



COMUNE DI
PIEVE A NIEVOLE
(Provincia di Pistoia)

*Studio idraulico di supporto al
Piano Attuativo PA/7 PIP su Via Arno*

Progettista:	Dott. Massimo Paganelli – Architetto
Studi idraulici e ambientali:	Dott.ssa Silvia Cipriani - Ingegnere Dott. Simone Galardini - Ingegnere Dott. Leonardo Moretti – Geologo
Responsabile del procedimento:	Geometra Daniele Teci
Garante della comunicazione	Geometra Patrizio Mancini

Codice	Emesso Galardini	D.R.E.A.M. Italia Soc. Coop. Agr. For. Via dei Guazzi n.31, Poppi (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67. http://www.dream-italia.it	AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV =UNI EN ISO 9001/2000=	
Revisione 00	Controllato Cipriani			
Data Aprile 2009	Approvato D.T. Miozzo			

Sommario

Premessa.....	2
1. Inquadramento territoriale.....	2
2. Descrizione dello stato attuale del Fosso Arrù.....	6
3. Analisi idrologica	14
3.1 Tempo di corrivazione	14
3.2 Curve di possibilità pluviometrica	15
3.3 Portata di piena.....	15
4. Verifica idraulica dello stato attuale del Fosso Arrù.....	18
4.1 Eventi con Tr 10 anni	19
4.2 Eventi con Tr 20 anni	20
4.3 Eventi con Tr 30 anni	21
4.4 Eventi con Tr 100 anni e con Tr 200 anni.....	22
5. Progetto PIP Via Arno.....	22
5.1 Contenimento degli effetti dell'impermeabilizzazione	24
5.2 Compatibilità con la rete fognaria esistente e condizioni di recapito finale	28
6. Indicazioni per il miglioramento della capacità di deflusso del Fosso Arrù.....	30
7. Conclusioni.....	31

Allegato: Verifica idraulica stato attuale con Hec Ras.

Relazione

Premessa

Il presente elaborato è stato redatto su incarico dell'Amministrazione Comunale di Pieve a Nievole a supporto del Piano Attuativo PA/7, denominato PIP su Via Arno. L'area di interesse si colloca presso il margine centro orientale del territorio comunale a confine con Monsummano Terme, ed è posta fra Via Calamandrei e Via Arno.

Lo studio ha lo scopo di descrivere, da un punto di vista idraulico, gli effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli sul reticolo minore (Fosso Arrù) e di dimensionare in via preliminare le opere per la mitigazione degli stessi effetti.

E' stata successivamente valutata la compatibilità dell'intervento con la rete fognaria di acque bianche esistente, studiando le condizioni del recapito finale (Fosso Arrù).

A seguito di sopralluoghi e tramite la realizzazione di un rilievo topografico di dettaglio, con strumentazione GPS, è stato possibile descrivere la geometria del Fosso Arrù, sulla cui base è stata effettuata una verifica idraulica in moto permanente per valutare la capacità attuale di deflusso del Fosso, individuando delle ipotesi progettuali di massima volte al miglioramento della stessa.

Considerazioni derivanti da rischio idraulico da "acque alte", come esondazioni dovute al Torrente Nievole, sono già state effettuate negli studi idraulici a supporto del Regolamento Urbanistico, di recente approvazione, che hanno escluso la presenza di battenti di ristagno o transito nell'area del PIP.

1. Inquadramento territoriale

La previsione di area produttiva su Via Arno è localizzata nel Comune di Pieve a Nievole, ed è compresa fra l'asta fluviale del Torrente Nievole (sponda sinistra) ed il confine comunale con Monsummano Terme, in destra del Fosso Candalla.

Da un punto di vista urbanistico la prevista area produttiva è confinata fra Via Calamandrei a Nord, Via Arno a Sud, Via delle Cantarelle ad Ovest e Via Pratovecchio ad Est.



Figura 1 - Vista aerea dell'area di previsto P.I.P. nel Comune di Pieve a Nievole (Fonte Google Earth)

A Nord dell'area di interesse è presente l'autostrada A11 Firenze-Mare, che gioca un ruolo fondamentale come "barriera idraulica" per le esondazioni del Torrente Nievole che si verificano a monte di questa infrastruttura; più a Sud invece l'elemento paesaggistico che caratterizza il territorio è rappresentato dal Padule di Fucecchio, la cui presenza diventa significativa in sponda destra del Torrente Nievole in località "Padule Bottaccio".

Per quanto riguarda il Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (D.P.C.M. n° 230 del 06/05/2005 attuativo della Delibera Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Arno n. 185 dell'11 novembre 2004 concernente l'adozione del Piano stralcio assetto idrogeologico PAI), l'area ricade in classe P.I. 1 "Pericolosità moderata", mentre per quanto riguarda la componente "Rischio idraulico" del Piano stralcio la zona non ricade nelle carte guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999).

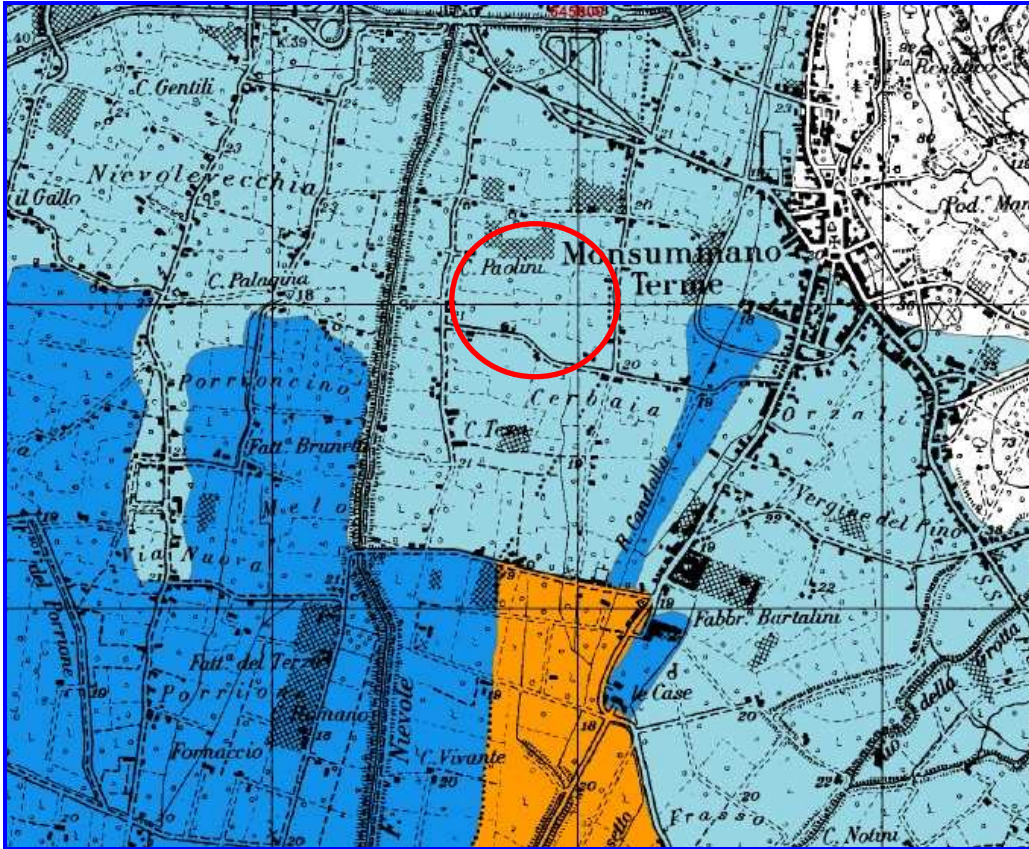


Figura 2 - Estratto dalla cartografia del PAI (area d'interesse con pericolosità idraulica P.I. 1)

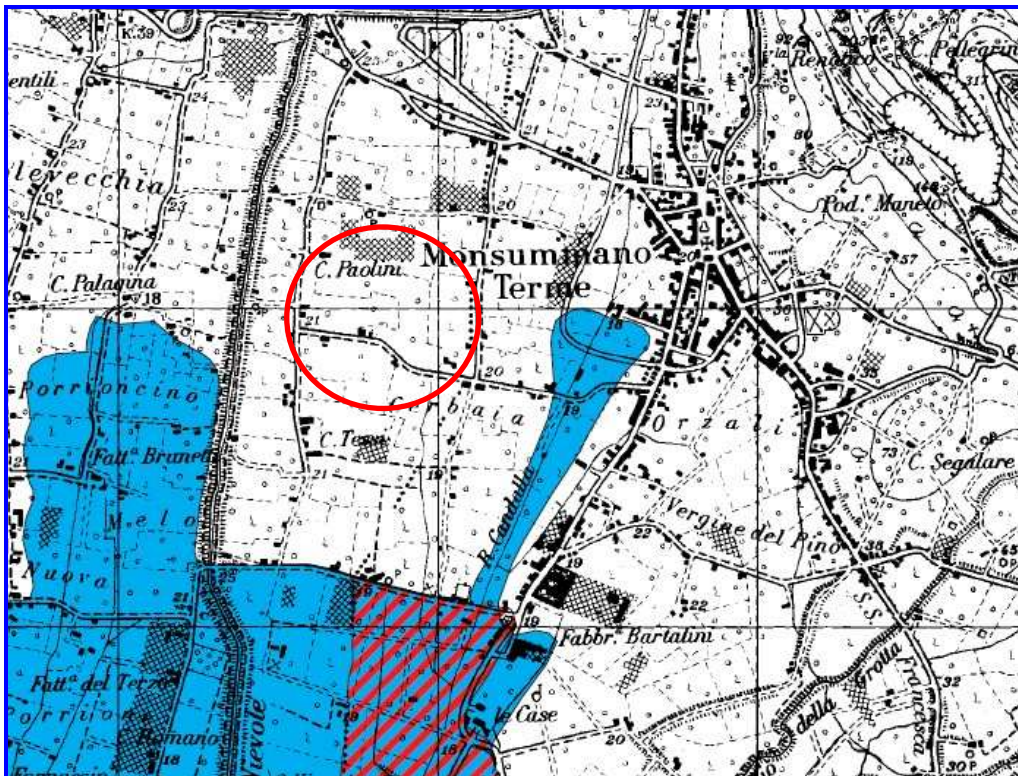


Figura 3 - Carta delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999)

Da un punto di vista del Regolamento Urbanistico del Comune di Pieve a Nievole l'area d'interesse per il PIP di Via Arno è classificata come a pericolosità idraulica media I.2 e con fattibilità idraulica I.2.

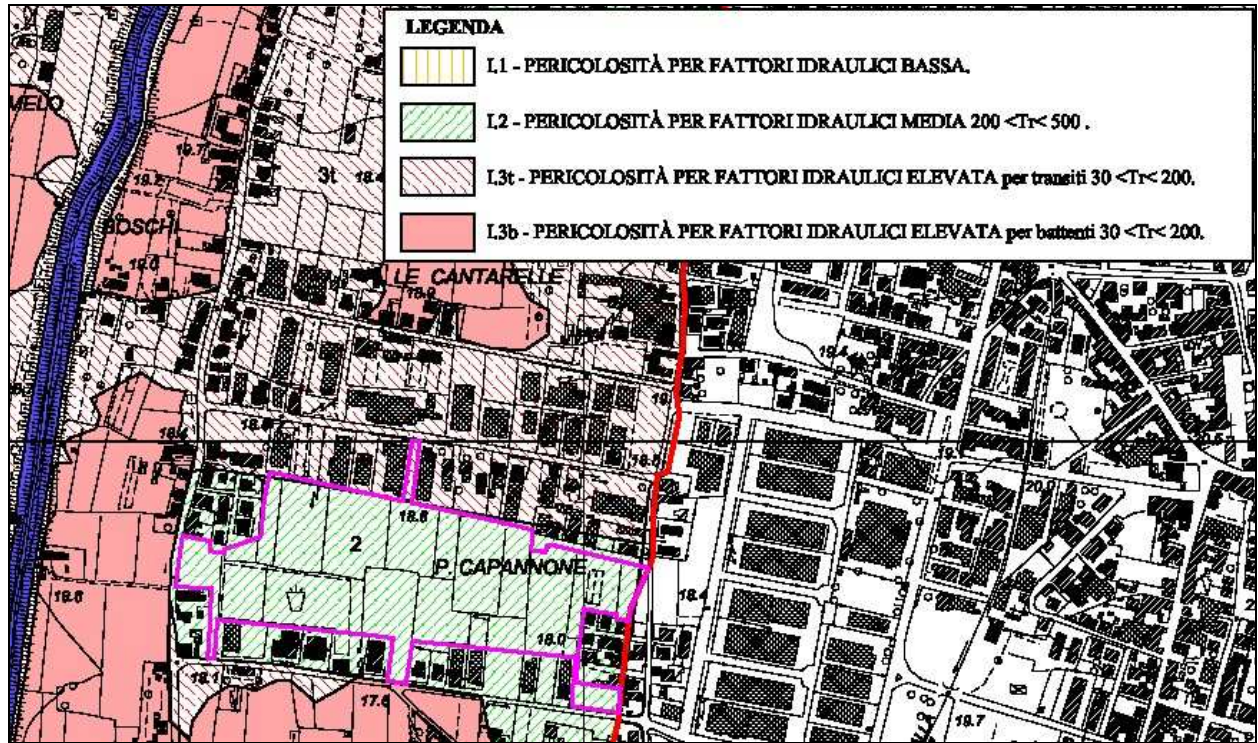


Figura 4 - Estratto della carta di pericolosità per fattori idraulici



Figura 5 - Estratto della carta di fattibilità per fattori idraulici

In particolare la fattibilità idraulica I.2 è una classificazione che descrive normali condizioni di vincoli, da precisare a livello di progetto; le previsioni urbanistiche ed infrastrutturali ricadenti in questa classe sono attuabili garantendo il non aggravio del rischio nei territori contermini e la tutela del reticolo idrografico superficiale.

2. Descrizione dello stato attuale del Fosso Arrù

Il Fosso Arrù si configura come recapito finale della rete meteorica da realizzare all'interno del PIP di Via Arno; ai fini idraulici è stato rilevato ed analizzato da Via Calamandrei fino a Via del Terzo, nel Comune di Monsummano Terme.

Il Fosso Arrù assume una propria valenza idraulica ed un bacino di raccolta significativo in prossimità della zona delle Cantarelle, più precisamente nel tratto a valle di Via Calamandrei; questo tratto è spesso interessato da ristagni localizzati, causati dalla disomogeneità della quota del fondo alveo e dai vari attraversamenti e sottopassi presenti. La sezione idraulica non è ben definita e si nota una sequenza di tombature circolari e sezioni naturali, di forma pressoché trapezia e di modesta altezza e larghezza.



Figura 6 – Fosso Arrù a valle di Via Calamandrei

Proseguendo verso Sud il Fosso Arrù inizia ad avere una sezione più definita, ed in corrispondenza del campo attualmente incolto ma destinato alla realizzazione del PIP di Via Arno presenta una sezione trapezia, con larghezza in testa di circa 0.5 m e pendenza media pari a 0.15%.

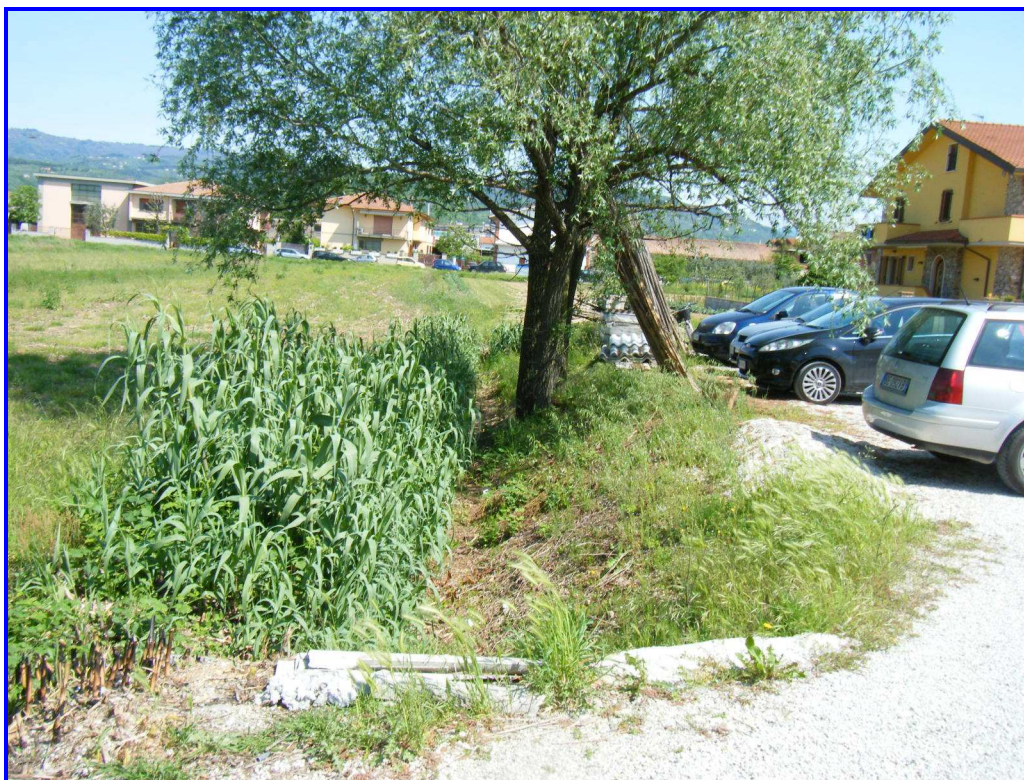


Figura 7 - Fosso Arrù a monte di Via Arno

Più a valle il Fosso Arrù sottopassa via Arno, a monte del quale alcuni manufatti e capannoni impediscono la ricostruzione dell'effettivo tracciato del corso d'acqua: l'ingresso e l'uscita avvengono con tubazione circolare di diametro \varnothing 80 cm, posto in opera con pendenza dello 0.55%.

Una volta sottopassato Via Arno il Fosso Arrù procede verso Sud in direzione di Via Po, con un tratto rettilineo infestato da vegetazione e dove viene effettuata scarsa manutenzione.

Successivamente il corso d'acqua attraversa mediante tombinatura Via Po (prolungamento di Via del Catano), a valle del quale alcune coltivazioni e serre impediscono il regolare accesso alle arginature; il sottopassaggio su Via Po avviene con una tubazione circolare in calcestruzzo, leggermente inclinata verso Sud-Ovest, con diametro misurato di 80 cm.

A valle dell'attraversamento la sezione si presenta naturale in terra, con base minore di 1.5 metri, base maggiore 2.5 metri e altezza di 1.0 metro e con pendenza media del tratto pari a 0.25%.



Figura 8 – Tubazione a monte di Via Arno (Ø 80 cm)



Figura 9 – Tubazione a valle di Via Arno (Ø 80 cm)



Figura 10 – Fosso Arrù nel tratto compreso fra Via Arno e Via Po



Figura 11 – Sottopassaggio del Fosso Arrù con Via del Catano

Procedendo in direzione Sud, il Fosso Arrù scorre incassato nei campi, ricevendo le acque di diverse fossette poderali laterali, prima di passare sotto una rimessa agricola costruita direttamente sul corso d'acqua, in corrispondenza del confine tra i Comuni di Monsummano Terme e Pieve a Nievole. Il passaggio sotto la rimessa avviene con tubazione del diametro di 60 cm, con lunghezza di circa 80 metri (lunghezza stimata su C.T.R. vista l'impossibilità di accesso all'interno della rimessa agricola). Detta rimessa interrompe di fatto il corso d'acqua, impedendo anche l'accesso ai mezzi meccanici per la manutenzione e provocando una notevole riduzione della sezione libera defluente.

A valle del deposito ad uso agricolo la sezione è naturale, di forma trapezia, con base minore pari a circa 2.0 metri, base maggiore 2.5 metri ed altezza 0.80-1.0 metri; la pendenza dell'alveo in questo tratto è pari a 0.1%; in tutto il tratto si riscontrano continui affossamenti del fondo alveo, alternati da zone di deposito, che causano ampie zone di ristagno ed una scarsa manutenzione del reticolo.



Figura 12 –Passaggio del Fosso Arrù sotto la rimessa agricola presente con Ø 60 cm

In prossimità di Via del Terzo il fosso Arrù abbandona la sezione trapezia naturale, per sottopassare le case con una tubazione circolare con diametro 1.10 metri, uscendo con sezione

rettangolare; a valle della strada il corso d'acqua si unisce al Fosso Pratovecchio, con confluenza recentemente modificata dai lavori di nuova viabilità realizzati dalla Provincia di Pistoia.



Figura 13 – Tubazione Ø 110 cm con cui il Fosso Arrù sottopassa Via del Terzo (vista verso valle)



Figura 14 - Sbocco del Fosso Arrù da sotto Via del Terzo (vista verso monte)



Figura 15 - Confluenza fra Fosso Arrù e Rio Pratovecchio, così come modificata dai lavori per la realizzazione della nuova viabilità (vista verso valle)

Alla sezione di chiusura di Via del Terzo il bacino idrografico del Fosso Arrù drena complessivamente una porzione di territorio pari a 0.80 Km².

Considerando diverse sezioni di chiusura sono state determinate le caratteristiche di uso del suolo del bacino considerato, con i seguenti dati, elaborati successivamente nell'analisi idrologica.

Sezione chiusura	Area bacino	% agricola	% urbanizzato
Via Tevere	0.25 Km ²	35.0 %	65.0 %
Via Calamandrei	0.30 Km ²	28.5 %	71.5 %
Via Arno (valle PIP)	0.45 Km ²	33.0 %	67.0 %
Rimessa agricola	0.65 Km ²	44.0 %	56.0 %
Via del Terzo	0.80 Km ²	45.0 %	55.0 %

Tabella 1 - Caratteristiche del bacino del Fosso Arrù a varie sezioni di chiusura considerate

Come si può osservare dalla tabella soprastante il bacino risulta più antropizzato nella parte alta, dove è massima la percentuale di urbanizzazione, mentre procedendo verso valle si riscontra una vocazione più agricola del territorio, con superfici più permeabili e maggior predisposizione

delle precipitazioni all'infiltrazione; le differenze percentuali sono comunque minime, tanto da poter ipotizzare omogeneo l'uso del suolo complessivo del bacino e considerare costante la portata specifica ad ogni sezione di chiusura considerata.

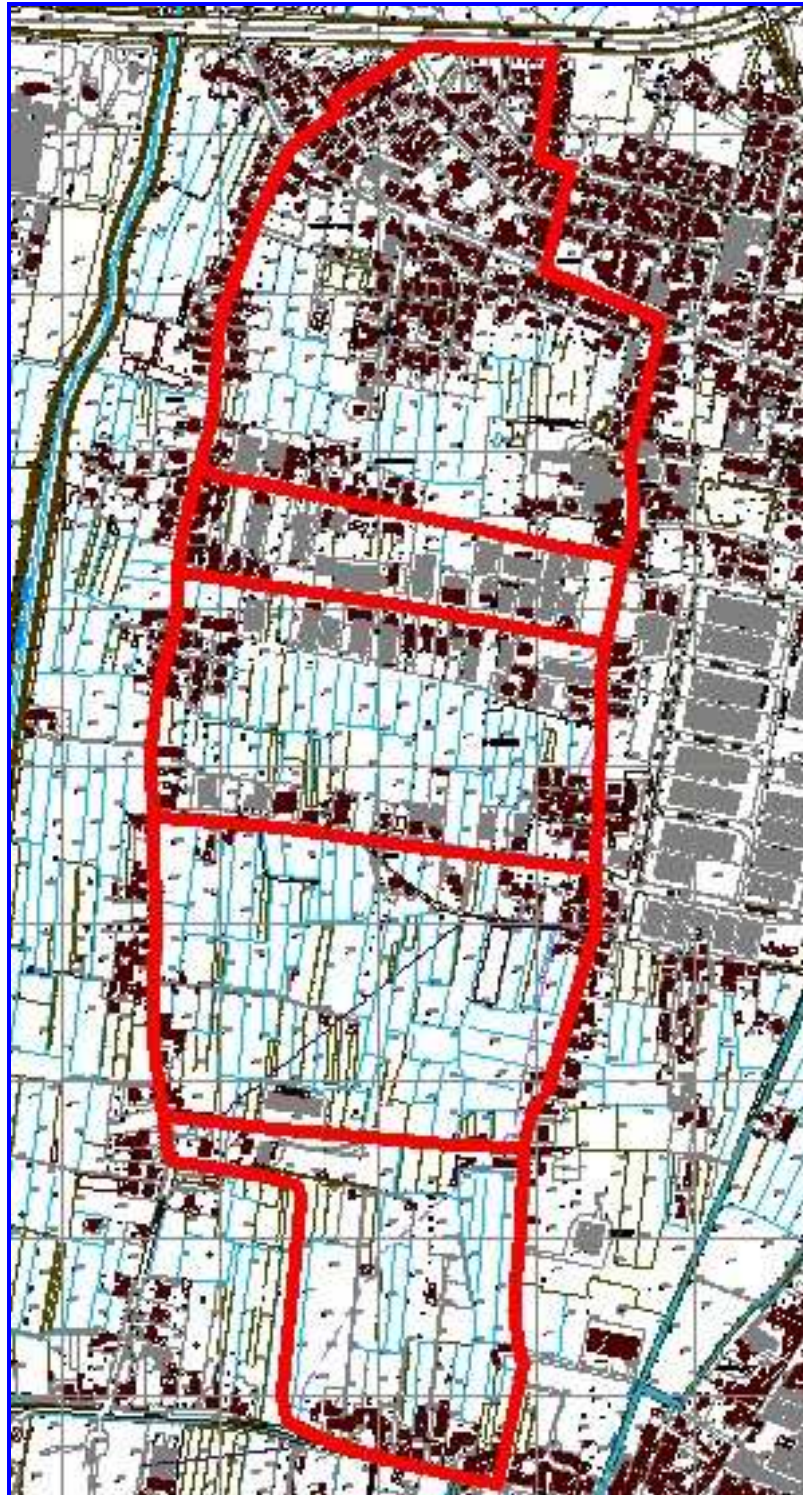


Figura 16 - Bacino del Fosso Arrù chiuso in corrispondenza della S.P. del Terzo ($A=0.80 \text{ Km}^2$)

3. Analisi idrologica

L'analisi idrologica è stata orientata alla definizione di portate significative per poter effettuare in seguito delle considerazioni di natura idraulica, tanto che per ipotizzare degli interventi migliorativi a seguito della realizzazione del PIP; l'assenza di stazioni idrometriche nel bacino imbrifero ha reso indispensabile l'adozione di modelli idrologici di tipo indiretto (afflussi-deflussi).

3.1 Tempo di corrivazione

Per costruire gli idrogrammi di piena relativi a vari tempi di ritorno è necessario calcolare il tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario alla goccia d'acqua che percorre più strada per transitare alla confluire di chiusura: **ai fini del calcolo degli idrogrammi è stato poi scelto un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione.** A causa della morfologia pianeggiante del bacino del Fosso Arrù, della sua estensione, delle caratteristiche geometriche e del contesto urbano in cui è inseriti, è difficile stimare con precisione il tempo di corrivazione sulla base delle classiche formule presenti in letteratura.

Autore	Formola	Tc
Puglisi	$T_c = 6L^0.67H_m^{-0.33}$	2.50 ore
Ogrosky	$T_c = 0.914L^{1.15}C^{-0.38}$	0.75 ore
Del Rosso - Datei	$T_c = 0.416(L_c+A/L)^{1.06}(H+H_c)^{-0.27}$	0.45 ore
Giandotti	$T_c = (2\sqrt{A} + 1.5L)/(0.8\sqrt{H})$	1.90 ore

Tabella 2 - Vari tempi di corrivazione calcolati per il Fosso Arrù

Analizzando i risultati riportati nella tabella soprastante è stato scelto il valori fornito dalla relazione di Rosso – Datei, essendo questa tarata e studiata appositamente per bacini toscani ricadenti nel bacino del Fiume Arno, mentre le altre relazioni non sono state considerate in quando lontane dal campo di applicazione ottimale. In definitiva, ai fini del calcolo degli idrogrammi di piena risulta:

Tempo di corrivazione	0.45 ore
Tempo di pioggia	0.45 ore

Tabella 3 - Parametri idrologici significativi ai fini del calcolo degli idrogrammi di piena

3.2 Curve di possibilità pluviometrica

Per la stima delle portate di piena sono state elaborate le piogge, di notevole intensità e breve durata, fornite dalla stazione pluviometrica di Monsummano Terme.

Dall'elaborazione statistica delle piogge, sono state ricavate le curve di possibilità pluviometriche in forma monomia, relativamente a diversi tempi di ritorno, che legano l'altezza di precipitazione al tempo di ritorno ed alla durata dell'evento; ai fini delle considerazioni idrauliche condotte sono stati successivamente considerati i tempi con ricorrenza caratteristica di 10 anni, 20 anni, 30 anni, 50 anni, 100 anni e 200 anni.

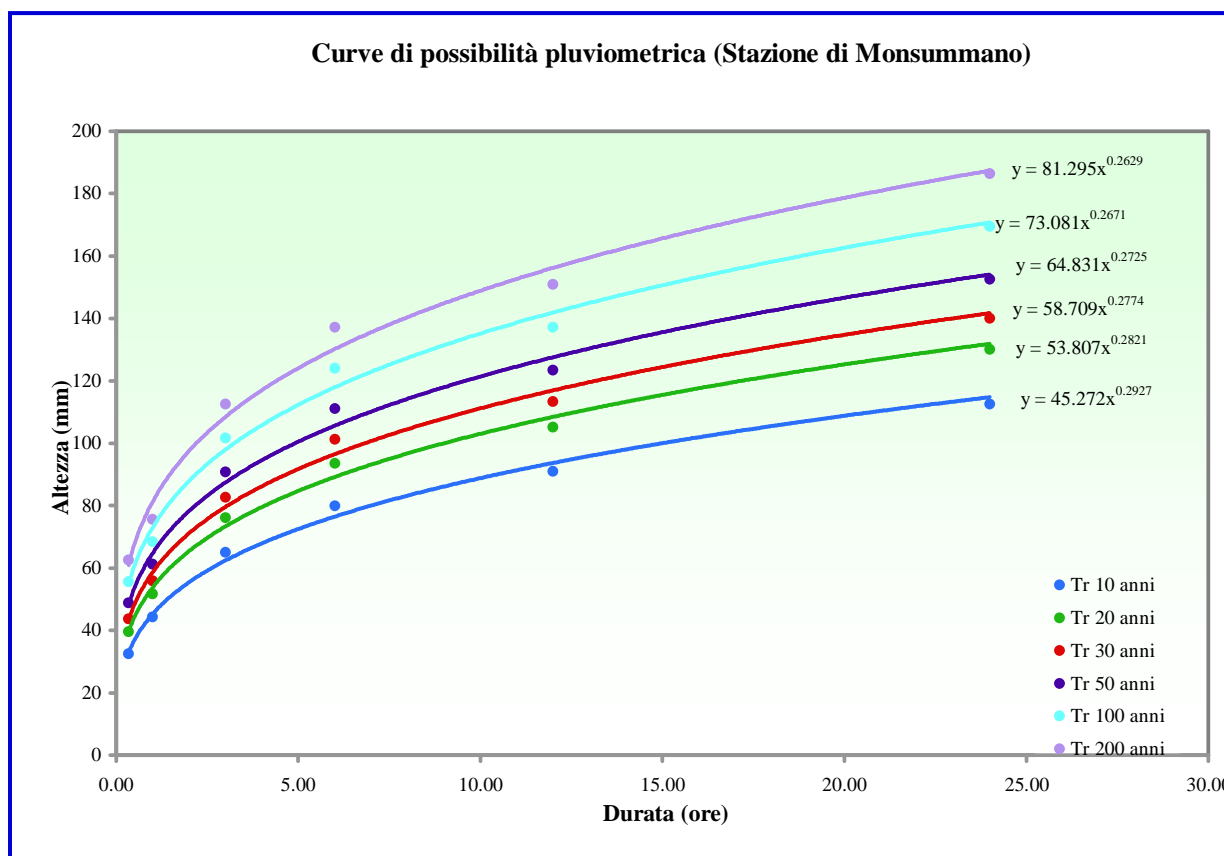


Figura 17 - Elaborazione statistica delle piogge

3.3 Portata di piena

Nella determinazione delle portate di piena è stato utilizzato un modello di trasformazione afflussi-deflussi (sviluppato da Mignosa e Paoletti), con le seguenti caratteristiche:

- Tempi di ritorno considerati 10, 20, 30, 50, 100, 200 anni;
- Durata dell'evento di precipitazione pari al tempo di corrivazione;
- Ietogramma di progetto ad intensità costante con intervallo di discretizzazione 5 minuti;
- Curva di possibilità pluviometrica in forma monomia;
- Calcolo delle perdite con il metodo percentuale del SCS-CN;
- Varie sezioni di chiusura considerate: la portata a ciascuna sezione di chiusura è stata calcolata ragguagliando all'area di competenza la portata alla sezione di chiusura finale (Via del Terzo);
- Idrogramma istantaneo unitario calcolato con il metodo di Nash dei serbatoi lineari;
- Idrogramma delle portate dato dalla convoluzione fra l'IUH e le piogge nette calcolate.

	Via Calamandrei	Via Arno	Rimessa agricola	Via del Terzo
Portata Q ₁₀	0.55 m ³ /s	0.83 m ³ /s	1.21 m ³ /s	1.49 m ³ /s
Portata Q ₂₀	0.61 m ³ /s	0.92 m ³ /s	1.33 m ³ /s	1.64 m ³ /s
Portata Q ₃₀	0.84 m ³ /s	1.27 m ³ /s	1.83 m ³ /s	2.26 m ³ /s
Portata Q ₅₀	1.05 m ³ /s	1.57 m ³ /s	2.27 m ³ /s	2.80 m ³ /s
Portata Q ₁₀₀	1.67 m ³ /s	2.50 m ³ /s	3.62 m ³ /s	4.46 m ³ /s
Portata Q ₂₀₀	2.22 m ³ /s	3.33 m ³ /s	4.81 m ³ /s	5.93 m ³ /s

Tabella 4 – Portate caratteristiche del Fosso Arrù a diverse sezioni di chiusura

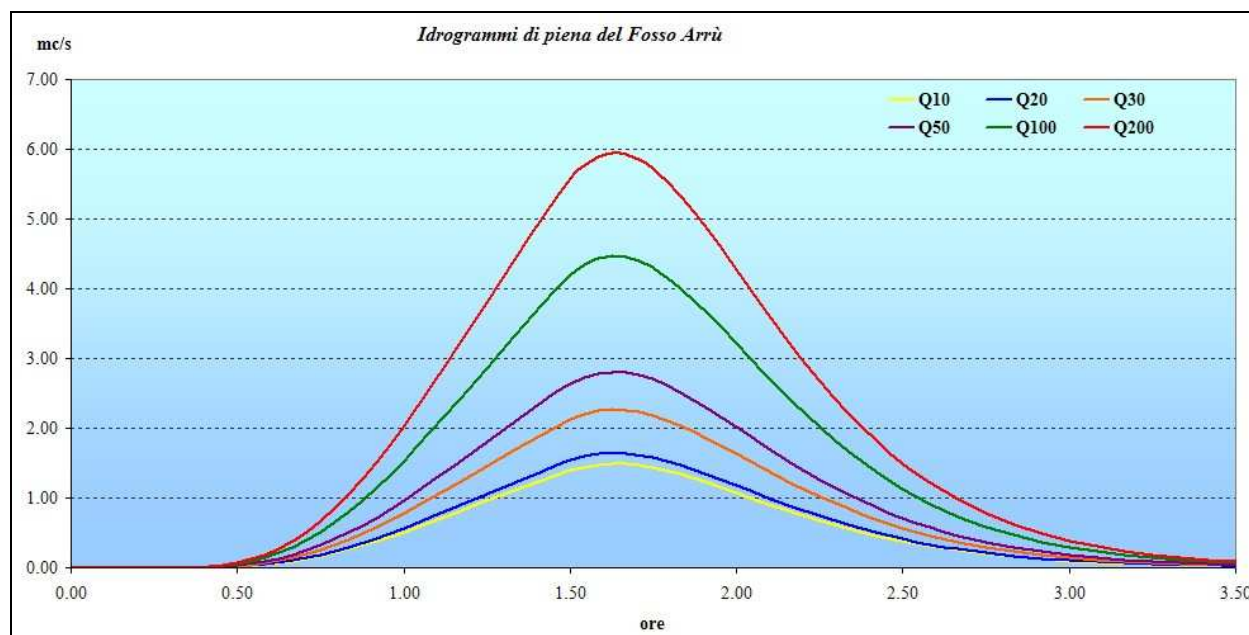


Figura 18 - Idrogrammi di piena del Fosso Arrù alla sezione di chiusura di Via del Terzo

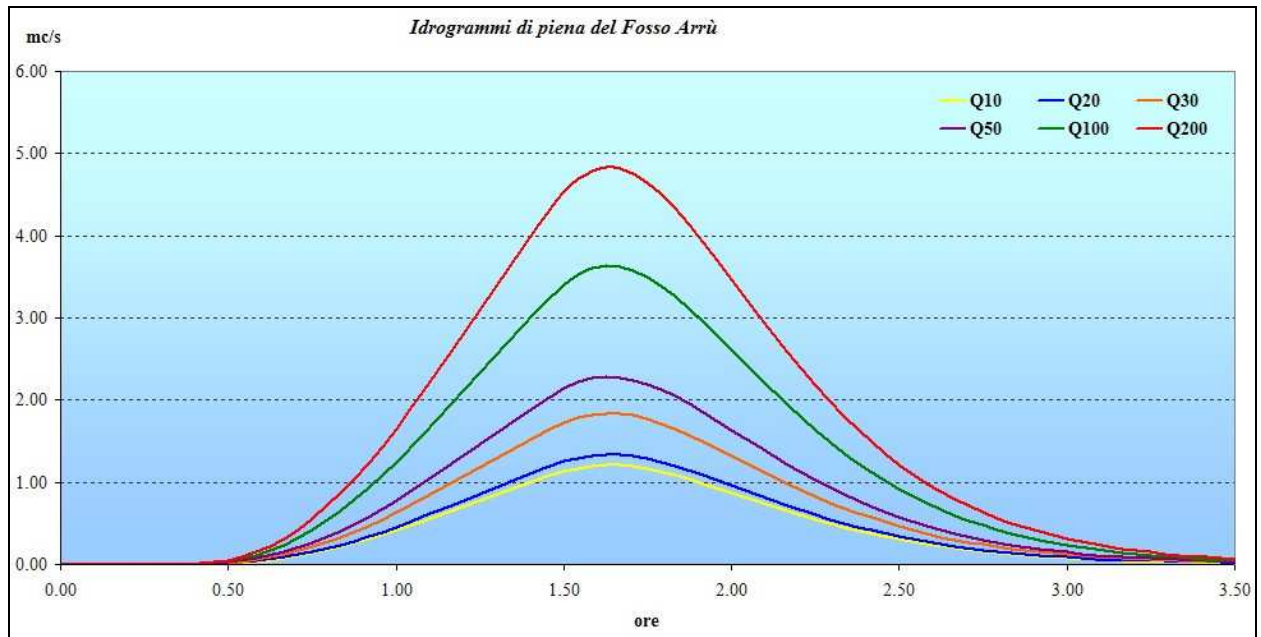


Figura 19 - Idrogrammi di piena del Fosso Arrù in corrispondenza della rimessa agricola

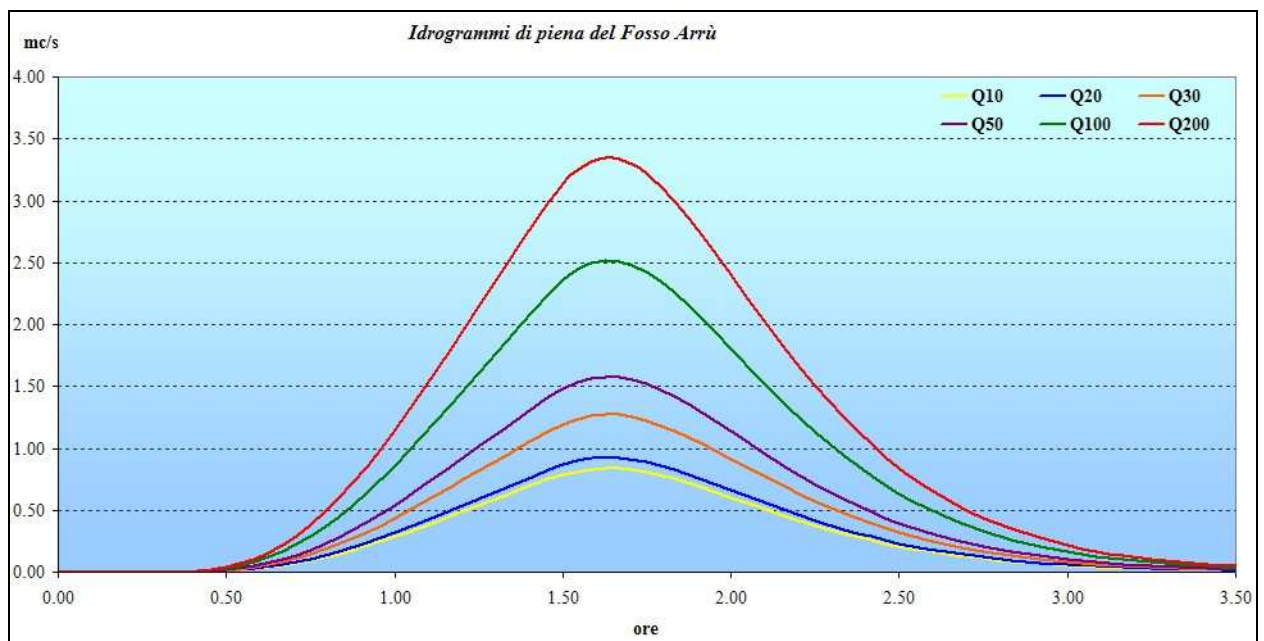


Figura 20 - Idrogrammi di piena del Fosso Arrù in corrispondenza dell'attraversamento di Via Arno

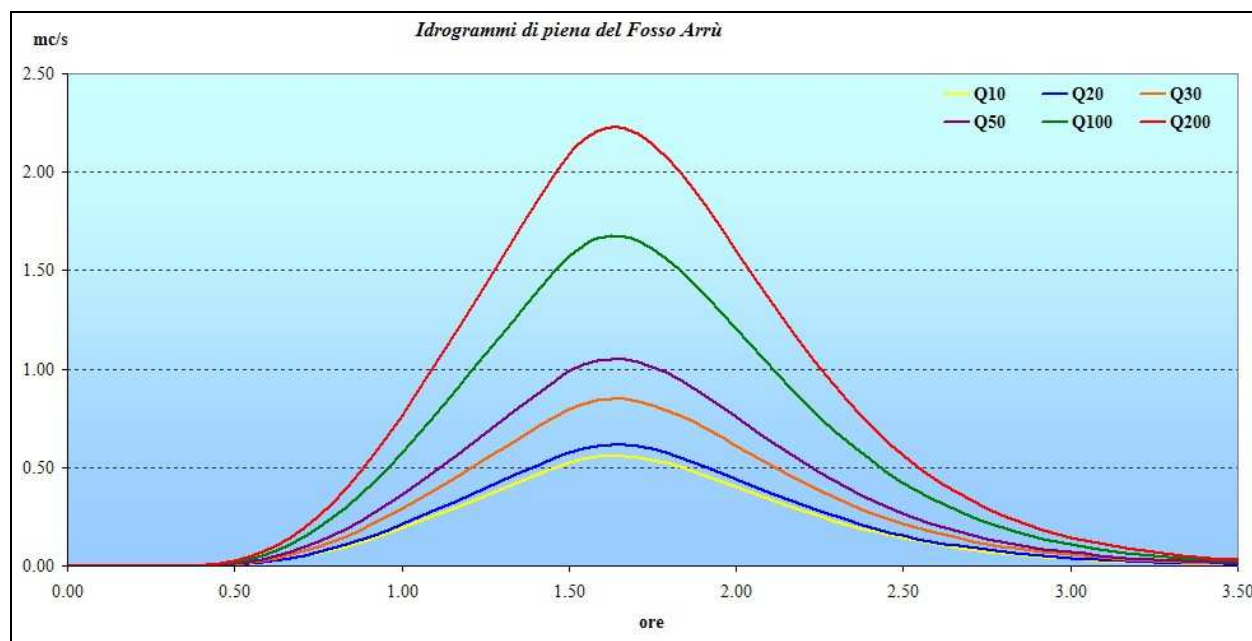


Figura 21 - Idrogrammi del Fosso Arrù in corrispondenza dell'attraversamento di Via Calamandrei

4. Verifica idraulica dello stato attuale del Fosso Arrù

Una volta calcolate le portate significative per ciascuna sezione di chiusura è stato possibile effettuare delle considerazioni di natura idraulica sullo stato attuale dei deflussi; per il Fosso Arrù queste hanno fatto riferimento per forza di cose ad uno schema di moto permanente, vista la geometria e caratteristiche dell'alveo analizzato, con continui cambi da sezione naturale a tombata e la presenza di manufatti.

La verifica idraulica è stata dunque impostata con il software di calcolo Hec Ras 4.0, sulla base del rilievo topografico condotto con strumentazione GPS nell'Aprile 2009.

Il tratto simulato va da Via Calamandrei fino poco a monte dell'attraversamento su Via del Terzo, nel Comune di Monsummano Terme, per una lunghezza complessiva di circa 1.0 Km; la condizione al contorno di monte e di valle è rappresentata dalla pendenza di moto uniforme, posta rispettivamente pari a 0.16% e 0.1%.

Le scabrezze (secondo Manning) sono state poste pari a 0.040 per l'alveo inciso (scarso stato di manutenzione) e 0.065 per il piano campagna circostante; i coefficiente di contrazione e di

espansione sono stati posti pari a 0.1 e 0.3 in caso di sezioni gradualmente variate, e di 0.3 e 0.5 in caso di presenza di ponti, attraversamenti o brusche variazioni di sezioni trasversali.

4.1 Eventi con Tr 10 anni

Dall'analisi della Figura 22 si nota come anche per eventi statisticamente frequenti (Tr 10 anni) il reticolo idrografico presenta delle insufficienze significative.

Procedendo da monte verso valle nel tratto compreso fra Via Calamandrei e Via Arno (ovvero dove verrà realizzato il PIP) si riscontrano esondazioni tanto in destra che in sinistra idraulica, a causa di una sezione piuttosto ridotta; il manufatto di attraversamento di Via Arno (tubazione in cls Ø 80 cm) risulta sufficiente, anche se in sede di progettazione esecutiva sarebbe opportuno studiare meglio il reale andamento e la sua effettiva capacità di deflusso, dato che allo stato attuale non risulta certo il tracciato, a causa della presenza di capannoni che nel corso degli anni hanno modificato il percorso naturale del Fosso Arrù.

Il tratto compreso fra Via Arno e Via Po risulta sufficiente al transito della portata decennale, così come il manufatto di attraversamento di Via Po (tubazione in cls Ø 80 cm, funzionamento in pressione) anche se, data la presenza di abbondante vegetazione infestante, sarebbe opportuno effettuare una più frequente manutenzione per facilitare il deflusso delle acque, con anche una regolarizzazione della sezione idraulica e delle pendenze.

Fino a circa 50 metri a valle di Via Po la sezione idraulica risulta idonea, per poi divenire insufficiente tanto in sinistra che in destra fino alla rimessa agricola posta a confine fra Pieve a Nievole e Monsummano Terme. Le condizioni di deflusso in quest'area risultano alquanto limitate, sia per il sottodimensionamento della tubazione di attraversamento, sia per la scarsa manutenzione effettuata (vegetazione infestante e rifiuti ingombranti presenti nella competenza idraulica), sia per sezioni trasversali non completamente definite e che richiederebbero interventi di uniformazione. A valle della rimessa agricola la sponda destra risulta sempre insufficiente a contenere la portata decennale mentre la sinistra, essendo più alta di circa 20 centimetri, non è caratterizzata da esondazioni.

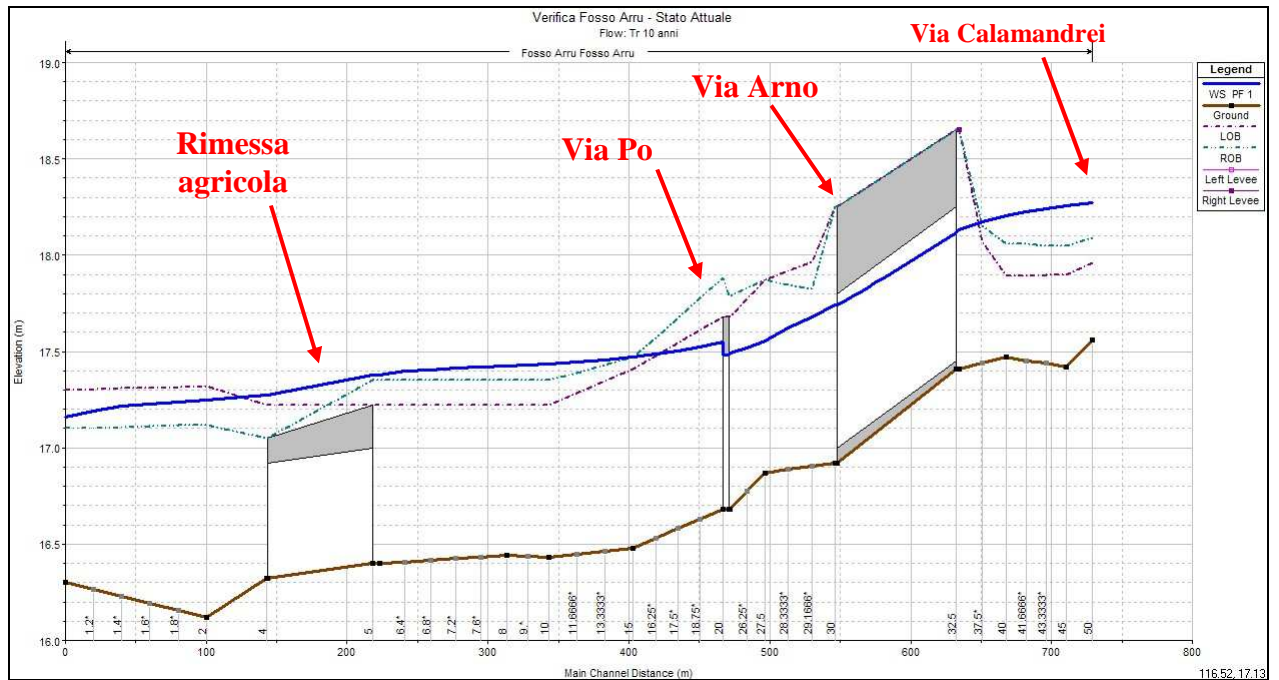


Figura 22 - Verifica idraulica Fosso Arrù con Tr 10 anni

4.2 Eventi con Tr 20 anni

Le condizioni di deflusso degli eventi con ricorrenza ventennale sono simili a quelle precedentemente descritte.

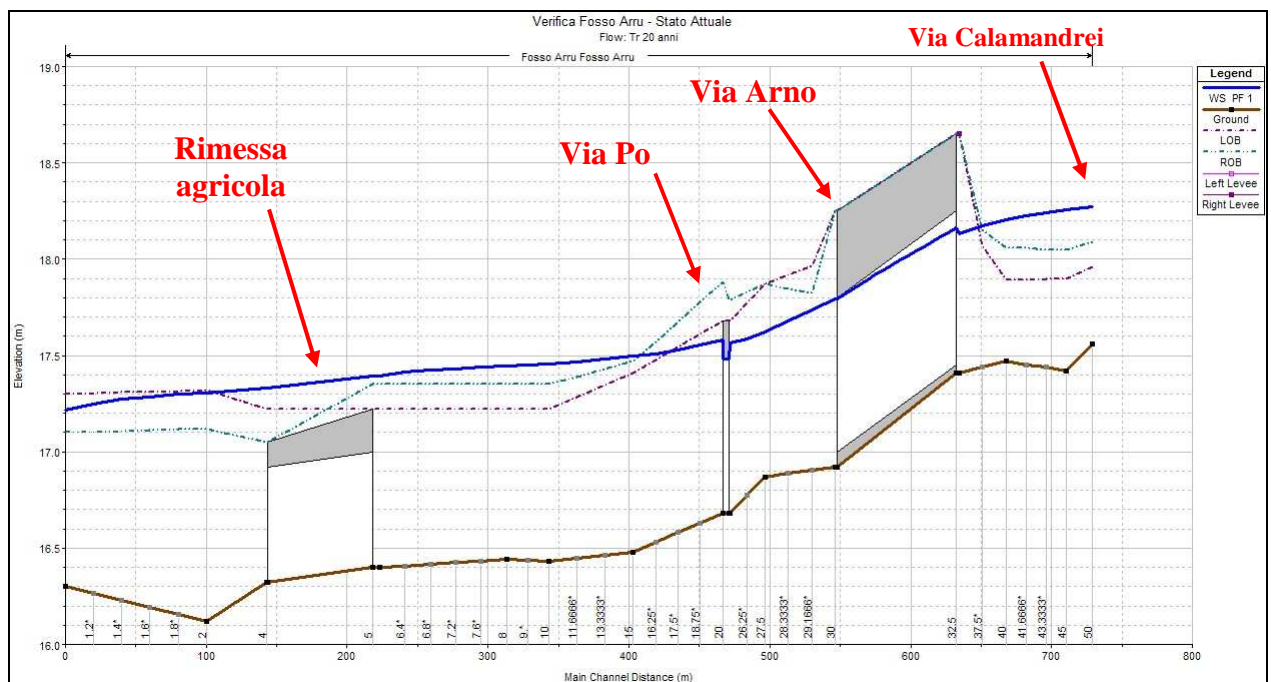


Figura 23 - Verifica idraulica Fosso Arrù con Tr 20 anni

Il manufatto di attraversamento di Via Arno lavora quasi interamente in pressione e per questo, per le motivazioni precedentemente esposte, è opportuno studiare meglio il suo percorso e le capacità di deflusso.

Nel tratto compreso fra Via Arno e la rimessa agricola le condizioni di deflusso non cambiano rispetto alla simulazione precedente; a valle della rimessa la sponda sinistra risulta ancora sufficiente, sebbene con franco notevolmente ridotto, mentre la destra risulta completamente sormontata.

4.3 Eventi con Tr 30 anni

Eventi con tempo di ritorno trentennale comportano un funzionamento completamente in pressione per il manufatto di attraversamento di Via Arno, il cui rigurgito comporta la fuoriuscita a monte dello stesso in destra ed in sinistra.

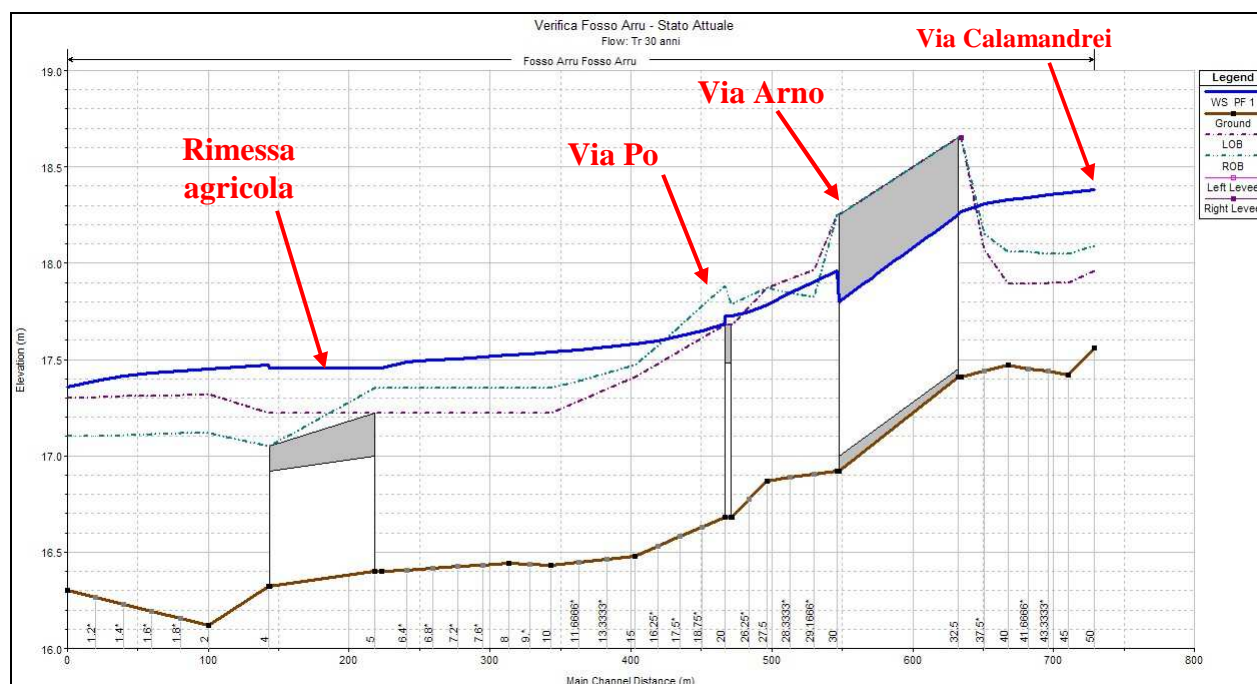


Figura 24 - Verifica idraulica Fosso Arru con Tr 30 anni

Se si esclude una sezione in destra idraulica, il tratto fra Via Arno e Via Po risulta ancora sufficiente al transito della portata di piena, mentre la tubazione di attraversamento di Via Po (in cls Ø 80 cm) non risulta più sufficiente e viene sormontata.

A valle di Via Po tutte le sezioni risultano non verificate, tanto in destra che in sinistra, così come risulta completamente inadeguata la tubazione di attraversamento della rimessa agricola.

4.4 Eventi con Tr 100 anni e con Tr 200 anni

Dall'analisi della Figura 25 si nota come per eventi con ricorrenza centennale e duecentennale il Fosso Arrù risulta completamente insufficiente al transito della portata di piena, così come inadeguati sono i manufatti di attraversamento, che risultano sottodimensionati.

Per la consultazione dei tabulati di calcolo delle verifiche idrauliche si rimanda all'allegato alla presente relazione.

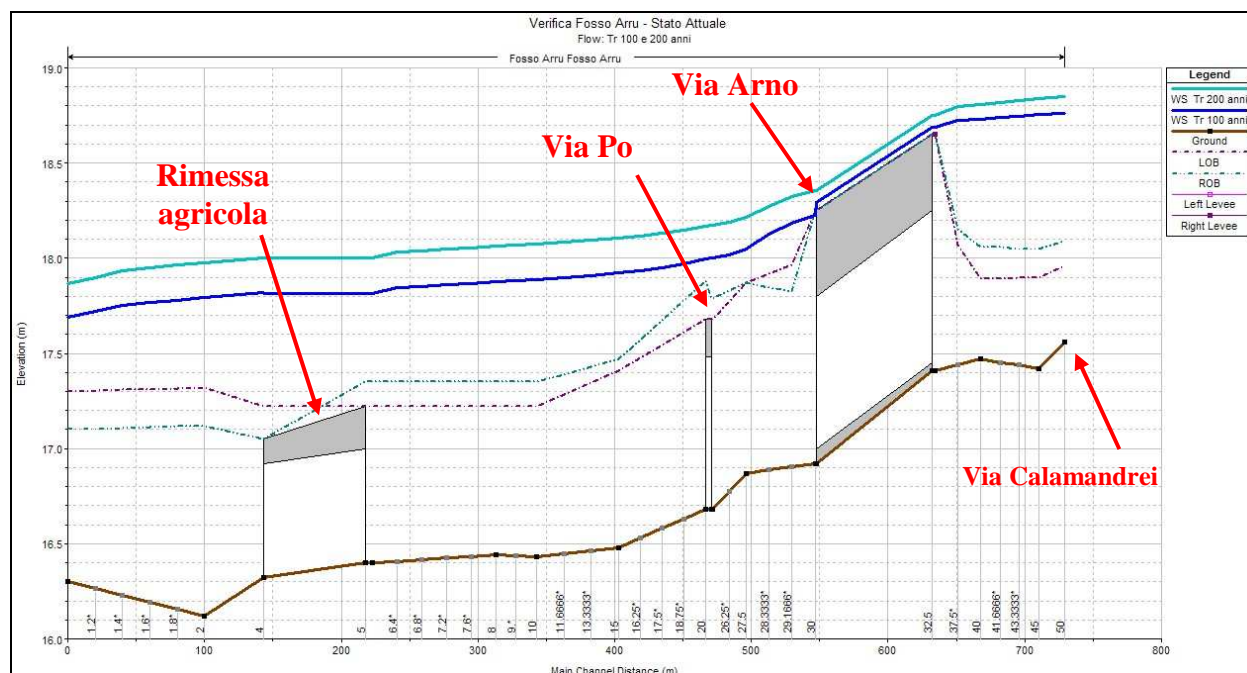


Figura 25 - Verifica idraulica Fosso Arrù con Tr 100e 200 anni

5. Progetto PIP Via Arno

Il Piano Attuativo di Via Arno riguarda una delle principali previsioni contenute nel Regolamento Urbanistico, già presente anche nel precedente strumento urbanistico comunale e nel PTC della Provincia di Pistoia del 2003.

L'area interessata dal progetto è delimitata a nord da Via Calamandrei, a ovest da Via delle Cantarelle, a sud da Via Arno e a est da Via di Pratovecchio che segna anche il confine amministrativo con Monsummano Terme.

La superficie territoriale interessata è di 73.832 mq. dei quali sono destinati a:

- verde pubblico 5.558 mq.
- parcheggi pubblici 4.145 mq.
- viabilità carrabile e pedonale 10.453 mq.
- aree fondiarie 53.676 mq.

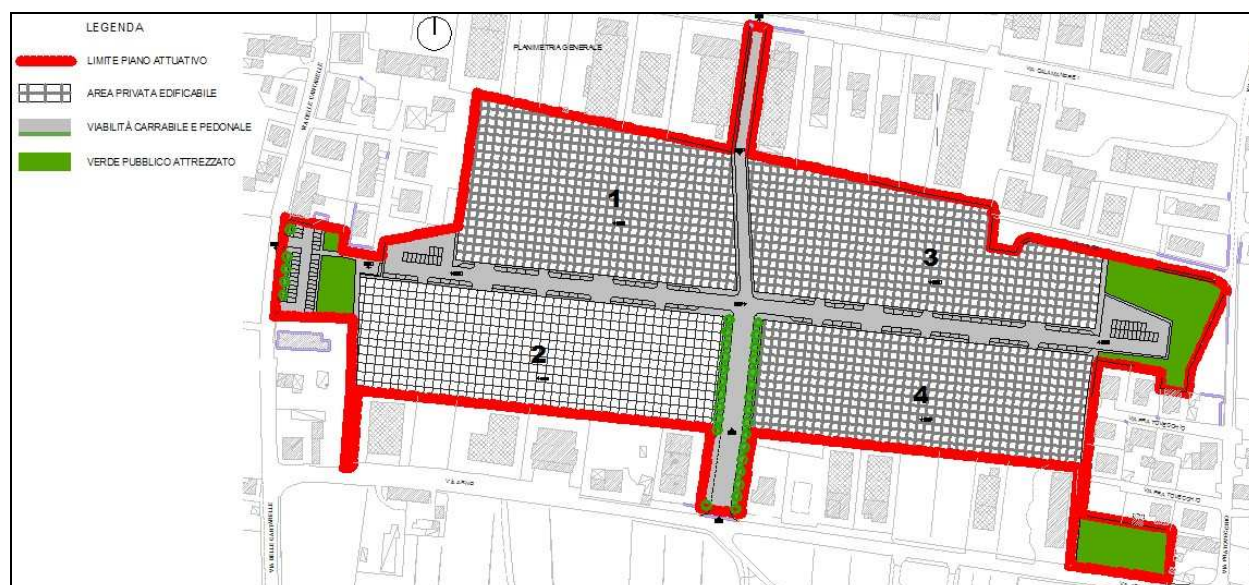


Figura 26 - Planimetria generale del Piano Attuativo di Via Arno

La superficie coperta interessata dai nuovi fabbricati, secondo l'ipotesi di progetto "B" è di 22.634 mq mentre una differente ipotesi, "A", si scosta di poco dalla precedente (22.534 mq.)

La tipologia costruttiva degli edifici industriali è di un piano fuori terra con altezze di 8,50 m. senza locali in sottosuolo. Il progetto prevede un rialzamento delle quote di progetto per un massimo di 1,50 m. nella parte centrale del lotto, gli estremi dell'area e la viabilità di accesso a nord si trovano infatti a quote maggiori rispetto alla porzione centro meridionale dell'area.

I blocchi edificati sono indicati di massima in numero di 11 orientati est ovest e separati da una viabilità di lottizzazione a croce.

5.1 Contenimento degli effetti dell'impermeabilizzazione

Le precipitazioni meteoriche che attualmente si infiltrano nel terreno a seguito della realizzazione del PIP di Via Arno andranno invece a gravare sul reticolo dei deflussi superficiali, a seguito dell'impermeabilizzazione delle superfici; questo surplus di volumi è quantificabile sulla base alle caratteristiche urbanistiche dell'intervento ed è stato calcolato così come previsto dalla norma 13 del D.P.C.M. 05/11/1999 e come previsto dalla normativa comunale vigente: il quantitativo di acqua deve essere stoccato temporaneamente in vasche dedicate (vasche volano), generalmente poste al di sotto di parcheggi o in aree a verde e opportunamente dimensionate; da queste i deflussi saranno rilasciati gradualmente, regolati da una bocca tarata, garantendo dunque l'invarianza idraulica del corpo idrico ricettore, in questo caso rappresentato dal Fosso Arrù.

Questo sistema ha infatti il pregio di non immettere in modo istantaneo i deflussi meteorici nel reticolo di drenaggio, ma di rilasciarli in modo graduale, tramite opportuna regolazione, e con quantitativo pari alla situazione attuale, così da non sovraccaricare la rete esistente.

Inoltre il ritardo sull'immissione di queste acque nel reticolo minore è assai positivo dal punto di vista del funzionamento idraulico, in quanto sfasa di un tempo più o meno lungo (funzione della capacità della vasca) i picchi di piena all'interno dei canali, che non vengono dunque sovraccaricati contemporaneamente rischiando di lavorare in pressione o rigurgitati.

I dati di superficie, su cui sono stati effettuati i calcoli per il recupero dei volumi, sono stati desunti dagli elaborati grafici di progetto forniti dal progettista (Arch. Massimo Paganelli); la superficie totale interessata dal Lotto è pari a 73.382 mq (superficie territoriale).

Le caratteristiche dello **stato attuale** sono le seguenti:

- Superfici permeabili: 73.382 mq.
- Superfici semipermeabili: 0,00 mq.
- Superfici impermeabili: 0,00 mq.

Mentre complessivamente le caratteristiche dello stato di progetto:

- Superfici permeabili: 8.772,00 mq.
- Superfici semipermeabili: 27.828,00 mq.
- Superfici impermeabili: 37.232,00 mq.

La *Tabella 5* descrive le elaborazioni effettuate sui dati aggregati, ovvero considerando il Piano Attuativo come elemento complessivo, non suddiviso in lotti interni: a progetto realizzato, si produrrà un volume di acqua da smaltire nel reticolo idrografico superficiale pari a:

- Totale acqua da smaltire = 820,67 l/sec = 2.954,42 mc. mc.

L'incremento totale di acqua da stoccare a seguito della realizzazione dell'intervento risulta dunque pari a $2.954,42 - 440,29 = 2.514,13$ mc.

Verifica Norma 13 del D.P.C.M. 05/11/1999					
Piano Attuativo n.7			Progettista:	Arch. Massimo Paganelli	
Committente :	Comune di Pieve a Nievole		Geologo:	Dott. Leonardo Moretti	
Località :	Monsummano Terme				

TABELLA INSERIMENTO DATI

STATO ATTUALE			STATO PROGETTO			
	m ²	ha	m ²	ha		
Superficie permeabile	73.382,00	7,3382	8.772,00	0,8772		
Superficie semipermeabile	0,00	0,0000	27.828,00	2,7828		
Superficie impermeabile	0,00	0,0000	37.232,00	3,7232		
Superficie totale	73.382,00	7,3382	73.832,00	7,3832		

STATO ATTUALE	Area (ettari)	φ	i	Q (l/sec)	Q (m ³ /sec)	Q (m ³)	
Superficie permeabile	7,3382	0,1	60	122,30	0,122	440,29	
Superficie impermeabile	0,0000	1	60	0,00	0,000	0,00	
Superficie semipermeabile	0,0000	0,4	60	0,00	0	0,00	
Superficie totale	7,3382						
Totale da smaltire stato attuale				122,30	l/sec	440,29	m³

STATO DI PROGETTO	Area (ettari)	φ	i	Q (l/sec)	Q (m ³ /sec)	Q (m ³)	
Superficie permeabile	0,8772	0,1	60	14,62	0,015	52,63	
Superficie impermeabile	3,7232	1	60	620,53	0,621	2.233,92	
Superficie semipermeabile	2,7828	0,4	60	185,52	0,186	667,87	
Superficie totale	7,3832						
Totale da smaltire stato di progetto				820,67	l/sec	2.954,42	m³

Totale da smaltire rispetto allo stato attuale (differenza)		698,37	l/sec	2.514,13	m³
--	--	---------------	--------------	-----------------	----------------------

Tabella 5 – Tutela del reticolo superficiale – Volumi da stoccarsi mediante vasche volano

Dunque da un punto di vista complessivo, per garantire l'invarianza idraulica, dal PIP di Via Arno non deve essere rilasciata una portata superiore a 122.30 l/s, a fronte degli 820.67 l/s che invece defluiscono a seguito di una precipitazione oraria con intensità 60 mm/h; l'eccesso deve

essere dunque stoccato nelle vasche volano. Da un punto di vista idraulico, data la notevole estensione dell'area in esame, risulta sicuramente più efficiente pensare di stoccare "lotto per lotto" le acque dovute all'impermeabilizzazione, ripartendo il quantitativo complessivo da invasare su più vasche, in modo tale che comunque la somma delle singole uscite risulti inferiore all'uscita complessiva prevista. La ripartizione dei volumi (e anche delle portate da rilasciare) sui singoli lotti è stata effettuata sulla base della superfici fondiaria di ciascun lotto, ipotizzando dunque stesse caratteristiche di impermeabilità all'interno dei singoli lotti, come riportato in *Tabella 6*.

Lotto	Area	% sul totale	Volume vasca volano	Qmax uscita
Lotto 1	7475 m ²	26.4 %	665 m ³	32.28 l/s
Lotto 2	7680 m ²	26.9 %	680 m ³	32.89 l/s
Lotto 3	6305 m ²	22.0 %	555 m ³	26.90 l/s
Lotto 4	7057 m ²	24.7 %	620 m ³	30.20 l/s

Tabella 6 – Ripartizione del volume complessivo da stoccare sui singoli lotti

All'interno dei singoli lotti i volumi indicati in *Tabella 6* posso essere gestiti con un numero qualsiasi di vasche, purché il sistema risulti efficiente da un punto di vista idraulico, rispetti la volumetria complessiva e la portata massima di rilascio. A titolo indicativo si può ipotizzare un'altezza massima di invaso nelle vasche di 1.5 m, viste le quote di calpestio delle superfici del PIP e delle quote di scorrimento del Fosso Arrù.

CARATTERISTICHE DELL'INVASO LOTTO 1	
Qeffluente	217.00 l/s
Qscarico massimo	32.28 l/s
Portata da laminare	184.72 l/s
CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE	
V vasca =	665004.60 l 665.00 m ³
DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione-bocca tarata)	
Asez.tubo =	$\frac{Q}{0.6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot h}}$ 0.6 parametro idraulico fisso (adimensionale)
h	<ul style="list-style-type: none"> - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. - oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m
Q	Qscarico max
h =	1.50 m - Altezza massima di invaso nella vasca di laminazione
Asez.tubo =	0.009917156 m ²
Diametro = $2 \cdot \sqrt{Asez.tubo/\pi}$	= 11.237 cm - Diametro della bocca tarata

Figura 27 - Dimensionamento di massima della vasca volano del lotto 1

CARATTERISTICHE DELL'INVASO LOTTO 2			
Qeffluente	221.78	l/s	
Qscarico massimo	32.89	l/s	
Portata da laminare	188.89	l/s	
CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE			
V vasca =	680004.00 l	680.00	m ³
DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione-bocca tarata)			
Asez.tubo =	$\frac{Q}{0.6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot h}}$	0.6	parametro idraulico fisso (adimensionale)
		h	<ul style="list-style-type: none"> - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. - oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m
		Q	Qscarico max
	h =	1.50	m - Altezza massima di invaso nella vasca di laminazione
	Asez.tubo =	0.010104562	m ²
	Diametro = $2 \cdot \sqrt{Asez.tubo/\pi}$	11.343	cm - Diametro della bocca tarata

Figura 28 - Dimensionamento di massima della vasca volano del lotto 2

CARATTERISTICHE DELL'INVASO LOTTO 3			
Qeffluente	181.07	l/s	
Qscarico massimo	26.90	l/s	
Portata da laminare	154.17	l/s	
CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE			
V vasca =	555001.20 l	555.00	m ³
DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione-bocca tarata)			
Asez.tubo =	$\frac{Q}{0.6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot h}}$	0.6	parametro idraulico fisso (adimensionale)
		h	<ul style="list-style-type: none"> - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. - oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m
		Q	Qscarico max
	h =	1.50	m - Altezza massima di invaso nella vasca di laminazione
	Asez.tubo =	0.008264297	m ²
	Diametro = $2 \cdot \sqrt{Asez.tubo/\pi}$	10.258	cm - Diametro della bocca tarata

Figura 29 - Dimensionamento di massima della vasca volano del lotto 3

CARATTERISTICHE DELL'INVASO LOTTO 4			
Qeffluente	202.42	l/s	
Qscarico massimo	30.20	l/s	
Portata da laminare	172.22	l/s	
CALCOLO DEL VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE			
V vasca =	620002.80 l	620.00	m ³
DIMENSIONAMENTO DEL TUBO DI CONTROLLO DI FLUSSO (scarico della vasca di laminazione-bocca tarata)			
Asez.tubo =	$\frac{Q}{0.6 \cdot \sqrt{(2 \cdot 9.81 \cdot h)}}$	0.6	parametro idraulico fisso (adimensionale)
		h	<ul style="list-style-type: none"> - tirante utile nella vasca di laminazione espresso in m. - oppure, nel caso di vasca di laminazione dotata di pompa di sollevamento, tirante utile nel pozzetto con scarico di fondo tarato, espresso in m
		Q	Qscarico max
		h =	1.50 m
		Asez.tubo =	0.009278132 m ²
		Diametro = $2 \cdot \sqrt{(Asez.tubo/\pi)}$	10.869 cm
			- Altezza massima di invaso nella vasca di laminazione
			- Diametro della bocca tarata

Figura 30 - Dimensionamento di massima della vasca volano del lotto 4

Dall'analisi delle figure sopra riportate risulta che una bocca tarata realizzata con tubazione Ø 10 cm risulta sufficiente a garantire il rilascio massimo in uscita dai singoli lotti, perseguendo l'invarianza idraulica (questo dimensionamento risulta di massima e deve essere comunque verificato in sede di progettazione esecutiva dei lotti).

5.2 Compatibilità con la rete fognaria esistente e condizioni di recapito finale

Come dimostrato in precedenza il tracciato del Fosso Arrù da Via Calamandrei fino all'imbocco del manufatto di attraversamento di Via Arno risulta insufficiente al transito di portate con tempo di ritorno decennale. Vista la realizzazione del PIP è auspicabile che il Fosso Arrù venga tombato (per non creare problematiche ai capannoni), con sezione idonea al transito della portata duecentennale (pari a 2.22 m³/s), ipotizzando un eventuale futuro adeguamento tanto a monte che a valle del PIP stesso.

Ipotizzando l'utilizzo di uno scatolare a sezione rettangolare, posto in opera con la stessa pendenza di quella attuale, pari a 0.16%, risulta una sezione libera pari a 1.25 x 1.5 metri, come visibile nei calcoli qui di seguito riportati (dimensionamento di massima in moto uniforme).

TOMBAMENTO FOSSO ARRU' PER PIP VIA ARNO					
Dati della sezione					
H=	100	cm		(Altezza sezione)	
b=	180	cm		(Base minore sezione)	
B=	180	cm		(Base maggiore)	
Angolo	0	gradi			
Area=	1.80	mq			
Pendenza	0.16	%			
K	60	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler			
Portata di progetto	2.22	mc/sec			

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
5	190.00	0.090	0.047	0.028278	0.3142
10	200.00	0.180	0.090	0.086759	0.48199
15	210.00	0.270	0.129	0.165071	0.61137
20	220.00	0.360	0.164	0.258484	0.71801
25	230.00	0.450	0.196	0.363982	0.80885
30	240.00	0.540	0.225	0.479432	0.88784
35	250.00	0.630	0.252	0.603234	0.95751
40	260.00	0.720	0.277	0.734147	1.01965
45	270.00	0.810	0.300	0.871185	1.07554
50	280.00	0.900	0.321	1.013546	1.12616
55	290.00	0.990	0.341	1.16057	1.17229
60	300.00	1.080	0.360	1.311706	1.21454
65	310.00	1.170	0.377	1.466493	1.25341
70	320.00	1.260	0.394	1.624534	1.28931
75	330.00	1.350	0.409	1.785493	1.32259
80	340.00	1.440	0.424	1.949079	1.35353
85	350.00	1.530	0.437	2.115038	1.38238
90	360.00	1.620	0.450	2.283151	1.40935
95	370.00	1.710	0.462	2.453223	1.43463
100	380.00	1.800	0.474	2.625083	1.45838

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
88.13	356.26	1.586	0.445	2.220	1.39946

Tabella 7 - Calcolo di massima (in moto uniforme) per il tombamento del Fosso Arrù nel tratto di interesse per il PIP di Via Arno

Con la messa in opera dello scatolare (che va a costituire la dorsale principale di drenaggio all'interno del PIP) e il compenso all'interno del singolo lotto con le vasche volano si garantisce

la compatibilità dell'intervento con la rete esistente e con le condizioni di recapito finale sotto il punto di vista dell'invarianza idraulica dell'intera area.

6. Indicazioni per il miglioramento della capacità di deflusso del Fosso Arrù

Come analizzato in precedenza la capacità di deflusso attuale del Fosso Arrù mostra criticità anche per eventi con tempo di ritorno ricorrente, pari a 10 e 20 anni, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti circolari esistenti.

La realizzazione del PIP di Via Arno si prefigura come una buona possibilità per mettere mano alla risistemazione del tratto di Fosso Arrù a valle dell'intervento stesso, magari ipotizzando una compartecipazione pubblico-privato con scomputo di oneri di urbanizzazione.

Le maggiori criticità sono rappresentate da:

- Scarsa manutenzione del corso d'acqua, con depositi localizzati che modificano le pendenze naturali e presenza di vegetazione infestante;
- Sezioni trasversali non uniformi e con differenza di quote altimetriche fra sponda destra e sinistra;
- Presenza di attraversamenti realizzati con tubazioni circolari di scarsa efficienza idraulica e sottodimensionati.

Per quanto possibile in questa fase sono stati analizzati i possibili scenari di intervento che vengono qui di seguito illustrati:

- Per favorire la capacità di deflusso del Fosso Arrù a valle di Via Arno si ritiene opportuno intervenire con operazioni di taglio e pulizia della vegetazione infestante, che occupa la sezione idraulica. Sono stati rilevati alcuni tratti in contropendenza, che provocano un rallentamento della corrente (come evidenziato dalla verifica in stato attuale): per questo motivo è necessario provvedere alla rimozione dei depositi localizzati, in modo da rendere uniforme la pendenza del fondo su tutto il tratto in esame;

- Per aumentare la capacità di autoinvaso delle sezioni, non potendo agire sulle quote delle sponde, si rende necessario un allargamento delle sezioni trasversali, in modo da renderle uniformi su singoli tratti ed evitare così continui allargamenti o restringimenti di sezione che ostacolano il regolare deflusso della corrente;
- I tratti tombati presenti sono realizzati tramite tubazioni circolari (Ø 80 cm e 60 cm) che hanno una scarsa efficienza poiché lasciano poca luce libera rispetto all'ingombro effettivo all'interno della sezione. Scatolari rettangolari hanno invece una migliore risposta idraulica, a parità di sezione occupata. Per questo motivo si suggerisce la sostituzione dei manufatti presenti di forma circolare (Via Po e rimessa agricola) con manufatti a sezione rettangolare.

Nel tratto compreso fra Via Calamandrei e Via del Terzo le maggiori criticità sono state individuate in corrispondenza dell'attraversamento di Via Arno e in corrispondenza della rimessa agricola al confine comunale con Monsummano Terme.

Per quanto riguarda Via Arno si rende necessario procedere ad ulteriori approfondimenti nelle successive fasi progettuali al fine di meglio definire l'effettivo andamento e la relativa capacità di deflusso del tratto tombato sotto le pertinenze dei capannoni di recente realizzazione; la delicatezza di questo punto consiste nel fatto che rappresenta un vincolo per la realizzazione del PIP: il reticolo di drenaggio dello stesso si deve infatti allacciare al manufatto presente e con questo deve risultare compatibile.

Dai sopralluoghi effettuati risulta che il tratto attualmente occupato dalla rimessa a confine con Monsummano Terme presenta una scarsa capacità di deflusso dovuta in parte all'occupazione delle sezioni idrauliche da annessi agricoli e in parte alla presenza di tombini sottodimensionati. Una possibile azione d'intervento può essere individuata nello spostamento dell'attuale tracciato, in modo da bypassare la proprietà suddetta, conferendo allo stesso tempo un andamento più regolare al Fosso Arrù.

7. Conclusioni

Il Piano Attuativo di Via Arno riguarda una delle principali previsioni contenute nel Regolamento Urbanistico, già presente anche nel precedente strumento urbanistico comunale e nel PTC della Provincia di Pistoia del 2003.

L'area interessata è già stata oggetto di studio nell'ambito del quadro conoscitivo relativo al regolamento urbanistico comunale. Gli studi hanno dimostrato che l'area non è soggetta a battenti da esondazione da parte del Torrente Nievole e del Fosso Candalla per eventi con tempi di ritorno fino a 200 anni.

L'area oggetto del presente studio interessa il tratto di Fosso Arrù da Via Calamandrei fino a valle del confine comunale con Monsummano Terme; lo studio ha avuto lo scopo di descrivere, da un punto di vista idraulico, gli effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli sul reticolo minore (Fosso Arrù) e di dimensionare le opere per la mitigazione degli stessi effetti.

Sulla base dei dati forniti dai progettisti sono state dimensionate, lotto per lotto, le vasche volano (dimensioni dell'invaso e bocca tarata) che garantiscono l'invarianza idraulica dell'intervento, dimostrando la compatibilità dell'intervento con il reticolo esistente.

E' stato effettuato anche il dimensionamento di massima del tombamento del tratto di Fosso Arrù che interessa il PIP, dimensionamento che dovrà essere comunque valutato nelle successive fasi di progettazione.

Tramite le verifiche idrauliche effettuate in moto permanente con il software Hec Ras 4.0 è stata valutata la capacità di deflusso del Fosso Arrù rispetto ad eventi con diverse ricorrenze, individuando le maggiori criticità presenti.

Infine sono state individuate delle possibili azioni volte al miglioramento della capacità di deflusso del Fosso Arrù, con adeguamento tanto delle sezioni trasversali che dei manufatti presenti.

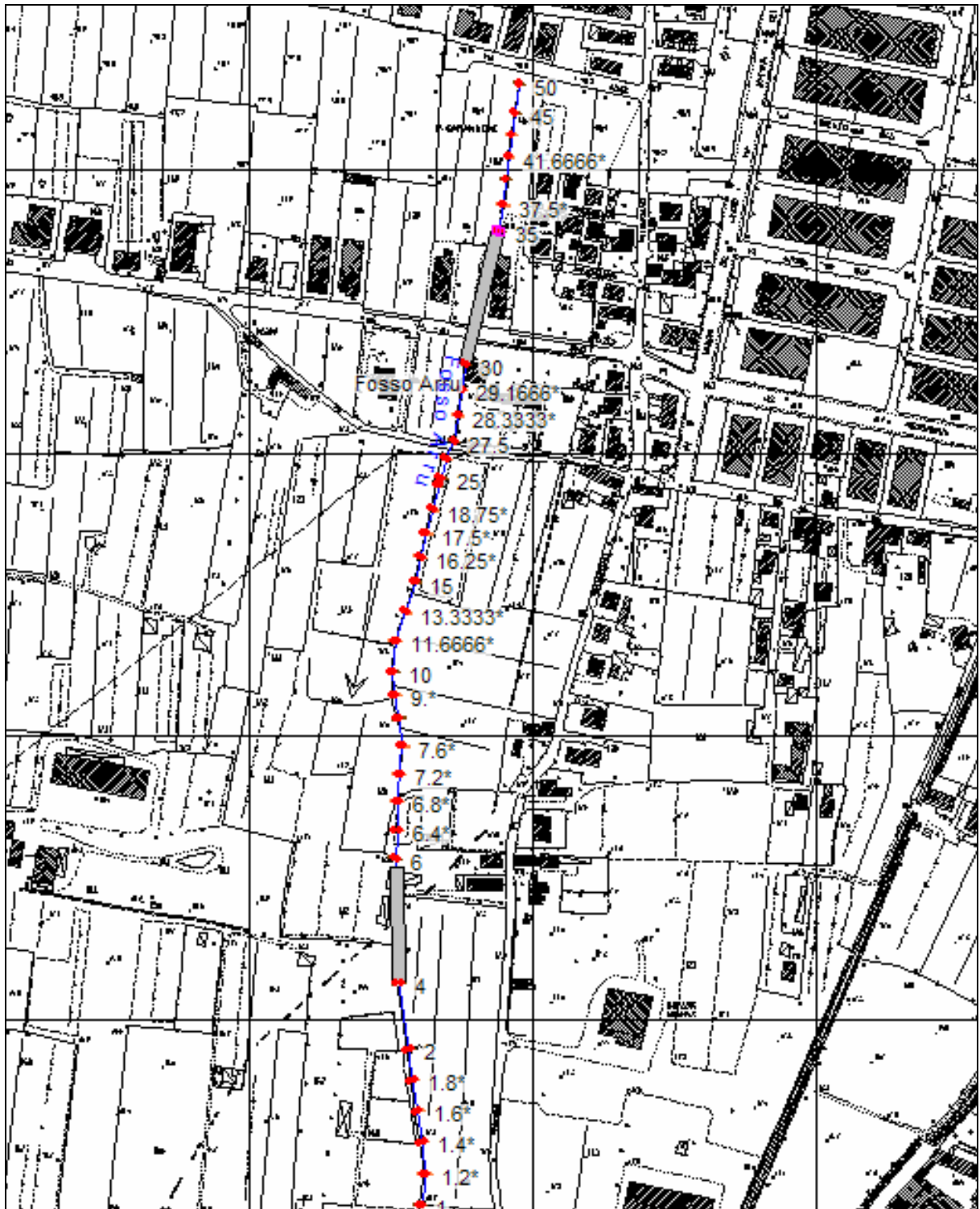
Le considerazioni effettuate sono state possibili grazie ai numerosi sopralluoghi effettuati e tramite la realizzazione di un rilievo topografico di dettaglio, con strumentazione GPS, con il quale è stato possibile descrivere la geometria del Fosso Arrù, da Via Calamandrei fino a Via del Terzo.

Allegato

Verifica idraulica Fosso Arrù

Stato Attuale

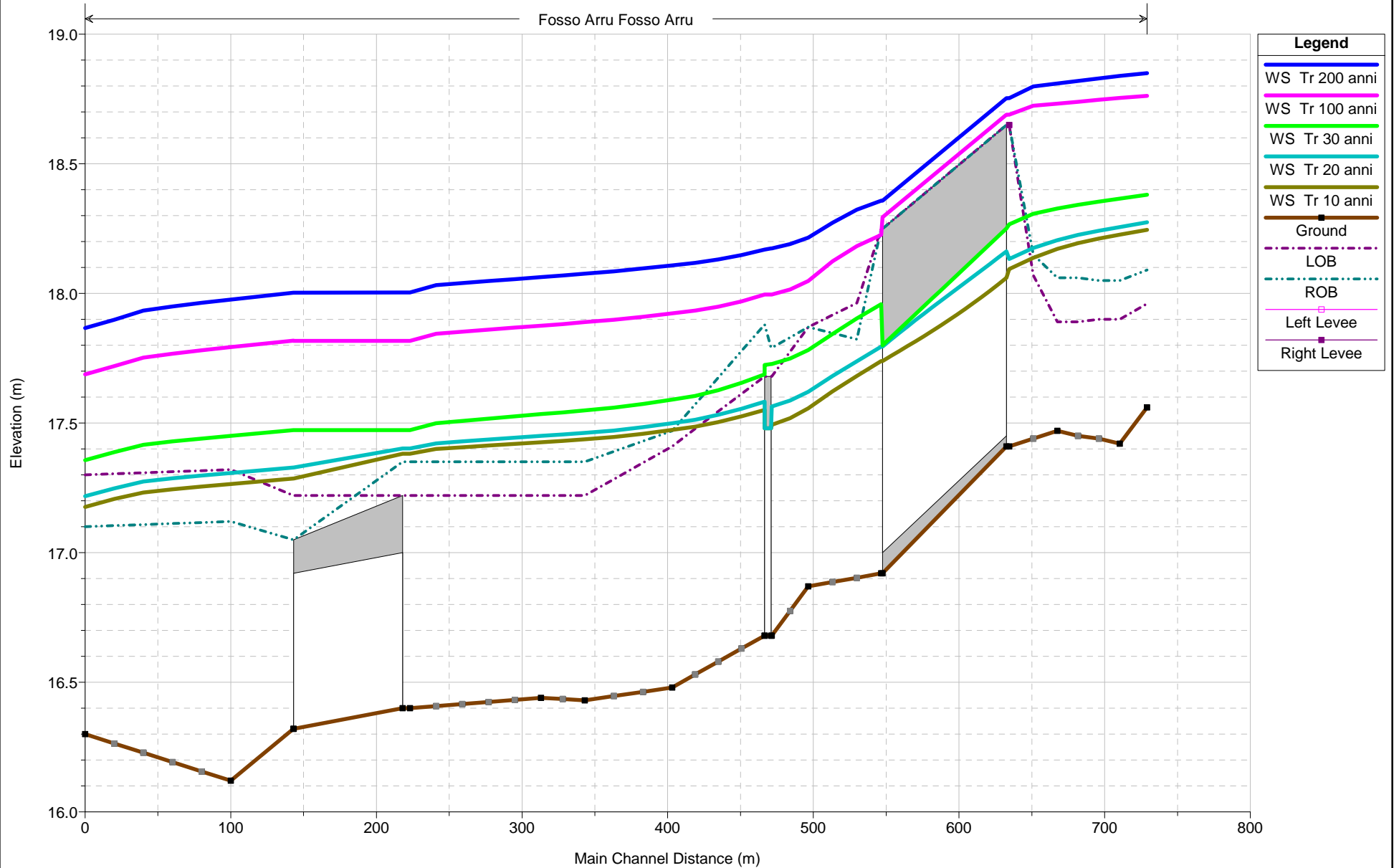
Localizzazione delle sezioni trasversali utilizzate nella verifica idraulica



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

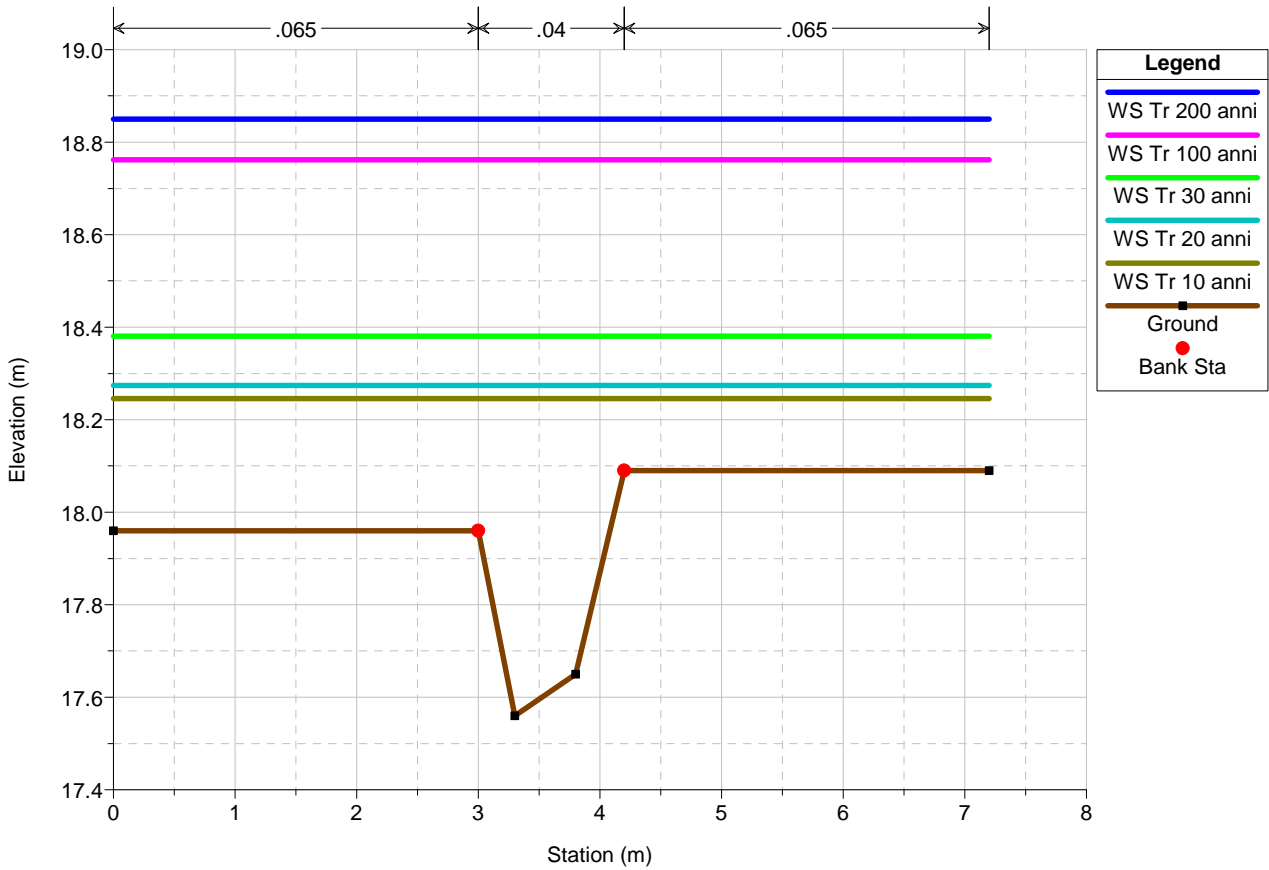
Flow: Stato attuale varie portate

Fosso Arru Fosso Arru



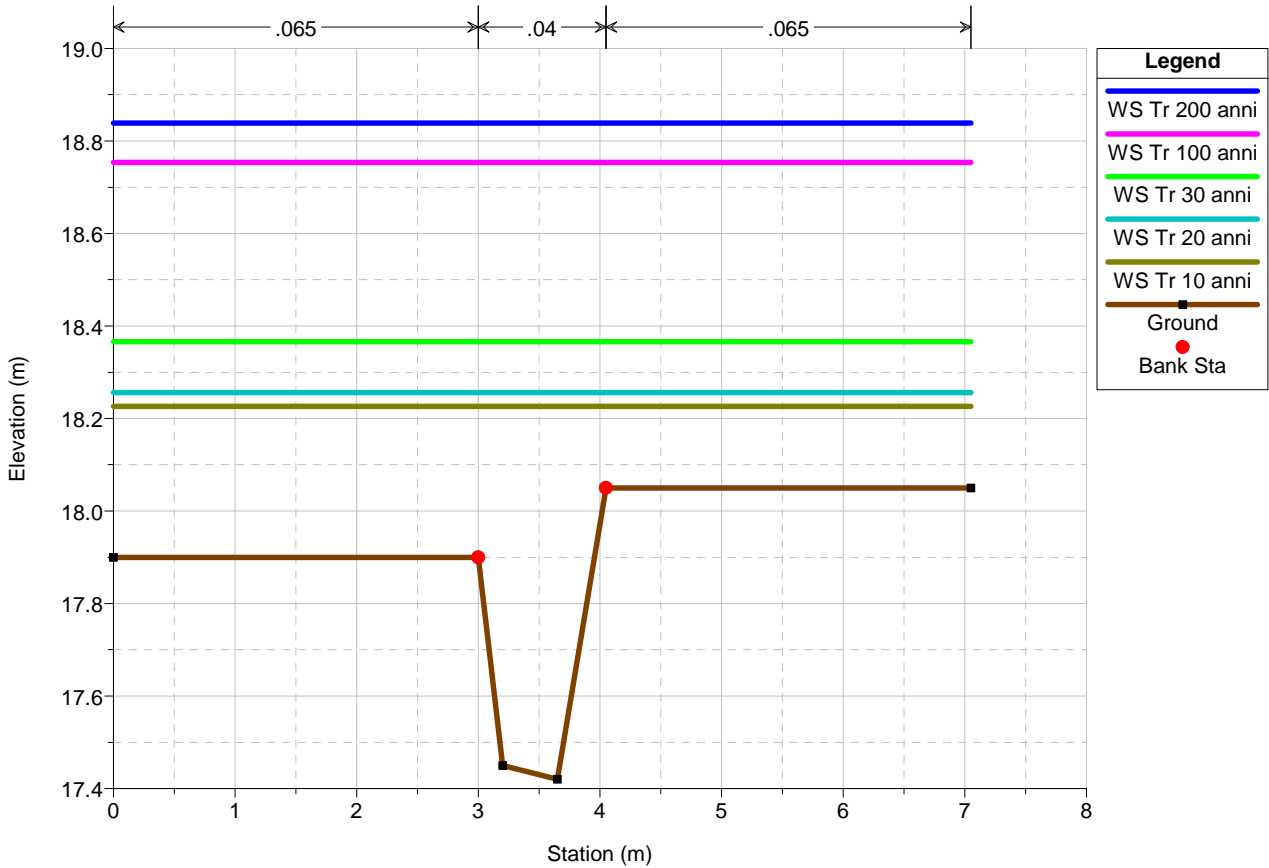
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 50 Sezione iniziale valle Via Calamandrei



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

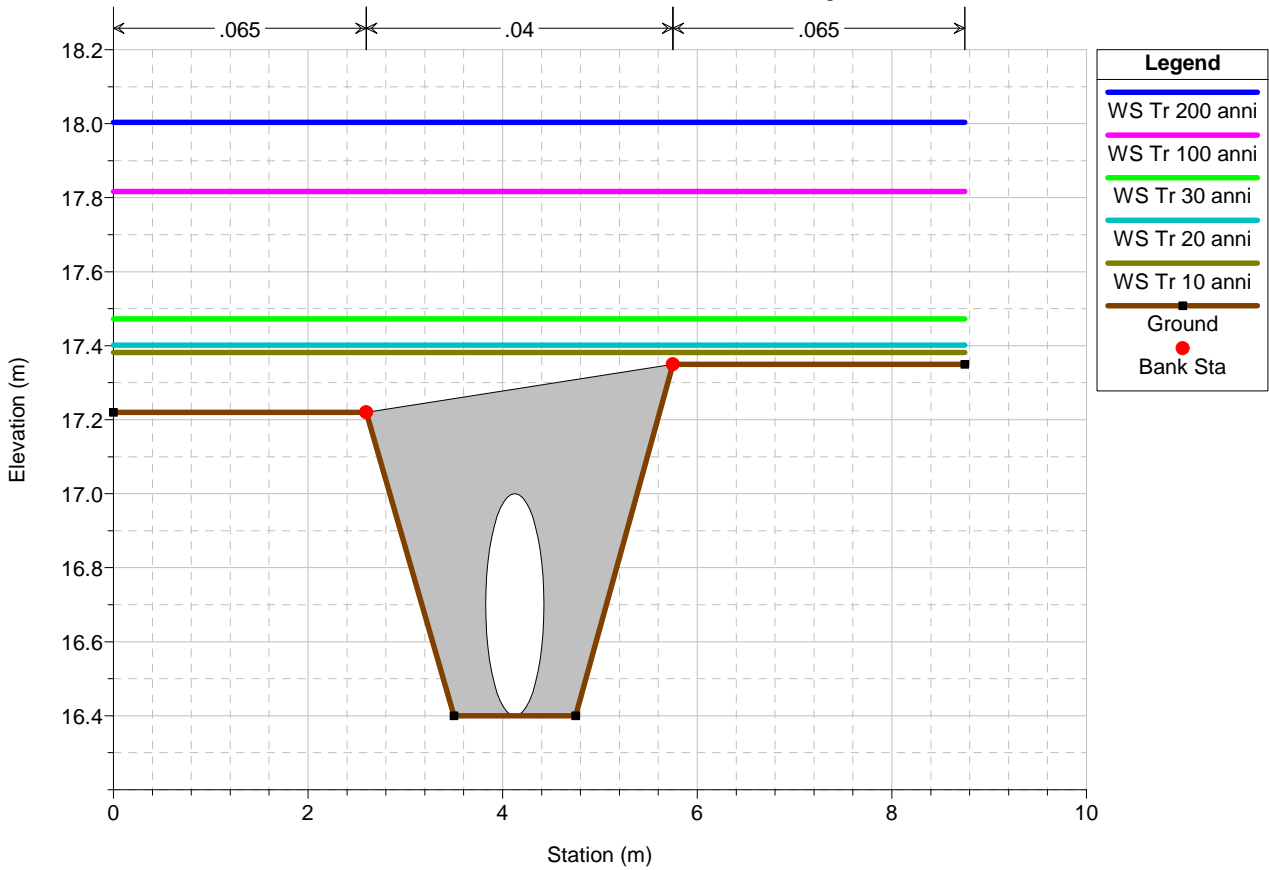
Flow: Stato attuale varie portate
RS = 45



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

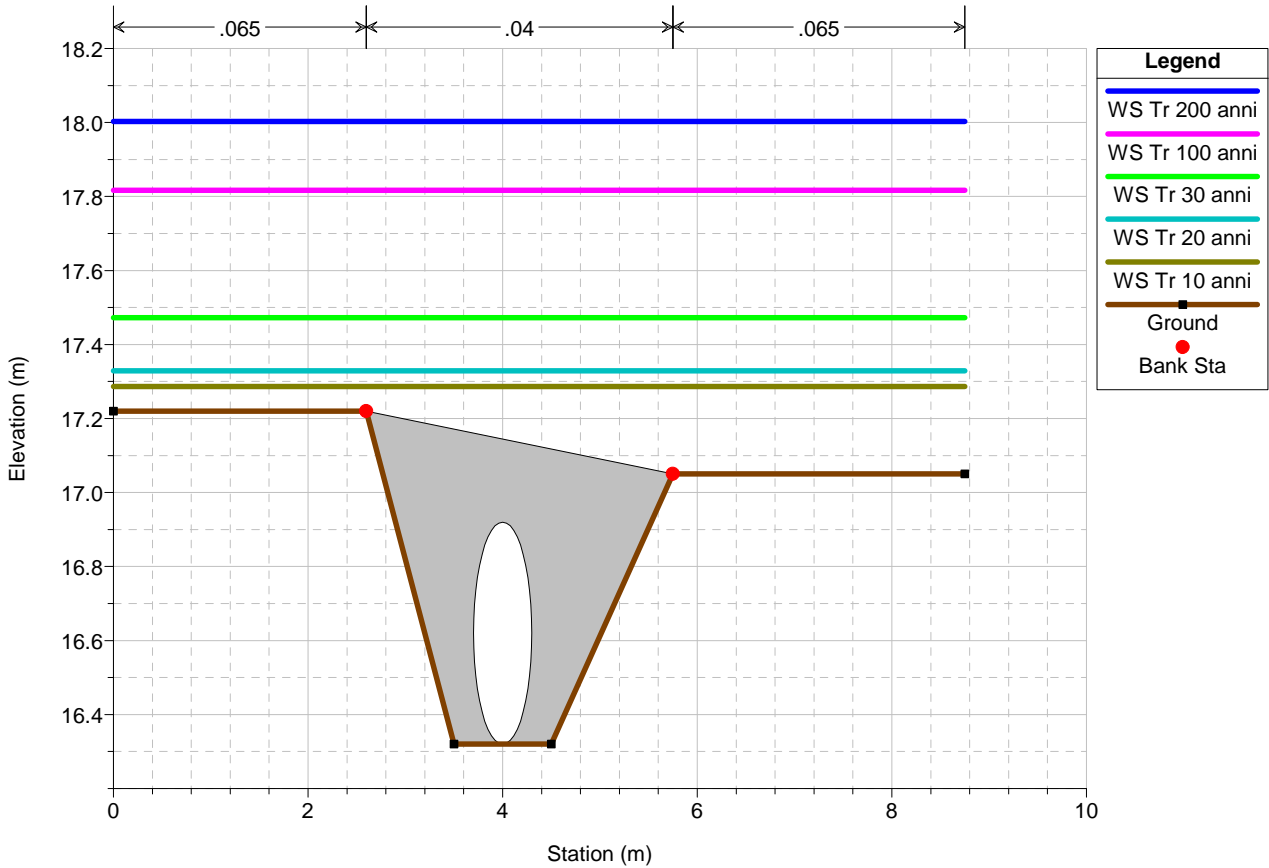
RS = 5 Culv Tubazione sotto rimessa agricola



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

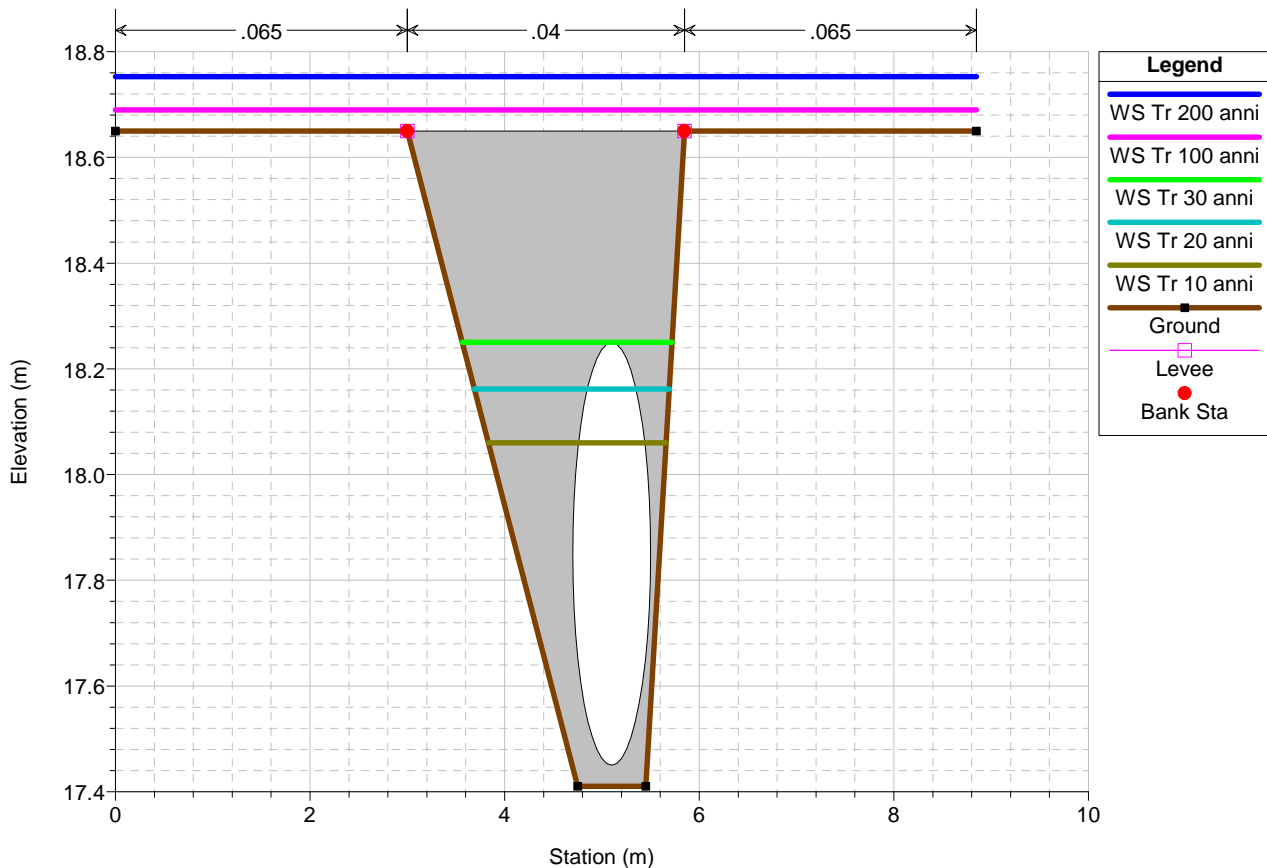
RS = 5 Culv Tubazione sotto rimessa agricola



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

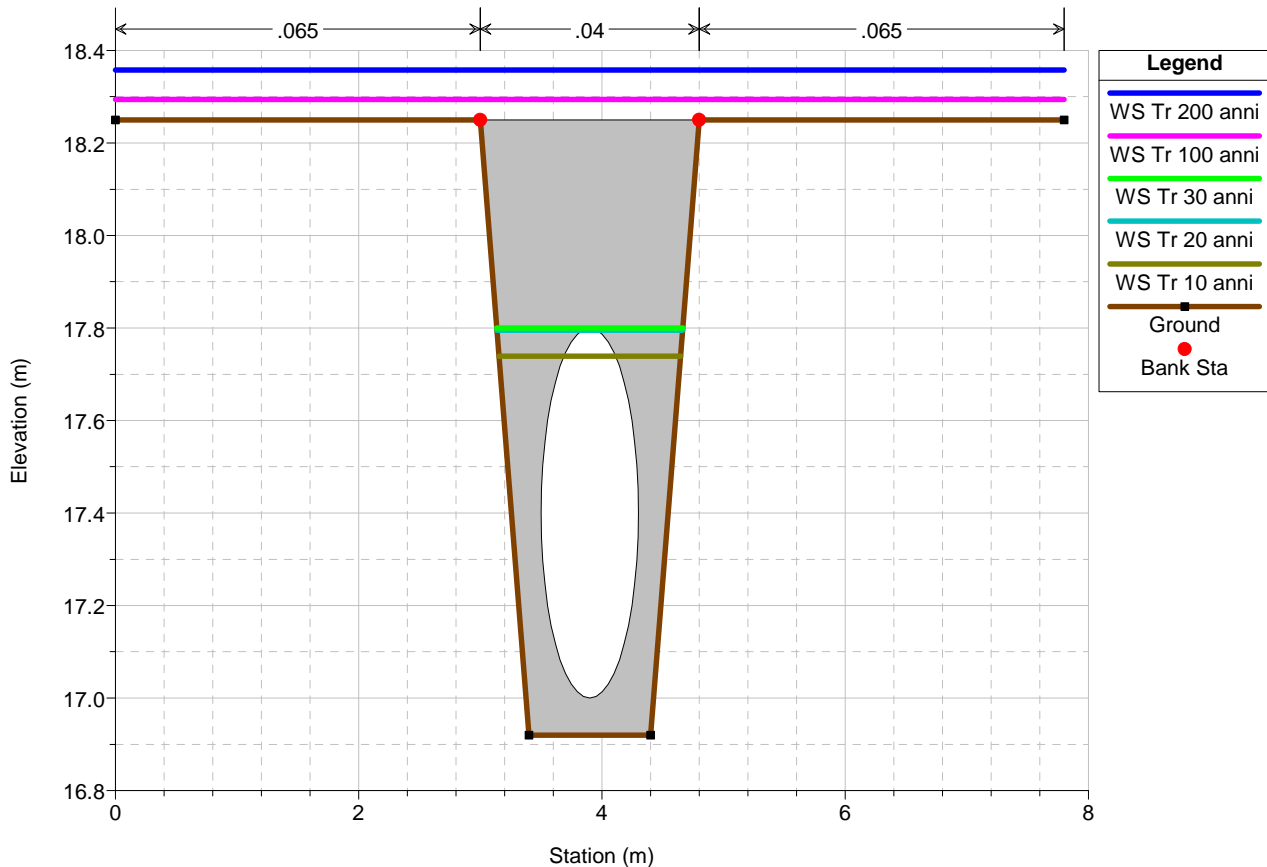
RS = 32.5 Culv. Attraversamento Via Arno



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

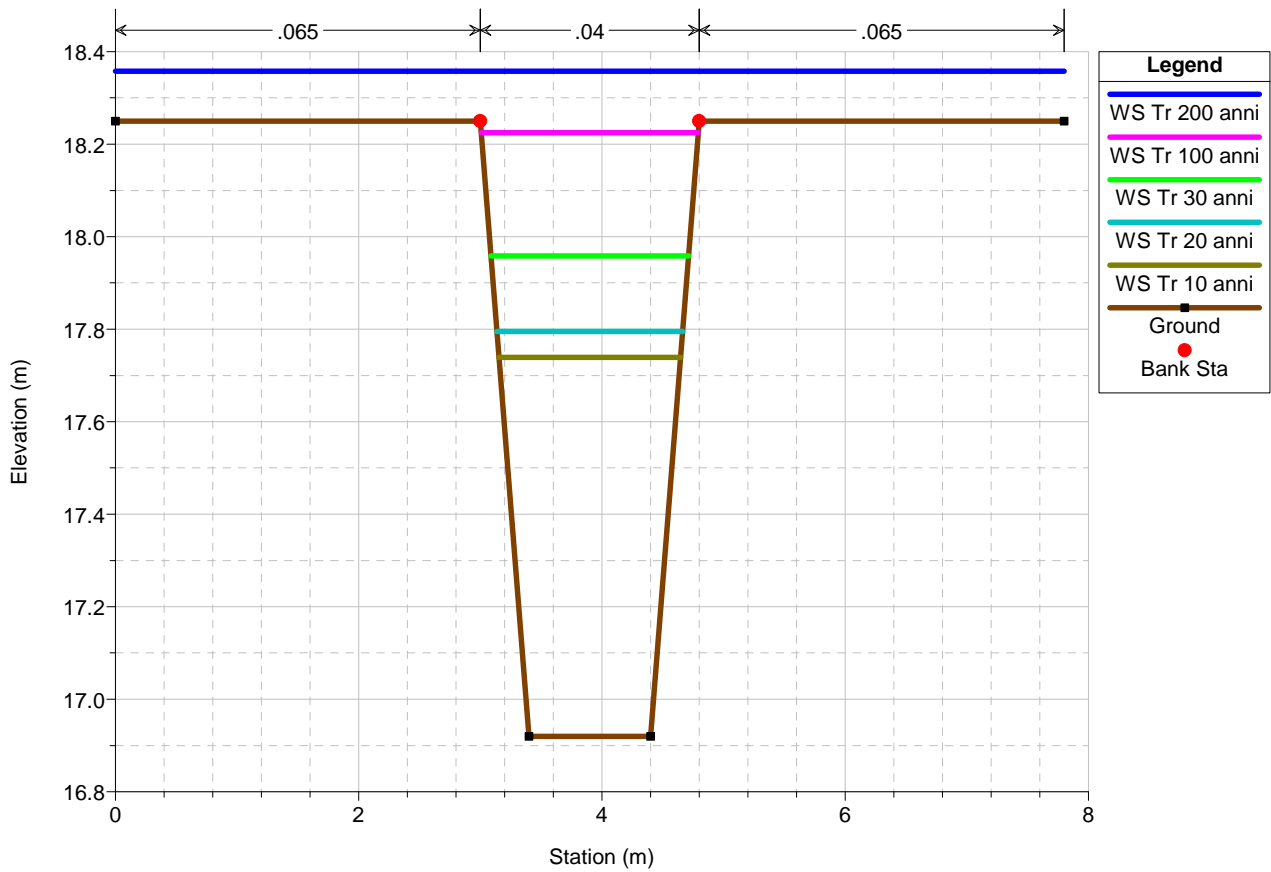
Flow: Stato attuale varie portate

RS = 32.5 Culv. Attraversamento Via Arno



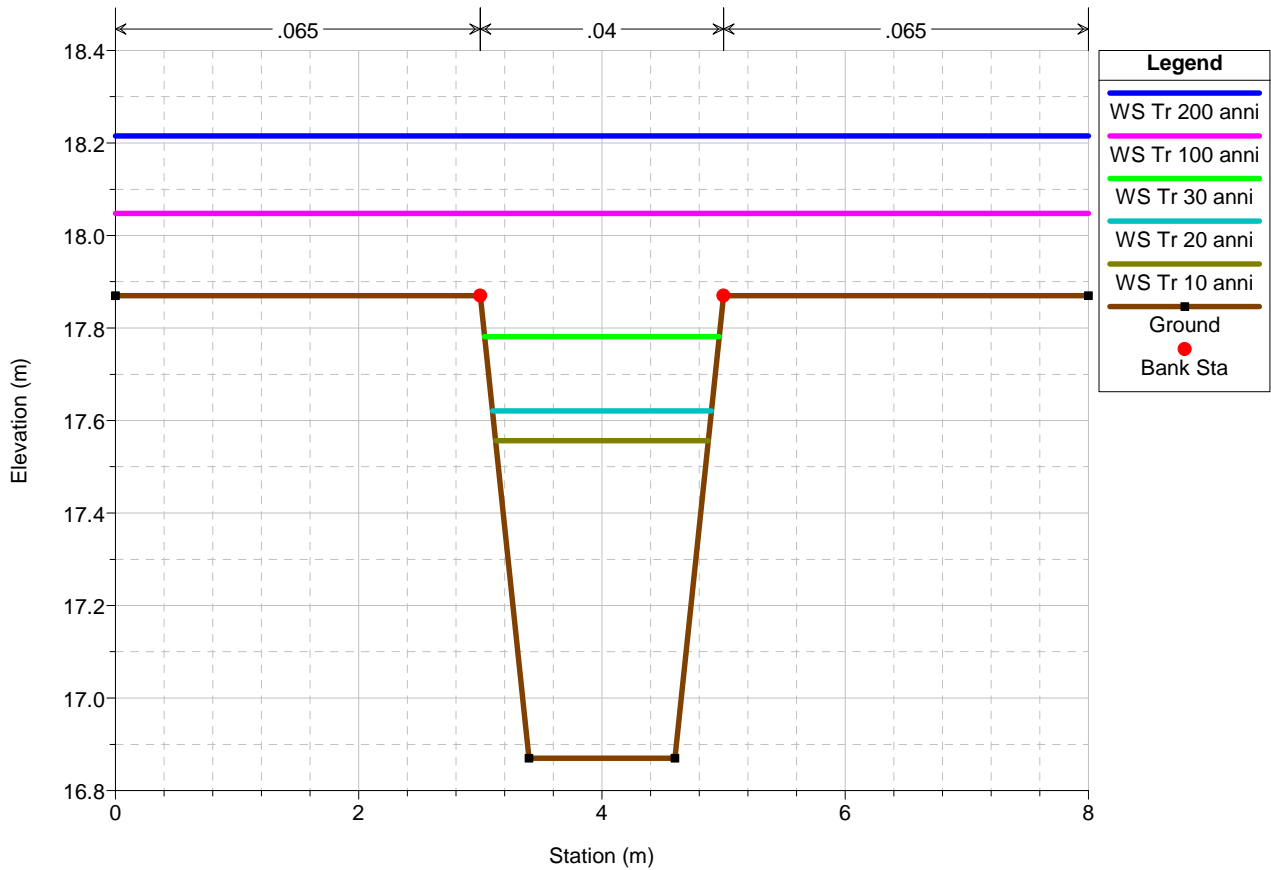
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 30 Uscita tubazione valle Via Arno



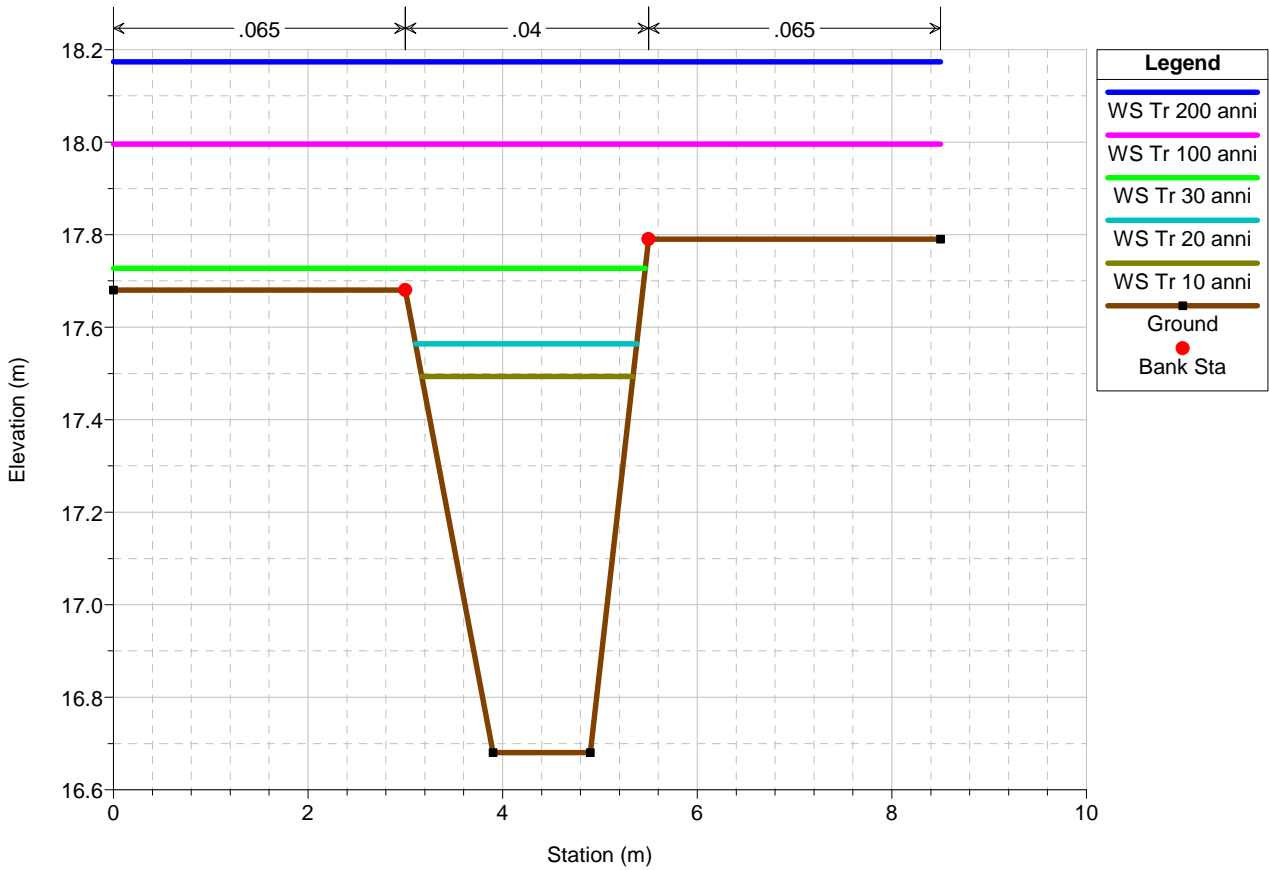
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 27.5 Sezione intermedia fra Via Arno e Via Po



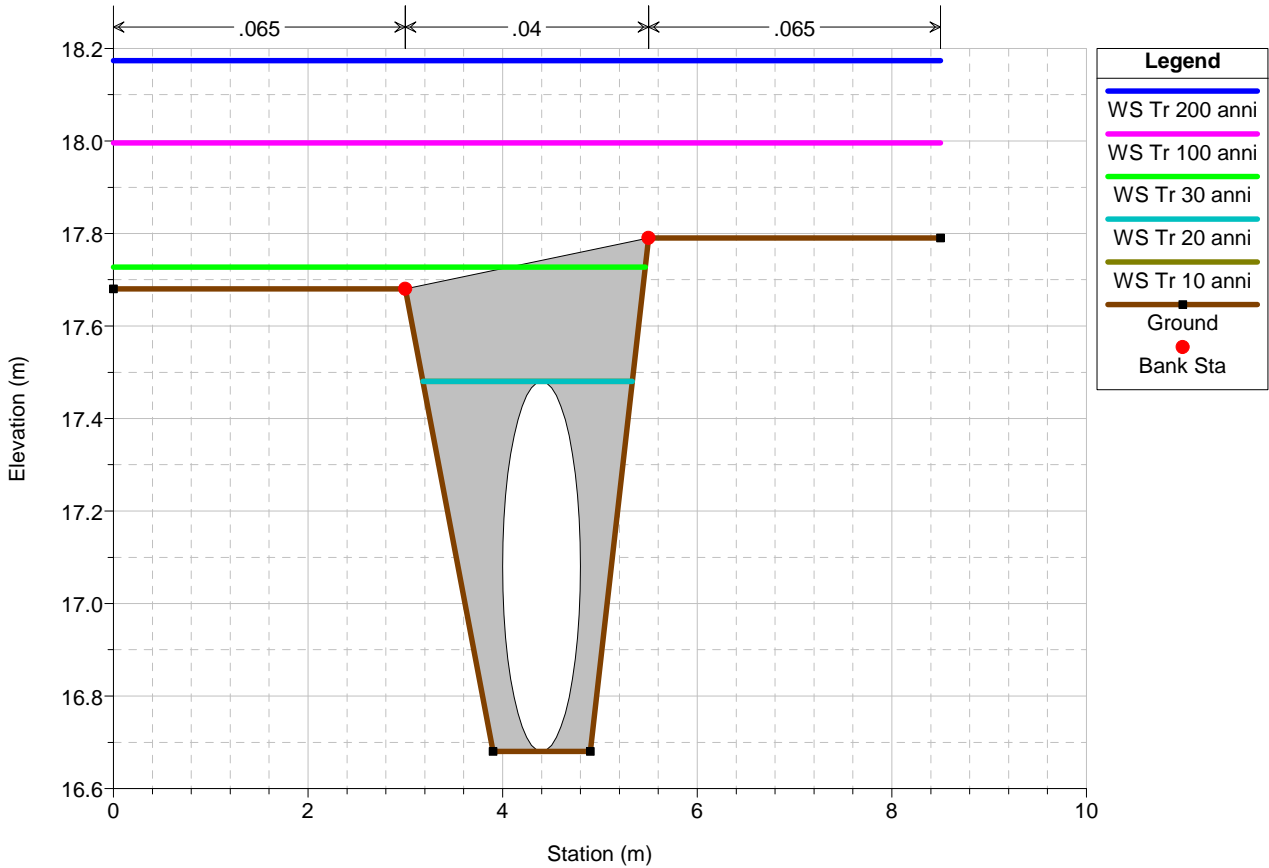
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 25 Sezione monte Via Po



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

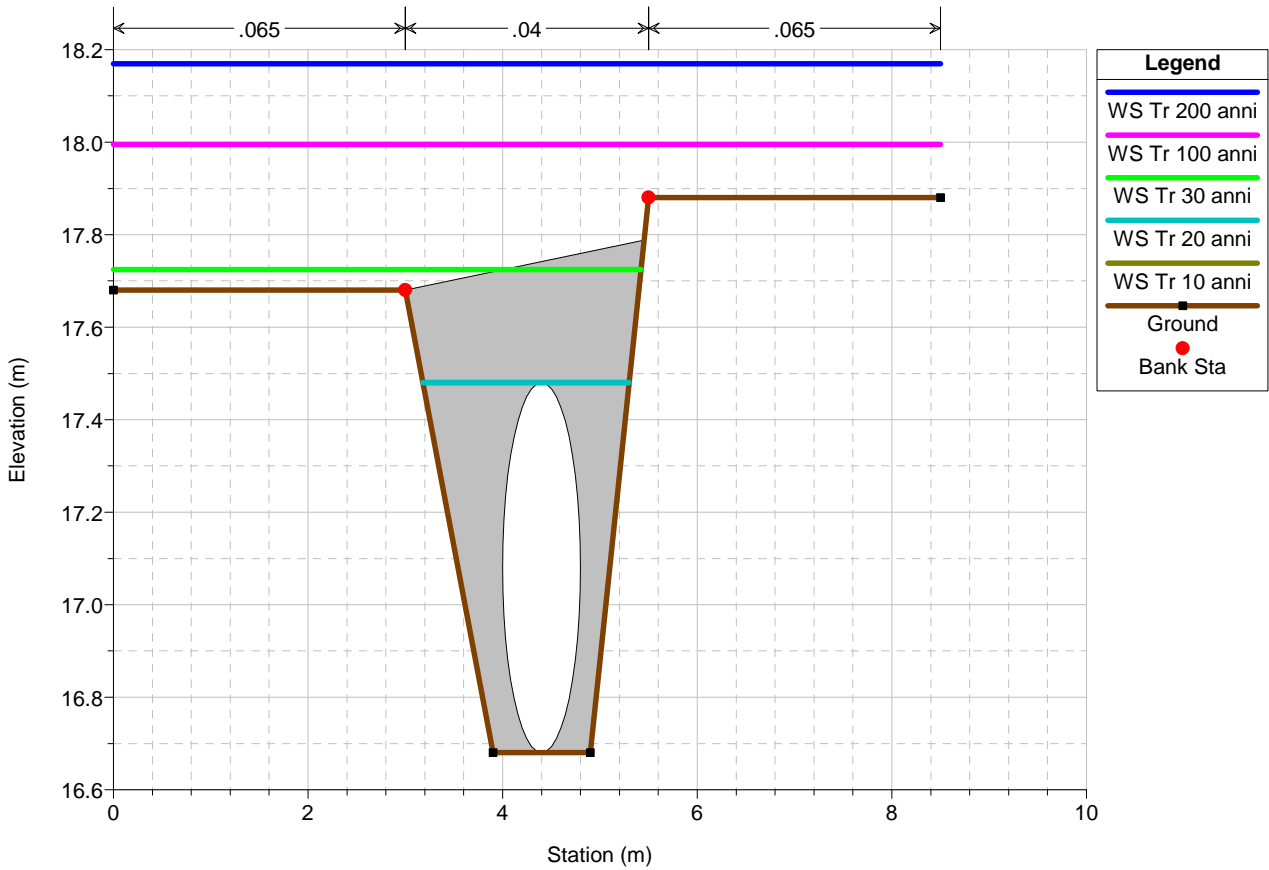
Flow: Stato attuale varie portate
RS = 22.5 Culv. Attraversamento Via Po



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

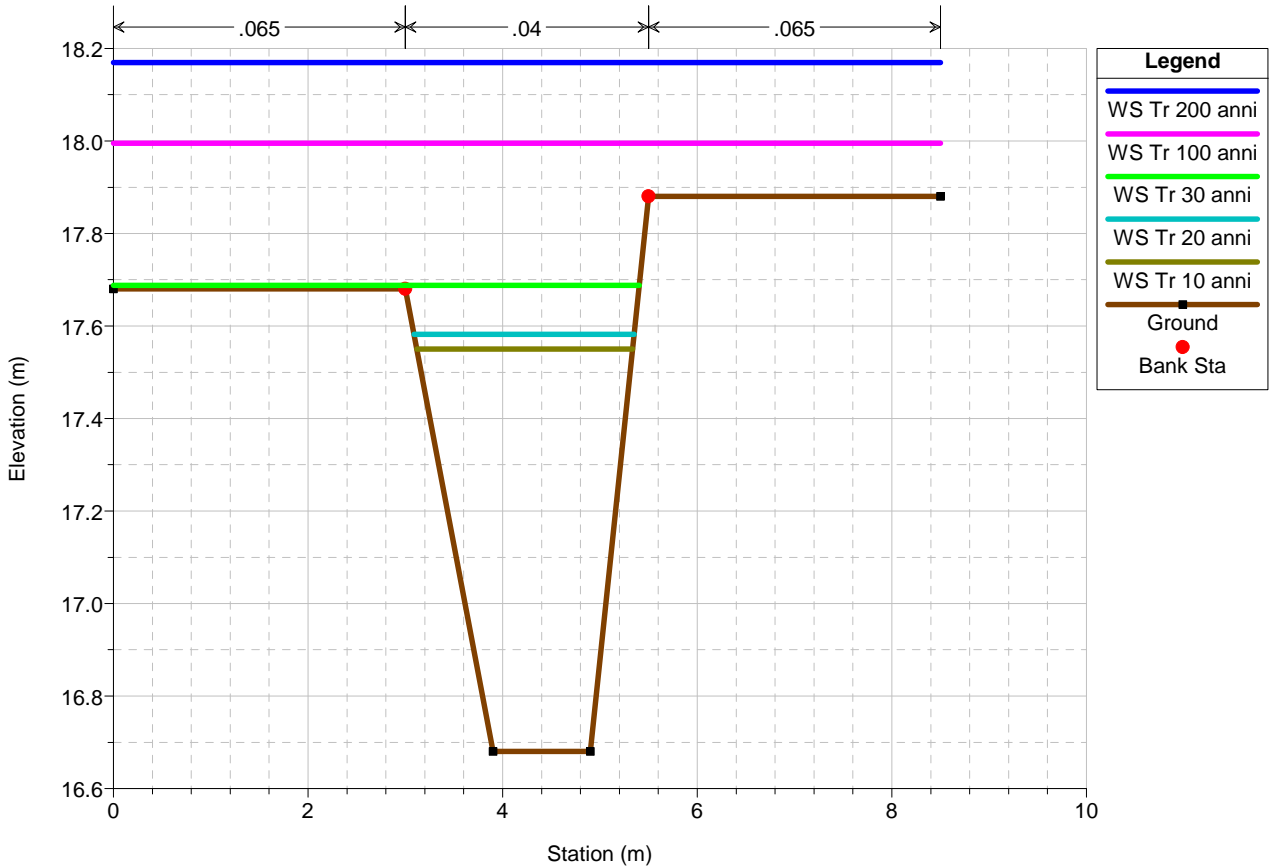
RS = 22.5 Culv Attraversamento Via Po



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

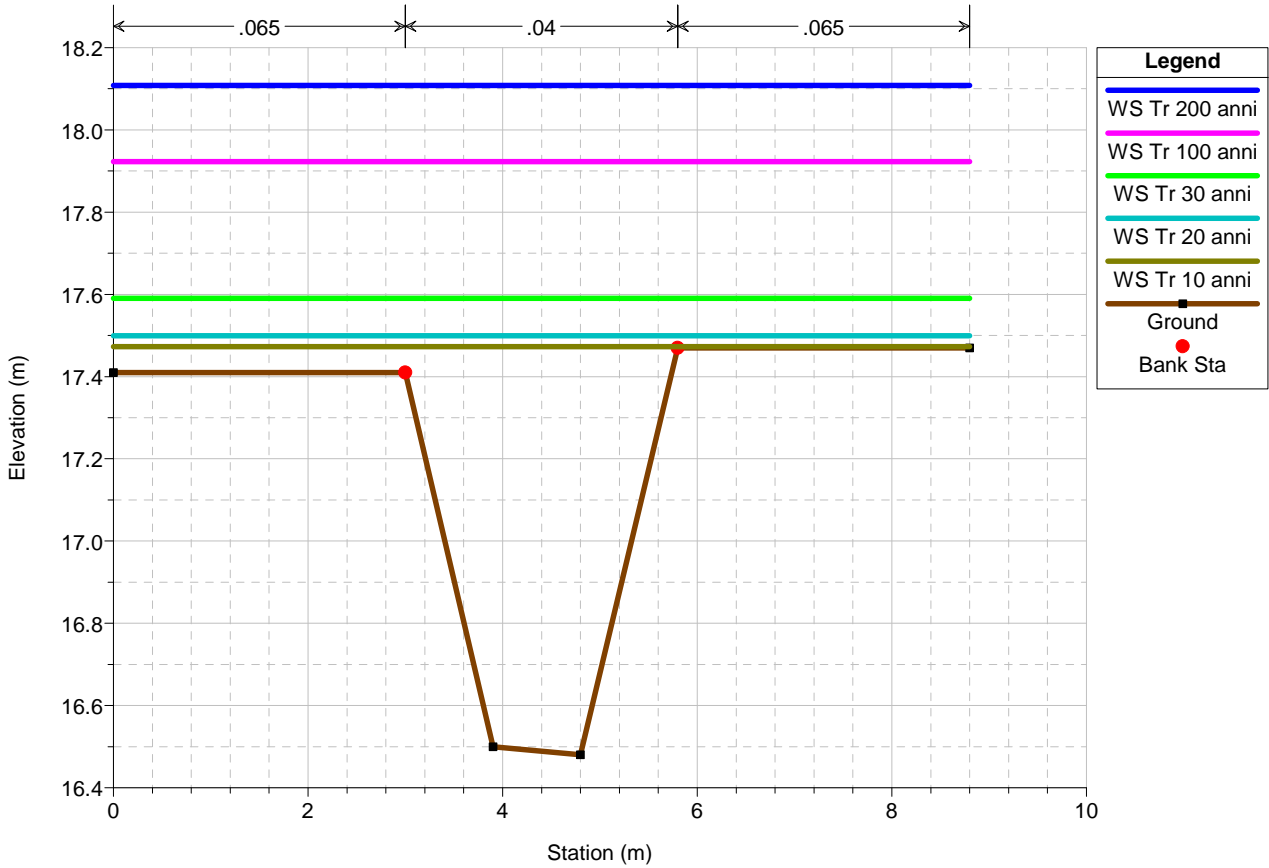
RS = 20 Sezione valle Via Po



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

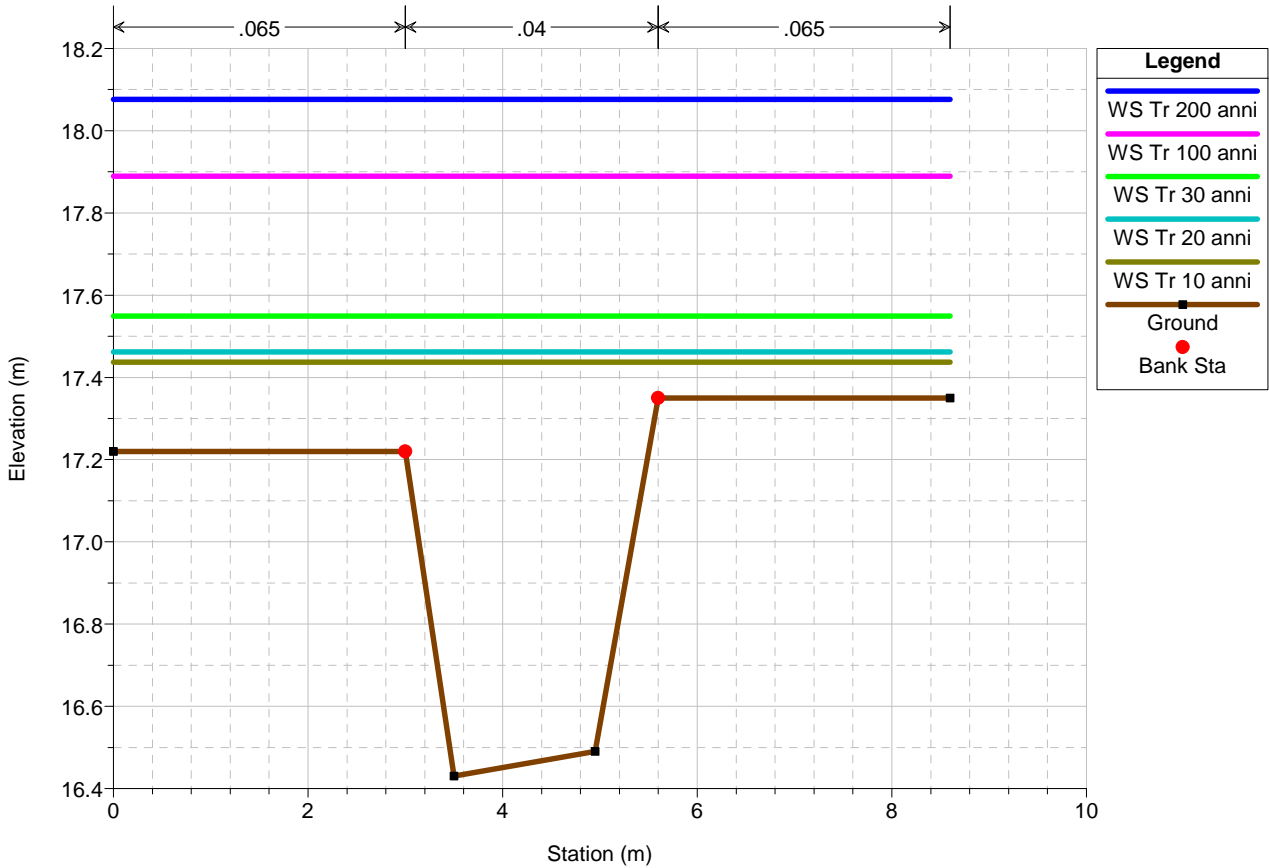
RS = 15 Sezione in corrispondenza asse in legno



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

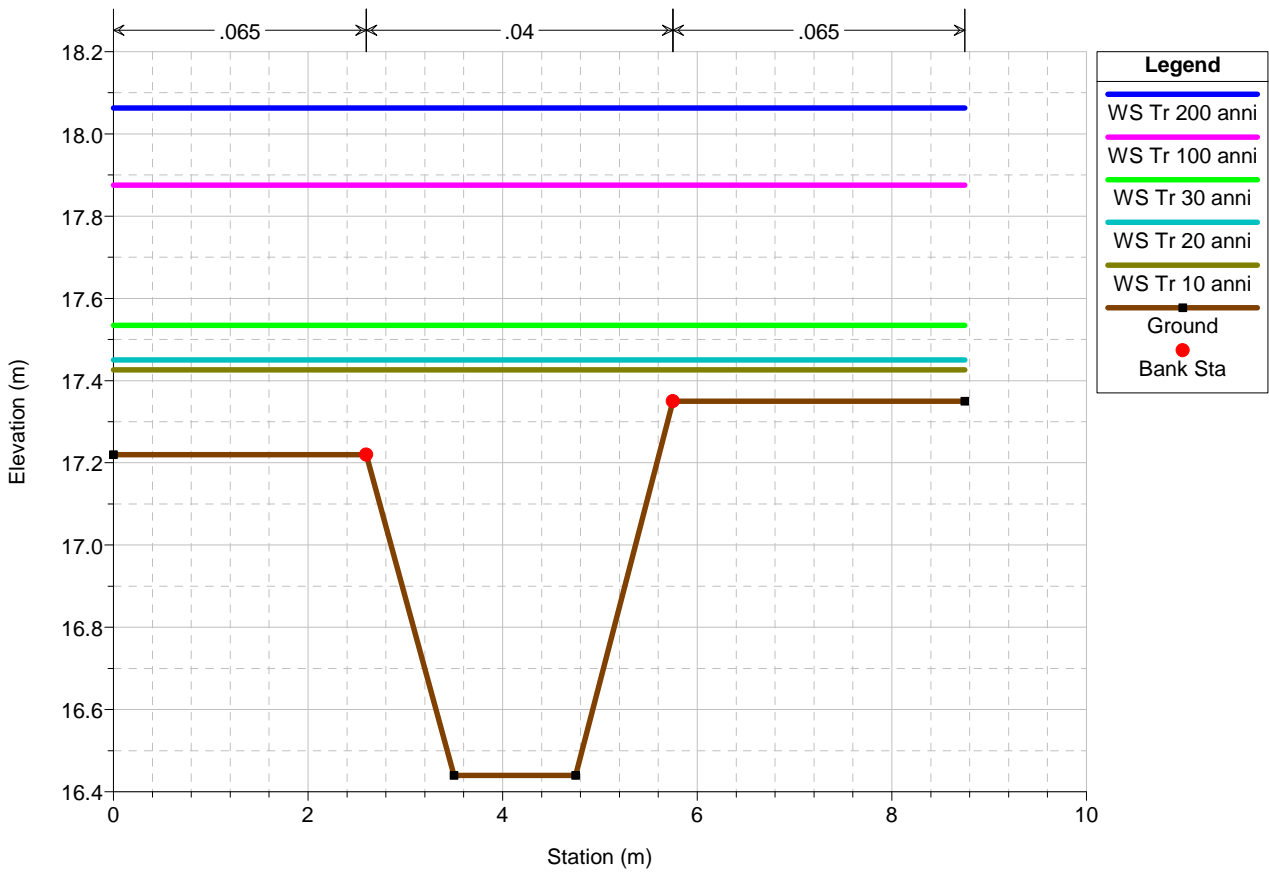
Flow: Stato attuale varie portate

RS = 10



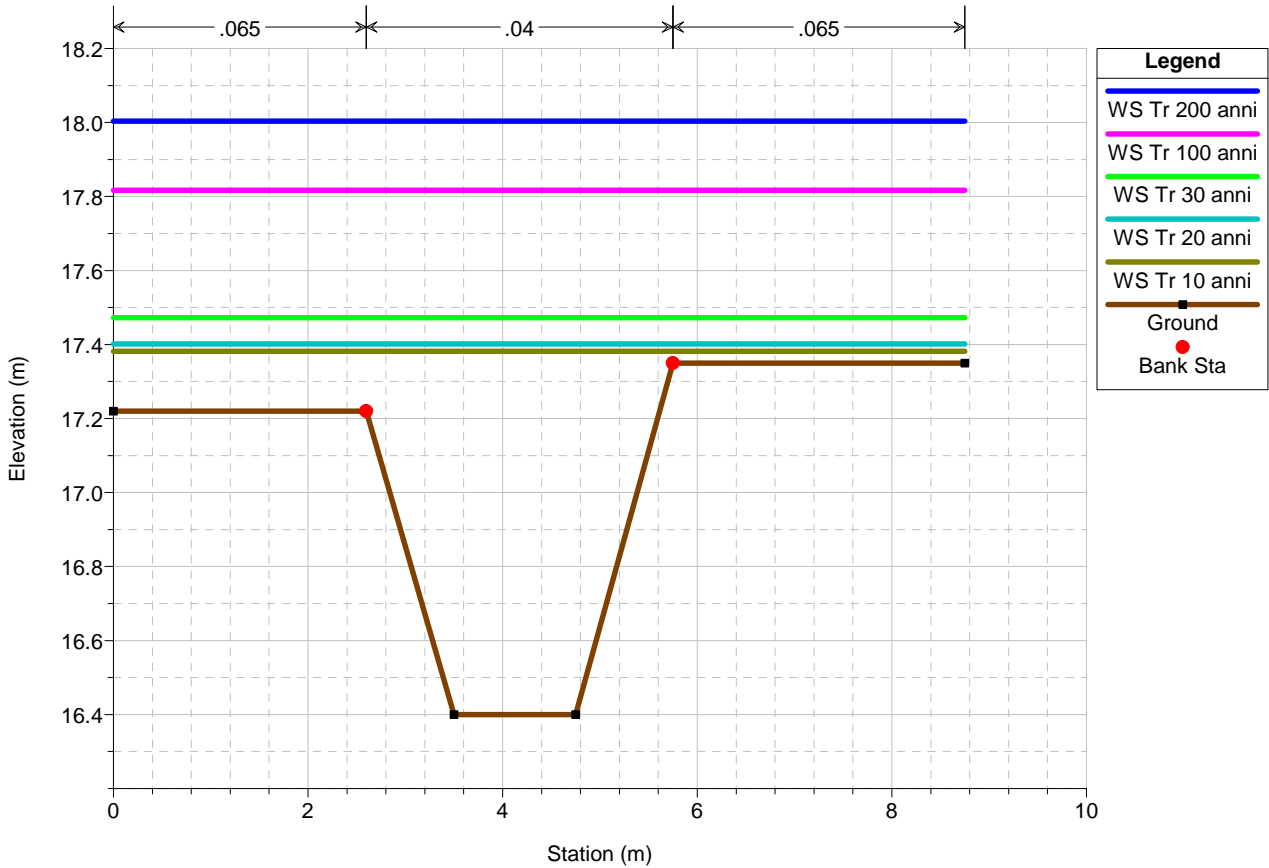
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 8



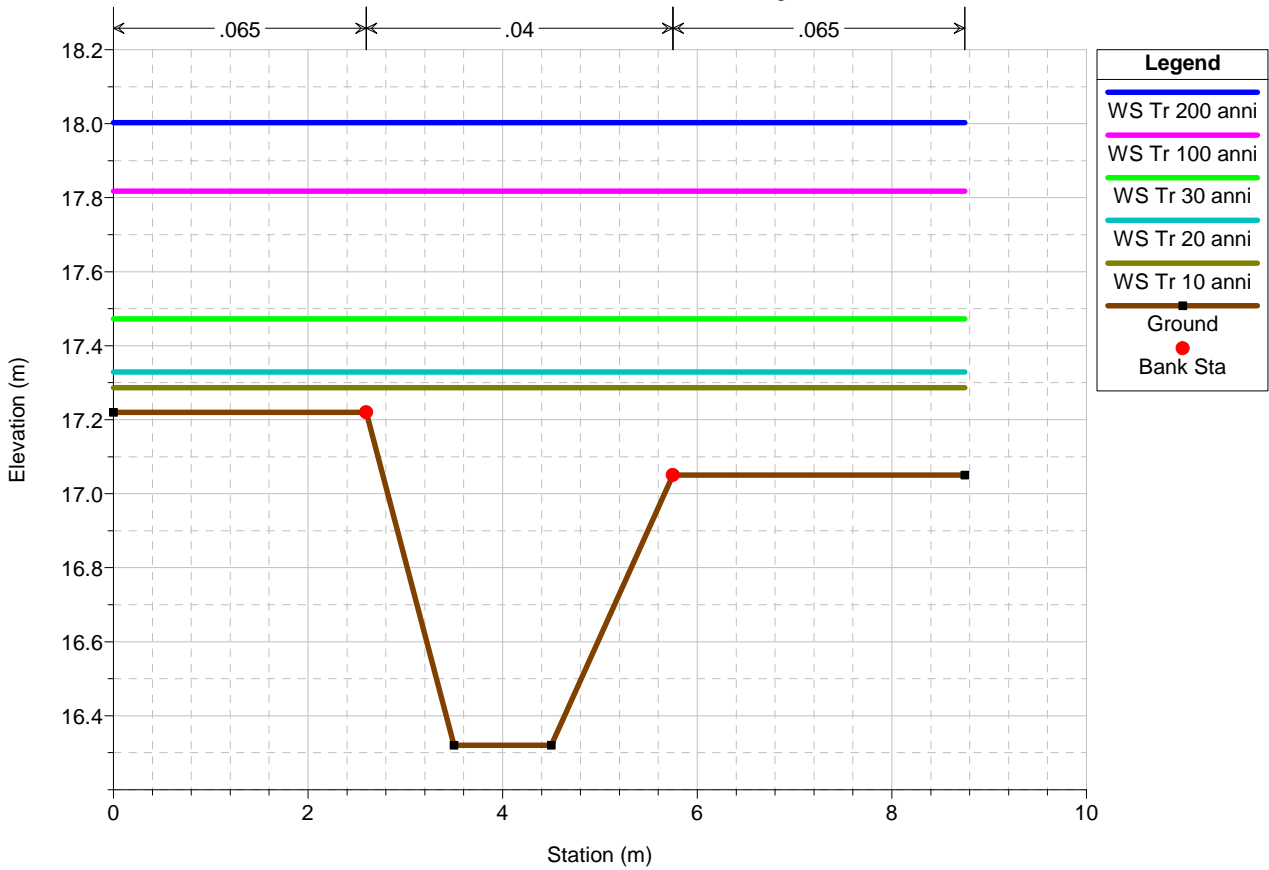
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 6 Sezione a monte rimessa agricola



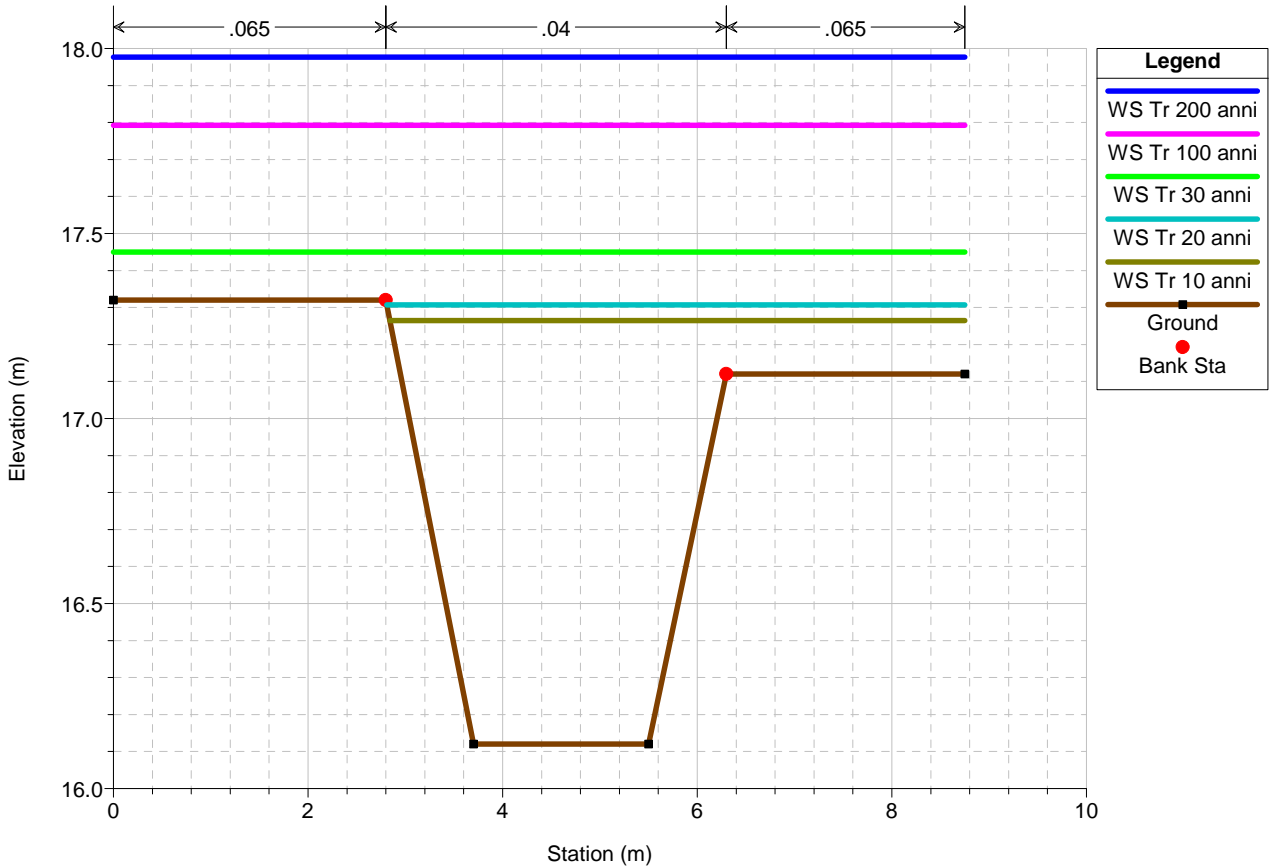
Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 4 Sezione a valle rimessa agricola



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate
RS = 2



Verifica Fosso Arru - Stato Attuale

Flow: Stato attuale varie portate

RS = 1 Sezione finale

