.R. n. 41 del 24/07/2018 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014";
- DPGR N°5/R del 30 gennaio 2020 (regolamento di attuazione dell'art.104 della LR 65/2014);
- L.R. n.79 del 27/12/2012 "Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla l.r. 69/2008 e alla l.r.91/1998. Abrogazione della l.r. 34/1994.".
- D. Lgs 152/06 "Norme in materia ambientale";
- LR 20 del 31/05/2006 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento" e Regolamento regionale 23 maggio 2003 n°28/R e 8 settembre 2008 n°46/R e Regolamento 66/R del 11 novembre 2014.

Gli studi e le verifiche idrauliche eseguite sono conformi al suddetto quadro normativo.

## 2. INQUADRAMENTO

Il progetto prevede la realizzazione di un collegamento viario tra la località Matassino, nel comune di Figline Incisa e la rotonda esistente (rotonda 5) denominata: "Le Fornaci", nel comune di San Giovanni Valdarno (vedi figura sotto).

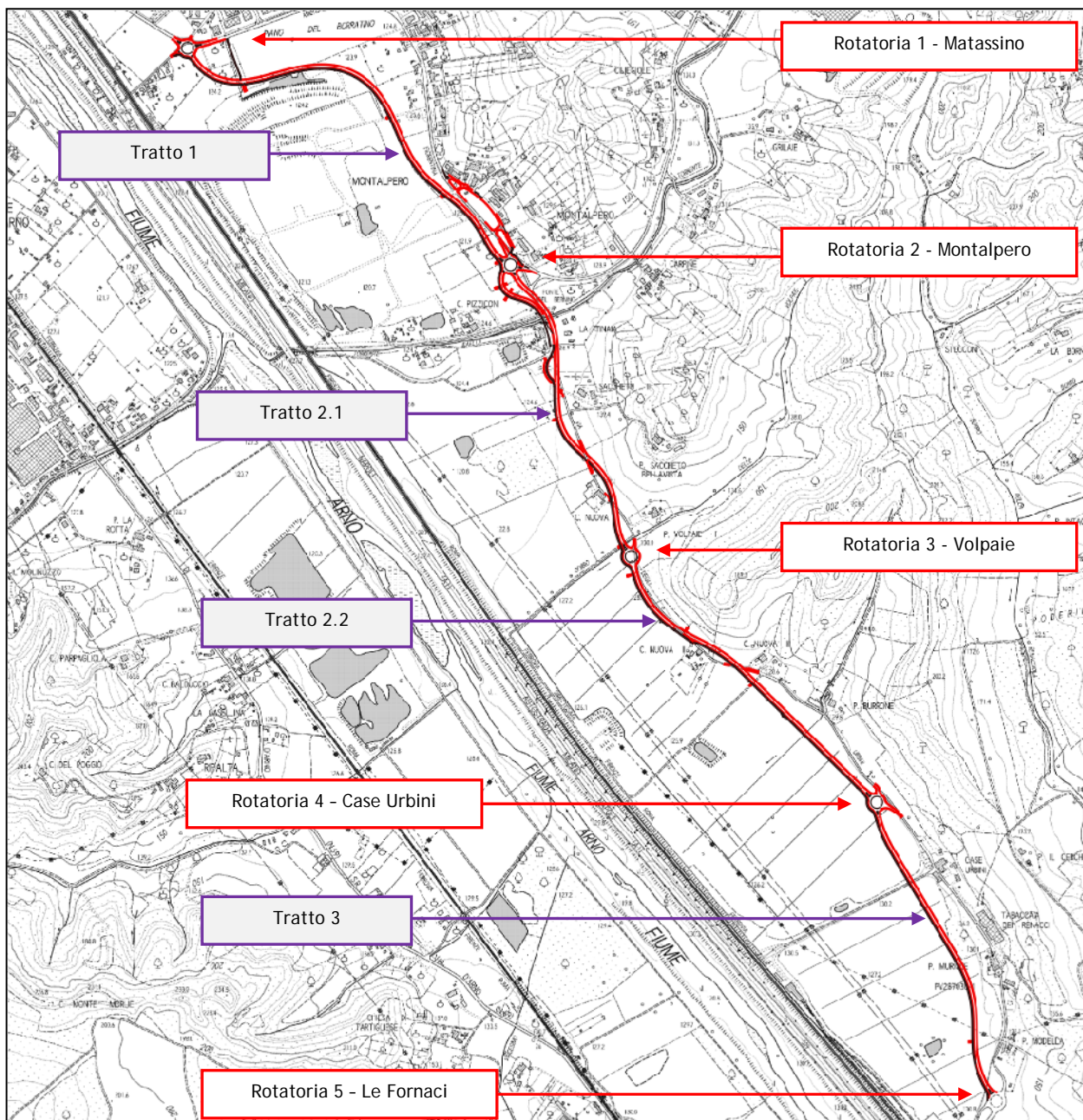


Figura 1. Planimetria tracciato variante SRT69.

Il tracciato planimetrico è stato suddiviso nel progetto in tre tratti partendo da nord verso sud.

#### **Tratto 1 - dalla Rotatoria 1 Matassino alla Rotatoria 2 Montalpero.**

Il tracciato, partendo dalla rotatoria a sud dell'abitato di Matassino, si sviluppa verso sud sino ad una nuova intersezione a rotatoria a quattro bracci: "rotatoria Montalpero. L'intersezione a rotatoria Montalpero, oltre alla nuova infrastruttura (braccio in direzione nord-ovest) comprende la SP 124 "Urbinese" della Città Metropolitana di Firenze (braccio in direzione nord non adeguato e braccio tratto 2 in direzione sud) e SP 9 "Fiorentina" della Provincia di Arezzo (braccio in direzione est). Il tracciato attraversa l'Impianto di betonaggio in Loc. Borratino, rimanendo tangente all'argine della Cassa di Espansione Pizziconi, in maniera tale da interessare al minimo l'impianto stesso;

#### **Tratto 2.1 - dalla Rotatoria 2 Montalpero alla Rotatoria 3 Volpaie**

Dopo il Podere del Bernino, la SRT 69 procede sinuosamente, ponendosi a debita distanza dai poderi Saccheto, Casa Nuova e Volpaie.

#### **Tratto 2.2 - dalla Rotatoria 3 Volpaie alla Rotatoria 4 Case Urbini**

Nel tratto tra il Podere Volpaie ed il podere Casa Nuova II la nuova SRT 69 ripercorre la strada esistente nel tratto in curva che costeggia un tratto boscoso, poi per distanziarsi dal podere Casa Nuova II. Quindi la nuova strada sale in quota e, con sezione a mezza costa, rimane tangente al bosco, per poi ridiscendere verso il podere Casa Nuova III; da qui prosegue in rettilineo per immettersi nella Rotatoria 4 Case Urbini;

#### **Tratto 3 - dalla Rotatoria 4 Case Urbini alla Rotatoria 5 (esistente) Le Fornaci**

Il tratto 3 del tracciato raggiunge la rotatoria già realizzata dalla Provincia di Arezzo a sud del podere Modella, in Comune di San Giovanni Valdarno.

Sul lato della ovest della carreggiata stradale (lato cassa espansione) viene prevista la realizzazione di una pista ciclabile che si svilupperà per l'intero tracciato di variante.

## 2.1 PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA

### 2.1.1 PGRA

La figura seguente riporta un estratto del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità Di Bacino Distrettuale Dell'appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno).

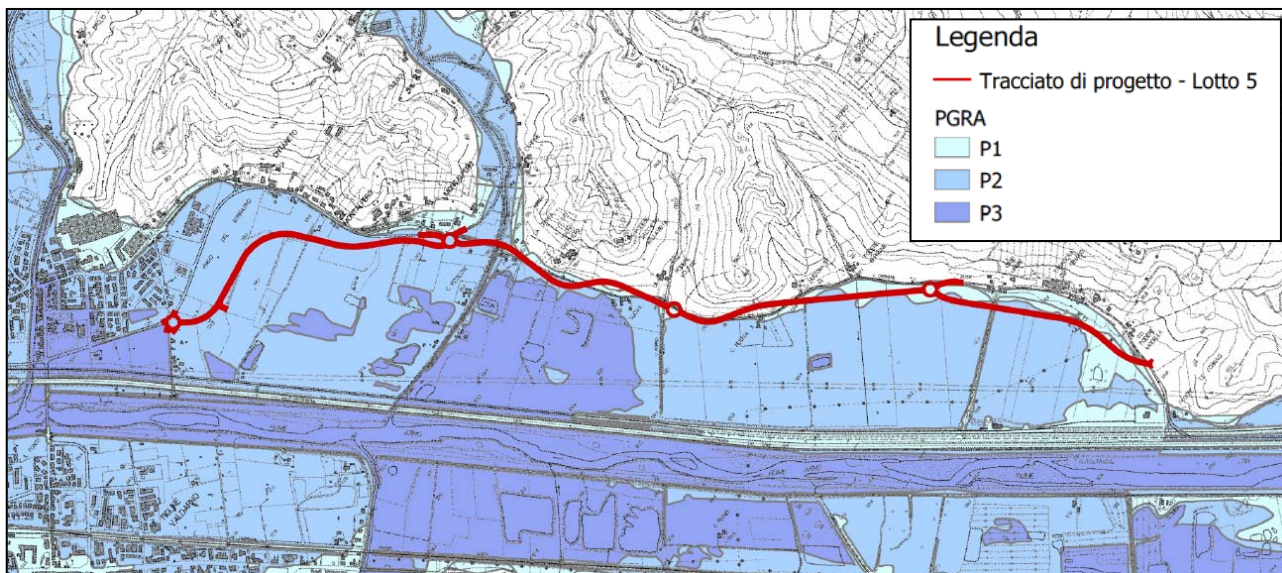


Figura 2. Estratto pericolosità idraulica PGRA.

Nel PGRA le aree con pericolosità da alluvione fluviale sono rappresentate su tre classi, secondo il seguente schema:

- pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

L'area interessata dal tracciato di variante SRT69 ricade in parte in pericolosità da alluvione media P2 e in parte in pericolosità da alluvione bassa P1.

Si precisa che questa mappa non è aggiornata con la realizzazione della cassa di espansione Pizziconi.

### 2.1.2 COMUNE DI FIGLINE-INCISA

Le figure seguenti riportano un estratto delle planimetrie relative alla pericolosità idraulica che costituiscono il quadro conoscitivo del Piano Strutturale del comune di Figline e Incisa Valdarno adottato con Delibera C.C. n. 4 del 20.01.2020.

In particolare si riportano le tavole:

- *"Tav. IS1.11.2-Planimetria della Pericolosità idraulica Stato Attuale ai sensi del DPGR 53R/2011"*



➤ "Tav. IS1.11.4-Planimetria della Pericolosità idraulica Stato di Progetto ai sensi del DPGR 53R/2011"

in cui si riportano le aree a pericolosità idraulica nello stato attuale e nello stato di progetto. Lo stato di progetto considera lo scenario post realizzazione del I° Lotto della Cassa di Espansione Pizziconi e la sistemazione del reticolo idraulico di pertinenza.

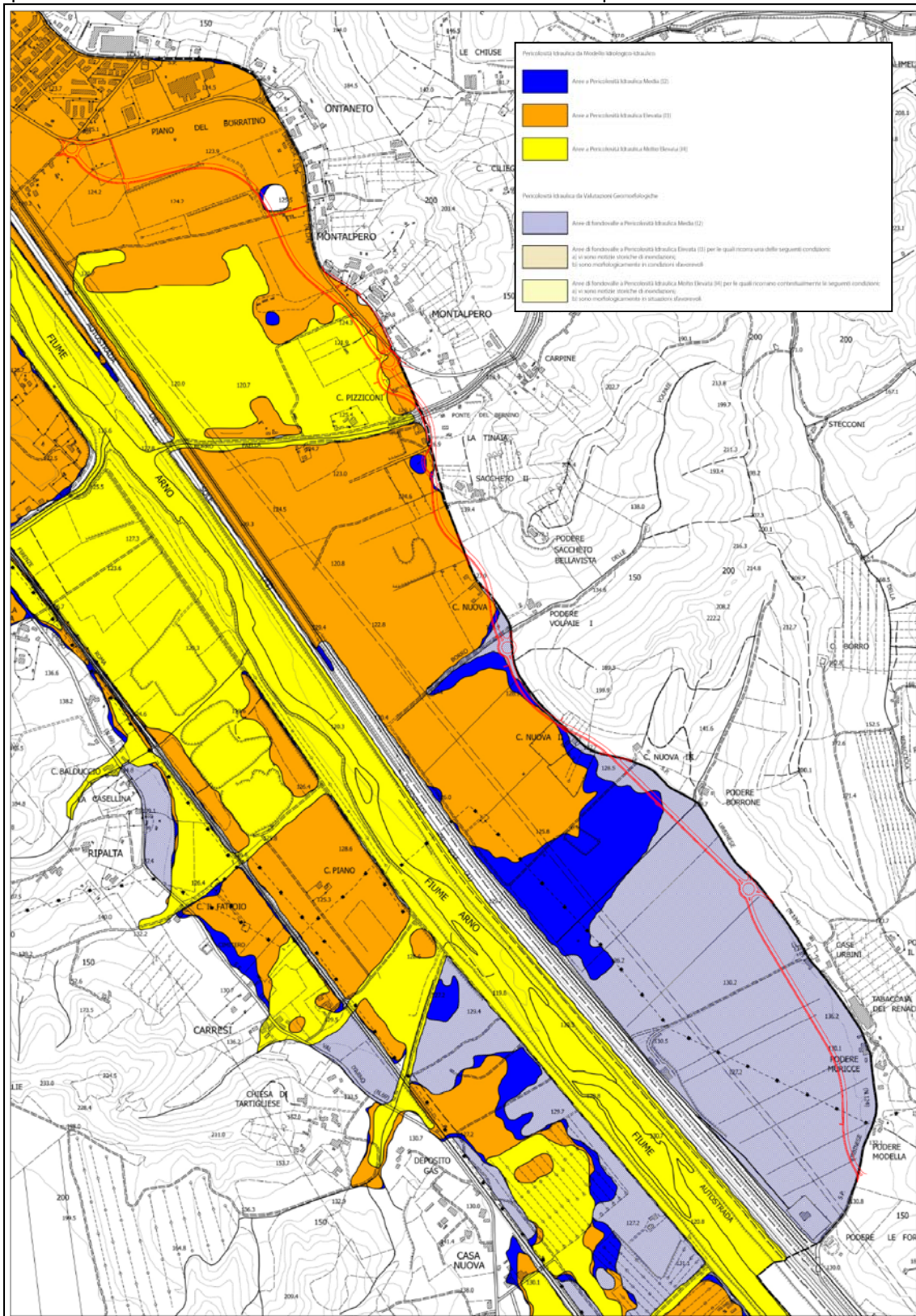


Figura 3. Estratto Tav. IS1.11.2-Planimetria della Pericolosità idraulica Stato Attuale ai sensi del DPGR 53R/2011".



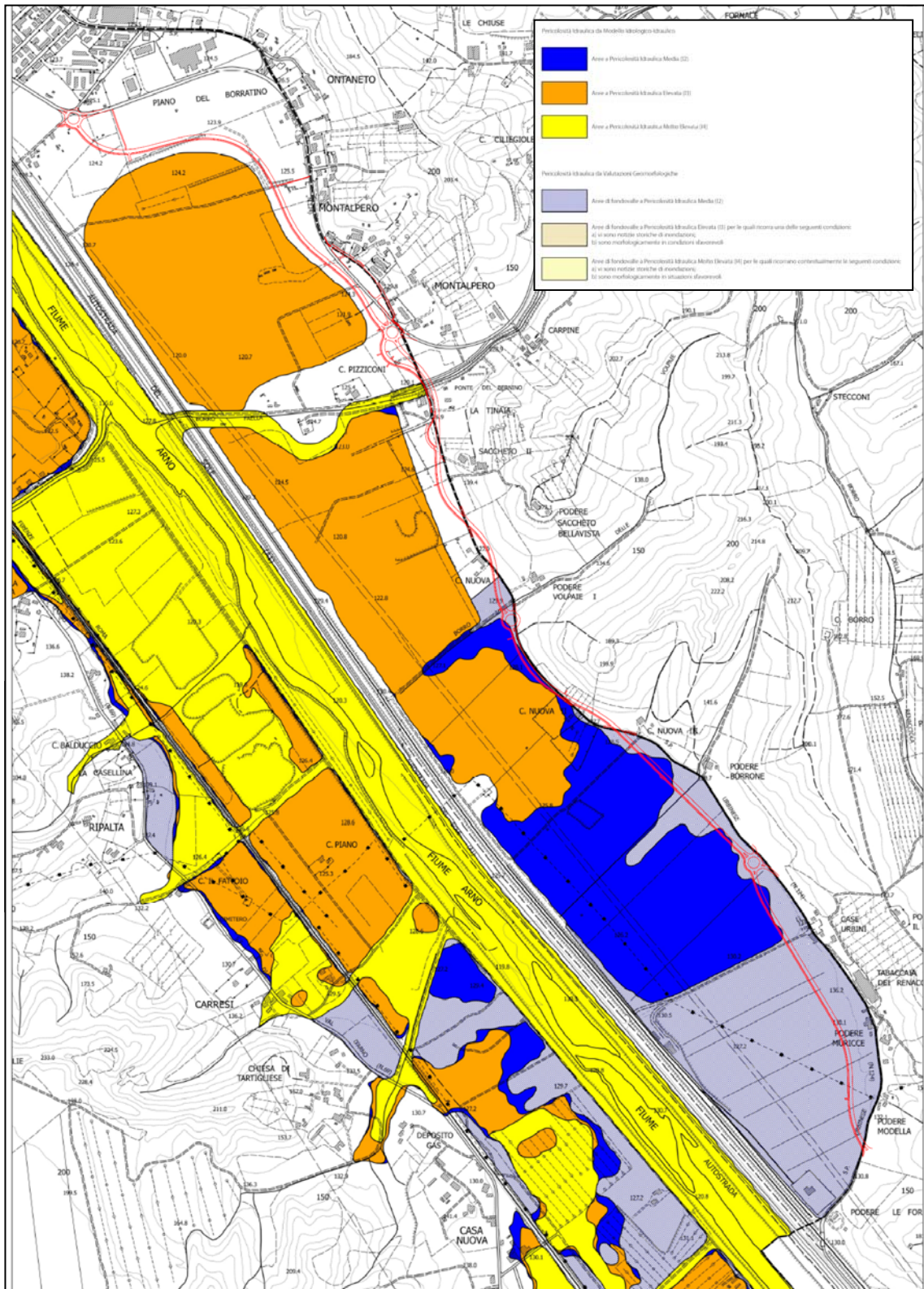


Figura 4. Estratto Tav. IS1.11.2-Planimetria della Pericolosità idraulica Stato di Progetto ai sensi del DPGR 53R/2011”.

Nello scenario di progetto l’asse viario risulta esterno alle pericolosità idrauliche nel tratto nord fino alla rotatoria 3-Volpaie. Il tratto successivo presenta minime parti ricadenti in pericolosità idraulica media (I2).



### 2.1.3 COMUNE DI CASTELFRANCO-PIANDISCÒ

Si riportano di seguito alcuni estratti degli elaborati che compongono il quadro conoscitivo del Piano Strutturale adottato con Delibera C.C. n. 5 del 08/01/2019.

Di seguito un estratto della Tavole: QC.I.02S-Aree a Pericolosità idraulica - SUD.

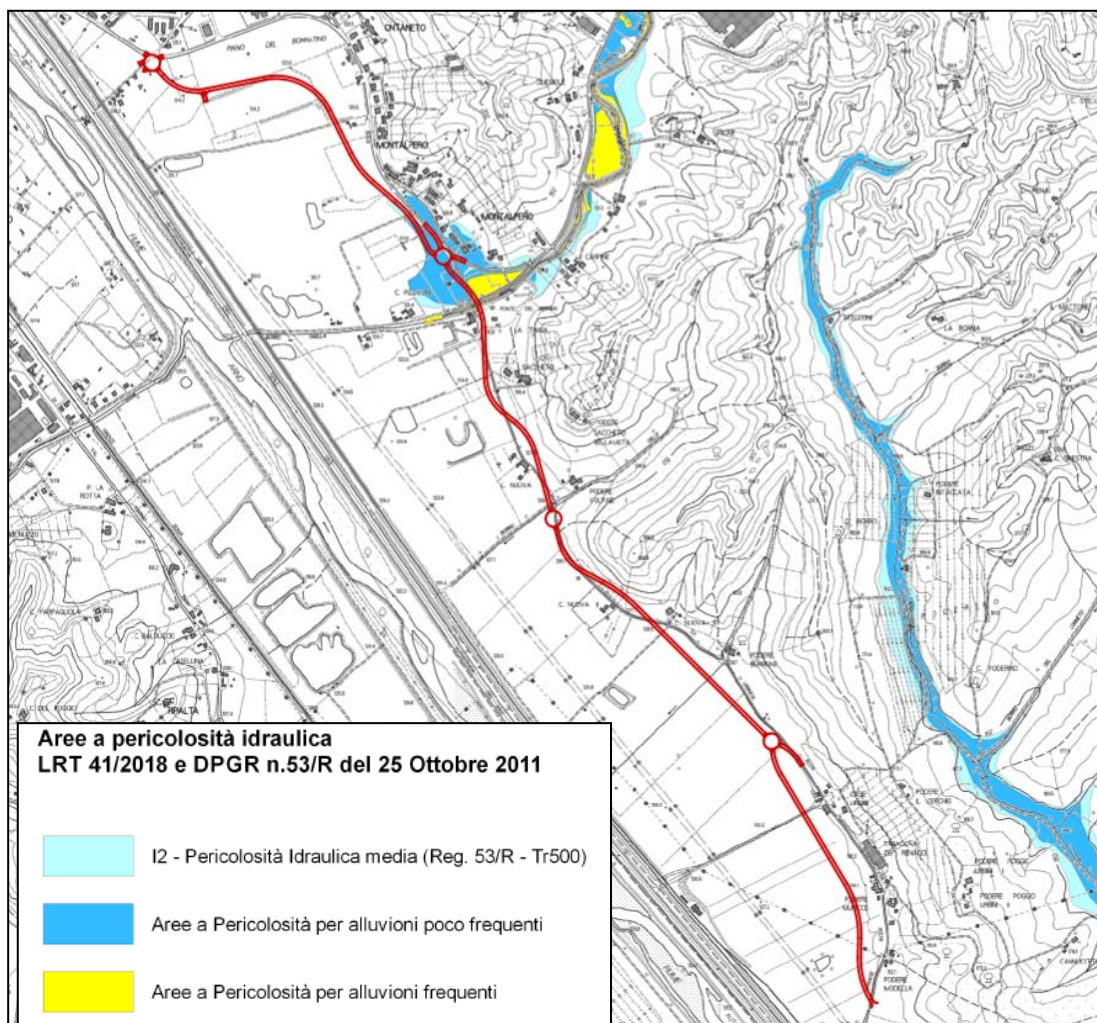


Figura 5. Estratto Tav. QC.I.02S-Aree a Pericolosità idraulica - SUD - Comune di Castelfranco-Piandiscò.

L'unico tratto interessato da pericolosità idraulica è quello relativo alla rotatoria 2-Montalpero.

Di seguito si riporta un ingrandimento dell'estratto sopra, in cui si evidenzia l'interferenza del tracciato viario di progetto SRT Lotto 5 con le aree a pericolosità idraulica derivanti dallo studio idrologico-idraulico del Torrente Faella. In particolare è da notare come la presenza di un'area di esondazione controllata in destra idraulica del Faella interferisce con parte della nuova infrastruttura stradale e come la rotatoria e parte dei due bracci rispettivamente in direzione nord-ovest e sud est, ricadano in pericolosità per alluvione poco frequenti (allagamento per  $Tr=200$  anni).

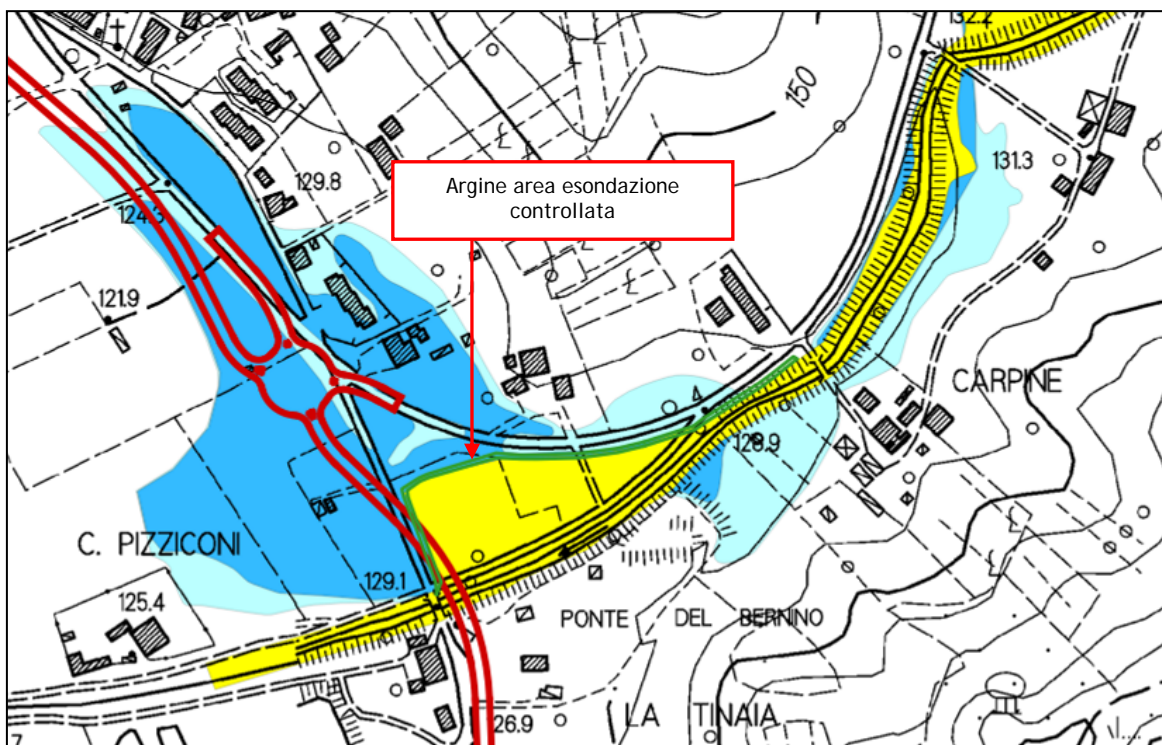


Figura 6. Particolare-Estratto Tav. QC.I.02S-Aree a Pericolosità idraulica - SUD - Comune di Castelfranco-Piandiscò.

Di seguito un estratto della Tavole: QC.I.08-Area Presidiate da Sistemi Arginali da cui risulta evidente come una parte del braccio della rotatoria 2-Montalpero che esce in direzione sud-est e quello che si ricollega alla SP n.9 Fiorentina ricadano all'interno delle aree presidiate da sistemi arginali.

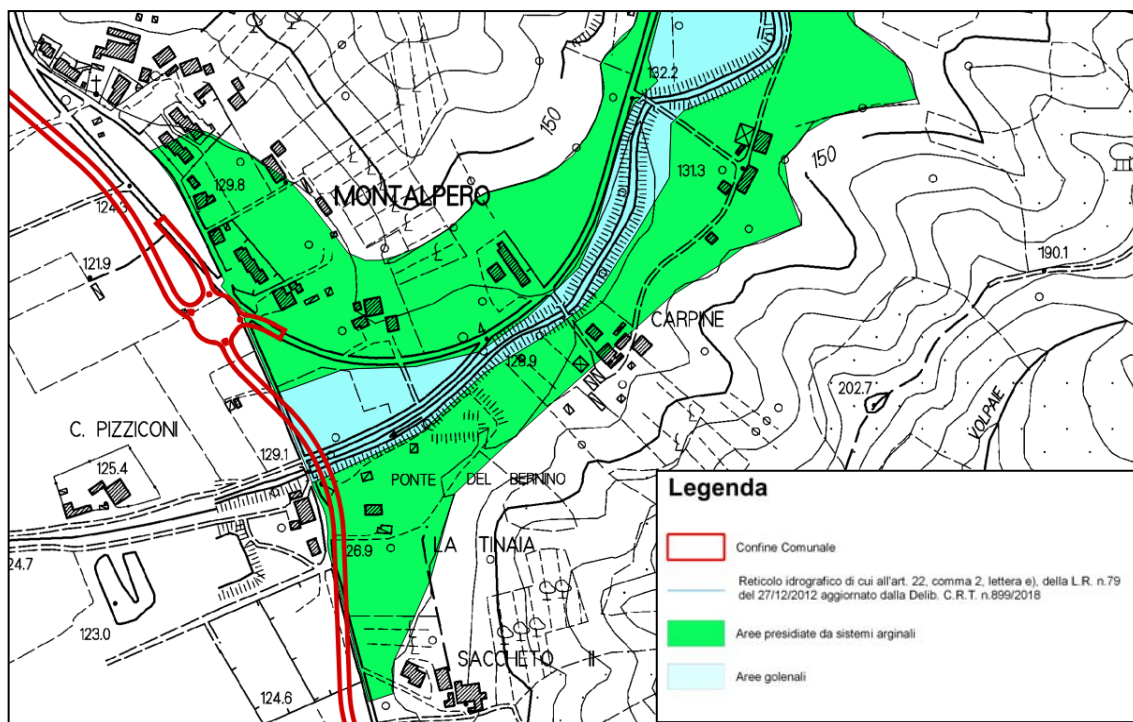


Figura 7. Estratto Tav. QC.I.08-Aree Presidiate da Sistemi Arginali - Comune di Castelfranco-Piandiscò.



### 2.1.4 COMUNE DI SAN GIOVANNI VALDARNO

Si riporta di seguito un estratto della tavola: 2.11 - Carta delle aree a pericolosità idraulica allegata al quadro conoscitivo del Piano Strutturale approvato con Del. C.C. n.3 del 08/01/2014).

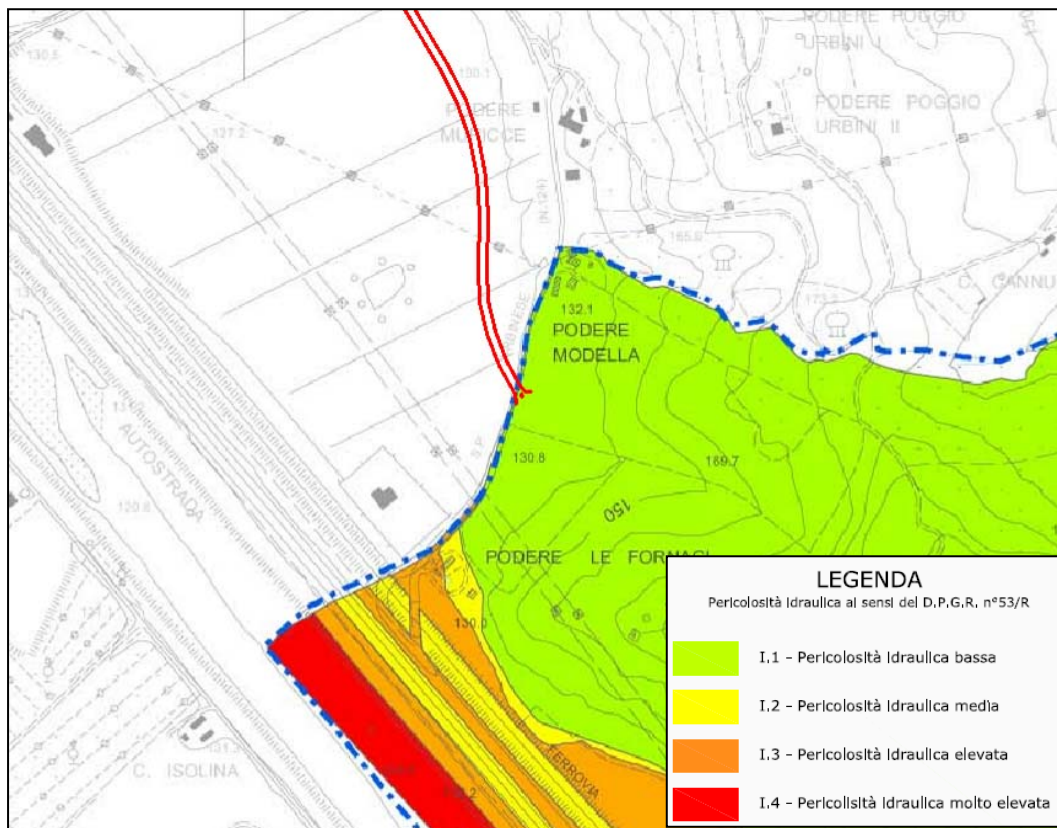


Figura 8. Estratto Tav. 2.11-Carta delle aree a pericolosità idraulica - Comune di San Giovanni Valdarno.

Il tratto iniziale che riparte dalla rotatoria 5 esistente denominata "Le Fornaci" ricade in pericolosità idraulica bassa.

### 2.2 RETICOLO IDROGRAFICO E FASCE DI RISPETTO

Di seguito si riporta un estratto della carta del reticolo regionale (LRT 79/2012), aggiornato con Delibera del Consiglio 20/2019. Risulta che il tracciato viario di progetto interessa quattro corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale. Partendo da nord verso sud:

1. Torrente Faella (AV9857);
2. Borro delle Volpaie (AV10346);
3. Borro Casanuova (AV10744);
4. Fosso Burrone (AV10744).





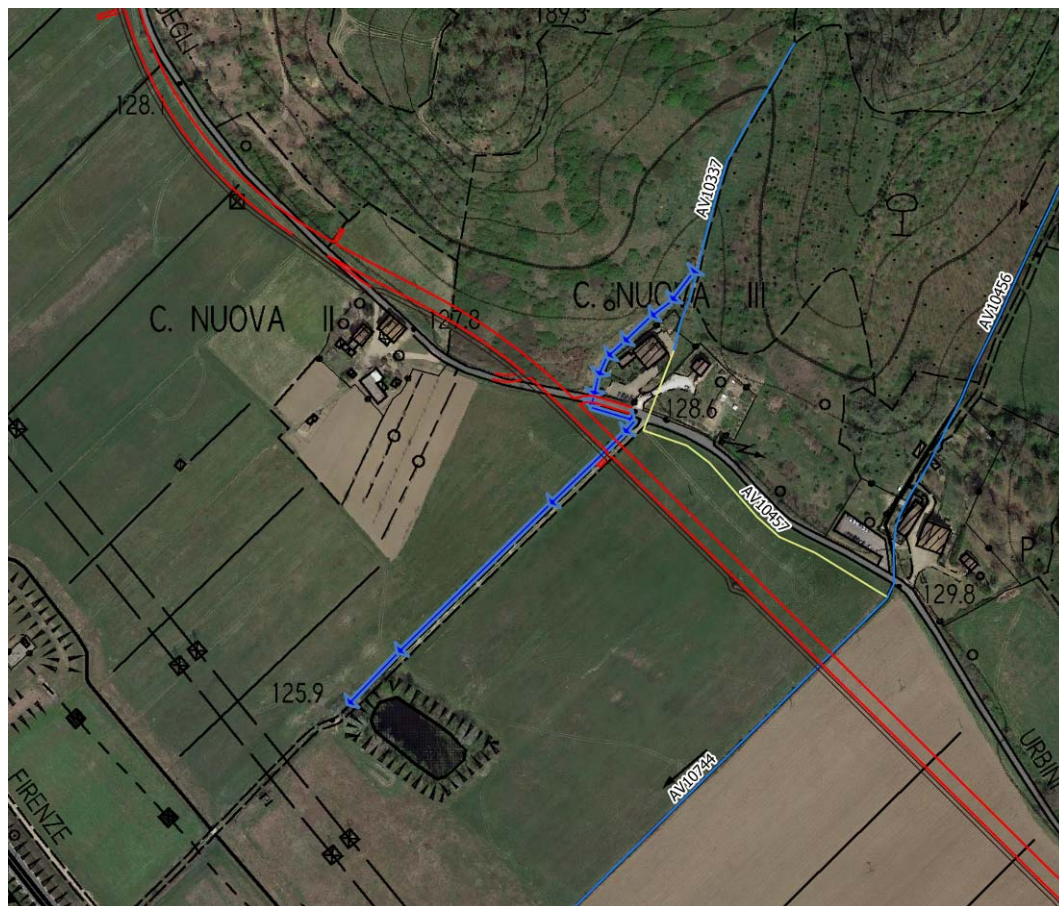


Figura 10. Borro Casanuova planimetria reticolo idrografico LRT73/2012 e smi - inserita planimetria reale (linea blu)

## 2.3 PIANO STRALCIO: "RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO"

### 2.3.1 CARTA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NEL BACINO DELL'ARNO

Di seguito si riporta un estratto della "Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno", facente parte del Piano Stralcio del Fiume Arno - Stralcio "Rischio Idraulico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Legge 18 Marzo 1989 n.183).

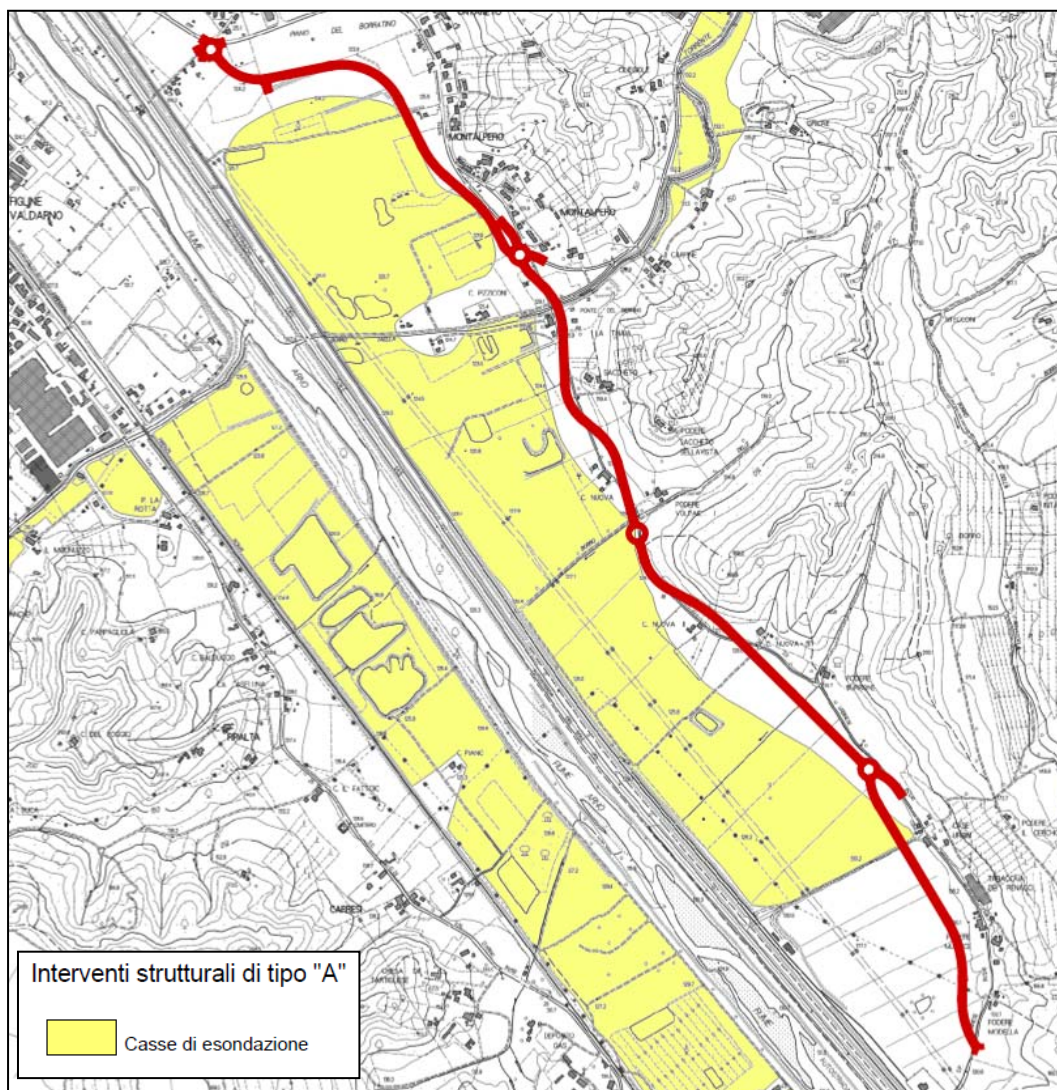


Figura 11. Carta degli interventi strutturali.

Tale estratto mostra le aree vincolate per la realizzazione di interventi strutturali tipo A per la mitigazione del rischio idraulico.



### 2.3.2 CARTA DELLE AREE ALLAGATE

Si riporta un estratto della Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi 1966-1999, facente parte del Piano Stralcio del Fiume Arno - Stralcio "Rischio Idraulico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Legge 18 Marzo 1989 n.183).

Il tracciato viario di progetto ricade in gran parte all'interno delle aree interessate da inondazioni eccezionali con l'eccezione di un tratto in prossimità e a monte della rotatoria 2-Montalpero che ricade nelle aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992-1993.

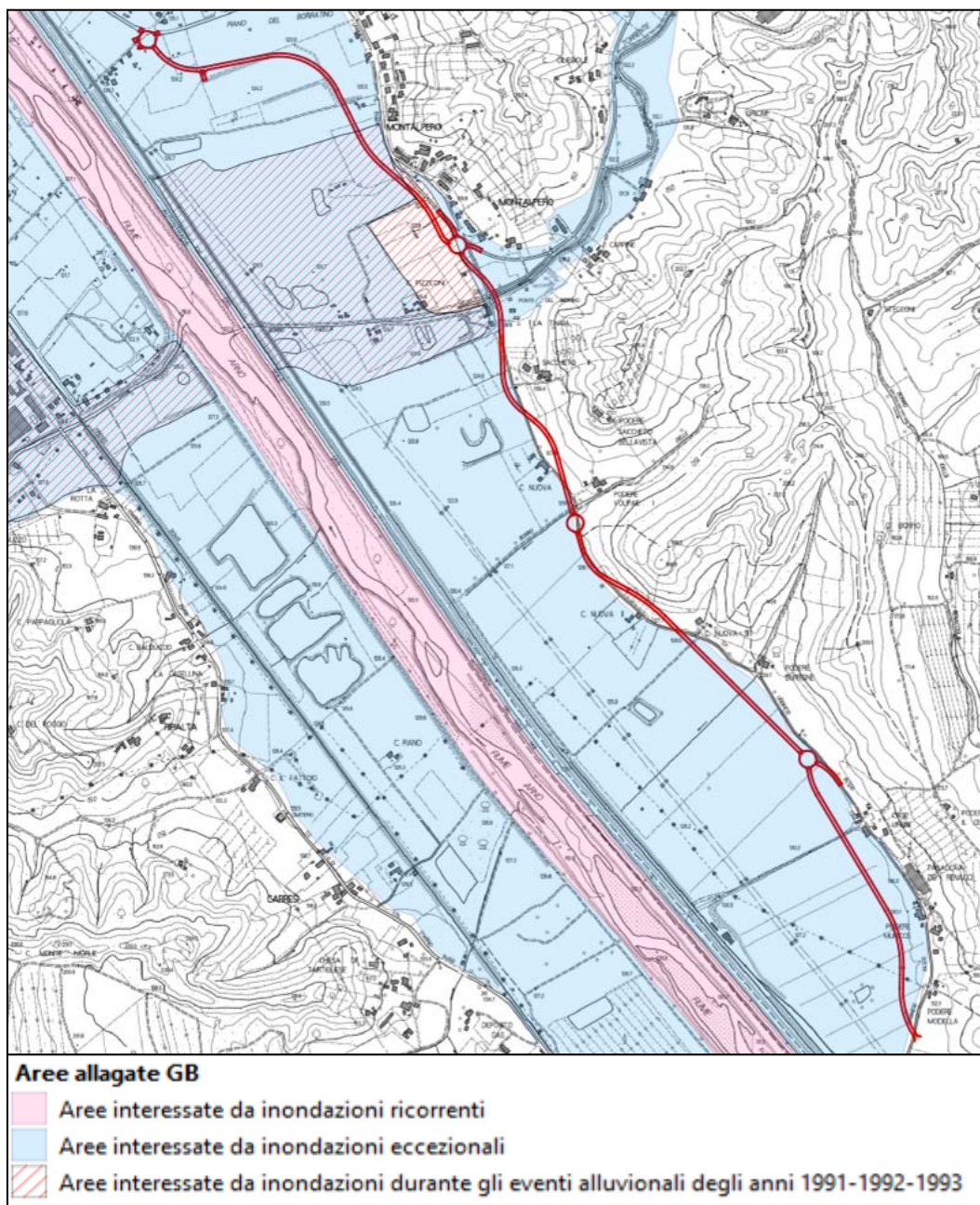
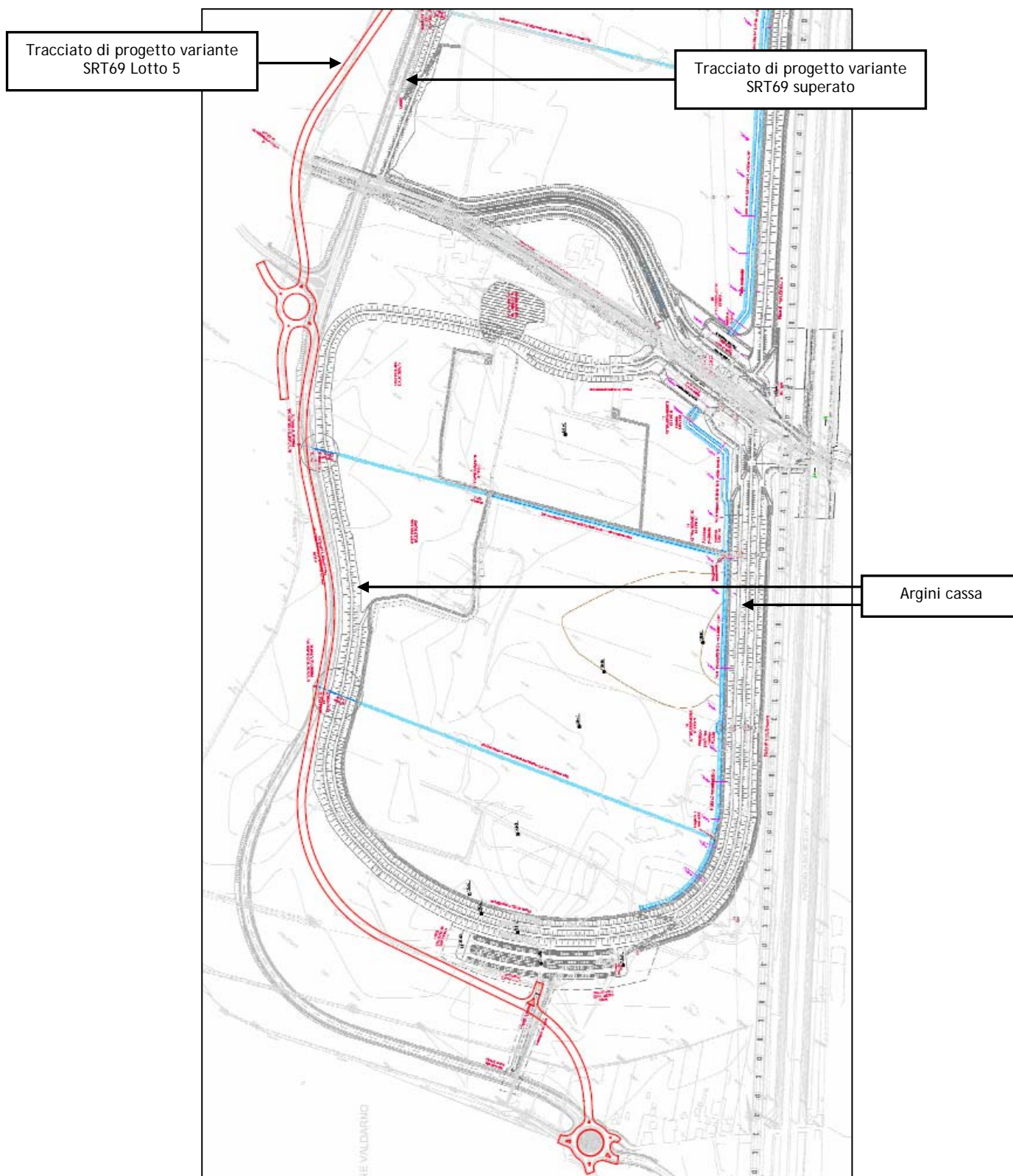


Figura 12. Carta delle aree allagate.

## 2.4 SOVRAPPOSIZIONE TRACCIATO VIARIO CON CASSA PIZZICONI

Si riportano di seguito alcuni estratti delle planimetrie progettuali del: *"1° stralcio/1° Lotto Cassa di espansione Pizziconi e sistemazione del reticolo idraulico di pertinenza - Progetto Esecutivo - data:14/Settembre/2009"* con la sovrapposizione del tracciato viario di progetto.





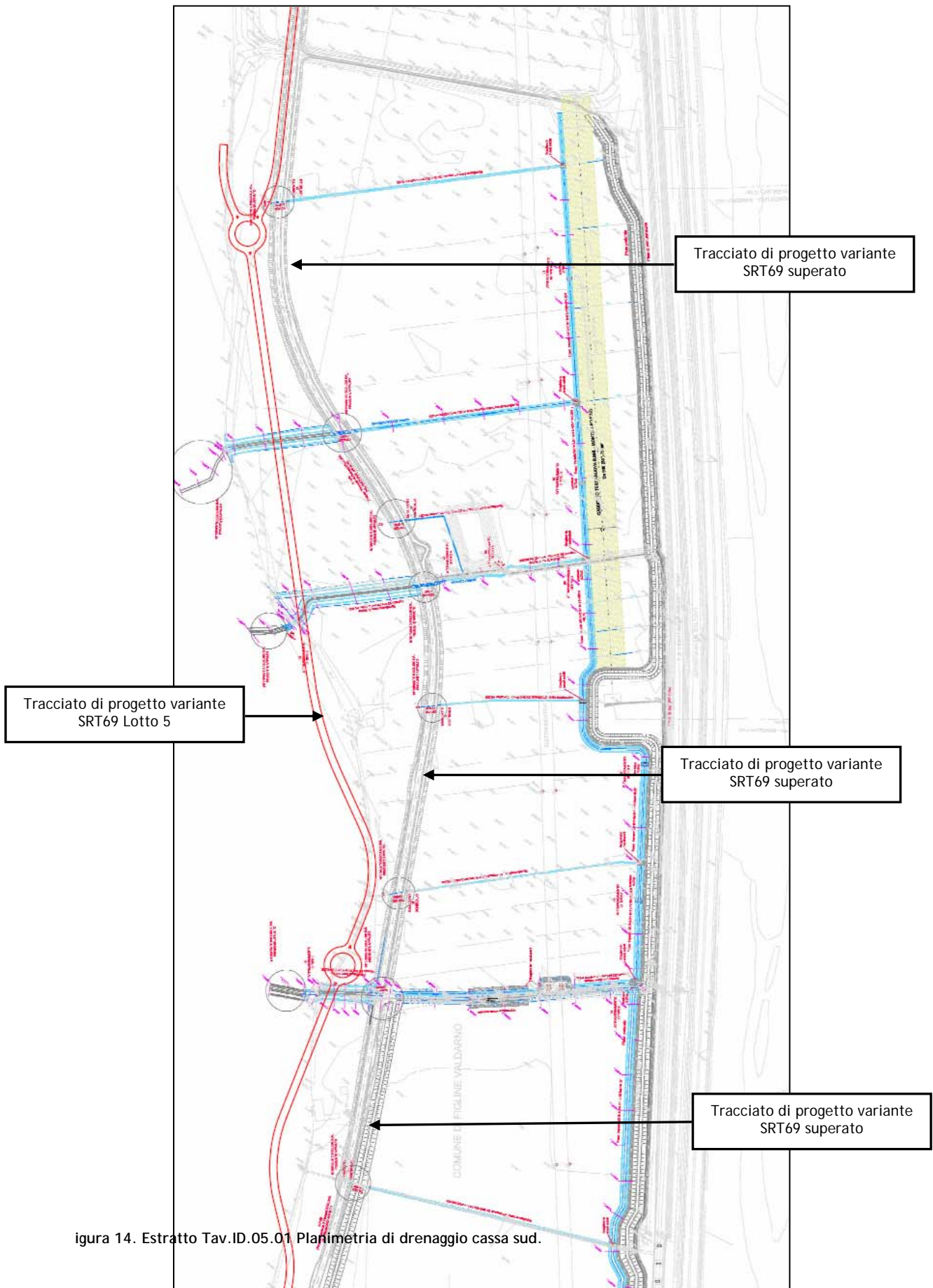


figura 14. Estratto Tav.ID.05.01 Planimetria di drenaggio cassa sud.

Nella figura seguente si riporta un estratto della planimetria dello stato realizzato cassa Pizziconi Lotto 1 derivante dagli elaborati redatti per il Nulla osta idraulico in data 01/12/2017 (Tav.NOI 03 e NOI 04).



Figura 15. Estratto planimetria Tav. NOI 03 e NOI04 del 01/12/2017.

Come si evince dall'analisi delle figure riportate sopra, risulta evidente che il tracciato della nuova S.R.69 Lotto 5 (in rosso) rimane esterno alle arginature della cassa di espansione Pizziconi nel tratto nord, dal Matassino, rotatoria 1- Matassino, fino al borro delle Volpaie, analogamente a quanto previsto dal sorpassato progetto della variante S.R.69 riportato nelle tavole progettuali del progetto esecutivo della cassa Pizziconi.

### 3. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Dal borro Volpaie (Rotatoria 3) fino al limite sud della cassa di espansione, costituito dalla strada che dalla località Case Urbini corre in direzione sud-ovest, il rilevato stradale di progetto svolgerà anche il ruolo di rilevato arginale della cassa di espansione Pizziconi modulo 11 (vedere Figura 17).

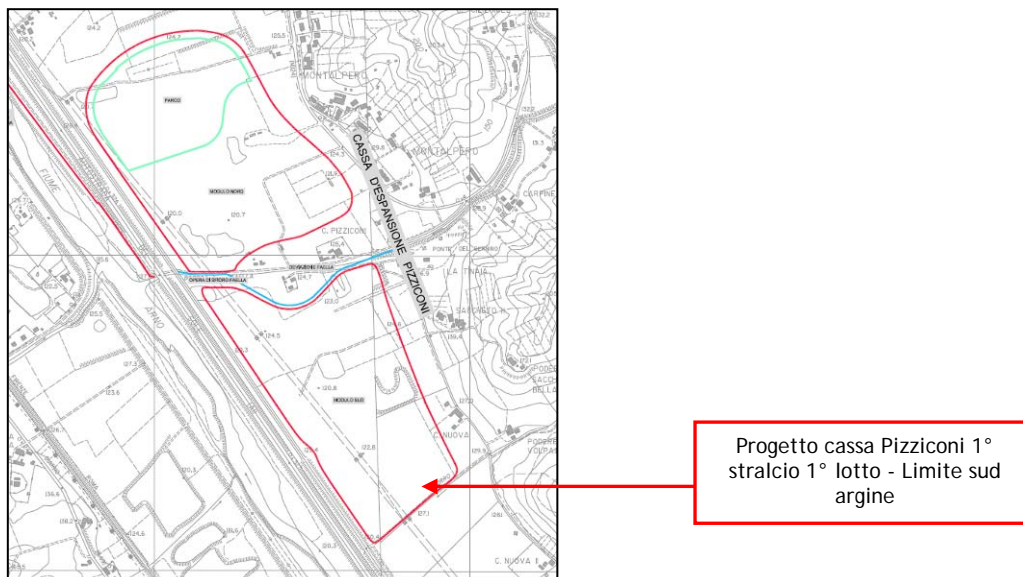


Figura 16. Estratto planimetria Tav. NOI 02 Planimetria degli interventi da Nulla osta idraulico Stralcio 1 Lotto 1 del 01/12/2017.

In figura seguente si riporta un estratto dalla relazione idrologico-idraulica del "I° Stralcio/III° lotto - Cassa d'espansione Restone e adeguamento argini tra t.Cesto e t.Ponterosso" emessa in marzo 2019 dove viene riportato il confronto dei limiti della cassa di espansione "Figline" definiti nella revisione del progetto preliminare 2° stralcio delle casse Prulli e Leccio e nel Piano Rischio Idraulico. In questo estratto sono identificati i vari moduli della cassa Pizziconi: il modulo 1 e 2 sono stati realizzati mentre il modulo Pizziconi 11 è tuttora in fase di progettazione.



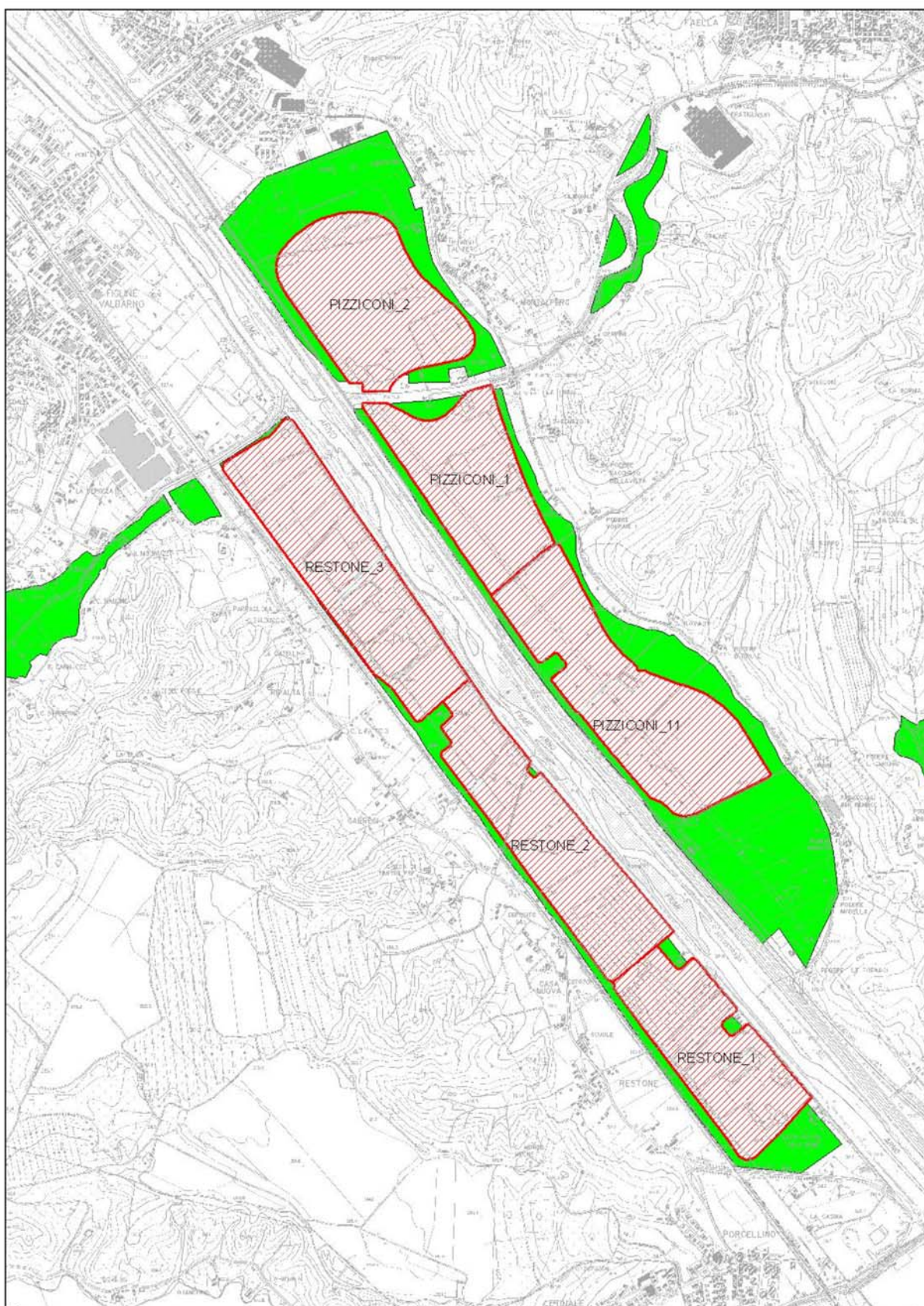


Figura 17. Confronto dei limiti della cassa di espansione "Pizziconi" definiti nella revisione del progetto preliminare 2° stralcio delle casse Prulli e Leccio e nel Piano Rischio Idraulico (area verde).

Risulta necessario prevedere un collegamento arginale tra il rilevato arginale realizzato in corrispondenza del borro delle Volpaie e il nuovo rilevato stradale di progetto, in modo da dare continuità all'opera arginale di contenimento della cassa di espansione Pizziconi Lotto 1 già realizzata.

Deve inoltre essere previsto un rilevato arginale a protezione delle abitazioni in località "Casa Nuova II", in quanto questo nucleo abitato rimane a valle del rilevato stradale e quindi necessita di una protezione arginale.

Nella figura seguente si riporta uno schema in cui si evidenzia il tratto viario di progetto con funzione di rilevato arginale e i rilevati arginali supplementari per la corretta funzionalità della cassa di espansione Pizziconi e la tutela idraulica dei nuclei abitati esistenti.

Il livello idrico atteso in cassa per un evento duecentennale si attesta, secondo le indicazioni degli studi idrologico-idraulici di supporto alla progettazione esecutiva, a quota 127.50 m slm. I rilevati arginale della cassa sono stati realizzati prevedendo un franco di un metro su questo livello e quindi alla quota di 128.50 m slm. Questa quota rappresenta, anche per il rilevato stradale con funzione di argine e per gli interventi arginali supplementari, la quota di riferimento minima da adottare come estradosso del piano viario (tracciato SRT Lotto5) o del coronamento degli argini complementari previsti in questo progetto (chiusura argine in dx Volpaie e argine Casanuova II).



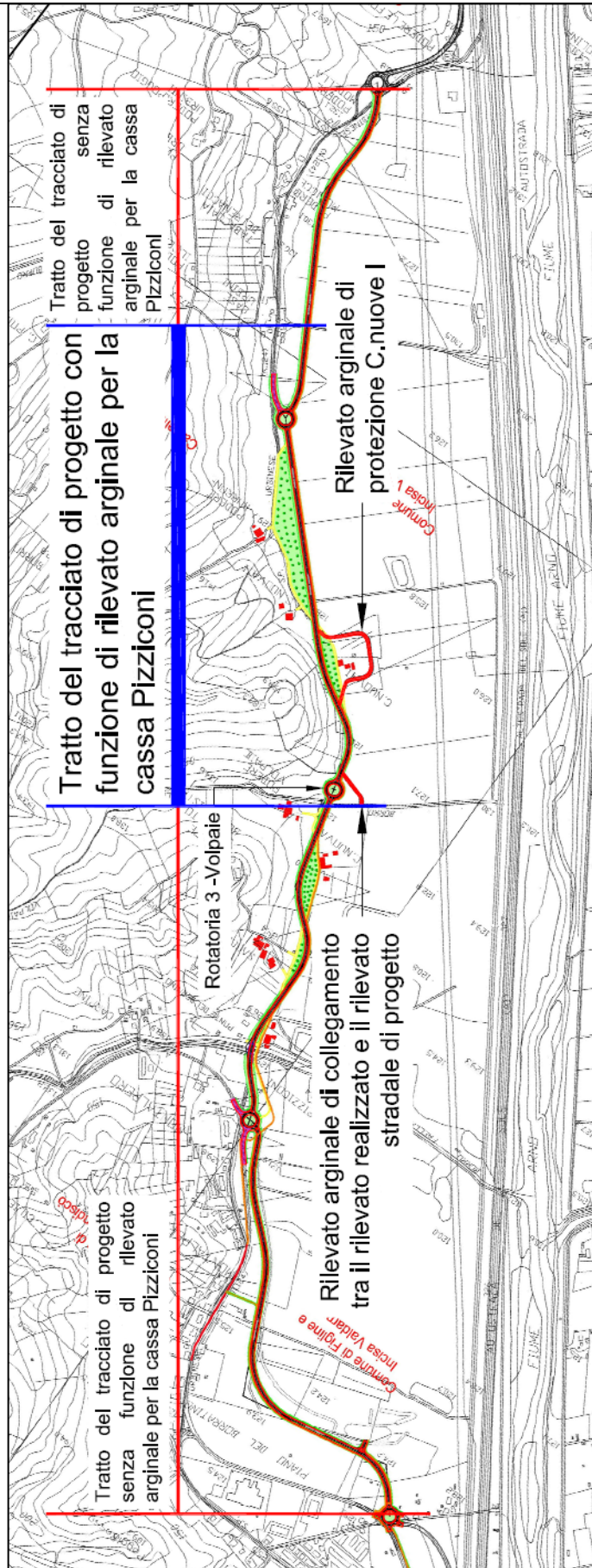


Figura 18. Individuazione dei tratti viari di progetto con funzione arginale e dei rilevati arginali supplementari.

---

In riferimento alle sezioni utilizzate nella redazione del progetto della Variante SRT69 Lotto 5 il tratto di rilevato stradale che dovrà svolgere anche la funzione di argine della cassa espansione Pizziconi modulo 11 si estende per circa 1300 m dalla rotatoria 3 Volpaie sino alla progressiva +243.17 del tratto T4.

In questo tratto la quota minima del pano viario di progetto deve essere non inferiore a 128.50 m slm.



## 4. TORRENTE FAELLA

### 4.1 INTRODUZIONE

Il tracciato del lotto 5 prevede l'attraversamento del torrente Faella che è il corso d'acqua più significativo interessato dal tracciato stradale della variante.

Qui viene sviluppata l'analisi di dettaglio che deve fornire indicazioni specifiche per quanto riguarda le caratteristiche idrauliche dell'attraversamento di progetto e degli interventi da eseguirsi sul torrente Faella per la mitigazione del rischio idraulico che nello stato attuale interessa la rotatoria di progetto di Montalpero.

### 4.2 ANALISI IDROLOGICA E CALCOLO DELLE PORTATE

La modellazione idrologica è stata eseguita utilizzando i dati delle curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'aggiornamento delle LSPP (Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica) denominato: "Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", eseguito nell'ambito dell'"Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana - Marzo 2014.

Lo studio sulle LSPP fornisce un aggiornamento del quadro conoscitivo per quanto riguarda la valutazione delle precipitazioni estreme. Le stime delle altezze di pioggia sono state valutate per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore e giornaliera) e per i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni).

#### 4.2.1 CALCOLO LSPP

È stato eseguito il calcolo delle LSPP aggiornate per i bacini analizzati, seguendo le indicazioni indicate per il calcolo dell'altezza di pioggia in un bacino idrografico.

La metodologia indicata dalla Regione Toscana consente il calcolo dell'altezza di pioggia su qualunque bacino imbrifero e fornisce il valore di  $h$  in mm per una determinata durata dell'evento.

Per ricavare i dati pluviometrici è stato necessario effettuare i seguenti passaggi:

- a) calcolo dell'altezza di pioggia per il bacino considerato per le varie durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e per i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni) tramite software Gis;
- b) per ciascun tempo di ritorno è stata eseguita un'analisi di regressione per ricavare i parametri  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica;

La procedura di regressione utilizzata per il calcolo dei parametri  $a$  ed  $n$  delle varie curve di possibilità

Con le nuove LSPP2014 sono state calcolate le diverse altezze di pioggia per ogni  $T_r$  e per ogni durata. Attraverso una regressione lineare multipla sono stati quindi individuati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a 3 parametri. Nella figura seguente si riportano i bacini idrografici analizzati

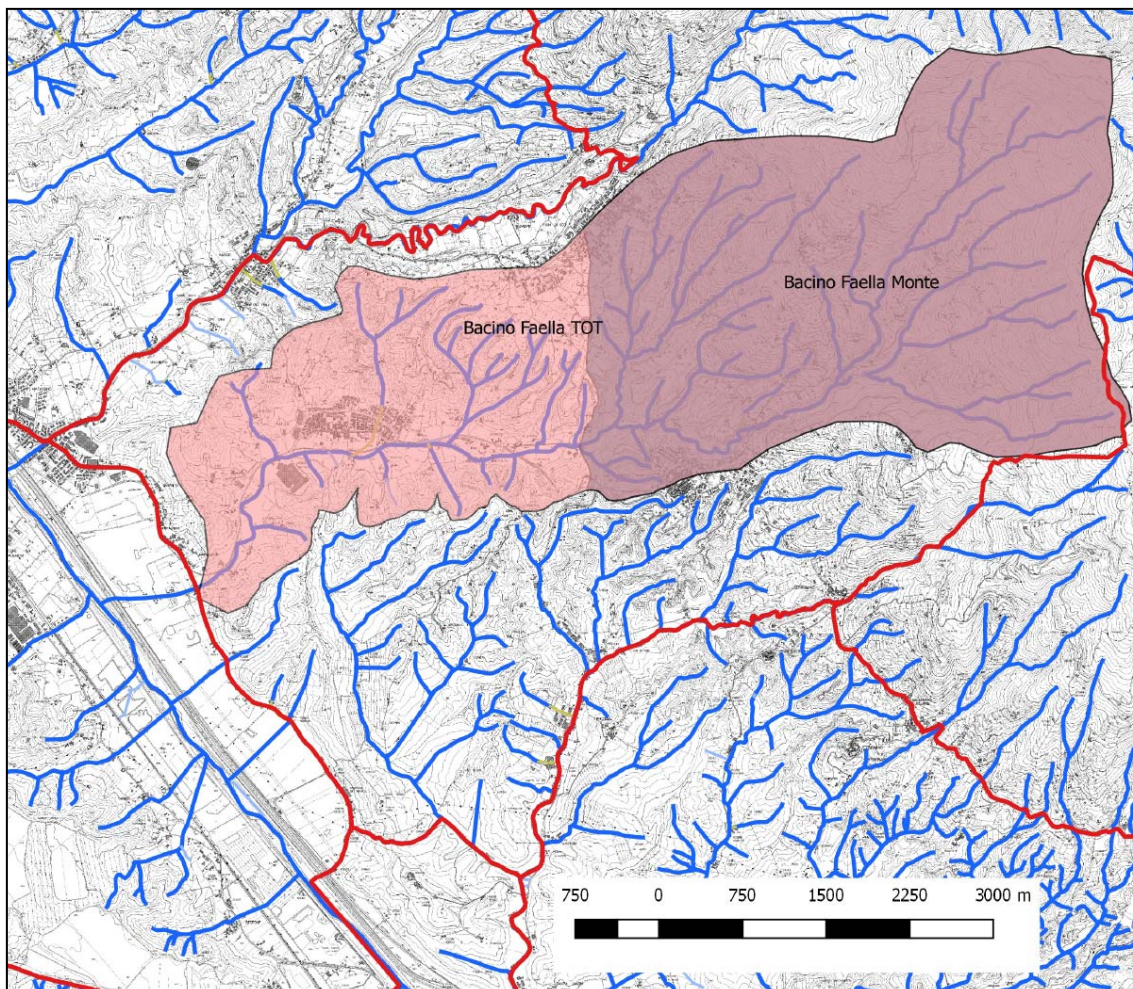


Figura 19. Individuazione dei bacini idrografici analizzati-Torrente Faella

#### 4.2.2 PARAMETRI DEL MODELLO IDROLOGICO

Il calcolo delle portate di piena viene eseguito utilizzando il modello numerico AITo2000 aggiornato nei valori dei coefficienti di possibilità pluviometrica (o linee segnalatrici di possibilità pluviometrica LSPP 2014). Tale modello numerico risulta tuttora un valido e consolidato metodo di calcolo idrologico basato sul calcolo delle perdite per infiltrazione a due parametri (iniziale  $I_a$  ed a saturazione  $K_s$ ) e sul modello afflussi-deflussi di Nash a due parametri ( $n$  numero dei serbatoi lineari e  $k$  tempo caratteristico di svuotamento del serbatoio).

Per quanto riguarda i parametri  $n$ ,  $k$ , in questo studio continueranno ad essere utilizzati i valori del database di AITo2000 poiché tali parametri, dipendenti dalla morfometria del bacino imbrifero, possono essere assunti come invariati.

Per quanto riguarda i parametri delle perdite  $la$  e  $Ks$  si è proceduto alla stima dei suddetti parametri:

- $la$  (mm) perdita iniziale che il terreno assorbe durante i primi istanti di precipitazione valutata in funzione della percentuale di area boscata presente nel bacino considerato (derivata dall'Uso e Copertura del Suolo) con la seguente relazione  $la=3.3+22Pab$ ;
- $Ks$  (mm/h) coefficiente di infiltrazione a saturazione  $Ksat$  è valutato sulla base dell'aggiornamento del quadro conoscitivo eseguito con lo studio in collaborazione tra LAMMA e Regione Toscana nel 2014 per la "Caratterizzazione idrologica dei suoli della Toscana" utilizzato nell'implementazione del modello idrologico distribuito "Mobidic". Nel dettaglio è stato utilizzato il valore di  $Ksat30$  valido per i primi 30 cm di suolo utilizzato per la modellazione dei processi legati all'infiltrazione superficiale.

Per quanto riguarda il fattore di ragguglio areale  $k_r$ , è opportuno osservare che nel modello AITo2000 tale coefficiente viene calcolato facendo riferimento alla formula dell'U.S. Weather Bureau

$$k_a = 1 - \exp(\alpha t^\beta) + \exp(\alpha t^\beta - \gamma A)$$

con:

$\alpha = 0.036 \cdot a$  dove  $a$  è il parametro della CPP per durate superiori all'ora;

$\beta = 0.25$  ;

$\gamma = 0.01$  ;

$t$  = durata precipitazione [ore];

$A$  = area del bacino [km<sup>2</sup>].

Per ogni bacino individuato, è stato determinato su cartografia tecnica regionale in scala 1:2000 e/o 1:10.000 il relativo bacino idrografico. L'area così ricavata è stata inserita all'interno nel software di simulazione idrologica.

La tabella seguente riporta i parametri idrologici utilizzati per il calcolo degli idrogrammi di piena.

<b>Modello idrologico - Parametri Morfologici e idrologici</b>									
Bacino	Area [kmq]	IA [mm]	KS [mm/h]	N [-] [-]	K [h] [h]	TL [h]	Parametri LSPP2014		
							Cpp_a [mm/ore <sup>A</sup> n/anni <sup>A</sup> m]	Cpp_n [-]	Cpp_m [-]
FAELLA Monte	14.209	16.08	3.60	2.359	0.855	2.017	29.490	0.286	0.214
FAELLA TOT	21.719	14.18	2.67	2.37	1.085	2.571	28.941	0.284	0.214

Tabella 1. Parametri morfologici e idrologici utilizzati nella modellazione idrologica.

#### 4.2.3 RISULTATI ANALISI IDROLOGICA

Utilizzando i parametri morfologici ed idrologici appena descritti, per ciascun bacino analizzato sono stati ricavati gli idrogrammi di piena utilizzando il codice di calcolo ALTO2000.

Per il modello del torrente Faella si è proceduto in modo analogo utilizzando la durata di pioggia di 2 e 3 ore. In questo caso la durata di due ore è massimizzante per il tratto di monte mentre la durata di tre ore va a massimizzare il tratto più a valle. Le tabelle seguenti riportano i risultati della modellazione idrologica relativi ai vari bacini considerati per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Gli idrogrammi di piena relativi alle portate al colmo riportate nelle tabelle successivi rappresentano l'input idrologico nei modelli idraulici.

<b>Torrente Faella - Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno</b>							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno [anni]	Durata critica [h]	Precipitazione e totale [mm]	Precipitazione e netta [mm]	Intensità di precipitazione [mm/h]	Kr [-]	Portata [mc/s]
FAELLA MONTE	30	2.0	74.5	51.2	37.2	0.963	68.6
	200	2.0	111.7	87.0	55.9	0.963	114.6
	500	2.0	135.9	110.3	68.0	0.963	144.3
FAELLA MONTE	30	3.0	83.6	57.3	27.9	0.967	68.6
	200	3.0	125.5	97.8	41.8	0.967	113.0
	500	3.0	152.7	124.1	50.9	0.967	141.6
FAELLA TOT	30	2.0	73.0	51.9	36.5	0.943	86.7
	200	2.0	109.5	86.4	54.8	0.943	142.9
	500	2.0	133.2	108.8	66.6	0.943	179.2
FAELLA TOT	30	3.0	81.9	58.7	27.3	0.950	90.5
	200	3.0	122.9	97.6	41.0	0.950	147.4
	500	3.0	149.5	122.9	49.8	0.950	184.4

Tabella 2. Risultati modello idrologico - Portate al colmo - Torrente Faella.

## 4.3 ANALISI IDRAULICA

Le simulazioni del sistema idraulico oggetto di studio sono state eseguite con il software: Infoworks ICM, sviluppato dall'azienda inglese HR Wallingford.

ICM è un applicativo software per la verifica e la progettazione di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua naturali. Il software consente di creare e risolvere, in regime di moto vario, modelli idraulici monodimensionali (1D) per lo studio della propagazione dell'onda di piena in alveo, modelli idraulici bidimensionali (2D) per lo studio della propagazione dell'esondazione in aree su cui è definita una griglia di elementi triangolari sulla base di un modello digitale del terreno (DTM), e modelli idraulici misti (1D-2D) con la modellazione ibrida monodimensionale nel canale e bidimensionale nel territorio inondabile (floodplain).

ICM è dotato di un risolutore del moto vario bidimensionale (2D) che utilizza la metodologia dei volumi finiti. Il modello idraulico allestito in ambiente Infoworks ICM è monodimensionale (1D) in alveo e bidimensionale nelle aree inondabili adiacenti all'alveo comprese nell'area modellata con magliatura triangolare (zona 2D). L'interfaccia tra l'alveo e la zona 2D è costituita da connessioni spondali denominate linee di sponda (bank lines).

### 4.3.1 MODELLO IDRAULICO DEL TORRENTE FAELLA

Il modello idraulico implementato riguarda il tratto del torrente Faella a valle della fornace Pratigliolmi e si sviluppa per oltre 1.5 km sino a 150m a valle del ponte del Bernino (ponte di via Urbinese).

Le sezioni trasversali utilizzate derivano dai rilievi eseguiti nell'ambito della redazione degli studi idraulici a supporto della variante al PS del Comune di Castelfranco Piandiscò. Gli scriventi hanno eseguito un rilievo topografico con GPS del tratto a valle del ponte del Bernino, dove sono stati eseguiti interventi nell'ambito del primo lotto della cassa Pizziconi, e delle opere arginali e ponti presenti sul torrente Faella. Complessivamente sono state utilizzate 82 sezioni trasversali del corso d'acqua.

Il torrente Faella, circa 20 anni fa, è stato oggetto di interventi strutturali denominati "Interventi di ripristino, prevenzione e riassetto idraulico Legge 265/95" su progetto di Ing. Alessandro Falsini che hanno riguardato il tratto compreso tra ponte su SP09 "Fiorentina" in loc. Vallone sino al ponte del Bernino su via Urbinese con la realizzazione di interventi di adeguamento dell'alveo e realizzazione di sistemi arginali. Il modello geometrico è stato allestito sulla base dei rilievi topografici eseguiti nello stato attuale di tali opere.

La zona di studio, su cui è stato creato il modello idraulico 2D, ha un'estensione di 70 ha ed interessa l'area a valle della fornace Pratigliolmi interessata da potenziali esondazioni.

È stata impostata una magliatura con le seguenti caratteristiche: dimensione massima dei triangoli 40 mq, dimensione minima 15 mq, magliatura dipendente dal terreno con massima



variazione di altezza pari a 0.2 m. Il modello geometrico utilizzato per le simulazioni idrauliche con Infoworks ICM è stato completato con l'inserimento degli edifici esistenti.

Di seguito si riporta un estratto da ICM nel quale viene riportato il layout del modello idraulico sovrapposto alla ortofoto.



Figura 20. Modello idraulico torrente Faella - sovrapposizione ad ortofoto RT2016.

#### COEFFICIENTI DI RESISTENZA AL MOTO

Per quanto riguarda i coefficienti di resistenza al moto (scabrezza), sulla base delle caratteristiche del corso d'acqua in esame, abbiamo assunto per il deflusso in alveo (1D) un valore di coefficiente di Manning pari a  $0.03 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$ .

Per quanto riguarda le aree simulate in moto bidimensionale (2D) abbiamo assunto come rappresentativo un coefficiente di Manning pari a  $0.035 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$ .

#### IMMISSIONI

In ambiente Infoworks ICM l'inserimento degli idrogrammi è effettuato attraverso la definizione delle immissioni su determinati nodi della rete. Nel caso specifico gli idrogrammi relativi al bacino Faella TOT sono stati inseriti nel nodo di monte N\_FA\_T2\_20.

#### CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Per il torrente Faella come condizione al contorno di valle sono stati utilizzati i dati pubblicati nello studio idraulico redatto da Ing. Tiziano Staiano Hydrogeo per il PS del Comune di Figline-Incisa.

<b>MODELLO IDRAULICO TORRENTE FAELLA</b>	
CONDIZIONE DI VALLE estratto da risultati modello Faella PS Figline Incisa	
Stato di progetto cassa Pizziconi - Lotto 1	
TR	Livello alla sez 00028_09
[anni]	[m slm]
30	125.67
200	126.61
500	126.99

Tabella 3. Modello torrente Faella - condizione di valle.

#### 4.3.2 RISULTATI SIMULAZIONI FAELLA STATO ATTUALE

Il modello idraulico è stato quindi utilizzato per eseguire le simulazioni relative alle portate valutate per la durata di 3 ore, massimizzante per il tratto terminale del Faella, per  $Tr=30$  anni (scenario frequente ai sensi della LRT41/2018) e per  $Tr=200$  anni (scenario poco frequente). I risultati ottenuti relativi allo stato attuale mostrano che per  $Tr=200$  anni il Faella risulta contenuto entro le sue arginature presenti nelle aree ad esondazione controllata fatta eccezione per il tratto a monte del ponte del Bernino dove si verifica il superamento del coronamento argina con conseguente esondazione che interessa la zona di Montalpero.

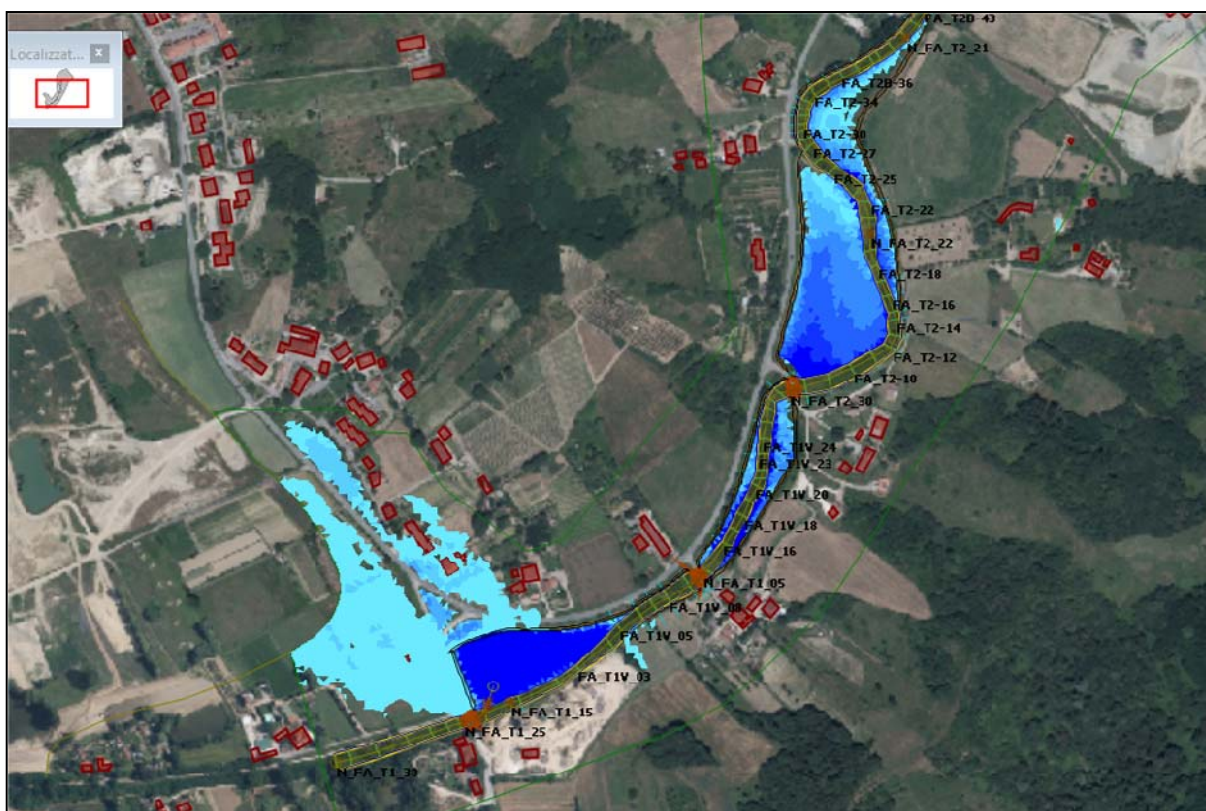


Figura 21. Estratto da ICM - Scenario stato attuale TR200 massimo allagamento.



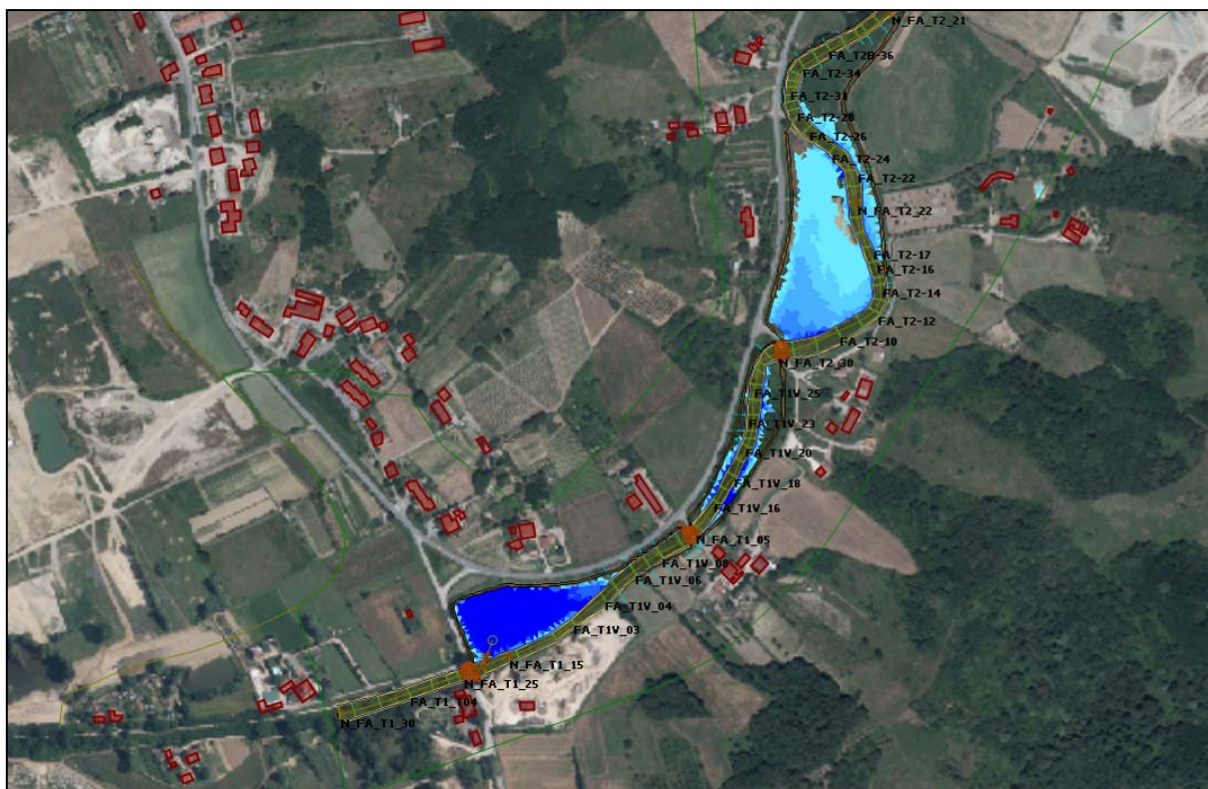


Figura 22. Estratto da ICM - Scenario stato attuale TR30 massimo allagamento.

L'argine di contenimento dx dell'area di esondazione controllata ubicata a monte del ponte del Bernino ha quote di coronamento irregolari invece che una livelletta univoca. Questa situazione, accertata anche attraverso uno specifico rilievo topografico, non è di causa nota. Si può ipotizzare il verificarsi di interventi e/o manomissioni di origine antropica legati forse anche al manifestarsi di cedimenti differenziali del rilevato avvenuti nel tempo.

La quota di coronamento dell'argine varia tra i 130.40m slm all'altezza della sezione FA\_T1V\_04 per scendere a quote comprese tra 129.56 e 129.65m per poi risalire a quota 129.80 in corrispondenza del termine dell'arginatura sul ponte del Bernino.

Il massimo livello in zona esondazione risulta 129.95 m slm nel caso di evento Tr200 mentre per Tr30 si attesta a 129.25m slm. Nella figura seguente si riporta l'andamento del livello nell'area di esondazione controllata per evento poco frequente (Tr200 anni).



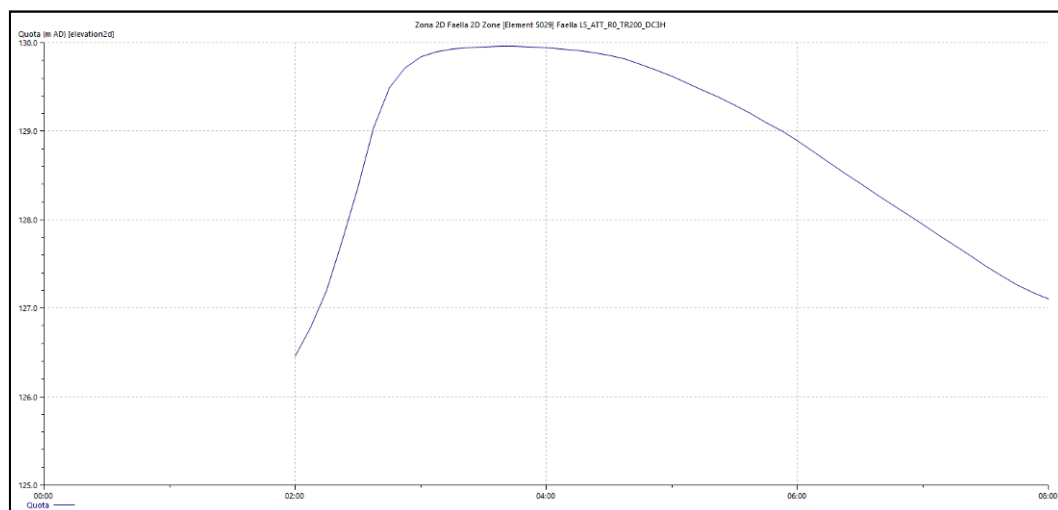


Figura 23. Estratto da ICM - Scenario attuale TR200 - limnogramma in area esondazione controllata.

#### 4.4 INTERVENTI DI PROGETTO

Il tracciato di progetto della variante SRT69 Lotto 5 interferisce con l'argine della zona di esondazione controllata posta in dx a monte del ponte del Bernino così come si può verificare nella Figura 24. Inoltre è necessario fornire indicazioni per la quota minima dell'intradosso del nuovo ponte sul Faella.

Il nuovo ponte sul Faella, in accordo a quanto disposto dalla NTC 2018, dovrà avere un franco di sicurezza idraulico, definito come la distanza tra pelo libero di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, non inferiore a 1.50m. La norma prevede inoltre che il ponte non debba interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali.

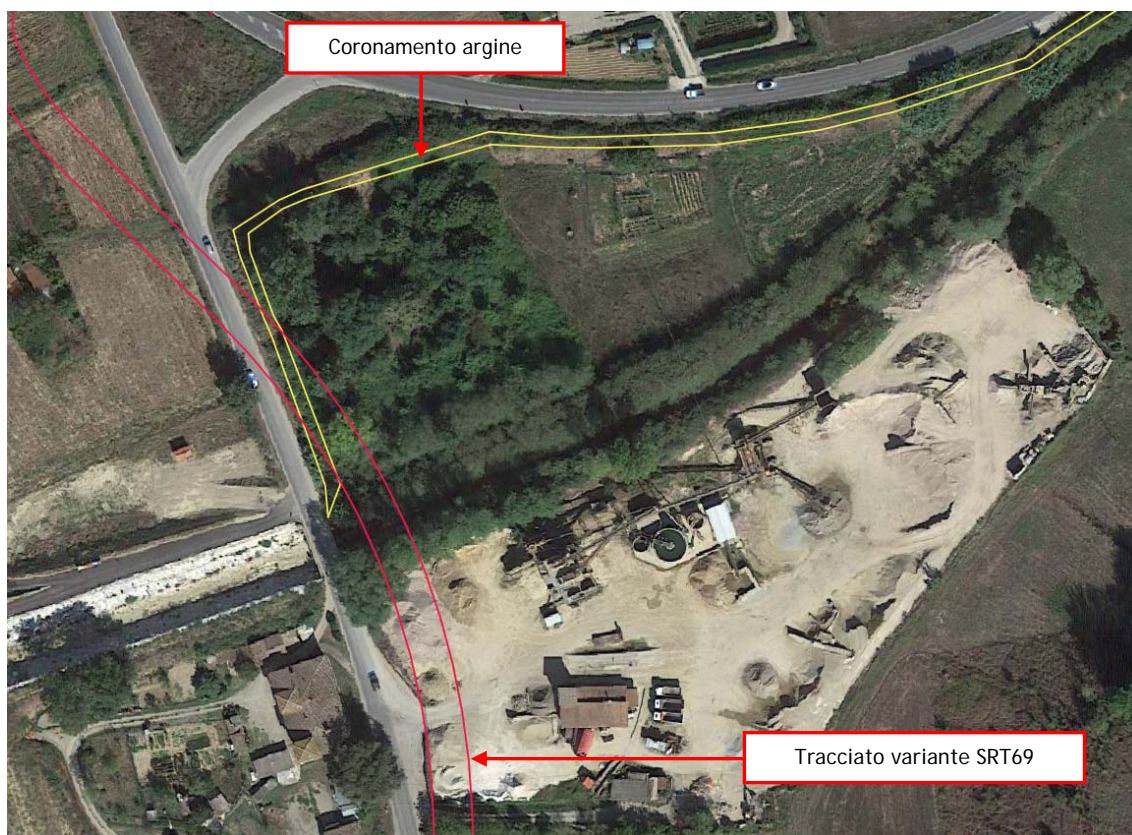


Figura 24. Dettaglio interferenza tracciato di progetto ed argine zona esondazione controllata.

Sulla base di quanto esposto, risulta necessario prevedere un ripristino dell'argine di contenimento adeguando la quota di coronamento per contenere i massimi livelli di piena duecentennale senza che si verifichi il sormonto. Questo intervento porterà ad eliminare la pericolosità idraulica che attualmente interessa l'area della rotonda Montalpero. Deve essere inoltre prevista una modifica planimetria dell'argine in relazione al tracciato viario di progetto ed in questa fase si prede in considerazione la realizzazione di un argine in adiacenza al rilevato stradale.

#### 4.4.1 INTERVENTO DI RIPRISTINO ARGINE

L'intervento di ripristino ed adeguamento dell'argine della zona di esondazione controllata posta in dx idraulica a monte del ponte del Bernino dovrà portare la quota di coronamento a 130.50 m slm e si estenderà dal nuovo ponte per circa 250m sino all'altezza della sezione FA\_T1V\_04 (vedere figura seguente).

Il ripristino potrà essere attuato attraverso un ringrosso dell'argine in terra esistente e nella realizzazione di un rilevato in adiacenza al rilevato stradale



Figura 25. Planimetria adeguamento arginale.

Questa impostazione è stata inserita nel modello idraulico dello stato di progetto per verificare il comportamento del corso d'acqua sollecitato dagli eventi di riferimento. Nelle figure seguenti si riportano estratti da ICM con i risultati delle simulazioni ottenute.



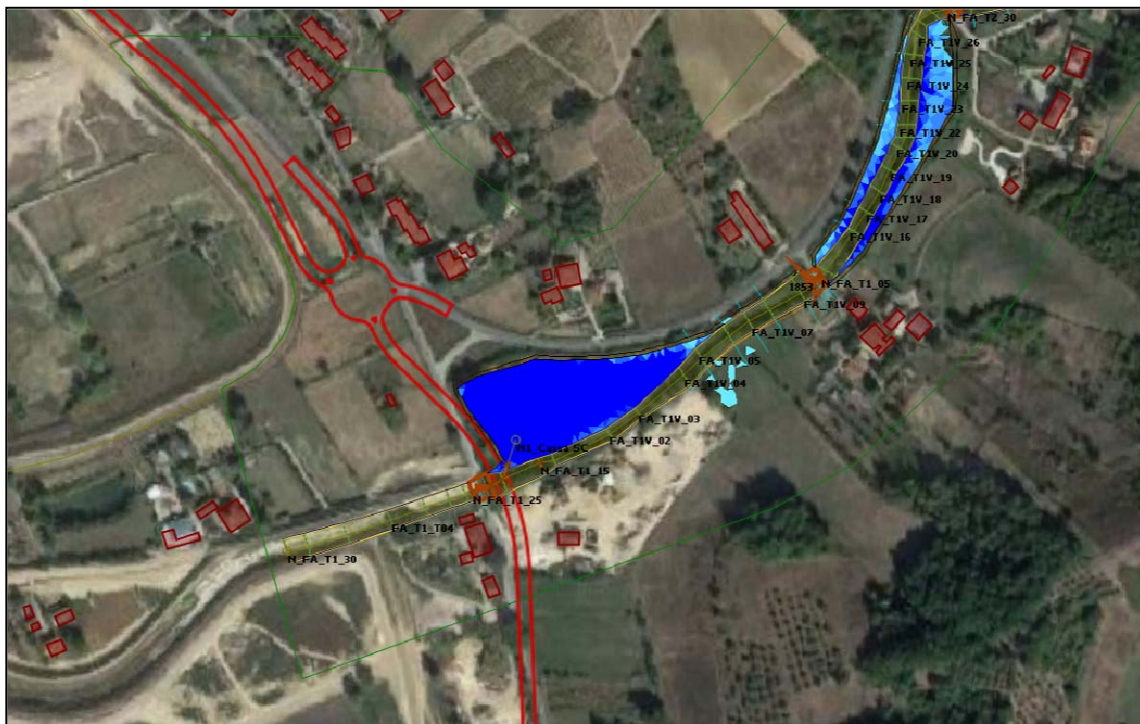


Figura 26. Estratto da ICM - Stato di progetto Scenario TR200 massimo allagamento.

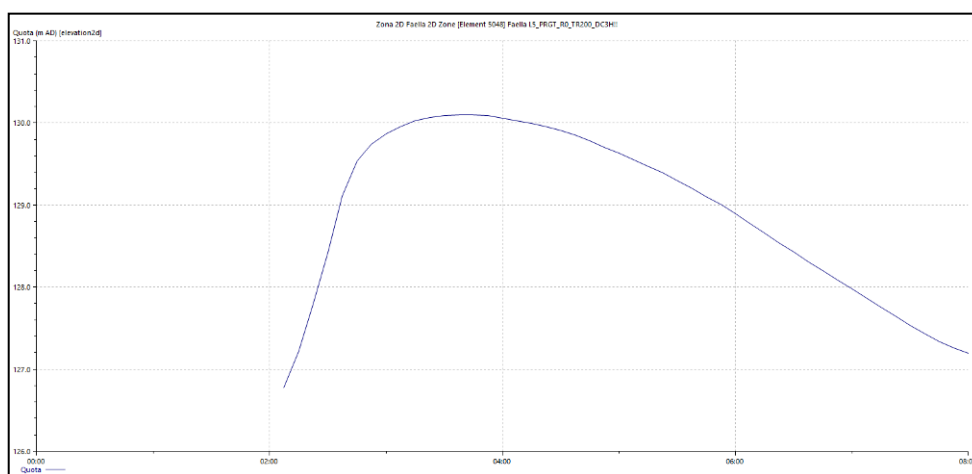


Figura 27. Estratto da ICM - Stato di progetto Scenario TR200 - limnogramma in area esondazione controllata.

La quota massima raggiunta all'interno dell'area ad esondazione controllata risulta 130.10 m slm per  $Tr=200$  anni e di 129.40 m per  $Tr=30$  anni.

L'intervento di adeguamento e ripristino dell'argine risulta in grado di eliminare gli allagamenti per scenari poco frequenti che attualmente interessano il tracciato stradale della variante SRT69 in zona rotatoria Montalpero.

In tabella seguente si riportano le variazioni di livelli e portate tra stato attuale e di progetto relativamente all'evento con  $Tr=200$  anni.



Stato attuale - TR200							Stato di PRGT - TR200						
River Section	Livello sez. (m AD)	Portata sez. (m3/s)	Velocità sez. (m3/s)	Portata cumulata (m3)	Numero di fronde (-)		River section	Livello sez. (m AD)	Portata sez. (m3/s)	Velocità sez. (m3/s)	Portata cumulata (m3)	Numero di fronde (-)	
FA_TIV_10	130.72	147.84	3.18	2035115	0.76		FA_TIV_10	130.71	145.49	3.14	2023577	0.76	
FA_TIV_09	130.72	148.01	2.96	2035030.25	0.82		FA_TIV_09	130.72	145.70	2.93	2025492.25	0.82	
FA_TIV_08	130.60	147.84	3.15	2034717.375	1.37		FA_TIV_08	130.60	145.51	3.11	2023179.5	1.37	
FA_TIV_07	130.65	148.47	2.74	2034435.25	0.49		FA_TIV_07	130.65	146.21	2.70	2022897.375	0.48	
FA_TIV_06	130.59	148.15	2.88	2034136.125	0.53		FA_TIV_06	130.59	146.09	2.84	2022661.125	0.52	
FA_TIV_05	130.61	148.14	2.45	2033789	0.43		FA_TIV_05	130.60	145.75	2.41	2021961.875	0.43	
FA_TIV_04	130.51	138.11	2.96	1953430.25	0.54		FA_TIV_04	130.51	135.72	2.90	1941945.125	0.53	
FA_TIV_03	130.27	113.80	4.19	1765859.625	0.76		FA_TIV_03	130.28	111.57	4.09	1755275.375	0.74	
FA_TIV_02	130.03	106.89	4.90	1721144.875	1.03		FA_TIV_02	130.05	105.56	4.86	1713387.375	1.03	
FA_TIV_01	129.26	106.95	6.57	1721944.75	1.80		FA_TIV_01	129.33	106.78	6.56	1718138.25	1.80	
FA_TL_10	129.14	111.21	4.41	1752997.5	1.00		FA_TL_10	129.23	112.49	4.41	175427.25	1.00	
FA_TL_09	128.82	133.96	4.44	1982622	0.93		FA_TL_09	128.90	142.29	4.48	2000239.5	0.93	
FA_TL_08	128.73	138.75	4.63	1995840.75	0.97		FA_TL_08	128.81	144.81	4.67	2015424.875	0.97	
Ponte monte	127.82	138.74	8.65	1982622	2.87		Ponte monte	127.89	144.78	8.83	2015395.88	2.87	
Ponte valle	127.65	138.73	6.30	1995840.75	0.90		Ponte valle	127.70	144.78	6.50	2015324.38	0.90	
FA_TL_04	127.59	138.73	4.11	1995648.125	0.84		FA_TL_04	127.65	144.78	4.19	2015232.25	0.85	
FA_TL_07	127.53	138.73	4.43	1995555.75	0.91		FA_TL_07	127.58	144.77	4.52	2015139.875	0.92	
FA_TL_06	127.43	138.72	4.40	1995336.625	0.90		FA_TL_06	127.48	144.77	4.49	2014920.625	0.91	
FA_TL_05	127.27	138.72	4.53	1995013.625	0.94		FA_TL_05	127.32	144.76	4.62	2014597.625	0.95	
FA_TL_04	127.03	138.71	4.62	1994525.5	0.97		FA_TL_04	127.08	144.75	4.73	2014109.375	0.98	
FA_TL_03	126.77	138.71	4.21	1993842.375	0.89		FA_TL_03	126.80	144.74	4.33	2013426.25	0.91	
FA_TL_02	126.65	138.71	3.56	1993134	0.74		FA_TL_02	126.66	144.74	3.70	2012717.875	0.77	
FA_TL_01	126.61	138.71	3.34	1992691.625	0.69		FA_TL_01	126.61	144.74	3.48	2012275.375	0.72	

Analisi variazioni livello e portata						
Delta z (m)	D z (%)	Delta Q (m3/s)	D Q (%)	Delta Portata cumulata (m3)	D Qcum (%)	
-0.01	-0.01%	-2.35	-1.59%	-11538	-0.57%	
0.00	0.00%	-2.31	-1.56%	-11538	-0.57%	
0.00	0.00%	-2.33	-1.58%	-11538	-0.57%	
0.00	0.00%	-2.26	-1.52%	-11538	-0.57%	
0.00	0.00%	-2.06	-1.39%	-11475	-0.56%	
0.00	0.00%	-2.40	-1.62%	-11827	-0.58%	
0.00	0.00%	-2.40	-1.74%	-11485	-0.59%	
0.02	0.01%	-1.33	-1.25%	-7758	-0.45%	
0.07	0.06%	-0.17	-0.16%	-3807	-0.22%	
0.09	0.07%	1.28	1.15%	2430	0.14%	
0.08	0.06%	8.33	6.22%	17618	0.89%	
0.08	0.06%	6.06	4.37%	19584	0.98%	
0.07	0.05%	6.05	4.36%	32774	1.65%	
0.06	0.04%	6.05	4.36%	19484	0.98%	
0.06	0.04%	6.05	4.36%	19584	0.98%	
0.06	0.04%	6.05	4.36%	19584	0.98%	
0.05	0.04%	6.04	4.35%	19584	0.98%	
0.05	0.04%	6.03	4.35%	19584	0.98%	
0.03	0.02%	6.03	4.35%	19584	0.98%	
0.01	0.01%	6.03	4.35%	19584	0.98%	
0.00	0.00%	6.03	4.35%	19584	0.98%	

ICM model: L5\_ATT\_R0

ICM model: L5\_PRG1\_R1

Tabella 4. Risultati simulazioni idrauliche stato attuale e di progetto Scenario TR200

#### 4.4.2 NUOVO PONTE SUL TORRENTE FAELLA

Il nuovo ponte sul torrente Faella, in accordo alle NTC 2018, deve avere un franco minimo di 1.5 m tra il livello della piena duecentennale e l'intradosso dell'impalcato. Un'altra prescrizione (NTC2018 punto 5.1.2.3 compatibilità idraulica dei ponti) è che il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali.

Risulta quindi necessario realizzare la spalla sx esterna all'argine sinistro del Faella mentre per quanto riguarda la spalla dx dovrà essere realizzata oltre il ciglio di sponda attuale.

Il nuovo ponte attraversa il torrente Faella all'altezza della sezione FA\_T1\_09 dove il livello della duecentennale raggiunge i 128.80 m slm come visibile nella figura seguente.

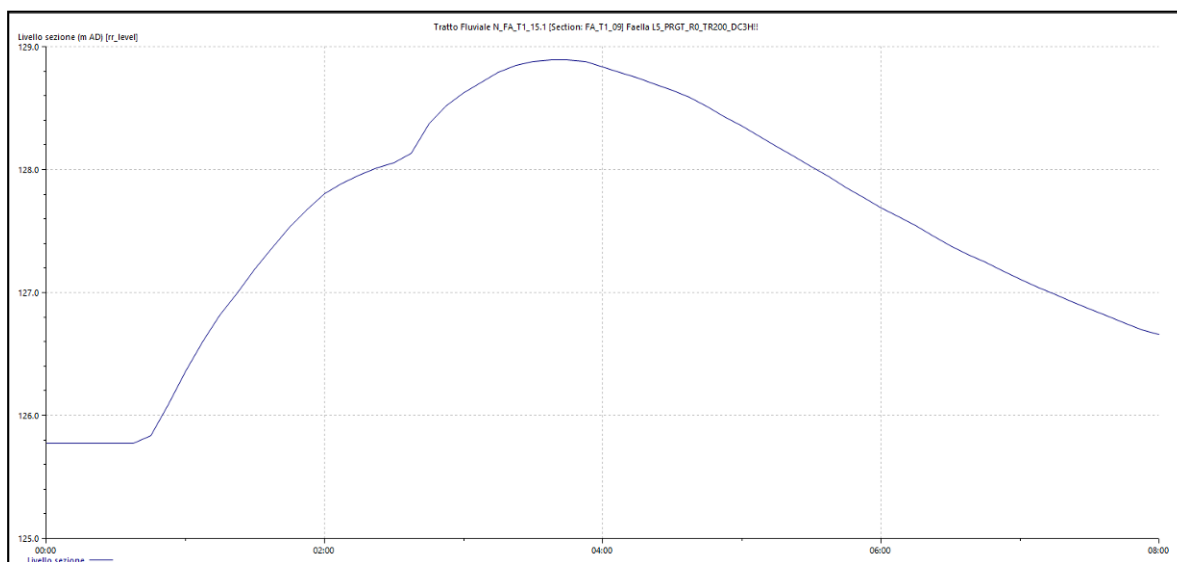


Figura 28. Estratto da ICM - Stato di progetto Scenario TR200 - idrogramma alla sezione FA\_T1\_09.

Considerando i risultati ottenuti nelle simulazioni sul torrente Faella risulta che la quota minima dell'intradosso dell'impalcato del nuovo ponte deve essere  $128.80 + 1.50 = 130.3$  m s.l.m.

Poiché immediatamente a monte del ponte, nell'area di esondazione controllata si raggiungono per  $Tr=200$  anni i 130.10 m s.l.m, si ritiene opportuno adottare un franco di sicurezza di 2.0m raggiungendo pertanto i 130.80 m s.l.m come quota dell'intradosso dell'impalcato. Tale quota consente di avere 70 cm di franco rispetto al livello in area esondabile.

---

## 5. RETICOLO IDROGRAFICO LRT79/2012 E SMI

### 5.1 INTRODUZIONE

Il tracciato della Variante SRT69 Lotto 5 interferisce, oltre che con il torrente Faella, con alcuni fossi di reticolo idrografico minore che convogliano i deflussi collinari sul fondovalle in direzione Arno. Alcuni fossi del reticolo minore sono classificati ai sensi della LRT79/2012 e smi; i fossi classificati sono:

1. Borro delle Volpaie (AV10346);
2. Borro Casanuova (AV10744);
3. Fosso Burrone (AV10744).

Gli interventi su questi fossi, appartenenti al reticolo idrografico regionale, sono soggetti ad autorizzazione idraulica da parte del Genio Civile pertanto sono state eseguite valutazioni idrologico-idrauliche di dettaglio con l'allestimento di modelli idraulici in ambiente Hec-Ras in regime di moto permanente.

La gestione dell'interferenza tra tracciato stradale e tali corsi d'acqua necessita di prevedere interventi per la realizzazione di adeguati attraversamenti che dovranno consentire il regolare deflusso delle piene di riferimento a valle del tracciato stradale. Per tutti e tre i fossi in esame risulta necessario prevedere anche degli interventi di adeguamento delle sezioni idrauliche in quanto nello stato attuale l'officiosità idraulica non è sufficiente.

La progettazione degli interventi è stata eseguita anche valutando le sistemazioni idrauliche previste nel progetto esecutivo 1° stralcio/1° Lotto Cassa di espansione Pizziconi. In questo progetto di variante Lotto 5 il tracciato stradale è traslato verso monte rispetto al progetto esecutivo della cassa elaborato nel 2009 ma è opportuno che le valutazioni progettuali per i tratti a valle della variante siano congruenti a quanto è previsto nell'ambito del progetto della cassa di espansione.

### 5.2 ANALISI IDROLOGICA E CALCOLO DELLE PORTATE

La modellazione idrologica è stata eseguita utilizzando i dati delle curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'aggiornamento delle LSPP (Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica) Regione Toscana - Marzo 2014.

In figura seguente si riporta l'estensione areale dei bacini scolanti analizzati.

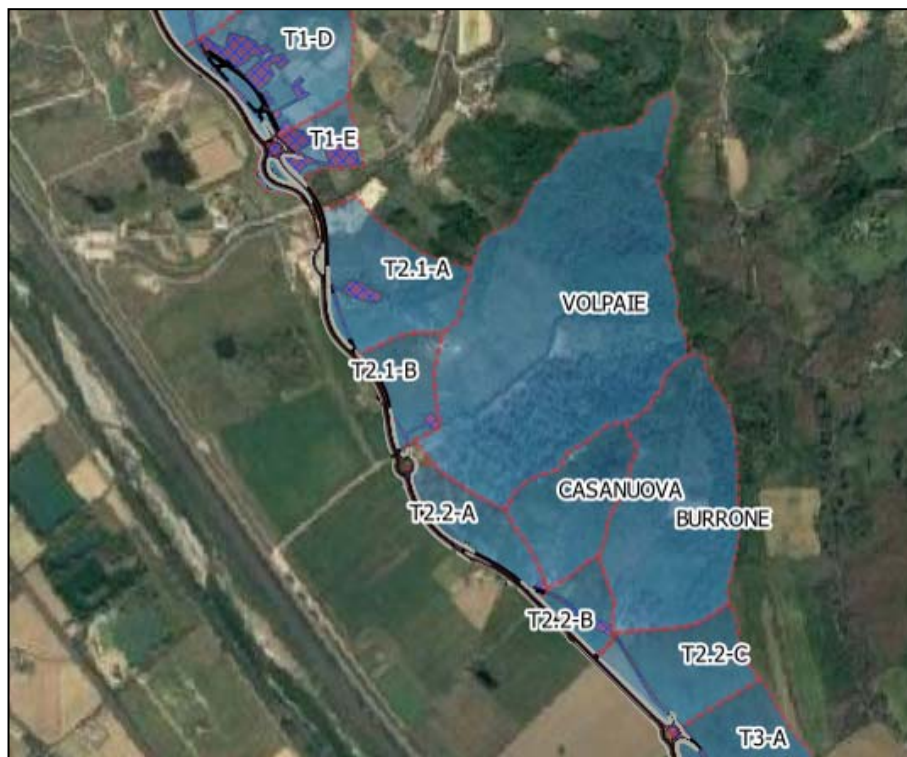


Figura 29. Bacini scolanti - estensione areale.

Il calcolo delle portate di piena viene eseguito utilizzando il modello numerico AITo2000 aggiornato nei valori dei coefficienti di possibilità pluviometrica (o linee segnalatrici di possibilità pluviometrica LSPP 2014). Tale modello numerico risulta tuttora un valido e consolidato metodo di calcolo idrologico basato sul calcolo delle perdite per infiltrazione a due parametri (iniziale  $la$  ed a saturazione  $Ks$ ) e sul modello afflussi-deflussi di Nash a due parametri ( $n$  numero dei serbatoi lineari e  $k$  tempo caratteristico di svuotamento del serbatoio).

Per quanto riguarda i parametri  $n$ ,  $k$ , in questo studio continueranno ad essere utilizzati i valori del database di AITo2000 poiché tali parametri, dipendenti dalla morfometria del bacino imbrifero, possono essere assunti come invariati.

Per i bacini analizzati, che hanno estensione areale ridotta, nel calcolo dei valori  $n$  e  $K$  è stato utilizzato il metodo PAI Bacchi et al ponendo  $n=2.5$  e:

$$K = \frac{(N-1)^{N-1} e^{-(n-1)}}{2\Gamma(N)} Tc$$

dove  $Tc$  è il tempo di corrivazione del bacino.

Per quanto riguarda i parametri delle perdite  $la$  e  $Ks$  si è proceduto alla stima dei suddetti parametri:

- la (mm) perdita iniziale che il terreno assorbe durante i primi istanti di precipitazione valutata in funzione della percentuale di area boscata presente nel bacino



considerato (derivata dall'Uso e Copertura del Suolo) con la seguente relazione  $la=3.3+22Pab$ ;

- $K_s$  (mm/h) coefficiente di infiltrazione a saturazione  $K_{sat}$  è valutato sulla base dell'aggiornamento del quadro conoscitivo eseguito con lo studio in collaborazione tra LAMMA e Regione Toscana nel 2014 per la "Caratterizzazione idrologica dei suoli della Toscana" utilizzato nell'implementazione del modello idrologico distribuito "Mobidic". Nel dettaglio è stato utilizzato il valore di  $K_{sat30}$  valido per i primi 30 cm di suolo utilizzato per la modellazione dei processi legati all'infiltrazione superficiale.

Per quanto riguarda il fattore di ragguglio areale  $k_r$ , è opportuno osservare che nel modello AITo2000 tale coefficiente viene calcolato facendo riferimento alla formula dell'U.S. Weather Bureau

$$k_a = 1 - \exp(\alpha t^\beta) + \exp(\alpha t^\beta - \gamma A)$$

con:

$\alpha = 0.036 \cdot a$  dove  $a$  è il parametro della CPP per durate superiori all'ora;

$\beta = 0.25$ ;

$\gamma = 0.01$ ;

$t$  = durata precipitazione [ore];

$A$  = area del bacino [km<sup>2</sup>].

Per ogni bacino individuato, è stato determinato su cartografia tecnica regionale in scala 1:2000 e/o 1:10.000 il relativo bacino idrografico. L'area così ricavata è stata inserita all'interno nel software di simulazione idrologica.

La tabella seguente riporta i parametri idrologici utilizzati per il calcolo degli idrogrammi di piena. È stata adottata la codifica dei corsi d'acqua del progetto esecutivo cassa Pizziconi.

Nome	Area	la	Ks	N	K	a1	n1	m1	a	n	m
	[Km <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm/h]	[-]	[-]						
BU0016	0.22	16.21	0.78	2.5	0.08	26.850	0.280	0.214	26.850	0.280	0.214
CA0017	0.09	11.91	0.76	2.5	0.05	26.850	0.280	0.214	26.850	0.280	0.214
VO0013	0.500	17.248	0.692	2.5	0.14	26.850	0.280	0.214	26.850	0.280	0.214

Tabella 5. Parametri morfologici e idrologici utilizzati nella modellazione idrologica dei corsi d'acqua classificati.

Le tabelle seguenti riportano i risultati della modellazione idrologica relativi ai vari bacini considerati per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

Nome	Area	Q Tr30	U	Q Tr200	U
	[Km <sup>2</sup> ]	[mc/s]	l/sxha	[mc/s]	l/sxha
BU0016	0.22	4.75	215.86	7.85	356.86
CA0017	0.09	2.95	328.22	4.52	502.44
VO0013	0.50	7.53	150.54	12.35	246.98

Tabella 6. Risultati modello idrologico fossi LRT79/2012 - Portate al colmo

## 5.3 ANALISI IDRAULICA

Le simulazioni idrauliche eseguite per la progettazione degli interventi sono state condotte con il software Hec-Ras in regime di moto permanente. Le sezioni trasversali dei corsi d'acqua in esame sono state estratte dal DTM del rilievo topografico del progetto stradale integrandole per i tratti di valle con i dati del progetto esecutivo 1° stralcio/1° Lotto Cassa di espansione Pizziconi. Per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle sono stati ipotizzati due scenari di riferimento uno che considera il deflusso libero con altezza d'acqua di moto uniforme ed un secondo scenario che considera il livello di massimo invaso previsto nella cassa di espansione (127.50 m slm). In tutti i casi in esame il principale aspetto idraulico è il dimensionamento degli attraversamenti del corso d'acqua che vengono previsti in elementi scatolari prefabbricati in CAV. Tale dimensionamento è vincolato alla quota estradosso della variante per cui risulta necessario eseguire un adeguamento delle sezioni idrauliche con abbassamento della quota del fondo alveo rispetto allo stato attuale.

A valle di tali attraversamenti i corsi d'acqua si troveranno all'interno della cassa di espansione Pizziconi (il futuro modulo Pizziconi 11) per cui un principale aspetto progettuale è il contenimento delle piene di riferimento relative allo scenario critico per il fosso e allo scenario con cassa al massimo invaso nei tratti di corso d'acqua a monte del tracciato di variante. Nei tratti a valle del tracciato di variante si può invece accettare che siano possibili esondazioni dei fossi in esame esondazioni che andranno ad interessare l'area di cassa di espansione.

Nell'ambito di questo progetto di Variante Lotto 5 vengono previsti interventi di sistemazione idraulica dei tre fossi in esame funzionali alla corretta regimazione e deflusso delle acque dei nell'intorno del tracciato stradale e non vengono perseguiti obiettivi di riduzione del rischio idraulico per i tratti posti a monte di via Urbinese, tratti sui quali la realizzazione della variante non va a modificare l'attuale situazione in termini di rischio idraulico.

Il dimensionamento degli attraversamenti è eseguito in conformità alle disposizioni delle NTC2018 ed in particolare alla circolare n.7 del 21/01/2019 in merito alla compatibilità idraulica dei tombini.

### 5.3.1 BORRO VOLPAIE

Per quanto riguarda il borro Volpaie si prevede la realizzazione un nuovo attraversamento con elementi prefabbricati di dimensioni utili interne pari a 4000x2250 h mm in corrispondenza del tracciato di variante. In alveo viene previsto un adeguamento delle sezioni idrauliche, con abbassamento del thalweg dalla sezione 406 (inalterata) posta a valle di via Urbinese sino alla sezione 0 dove la quota di scorrimento sarà congruente con il progetto di sistemazione del reticolo minore all'intervento del progetto cassa Pizziconi modulo 11.

Per quanto riguarda l'argine del borro Volpaie si precisa che nell'ambito dei lavori cassa Pizziconi Lotto 1 Stralcio 1 è stato realizzato un argine, visibile in foto seguente che si attesta sulla stradella posta a tergo della ponda destra del borro Volpaie.

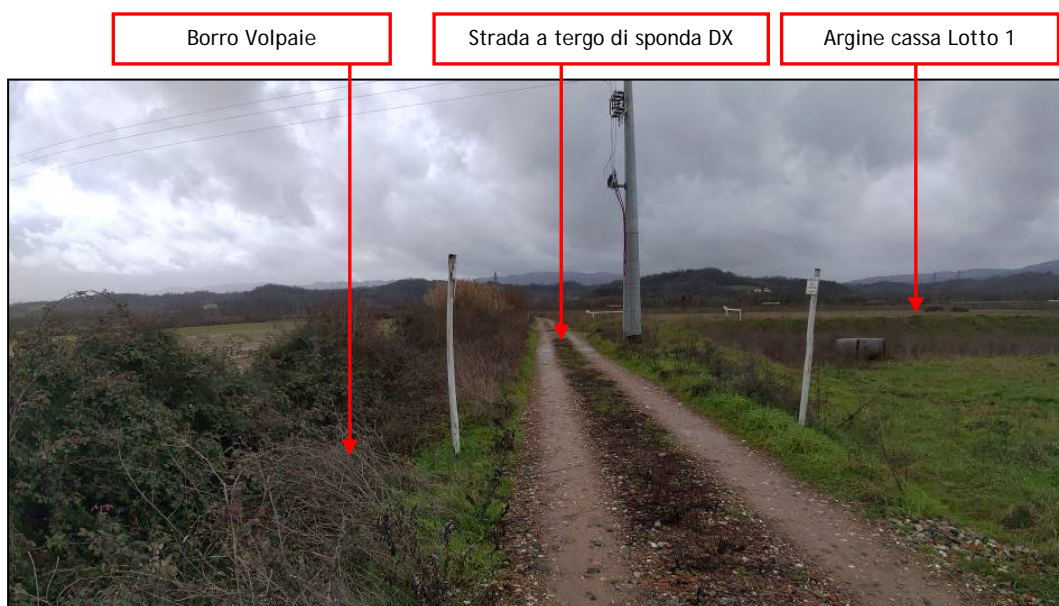


Foto 1. Vista argine cassa Pizziconi che si attesta su strada campestre posta in dx idraulica del Volpaie.

Nell'ambito degli interventi di sistemazione idraulica del borro Volpaie viene previsto di realizzare a tergo della sponda destra un adeguamento arginale per raccordare l'argine della cassa esistente al rilevato stradale. Questo argine si svilupperà per circa 50 m, interessando le sezioni trasversali 323 e 353, ed avrà una quota di coronamento di 128.70 (analoga alla quota dell'argine della cassa) per il suo intero sviluppo.

Questo adeguamento arginale consentirà di chiudere il perimetro della cassa Pizziconi modulo 11 con un intervento a basso impatto ambientale in quanto segue un tracciato antropico esistente.

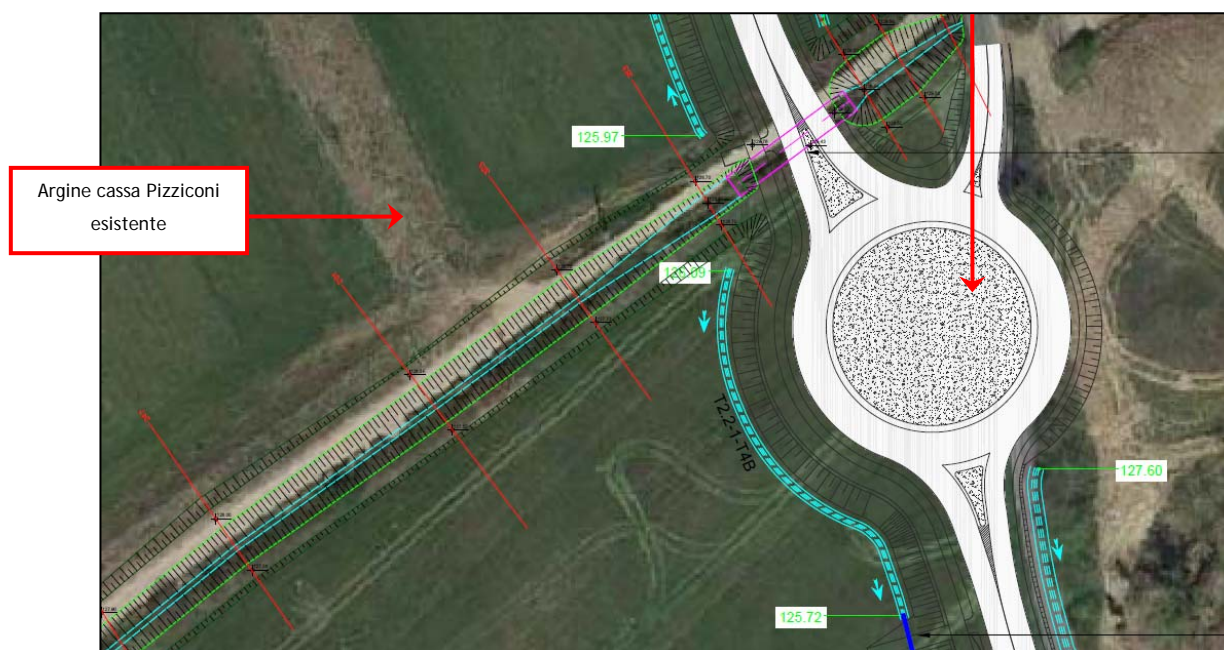


Figura 30. Borro Volpaie estratto da planimetria di progetto.

I risultati delle simulazioni idrauliche, riportati in allegato alla relazione, mostrano che il dimensionamento eseguito consente il regolare deflusso delle piene di riferimento in entrambi gli scenari. I tiranti idrici nel tratto compreso tra attraversamento di progetto e sezione 406 risultano contenuti in alveo anche nel caso di cassa al massimo invaso.

Le caratteristiche dimensionali degli interventi, planimetria e sezioni trasversali sovrapposte, sono riportate negli elaborati grafici di progetto

### 5.3.2 BORRO CASANUOVA

Il borro Casanuova ha subito delle modifiche antropiche nel tracciato planimetrico e attualmente scorre a tergo di un edificio, sottoattraversa via Urbinese e dopo bruschi cambi di direzione raggiunge l'alveo originario rettilineo, così come visibile in figura seguente.

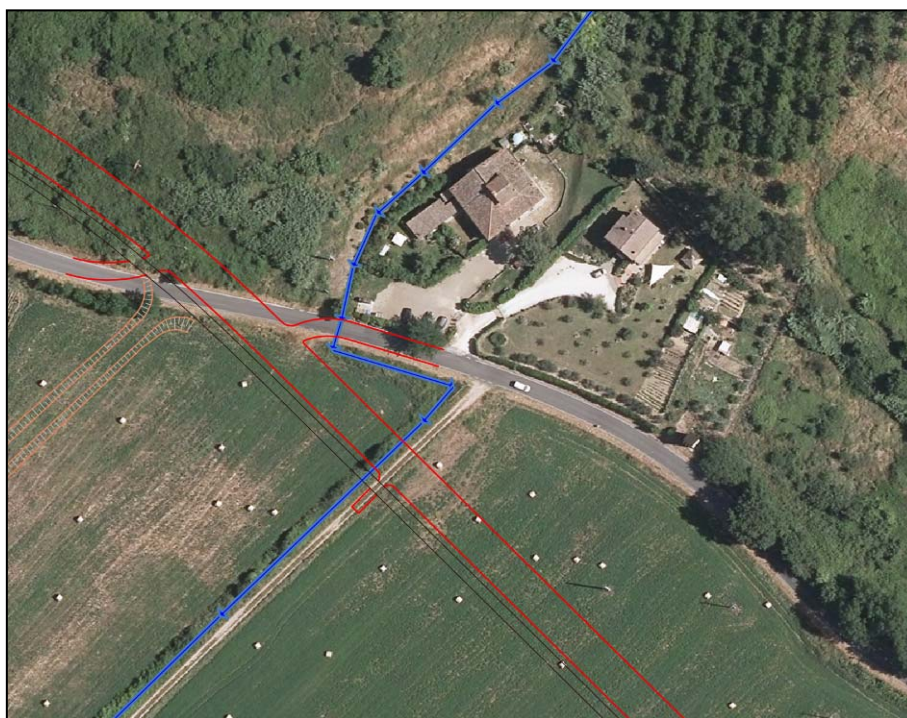


Figura 31. Borro Volpaie planimetria tracciato attuale.

In questo caso il tracciato della variante ed il piede del rilevato stradale di progetto sono troppo vicini a via Urbinese per cui l'intervento di sistemazione idraulica del borro Casanuova deve prevedere la posa di un nuovo attraversamento sotto la variante e sotto via Urbinese.

Si prevede la realizzazione un nuovo attraversamento con elementi prefabbricati di dimensioni utili interne pari a 3000x2000 h mm dalla sezione 347 alla sezione 363 ubicata a monte di via Urbinese con contestuale adeguamento delle sezioni idrauliche ed abbassamento del thalweg. Tra la sezione 396 e 406 saranno realizzati dei muri di sponda con massi lapidei di



grossa pezzatura e corazzamento del fondo alveo come presidio antierosione in corrispondenza del raccordo altimetrico con l'alveo a monte. Anche in questo caso risulta necessario adeguare l'alveo sono alla sezione 0 dove la quota di scorrimento sarà congruente con il progetto di sistemazione del reticolo minore all'intervento del progetto cassa Pizziconi modulo 11.

Il tombino di progetto sarà inclinato rispetto all'asse stradale di variante ed in corrispondenza dell'uscita viene previsto un manufatto in c.a. per il raccordo al successivo tratto rettilineo. Questa impostazione progettuale consente di evitare bruschi cambi di direzione del corso d'acqua e riduce occupazione di suolo ed espropri.



Figura 32. Borro Casanuova estratto da planimetria di progetto.

I risultati delle simulazioni idrauliche, riportati in allegato alla relazione, mostrano che il dimensionamento eseguito consente il regolare deflusso delle piene di riferimento in entrambi gli scenari. I tiranti idrici nel tratto compreso tra attraversamento di progetto e sezione 406 risultano contenuti in alveo anche nel caso di cassa al massimo invaso.

Le caratteristiche dimensionali degli interventi, planimetria e sezioni trasversali sovrapposte, sono riportate negli elaborati grafici di progetto

### 5.3.3 BORRO BURRONE

Gli interventi previsti nel borro Burrone sono la realizzazione di un attraversamento con uno scatolare in CAV di dimensioni utili interne pari a 4000x2000 h mm ed un adeguamento dell'alveo a monte della variante sino alla sezione 476 ubicata a valle di via Urbinese mentre a valle sino alla sezione 0 dove la quota di scorrimento sarà congruente con il progetto di sistemazione del reticolo minore all'intervento del progetto cassa Pizziconi modulo 11.

Nel tratto tra variante ed via Urbinese l'adeguamento del fosso prevede la realizzazione di coronelle arginali per il contenimento in alveo del tirante idrico indotto dallo scenario con cassa in massimo invaso.



Figura 33. Borro Burrone estratto da planimetria di progetto.

I risultati delle simulazioni idrauliche, riportati in allegato alla relazione, mostrano che il dimensionamento eseguito consente il regolare deflusso delle piene di riferimento in entrambi gli scenari.

Le caratteristiche dimensionali degli interventi, planimetria e sezioni trasversali sovrapposte, sono riportate negli elaborati grafici di progetto

## 6. ARGINI

### 6.1 ARGINE CASANUOVA II

Come accennato nelle considerazioni preliminari risulta necessario realizzare un rilevato arginale a protezione degli edifici identificato con toponimo Casanuova II. Il tracciato della Variante Lotto 5 è stato traslato a monte del citato nucleo abitato mentre nel progetto esecutivo cassa Pizziconi del 2009 la viabilità era prevista nell'area di fondovalle tra Casanuova II e la ferrovia DD, come illustrato nel paragrafo 2.4. Questa variazione comporta la necessità di delimitare il perimetro dell'area cassa Pizziconi modulo 11 proteggendo il nucleo abitato con un argine.

In figura seguente si riporta un estratto del progetto con l'andamento planimetrico dell'argine che si raccorda al rilevato della variante Lotto 5.

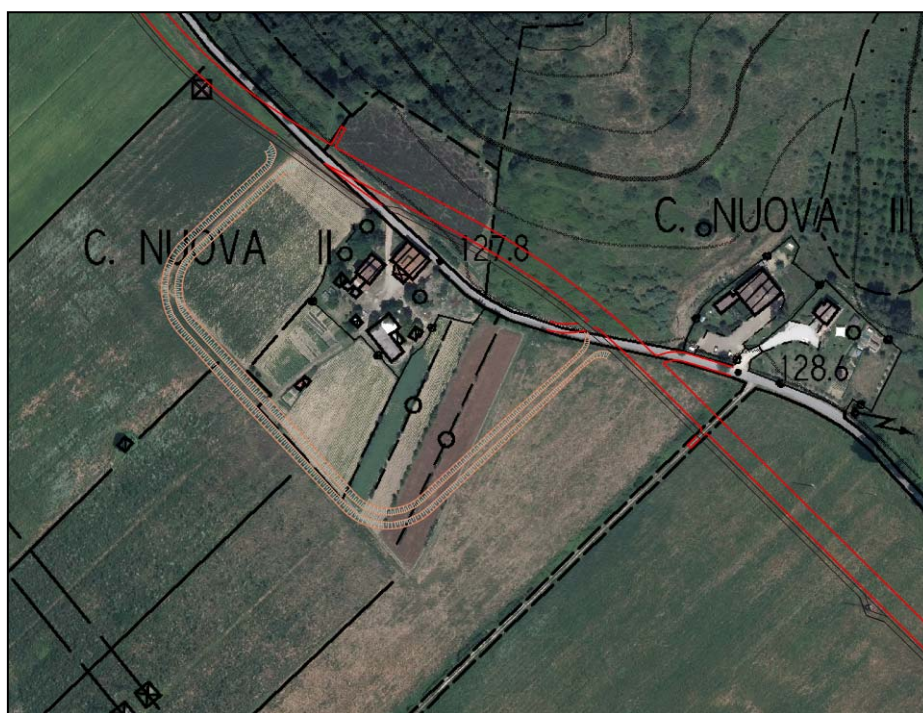


Figura 34. Argine Casanuova II estratto da planimetria di progetto.

Il progetto prevede la realizzazione di un argine in terra con sezione trapezia e coronamento largo 4 m posto a quota di 128.50 m slm. Il tracciato planimetrico è stato impostato valutando sia i confini catastali esistenti che la distanza minima dalle abitazioni esistenti; la planimetria di progetto che ne deriva risulta quindi un punto di equilibrio tra questi aspetti e le esigenze di tipo idraulico. L'argine sarà raccordato al rilevato stradale di progetto e l'accesso al coronamento potrà essere eseguito attraverso la pista ciclabile prevista a lato della variante.



La modalità esecutiva prevede di eseguire uno scotico superficiale di spessore 30 cm, uno scavo di fondazione sino a circa 70 cm dal piano campagna attuale, la costipazione del piano di posa e la successiva formazione dell'argine.

Per la realizzazione di questo argine viene principalmente previsto l'impiego di terre limose e argillose comprese tra il tipo A6 della classificazione ex-CNR UNI 10006, con contenuto minimo in sabbia del 15% ed il tipo A4 con contenuto massimo in sabbia del 50%, dotate di caratteristiche geotecniche e di permeabilità analoghe o superiori rispetto ai parametri utilizzati nelle verifiche di stabilità e di filtrazione adottati in questo progetto.

In figura seguente si riporta una sezione tipo dell'argine Casanuova II.

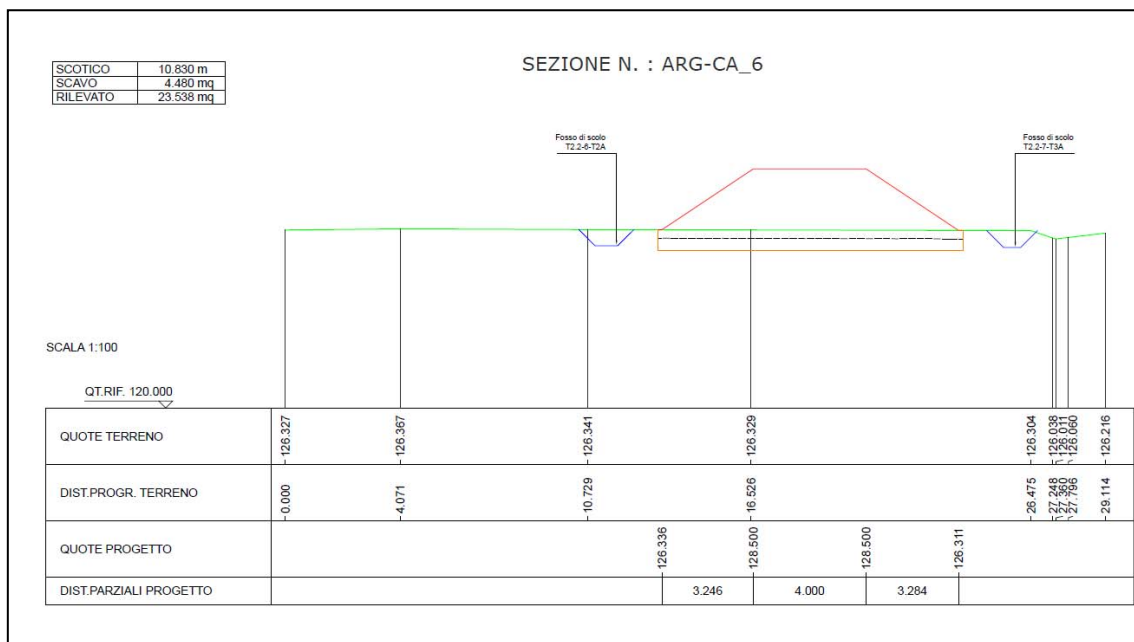


Figura 35. Argine Casanuova II - sezione tipo.

La regimazione delle acque meteoriche sarà eseguita con la realizzazione di un fosso di guardia interno all'area protetta dall'argine che avrà come recapito un manufatto di scarico, presidiato da paratoia mobile e dispositivo antiriflusso a clapet, costituito da un tombino sotto l'argine di progetto. Viene previsto anche un fosso di guardia al piede esterno dell'argine; entrambi i fossi avranno come recapito finale un fosso esistente che dovrà essere opportunamente adeguato con la sezione idraulica di progetto.

Dal punto di vista idraulico, relativamente ai volumi di invaso della cassa Pizziconi modulo 11, si precisa che l'argine Casanuova II è posto di progetto in posizione arretrata rispetto a quanto era previsto nel progetto esecutivo Pizziconi 2009 per cui non si ha diminuzione del volume di invaso della cassa casomai un aumento.



### 6.3 ADEGUAMENTO ARGINE AREA ESONDABILE IN DX FAELLA

Questo intervento è stato descritto nel paragrafo 4.4.1 e consiste in un ripristino ed adeguamento dell'argine della zona di esondazione controllata posta in dx idraulica a monte del ponte del Bernino.

Si tratta di adeguare l'argine esistente portandolo ad una quota di coronamento 130.50 m slm.

La modalità esecutiva prevede di eseguire uno scotico superficiale di spessore 30 cm, uno scavo di fondazione a gradoni per la realizzazione di ammorsamenti sull'argine esistente e la formazione del ringrosso arginale.

Nelle figure seguenti si riporta un estratto con la planimetria di progetto ed una sezione tipo dell'adeguamento dell'argine area esondabile in dx Faella.

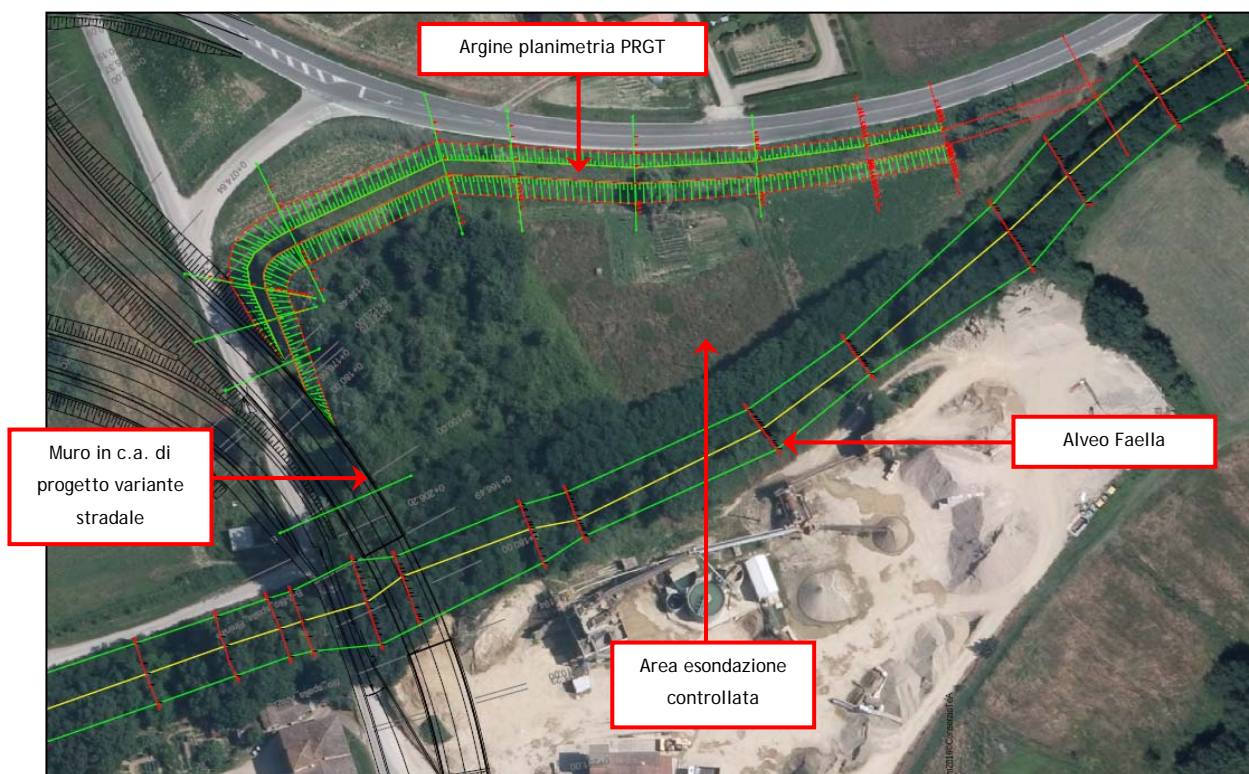


Figura 37. Intervento adeguamento argine area esondabile in dx Faella - planimetria.

L'intervento si svilupperà dalla sezione 90 (che è indisturbata) verso valle sino alla sezione 20 dove si prevede il raccordo con il muro di contenimento in c.a. previsto nel progetto stradale della variante Lotto 5.



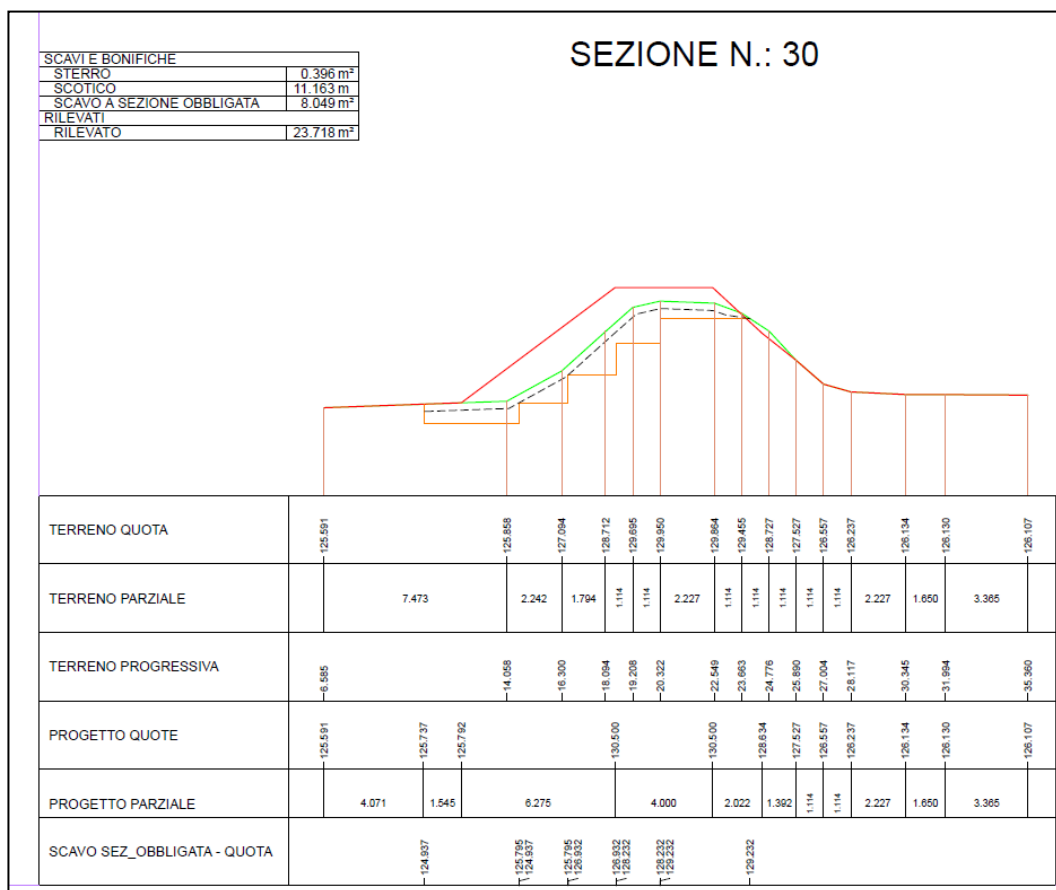


Figura 38. Intervento adeguamento argine area esondabile in dx Faella - sezione tipo.

Si prevede l'adeguamento dell'argine con il suo ringrosso sul lato a campagna. In corrispondenza delle sezioni 36 e 40 viene assicurato il mantenimento di una fascia di almeno 2 m rispetto al bordo della strada provinciale SP9. Nelle sezioni 50 e 60 dove già adesso il rilevato arginale è più vicino alla SP9 risulta necessario non avanzare sul lato strada per cui si prevede un ringrosso che diparte dal piede esterno dell'argine (lato strada) e va ad interessare anche il paramento interno (lato area esondazione controllata). Questa impostazione consente di avere il piede esterno dell'argine a circa 2 m dal bordo della SP; tale fascia potrà essere utilizzata per la realizzazione di una fossetta di scolo per le acque meteoriche.

---

## 6.4 RILEVATO STRADALE E ARGINE CASSA

In riferimento alle sezioni utilizzate nella redazione del progetto della Variante SRT69 Lotto 5 il tratto di rilevato stradale che dovrà svolgere anche la funzione di argine della cassa espansione Pizziconi modulo 11 si estende per circa 1300 m dalla rotatoria 3 Volpaie sino alla progressiva +243.17 del tratto T3.

In questo tratto la quota minima del pano viario di progetto deve essere non inferiore a 128.50 m slm.

Il rilevato sotto la pista ciclabile di progetto sarà realizzato con materiali adeguati a svolgere la funzionalità di argine ed in particolare terre limose e argillose comprese tra il tipo A6 della classificazione ex-CNR UNI 10006, con contenuto minimo in sabbia del 15% ed il tipo A4 con contenuto massimo in sabbia del 50% adeguatamente costipate. Il rilevato arginale sotto la pista ciclabile sarà realizzato in continuità rispetto al rilevato stradale di progetto con gradonature di ammorsamento.

Per quanto riguarda l'apporto di terreni da costruzione dall'esterno del cantiere viene principalmente previsto l'impiego di terre limose e argillose comprese tra il tipo A6 della classificazione ex-CNR UNI 10006, con contenuto minimo in sabbia del 15% ed il tipo A4 con contenuto massimo in sabbia del 50%.

---

## 7. RETE SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Di seguito si riporta il dimensionamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal corpo stradale e dalle aree adiacenti.

Il tracciato stradale di variante percorre l'area valliva in adiacenza al piede delle colline per cui risulta necessario dare continuità al deflusso delle acque meteoriche raccolte dai fossi esistenti.

Il drenaggio delle acque nello stato attuale avviene attraverso fosso campestri che generalmente scorrono in direzione sud-ovest, verso l'argine dell'Arno.

I tratti di variante stradale codificati T1 e T2.1 (dalla rotatoria Matassino sino al borro Volpaie) sono in adiacenza al rilevato della cassa di espansione Pizziconi, rispettivamente modulo 2 e modulo 1. Nell'ambito dei lavori della cassa è stato realizzato un reticolo di raccolta delle acque meteoriche che defluisce anche all'interno della cassa attraverso opere di attraversamento presidiate con paratoie mobili ad azionamento manuale di tipo a ghigliottina (sul lato esterno dell'argine cassa) e dispositivi antiriflusso tipo valvola clapét (sul lato interno cassa).

A sud del borro Volpaie, dove sarà realizzato il modulo 11 della cassa, il reticolo di fossi di drenaggio è ancora inalterato e le acque vengono recapitate al fosso esistente parallelo all'argine dell'Arno che defluisce nel tratto terminale del torrente Faella.

Il rilevato stradale dovrà assolvere anche la funzione di rilevato arginale della cassa modulo 11 dal borro Volpaie sino alla sezione 9 (progressiva 243.17) del tratto T3 ubicata al confine tra il bacino scolante T3-A e T3-B.

Per gli attraversamenti che dovranno essere realizzati nel tratto tra Volpaie e la suddetta sezione 9 del tratto T3 sarà valutata l'interazione tra i livelli di massimo invaso previsti nel modulo 11 ed il reticolo di drenaggio prevedendo, ove necessario, l'installazione di paratoie mobili e dispositivi antiriflusso.



## 7.1 DEFINIZIONE DEI BACINI SCOLANTI

L'individuazione dei bacini scolanti è stata eseguita attraverso cartografia CRT2K e rilievi diretti in sito. Nella figura seguente si riporta l'individuazione dei bacini scolanti analizzati che comprende anche tre corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale: Volpaie, Casanuova e Burrone. La codifica dei bacini segue l'impostazione di codifica dei tratti suddivisi in T1, T2.1, T2.2 e T3.

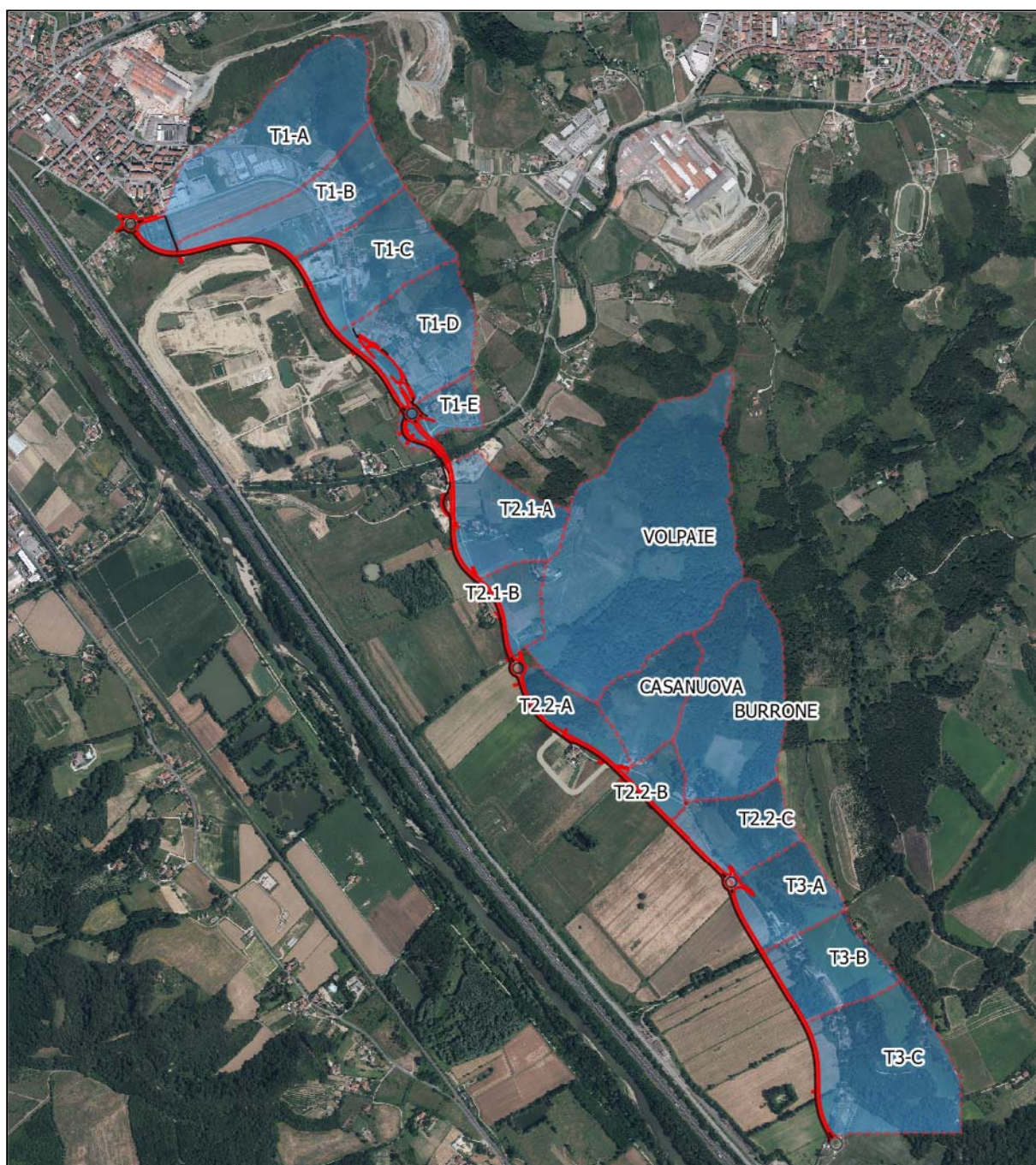


Figura 39. Bacini scolanti reticolo idraulico

## 7.2 CALCOLO DELLE PORTATE

### 7.2.1 DATI PLUVIOMETRICI

Per quanto riguarda l'analisi dei dati pluviometrici si è fatto riferimento alle curve di possibilità pluviometrica ricavate dall'analisi delle precipitazioni intense registrate dalla stazione pluviometrica di Renacci [cod. 870] effettuata dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa. La procedura adottata è analoga a quella utilizzata nell'ambito della Regionalizzazione delle Portate di Piena della Regione Toscana e consiste nell'adozione della funzione di probabilità cumulata TCEV (Two Component Extrem Value).

Le curve di probabilità pluviometrica sono espresse nella forma a tre parametri del tipo

$$h = a \cdot t^n \cdot T_r^m$$

dove  $h$  è l'altezza di precipitazione in mm,  $t$  è la durata in ore e  $T_r$  è il tempo di ritorno in anni. Visti i tempi di pioggia critici in oggetto, è stata presa in considerazione la curva di possibilità pluviometrica relativa a durate inferiori all'ora.

Durate <1h		
$a_1$	$n_1$	$m_1$
[mm/ore^n/anni^m]	[-]	[-]
<b>19.989</b>	<b>0.214</b>	<b>0.19</b>

Tabella 7. Parametri delle curve di possibilità pluviometrica. Stazione 870 Servizio Idrografico.

Il dimensionamento della rete di fossi di guardia per lo smaltimento delle acque meteoriche è stato eseguito adottando un tempo di ritorno pari a 30 anni.

## 7.2.2 COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso è una grandezza che esprime la percentuale degli afflussi meteorici che, non trattenuta da vegetazione o infiltrata nel sottosuolo, va a formare i deflussi superficiali. In particolare definendo con  $h$  l'altezza di pioggia e  $h_{eff}$  l'altezza di pioggia efficace che va a formare i deflussi superficiali, si ottiene la seguente relazione:

$$\varphi = \frac{h_{eff}}{h}$$

Il coefficiente di deflusso di un bacino, che teoricamente può assumere valori compresi tra 0 (tutta la precipitazione è trattenuta) ed 1 (tutta la precipitazione va a formare l'onda di piena), dipende da:

- Fattori dipendenti dalla natura del bacino
  - impermeabilizzazione (copertura con superfici sostanzialmente impermeabili);
  - caratteristiche del suolo (granulometria e composizione);
  - copertura vegetale;
  - topografia;
- Fattori dipendenti dalla precipitazione
  - intensità di pioggia durante l'evento;
  - precipitazioni antecedenti l'evento.

Di tutte queste grandezze interessano sia la distribuzione spaziale, che quella temporale. L'interazione di tutti questi fattori rende la formazione delle perdite idrologiche (rappresentate in sintesi dal coefficiente di deflusso) un fenomeno non lineare, la cui corretta simulazione risulta complessa, richiedendo informazioni dettagliate sia sulla natura del bacino che sulle caratteristiche della precipitazione. A parte il caso di bacini densamente strumentati, informazioni di questo tipo non sono generalmente disponibili. E' dunque necessario ricorrere a valutazioni dei diversi fattori per giungere ad una semplificazione del fenomeno.

Nel caso in oggetto sono stati adottati i seguenti valori del coefficiente di deflusso:

- ✓ aree impermeabili (coperture, viabilità etc.):  $\varphi=0.9$ ;
- ✓ aree permeabili (collinari e pianeggianti):  $\varphi=0.65$ ;

Tali valori sono cautelativi rispetto alle indicazioni riportate in letteratura per tenere in considerazione il fatto che le aree permeabili sono ubicate principalmente in zone collinari.

Il calcolo delle estensioni delle singole tipologie di cui sopra è stato effettuato attraverso l'analisi della cartografia e delle ortofoto.

Detto  $\varphi_i$  il coefficiente di deflusso relativo alla superficie  $S_i$ , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da valori differenti di  $\varphi_i$  si ottiene dalla media ponderale:



$$\bar{\varphi} = \frac{\sum(\varphi_i \cdot S_i)}{\sum S_i}$$

Con questa metodologia sono stati individuati i coefficienti di deflusso medi ponderali dei bacini imbriferi individuati.

Di seguito si riporta la planimetria dei bacini scolanti con sovrapposta la perimetrazione delle aree impermeabili (retino magenta).

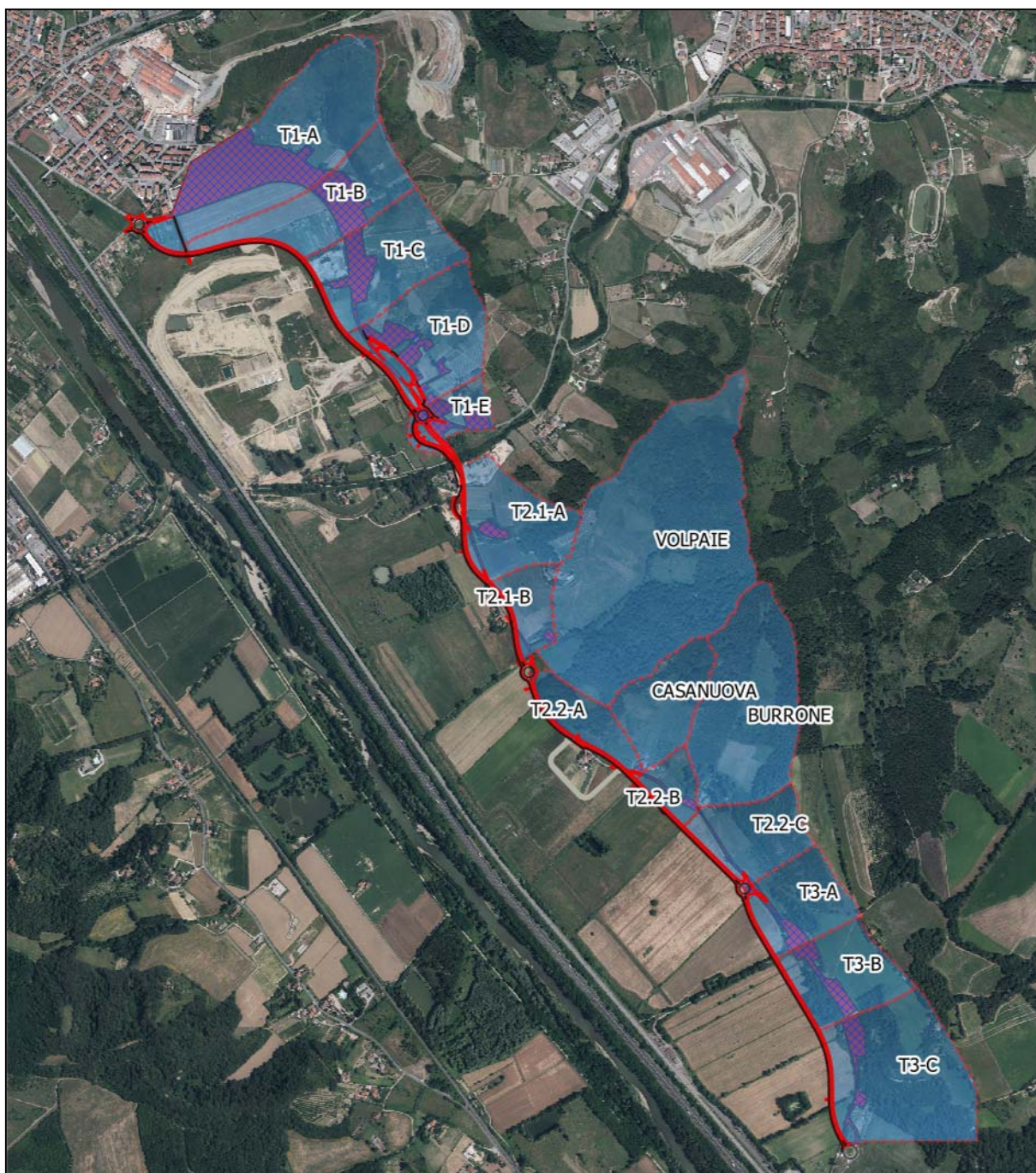


Figura 40. Bacini scolanti reticolo idraulico e aree impermeabili (retino magenta)

### 7.2.3 METODOLOGIA DI STIMA DELLE PORTATE

La stima delle portate meteoriche di pertinenza del reticolo idrografico minore e delle acque di piattaforma è stata effettuata attraverso l'applicazione di metodi di trasformazione afflussi-deflussi. Di seguito si riportano i dettagli relativi ai metodi applicati.

#### 7.2.3.1 METODO DE MARTINO

Questo metodo è stato proposto da De Martino sulla base dei risultati ottenuti per il dimensionamento con il metodo dell'invaso di una serie di reti scolanti con bacini inferiori a 30 ettari caratterizzate da differenti valori di pioggia, coefficiente di deflusso, pendenza media dei condotti e volume dei piccoli invasi. De Martino ha proposto per il coefficiente udometrico critico la seguente espressione:

$$u = C_r \cdot \frac{\varphi_{1r} \cdot j_{15}}{0.36} \quad [l/s \cdot ha]$$

dove:

$\varphi_{1r}$  : coefficiente di deflusso orario ragguagliato rispetto all'area del bacino [-];

$j_{15}$  : intensità media di pioggia corrispondente alla durata di 15' [mm/h];

$C_r$  : coefficiente di ritardo, in funzione di  $j_{15}$ ,  $S$  (superficie del bacino),  $\varphi_{1r}$ ,  $J_f$  (pendenza media della rete) e  $w$  (invaso specifico nei piccoli specchi e nel velo idrico superficiale).

Il coefficiente di ritardo  $C_r$  è stato tabulato da De Martino in funzione dei parametri di cui sopra; nel caso in oggetto si è assunto un volume di invaso specifico pari a 30 m<sup>3</sup>/ha. I valori non direttamente reperibili in tabella sono stati ricostruiti per interpolazione lineare.

#### 7.2.3.2 METODO RAZIONALE

Per il calcolo delle acque di piattaforma, caratterizzate da bacini scolanti di ridotte dimensioni, viene utilizzato il metodo razionale dove la portata di colmo prodotta da un'altezza di pioggia  $h$  in un bacino di superficie  $S$  è pari a:

$$Q = \varphi \cdot \frac{Sh}{t_c}$$

dove:

$\varphi$  : coefficiente di deflusso del bacino [-];

$S$  : area del bacino;

$t_c$  : tempo di corrivazione;

$h = a \cdot t^n$  : altezza di precipitazione.

Il tempo di corrivazione  $t_c$  è stato assunto pari a 5 minuti.

7.2.4 VALUTAZIONE PORTATE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i risultati ottenuti nel calcolo delle portate di verifica eseguito con il metodo DeMartino per i bacini scolanti analizzati che afferiscono ai fossi di guardia di progetto.

Tratto	BACINO T1-A					De Martino				BACINO T1-A			
	Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]
Tratto T1	30	38.146	0.214	25.364	0.73	113.41	0.64	146.42	3.714	7.73	17.63	0.70	0.73
	BACINO T1-B					De Martino				BACINO T1-B			
	Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]
	30	38.146	0.214	12.798	0.70	113.41	0.64	141.14	1.806	2.419	10.38	0.81	0.70
	BACINO T1-C					De Martino				BACINO T1-C			
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	13.639	0.69	113.41	0.64	139.03	1.896	2.16	11.48	0.84	0.69	
BACINO T1-D					De Martino				BACINO T1-D				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	14.075	0.70	113.41	0.64	140.80	1.982	2.72	11.35	0.81	0.70	
BACINO T1-E					De Martino				BACINO T1-E				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	4.604	0.76	113.41	0.64	164.22	0.710	2.12	2.49	0.54	0.76	
Tratto T2.1	BACINO T2.1-A					De Martino				BACINO T2.1-A			
	Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]
	30	38.146	0.214	11.302	0.67	113.41	0.64	134.71	1.523	0.82	10.46	0.93	0.67
BACINO T2.1-B					De Martino				BACINO T2.1-B				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	4.685	0.67	113.41	0.64	135.50	0.635	0.41	4.27	0.91	0.67	
Tratto T2.2	BACINO T2.2-A					De Martino				BACINO T2.2-A			
	Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]
	30	38.146	0.214	5.957	0.68	113.41	0.64	136.30	0.771	0.59	5.07	0.90	0.68
BACINO T2.2-B					De Martino				BACINO T2.2-B				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	3.360	0.68	113.41	0.64	137.83	0.463	0.45	2.91	0.87	0.68	
BACINO T2.2-C					De Martino				BACINO T2.2-C				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	8.795	0.67	113.41	0.64	134.12	1.180	0.54	8.26	0.94	0.67	
Tratto T3	BACINO T3-A					De Martino				BACINO T3-A			
	Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]
	30	38.146	0.214	8.861	0.68	113.41	0.64	136.76	1.212	1.00	7.86	0.89	0.68
BACINO T3-B					De Martino				BACINO T3-B				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	10.034	0.69	113.41	0.64	138.14	1.386	1.41	8.63	0.86	0.69	
BACINO T3-C					De Martino				BACINO T3-C				
Tr [anni]	a [mm/h'n]	n [-]	A [ha]	Fi [-]	J <sub>15</sub> [mm/h]	C <sub>r</sub> [-]	u [Vs'ha]	Q [mc/s]	A IMP [ha]	A PERM [ha]	Ip [-]	FI PESATO [-]	
30	38.146	0.214	21.103	0.67	113.41	0.64	134.90	2.847	1.61	19.49	0.92	0.67	
dove: Tr= tempo di ritorno di progetto a,n= coefficienti della CPP A= area del bacino scolante Fi = coefficiente di deflusso orario ragguagliato rispetto all'area del bacino J15 = intensità media di pioggia corrispondente alla durata di 15' [mm/h] Cr = coefficiente di ritardo u = coefficiente idrometrico Q = portata di progetto													

Tabella 8. Stima delle portate di verifica per i bacini analizzati



### 7.3 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA RETE DI DRENAGGIO

Il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche minori, come la rete di smaltimento delle acque meteoriche, viene eseguita in regime di moto uniforme. Tale impostazione risulta idonea sia per i fossi di guardia che per i tratti tombati. Le verifiche sono eseguite utilizzando la nota formula di Chézy:

$$V = \chi \sqrt{R \cdot i}$$

che nell'ipotesi di moto assolutamente turbolento, abbinata con la formula di Gauckler-Strikler diventa:

$$V = K_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

$V$  = velocità [m/s];

$K_s$  = Parametro di scabrezza [ $m^{\frac{1}{3}} \cdot s^{-1}$ ];

$R$  = Raggio idraulico [m];

$i$  = pendenza [m/m].

Per quanto riguarda il parametro scabrezza è stato utilizzato un valore  $K_s = 80m^{\frac{1}{3}}s^{-1}$  per condotte in calcestruzzo e  $K_s = 35m^{\frac{1}{3}}s^{-1}$  per canali in terra regolare inerbata.

Viene prevista la realizzazione di fossi di guardia scavati sul terreno e l'utilizzo di condotte prefabbricate scatolari in CAV per i sottoattraversamenti di sedi viarie.

TABELLA SEZIONI TIPO CANALE REGOLARE TRAPEZIO IN TERRA					
Sezione trapezia tipo	L FONDO	H MIN CANALE	SCARPA SPONDE	ANGOLO SPONDE	L MIN CIGLI SPONDA
	[m]	[m]	[-]	[°]	[m]
4	0.5	0.5	1	45	1.5
3A - 3B	0.6	0.6	1	45	1.8
2A - 2B -2X	0.8	0.8	1	45	2.4
1	1	1	1	45	3
1S	1	1.5	1	45	4

Tabella 9. Sezioni tipo per canali regolari in terra.



TABELLA SEZIONI TIPO SCATOLARI IN CAV		
Sezione tipo	LARGHEZZA [m]	ALTEZZA [m]
1	1.2	1
2	1.2	0.8
3	1	0.6
4	0.6	0.4
Es	1.5	1.1

Tabella 10. Sezioni tipo per tratti tombati con scatolari in CAV.

Di seguito si riporta il calcolo della massima capacità di smaltimento di ciascuna tipologia di canalizzazione sia in sezione trapezia che scatolare.

Sezione trapezia tipo	H MIN CANALE [m]	If [m/m]	Livello PL [m]	Ks [m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	v [m/s]	Q [mcs]
4A	0.5	0.005	0.45	35	0.959	0.410
4B	0.5	0.002	0.45	35	0.606	0.259
3A	0.6	0.005	0.5	35	1.042	0.573
3B	0.6	0.002	0.5	35	0.659	0.362
2A	0.8	0.005	0.7	35	1.293	1.358
2B	0.8	0.002	0.7	35	0.818	0.859
2X	0.8	0.003	0.7	35	1.002	1.052
1	1	0.002	0.9	35	0.963	1.646
1S	1.5	0.002	1.2	35	1.114	2.942
1R	2.2	0.002	1.4	35	1.207	4.057
Scatolare CAV	Dim. [mm]	If [m/m]	Livello PL [m]	Ks [m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	v [m/s]	Q [mcs]
4	600x400	0.01	0.3	80	2.373	0.498
3	1000x600	0.002	0.5	80	1.420	0.710
3B	1000x600	0.01	0.5	80	3.175	1.588
2	1200x800	0.002	0.7	80	1.685	1.415
2B	1200x800	0.005	0.7	80	2.664	2.238
1	1200x1000	0.002	0.9	80	1.811	1.956
1B	1200x1000	0.005	0.9	80	2.863	3.092
Es	1500x1100	0.01	0.9	80	4.409	5.952

Tabella 11. Calcolo capacità di smaltimento in moto uniforme

Dove:

H Min Canale=altezza minima del canale a sezione trapezia

If=pendenza scatolari;

Livello PL = altezza del tirante idraulico;

Ks= scabrezza

V = velocità del flusso;

Q = Portata smaltita.

### 7.3.1 IMPOSTAZIONE PROGETTUALE DEI FOSSI DI GUARDIA E VERIFICHE IDRAULICHE

Il reticolo di drenaggio è costituito da fossi di guardia da realizzare al piede del rilevato stradale e da tombini scatolari prefabbricati in CAV che saranno utilizzati per gli attraversamenti sotto il rilevato stradale di variante.

Il reticolo di drenaggio dovrà essere in grado di assicurare la corretta regimazione delle acque provenienti dalle aree collinari e delle acque di piattaforma restituendole al reticolo di drenaggio esistente a valle del rilevato di variante.

L'ubicazione dei tombini è stata valutata sulla base dell'attuale assetto del reticolo di drenaggio rilevato anche attraverso sopralluoghi in sito che hanno permesso l'identificazione dei principali assi di deflusso. L'impostazione progettuale adottata è di cercare di evitare alterazioni del sistema di drenaggio attuale andando a prevedere i tombini di attraversamento in corrispondenza dei principali assi di drenaggio esistenti lasciando ai fossi di guardia ai piedi del rilevato la funzionalità di intercettazione delle acque di piattaforma, generalmente allontanate da embrici, e delle acque meteoriche pertinenti alle aree più in adiacenza al rilevato stradale.

Il dimensionamento dei fossi di guardia ai piedi del rilevato stradale è stato eseguito tenendo in considerazione la necessità avere a disposizione anche una capacità di "invaso in linea" sia per la presenza dei dispositivi antiriflusso che, in caso di invaso della cassa, impediscono il deflusso delle acque sia in relazione alla presenza a valle del tracciato di variante di una zona pianeggiante con reticolo di drenaggio caratterizzato da basse pendenze.

Il dimensionamento dei tombini di attraversamento è stato eseguito sulla base delle portate al colmo ottenute nell'analisi idrologica per i vari bacini scolanti afferenti.

In corrispondenza della rotatoria di Montalpero esiste un canale in c.a., visibile nella foto seguente, realizzato nell'ambito dei lavori della cassa di espansione Pizziconi Lotto1.



Foto 2. Canale in c.a. esistente in zona rotatoria Montalpero.

Il canale ha una larghezza di 1.5m e pareti laterali alte 1.1m ed ha una pendenza, nel tratto in esame, pari all'1%.

In luogo della demolizione del canale e la posa di un tombino scatolare, si prevede di mantenere il canale esistente che sarà coperto con una soletta in c.a. gettata in opera non gravante sulla struttura esistente. Si prevede pertanto la realizzazione di cordoli di fondazione e muri in elevazione che dovranno sostenere la soletta di copertura.

La tabella seguente riporta le verifiche relative ai tratti più significativi della rete di drenaggio di progetto e segnala la presenza di eventuali dispositivi antiriflusso da installare sui tombini.

Tabella verifiche attraversamenti reticolo drenaggio							
Bacino	Q afferente	Attraversamenti	Tipo	Flap	Q sm	Q sm T	Verificato
[D]	[m <sup>3</sup> /s]	[D]	[-]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]
T3-C	2.85	S1-T2	T2	no	1.42	4.25	si
		S2-T2	T2	no	1.42		
		S3-T2	T2	no	1.42		
T3-B	1.39	S4-T2	T2	no	1.42	2.83	si
		S5-T2	T2	no	1.42		
T3-A	1.21	S6-T1	T1	si	1.96	1.96	si
T2.2-C	1.18	S7-T2	T2	si	1.42	1.42	si
T2.2-B	0.46	S8-T3	T3	si	0.71	0.71	si
T2.2-A	0.77	S9-T3	T3	no	0.71	1.42	si
		S11-T3	T3	si	0.71		
T2.1B	0.63	S12-T4	T4	no	0.50	1.00	si
		S13-T3	T4	no	0.50		
T2.1-A	1.52	S14-T2	T3	no	0.71	2.30	si
		S15-T3B	T3B	no	1.59		
T1-E	0.71	S19-Es	Es	no	5.95	5.95	si
T1-D	1.98	S20-T2	T2	no	1.42	2.83	si
		S21-T2	T2	no	1.42		
T1-C	1.90	S22-T3B	T3B	no	1.59	4.76	si
		S23-T3B	T3B	no	1.59		
		S24-T3B	T3B	no	1.59		
T1-B	1.81	S25-T1	T1	no	1.96	1.96	si
T1-A	3.71	S26-T1	T1	no	1.96	3.91	si
		S27-T1	T1	no	1.96		

Note:  
 Q afferente=portata del bacino scolante afferente  
 Q sm= portata max smaltibile dal singolo tombino  
 Flap: presenza di dispositivi antiriflusso  
 Q sm T= portata max smaltibile complessiva degli attraversamenti

Tabella 12. Verifiche idrauliche della rete di drenaggio

L'area interna all'argine Casanuova II risulta interessata da acque meteoriche pertinenti all'area valliva difesa dall'argine che si estende per 2.6 ettari e riceve anche i deflussi di una parte del bacino T2.2-A (circa 1.6 ha) attraverso il tombino S9-T3 che recapita le acque sul fosso di guardia posto al piede interno dell'argine codificato T2.2-6-T2A. La portata che deve essere smaltita dal tombino S10 è valutata in modo cautelativo adottando il coefficiente udometrico del bacino T2.2-A sull'area complessiva drenata (4.2 ha) e risulta pari a 578 l/s. Per il tombino S10 si adotta la tipologia T3B che risulta ampiamente sufficiente al deflusso della portata di verifica. Il tombino S10-T3B avrà come recapito un fosso esistente che raggiunge il fosso maestro parallelo alla ferrovia direttissima. Risulta necessario eseguire un adeguamento del fosso ricettore adottando una sezione trapezia tipo T2X con pendenza del fondo pari a 0.3% per un tratto di circa 200 m sino alla confluenza sul fosso maestro.

Il tombino S10-T3B consente il deflusso delle acque sull'area interessata dalla cassa modulo 11 e risulta necessaria l'installazione di paratoia mobile e dispositivo antiriflusso.

Di seguito si riportano le verifiche idrauliche per i principali fossi del reticolo di drenaggio. Per la verifica delle canalette semitubo CLS DN600 nel tratto T2.2 tra progressiva +300 e +420 si assume cautelativamente che ciascuna canaletta intercetti la metà della portata pertinente al bacino scolante T2.2-A.

Tabella verifiche fossi reticolo drenaggio						
Bacino	Q afferente	Fosso	Tipo	If	Q sm	Verificato
[ID]	[m <sup>3</sup> /s]	[ID]	[-]	[m/m]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]
T1-B	1.81	T1-5-T1S	T1S	0.02	2.94	si
Casanuova II	0.58	T2.2-1-T2X	T2X	0.03	1.05	si
T2.2-A	0.39	canaletta semitubo	DN600	0.05	0.52	si

Note:  
 Q afferente=portata del bacino scolante afferente  
 Q sm= portata max smaltibile dal fosso

Tabella 13. Verifiche idrauliche dei principali fossi di drenaggio

I bacini del tratto di variante codificato T1 (bacini T1-A, T1-B, T1-C, T1-D e T1-E) hanno come recapito finale il reticolo di fossi di guardia realizzati al piede esterno dell'argine nell'ambito del progetto della cassa di espansione Pizziconi Lotto 1.

L'efficienza idraulica complessiva della rete di drenaggio sarà aumentata per la realizzazione dei fossi T1-5 e T1-6 con sezione tipo T1S previsti al piede del rilevato stradale di progetto nel tratto T1 tra progressiva +280 e +600.

Il reticolo di drenaggio della variante Lotto 5 nel tratto T1 ha come recapito finale i fossi di guardia esterni alla cassa di espansione. Su questo aspetto si precisa che l'incremento di area permeabile dovuto al manto stradale della variante risulta trascurabile rispetto all'estensione dei bacini scolanti (che varia tra 4.6 e 25 ettari) per cui la realizzazione della variante non comporta una variazione apprezzabile delle portate defluenti rispetto allo stato attuale.

Questa valutazione può essere estesa a tutto il tracciato in quanto l'impermeabilizzazione dovuta al manto stradale di progetto ha effetti non apprezzabili in termini di incremento delle portate dei bacini scolanti che hanno aree scolanti con ordine di grandezza superiore rispetto all'estensione della piattaforma stradale.



## 7.4 DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA STRADALE

Il sistema di drenaggio stradale è esteso a tutto il tracciato e comprende la raccolta delle acque del nastro pavimentato, delle banchine e di tutte le superfici impermeabili interessate dal traffico compreso le scarpate dei rilevati.

Il sistema di drenaggio prevede che le acque raccolte siano convogliate attraverso gli embrici direttamente nei fossi di guardia laterali.

La viabilità di progetto è composta dalla carreggiata larga 10.5 m da una pista ciclabile larga 3.0m posta sempre sul lato Arno della carreggiata e da una aiuola delimitata da cordoli larga 1.5m.

### 7.4.1 PIATTAFORMA STRADALE VERIFICHE IDRAULICHE

Il drenaggio della piattaforma stradale avviene attraverso la pendenza trasversale imposta in fase di progetto pari al 2.5% nei tratti rettilinei e variabile nei tratti in curva. Le acque raccolte a bordo strada sono convogliate negli embrici sulla scarpata e quindi nei fossi di guardia ubicati al piede del rilevato.

La piattaforma stradale nel caso specifico è composta dalla carreggiata principale, dall'aiuola e dalla pista ciclabile posta a dx che viene prevista con pendenza pari all'1% sempre verso la scarpata lato Arno. Nei tratti in rettilineo e con curvatura a dx le acque di carreggiata dovranno essere convogliate su caditoie che avranno come recapito finale un sistema di embrici posti sulla scarpata lato Arno.

Il calcolo di dimensionamento e verifica dell'interasse degli embrici è eseguito in modo tale da garantire che la precipitazione con tempo di ritorno di 25 anni riesca a defluire nell'embrice, evitando il ristagno dei deflussi sulla piattaforma.

Si adotta la curva di possibilità pluviometrica definita nel paragrafo precedente e si assume per la precipitazione un tempo di corrivazione pari a 5 minuti, e si determina di conseguenza l'intensità critica di precipitazione di progetto pari a 260.6 mm/h. Il calcolo delle portate è riportato in tabella seguente.

Tr	Durata evento	Intensità di pioggia	Coefficiente deflusso	Coefficiente udometrico	Scabrezza Ks	Larghezza piattaforma
[anni]	[ore]	[mm/ora]	[-]	[l/s/ha]	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[m]
25	0.083	260.6	0.9	651.5	80	10.5
		Larghezza carreggiata	Interasse embrici/caditoie	Area afferente	Q	
		[m]	[m]	[mq]	[l/s]	
	Rettilineo	5.25	20	52.5	3.42	
	Curva	10.5	12	63	4.10	

Tabella 14. Calcolo portate cunetta stradale in tratti rettilinei ed in curva.

In funzione della larghezza della banchina B, della pendenza trasversale j della stessa e di quella longitudinale i della strada è quindi possibile ricavare le caratteristiche idrauliche della cunetta di raccolta a bordo strada secondo lo schema riportato di seguito.

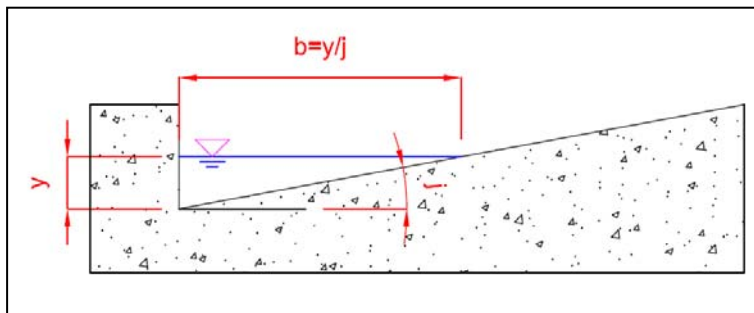


Figura 41. Schema della cunetta stradale

In base alla formula di Gauckler-Strickler, assumendo un coefficiente di scabrezza Ks di 80 m<sup>1/3</sup>/s per la pavimentazione asfaltata, è possibile determinare la portata massima smaltibile dalla cunetta:

$$Q = Av = AK_s R_H^{2/3} i^{2/3}$$

La tabella seguente riporta il calcolo idraulico per le pendenze trasversali e longitudinali di progetto. La larghezza della banchina è di 1.5 m per cui sono valutate compatibili altezze d'acqua y che consentono di contenere il battente idraulico entro 1.2 m e quindi minore della larghezza della banchina.

b	j pendenza trasversale	i pendenza longitudinale	y	Scabrezza Ks	A	P	Rh	v	Q	Q
[m]	[-]	[-]	[m]	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[l/s]
1.3	0.025	0.001	0.0325	80	0.0211	1.333	0.016	0.1623	0.0034	3.43
1.3	0.025	0.01	0.0325	80	0.0211	1.333	0.016	0.5133	0.0108	10.84
0.8	0.07	0.001	0.056	80	0.0224	0.858	0.026	0.2333	0.0052	5.23
0.8	0.07	0.01	0.056	80	0.0224	0.858	0.026	0.7377	0.0165	16.52

Tabella 15. Verifiche idrauliche cunetta stradale.

In considerazione dei risultati ottenuti si assume che gli embrici siano disposti ad interasse di 20 m nei tratti in rettilineo e 12 m nei tratti in curva.

Nei tratti in rettilineo e con curvatura deve essere prevista l'installazione di una caditoia in banchina co scarico su embrici posti in scarpata su lato Arno

Il drenaggio delle acque di piattaforma avviene attraverso gli embrici sollecitati da una portata massima valutata in 4.10 l/s

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato, con una approssimazione accettabile, a quello di una soglia sfiorante. In questo caso la portata di sfioro è data da:

$$Q = \mu Lh \sqrt{2gh}$$

dove:

$\mu$  : coefficiente stramazzo in parete grossa assunto 0.35;

L: larghezza embrice

$h$  : battente (altezza velo idrico all'imbocco)

Assumendo un velo liquido massimo sull'embrice di 5 cm ed una larghezza di imbocco pari 0.30 m, si ottiene una portata di 5.20 l/s. La larghezza degli embrici pari a 0.30 m risulta quindi sufficiente allo smaltimento delle portate di verifica sia per i tratti rettilinei che in curva.

Per quanto riguarda la pista ciclabile, che è larga 3 m e con pendenza di 1% verso scarpata lato Arno, si imposta un dimensionamento degli embrici di raccolta in modo analogo a quanto eseguito per la carreggiata.

Tr	Durata evento	Intensità di pioggia	Coefficiente deflusso	Coefficiente udometrico	Scabrezza Ks	Larghezza pista
[anni]	[ore]	[mm/ora]	[-]	[l/s/ha]	[m <sup>1/3</sup> *s <sup>-1</sup> ]	[m]
25	0.083	260.6	0.9	651.5	80	3
		Larghezza pista ciclabile	Interasse embrici	Area afferente	Q	
		[m]	[m]	[mq]	[l/s]	
	Rettilineo	3	30	45	2.93	

Tabella 16. Calcolo portate meteoriche pista ciclabile.

b	j pendenza trasversale	i pendenza longitudinale	y	Scabrezza Ks	A	P	Rh	v	Q	Q
[m]	[-]	[-]	[m]	[m <sup>1/3</sup> *s <sup>-1</sup> ]	[mq]	[m]	[m]	[m/s]	[mc/s]	[l/s]
2.2	0.01	0.001	0.022	80	0.0242	2.222	0.011	0.1251	0.0030	3.03
2.2	0.01	0.01	0.022	80	0.0242	2.222	0.011	0.3957	0.0096	9.58

Tabella 17. Verifiche idrauliche pista ciclabile.

In considerazione dei risultati ottenuti si assume che gli embrici per il deflusso delle acque della pista ciclabile siano disposti ad interasse di 30 m utilizzando embrici analoghi a quelli previsti per la piattaforma stradale.

Nella fase di progettazione esecutiva il sistema di raccolta delle acque di piattaforma sarà sviluppato e graficizzato nel dettaglio.

## 7.5 RETE RACCOLTA SVERSAMENTI ACCIDENTALI

In corrispondenza del ponte sul torrente Faella viene prevista la realizzazione di un sistema di raccolta che sia in grado di prevenire uno sversamento accidentale di liquidi pericolosi, tossici o nocivi sul sottostante corpo idrico superficiale causato da un eventuale incidente di mezzi adibiti a tali trasporti.

Il drenaggio delle acque di impalcato del ponte Faella avviene tramite pluviali disposti in banchina ad un interasse massimo di 15 metri che convogliano i deflussi su una apposita condotta di raccolta staffata sotto il ponte. La pendenza longitudinale dell'impalcato è verso la spalla Firenze per cui il recapito della condotta avverrà sul lato Firenze.

Il sistema di raccolta degli sversamenti accidentali è composto da una apposita rete fognaria che andrà a ricevere i deflussi intercettati dai pluviali del ponte per inviarli ad una vasca rettangolare in c.a. che sarà realizzata parzialmente interrata.

La vasca di raccolta degli sversamenti accidentali deve essere in grado di stoccare temporaneamente al loro interno i liquidi pericolosi derivanti da un evento accidentale che potrebbe interessare una autocisterna. Il dimensionamento della vasca viene eseguito considerando un volume di sversamento di 40 mc.

Il sistema è costituito dai seguenti elementi:

- Pozzetto di intercettazione della condotta in PVC DN315 di raccolta delle acque meteoriche installata sotto il ponte; il pozzetto sarà ubicato a tergo della spalla Firenze del ponte;
- Tubazione in PVC DN315 di raccordo al pozzetto di ingresso al sistema di trattamento dal quale dipartono due condotte, una di alimentazione della vasca ed una di bypass che entra in funzione al superamento del livello di progetto in vasca
- Vasca in c.a. con comparto principale di dimensioni interne 6.0x3.0m ed altezza utile interna di 3.0m dotata di soletta di copertura (volume utile 54 mc) dotata di setto verticale e comparto secondario largo 1.0m
- Pozzetto di uscita al quale è collegata la vasca e la tubazione di bypass e dal quale diparte la tubazione in PVC DN315 per il recapito delle acque al ricettore finale.

La vasca di forma rettangolare sarà dotata di un setto verticale in c.a. che si svilupperà dall'intradosso della copertura sino a 40 cm dal fondo della vasca che sarà così suddivisa in due comparti comunicanti solo dal fondo vasca.

Sulla vasca vengono recapitate le acque di meteoriche intercettate dal sistema di raccolta del ponte per cui, al momento del verificarsi di un evento critico, (sversamento di sostanze inquinanti) nella vasca sarà presente un certo livello d'acqua e si instaura una differenza di livello tra i due comparti indotto dal diverso peso specifico tra idrocarburi ed acqua. Il dislivello tra i due comparti è valutato con la seguente relazione:



$$\Delta h = h_i - h_w = \frac{\gamma_w - \gamma_i}{\gamma_w} \cdot h_i$$

dove:

$h_i$  = distanza tra il pelo libero del liquido inquinante e la superficie di separazione tra i due liquidi;

$h_w$  = distanza della superficie di separazione dei due liquidi dal pelo libero dell'acqua;

$\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua;

$\gamma_i$  = peso specifico del liquido inquinante

Durante il fenomeno critico, al crescere del volume inquinante in vasca si crea un dislivello tra i due liquidi ed il livello dell'acqua sul comparto di uscita aumenta sino eventualmente a defluire sulla condotta di uscita. Con le dimensioni della vasca utilizzata (6.0x3.0m), ad un volume di 40 mc di sostanza inquinante in vasca corrisponde, secondo l'espressione sopra riportata ponendo  $\gamma_i=0.7$  e  $\gamma_w=1$ , un'altezza  $\Delta h$  di 67cm.

La condotta di uscita viene impostata ad una distanza di 100 cm dall'intradosso della copertura. L'accumulo di 40 mc nel momento in cui l'acqua raggiunge lo scarico corrisponde ad un livello nella vasca principale che raggiunge 100-67=33 cm dall'intradosso della copertura; sarà a questa quota che sarà posizionato il bypass nel pozzetto di alimentazione.

Il dimensionamento delle tubazioni di alimentazione del sistema di raccolta degli sversamenti sull'impalcato del ponte Faella viene eseguito sulla base del calcolo delle portate meteoriche pertinenti all'impalcato del ponte di seguito riportato (area=28x15.05m<sup>2</sup>).

ID Bacino	supeficie	Tr	Durata evento	Intensità di pioggia	A imp	A perm	Coefficiente deflusso	Coefficiente udometrico	Q
	[mq]	[anni]	[ore]	[mm/ora]	[mq]	[mq]	[-]	[l/s/ha]	[l/s]
IMP	434	25	0.083	201.2	930	-496	1.59	886.2	38.5

Tabella 18. Calcolo portate meteoriche impalcato ponte.

Per il collettore fognario di alimentazione e scarico del sistema di raccolta sversamenti accidentali si prevede l'utilizzo di tubazioni in PVC UNI-EN 1401-1 SN8 con diametro DE315 posti in opera con pendenze minime del 0.5%. La tabella seguente riporta la verifica idraulica del sistema di raccolta.

COLLETTORE SISTEMA RACCOLTA SVERSAMENTI ACCIDENTALI				PVC UNI EN 1401-1 SN8 DE315				
DATI CONDOTTA								
Diam	Raggio	Pendenza	Scabrezza		Qmax			
[m]	[m]	[-]	[m <sup>1/3</sup> *s <sup>-1</sup> ]		[l/s]			
0.3	0.15	0.005	80		38.5			
VERIFICA IDRAULICA	H	Riemp	Area	P	Rh	Lpl	V	Q
	[m]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[l/s]
	0.1572	52.40%	0.038	0.486	0.077	0.300	1.026	38.5

Tabella 19. Verifica idraulica collettori sistema raccolta sversamenti accidentali

---

## ALLEGATI

### ALLEGATI INFORMATICI: DATI E RISULTATI MODELLO ICM FAELLA

- Modello geometrico torrente Faella
- Risultati simulazioni Faella stato attuale TR30-200 e di progetto TR30-TR200
- Modello idraulico con sezioni e Risultati shp in ambiente QGis "04-QGis risultati Faella Lotto 5\_R1"

Note su gli allegati:

Il file QGis " 04-QGis risultati Faella Lotto 5\_R1" è georiferito EPSG:3003 Monte Mario /Italy zone 1 (Gauss Boaga fuso ovest), realizzato per migliorare l'esposizione dei dati ottenuti, contiene:

- la geometria del modello stato attuale completa di sezioni che possono essere esportate da QGis in formato dxf;
- i risultati delle simulazioni significative per ognuna delle quali è possibile visionare i risultati su nodi, sezioni trasversali (River reach Section Lines), sponde sx e dx (River reach Right Bank Results - River reach Left Bank Results per individuare le portate che si trasferiscono dal modello monodimensionale dell'alveo sulla zona 2D per formare i deflussi extra-alveo), i risultati sui ponti (Bridge- Bridge opening) e sulla zona 2D (dove si trovano dati su massimo battente  $Z_{max}$  ), ed i dati sulla magnitudo idraulica.

Oltre al suddetto file QGis vengono allegati anche i dati shp completi su geometria e tutte le simulazioni eseguite, tali dati possono essere visionati ed interrogati in ambiente QGis.