

COMUNE DI DERUTA

Studio idraulico sui corsi d'acqua minori del territorio comunale finalizzato alla individuazione delle aree inondabili nell'ambito del Piano Regolatore Generale- Parte Strutturale.

RELAZIONE IDRAULICA

Il presente studio ha analizzato in totale n.10 corsi d'acqua minori affluenti del Fiume Tevere sia di destra, sia di sinistra.

Gli affluenti di sinistra hanno origine dal territorio medio collinare ad altitudini attorno ai 600m di quota ad est dei centri urbani della frazione Pontenuovo, del Capoluogo e della frazione di Casalina. Sono corsi d'acqua ad elevate pendenze medie che raggiungono i centri abitati allo sbocco delle proprie valli nella valle principale; valli urbanizzate nel tratto terminale. Essi qui attraversano le due infrastrutture stradali maggiori: strada Tiberina (via principale urbana) e Strada di Grande Comunicazione E-45 Orte-Ravenna, ad accezione del corso d'acqua più settentrionale che raggiunge quest'ultima alla confluenza.

Gli affluenti di destra che nascono da basse colline ad altitudini di 350-400m s.l.m., presentano percorsi molto brevi nell'ambito collinare formando alle testate delle valli bacini imbriferi di modeste dimensioni con piccoli dislivelli, sviluppandosi poi sul territorio pianeggiante della valle principale (pendenze dell'ordine del 2-5 per mille) ove raggiungono i centri abitati.

Si elencano di seguito i corsi d'acqua oggetto del presente studio con l'indicazione toponomastica della cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare o della cartografia tecnica regionale in ordine da nord a sud:

Affluenti di sinistra

1. Fosso Pecciale o della Caprara,
2. Fosso della Rena
3. Fosso della Molinella
4. Fosso non denominato (proveniente da Colle S.Pietro) ed affluente di sinistra del fosso della Molinella,
5. Fosso delle Ripe,
6. Fosso del Vallone,
7. Fosso del Piscinello (o Fosso del Tasso),
8. Fosso di S.Gualtiero,
9. Fosso non denominato in località Casalina (su via Ripabianca)

Affluenti di destra

10. Fosso non denominato in località S.Nicolò di Celle (nord),
11. Fosso dei Guastri

Per quanto riguarda il fosso del Piscinello è stato deciso di ometterne lo studio in quanto difficilmente eseguibile con attendibilità poiché il corso d'acqua è stato intubato in ambito urbano, nel corso degli ultimi sei decenni, per una lunghezza totale di 1100m, con manufatti aventi sezioni di dimensioni e forma molto diverse tra un tratto ed il successivo e con presenza di deviazioni planimetriche estremamente brusche. Situazione che non può assolutamente tutelare tale opera dall'intasamento e dal conseguente instaurarsi di forti pressioni idrostatiche nel corso degli eventi meteorici a carattere eccezionale cui il presente studio deve fare riferimento. L'impossibilità di

considerare le portate di piena passanti attraverso l'intubamento comporta la necessità di studiarne il percorso attraverso le strade urbane assimilate ad alvei e di studiarne la distribuzione tra le varie intersezioni stradali e le molteplici connessioni idrauliche tra le vie; scenario difficilmente affrontabile per mezzo di simulazioni idrauliche. Si richiama pertanto l'attenzione sulla necessità di prevedere misure di protezione attiva e passiva, connesse con la necessaria informazione alla popolazione, lungo tutto il percorso intubato del fosso e lungo tutte le direttive in discesa che partono dalla sezione di ingresso dell'intubamento e raggiungono il rilevato della S.G.C. E-45.

Per quanto riguarda il fosso dei Guastri, il quale interessa le previsioni del PRG solo per tratti, esso è stato studiato e rappresentato in cartografia in due tratti, distinti con i nomi dei centri abitati attraversati:

- S.Nicolò di Celle, la cui simulazione idraulica è stata suddivisa in ulteriori tre tratti di caratteristiche diverse tra loro,
- S.Angelo di Celle-Fanciullata.

La RELAZIONE IDROLOGICA è stata commissionata dalla Provincia di Perugia-Servizio Difesa e Gestione Idraulica all'ing.Alessandro Toccaccieli. Riportata all'allegato 1 alla presente relazione, essa ha individuato le portate idriche di picco relative agli eventi meteorici estremi caratterizzati da tempo di ritorno di cinquanta e di duecento anni (Tr 50 e Tr 200) per ciascuna sezione di chiusura del bacino imbrifero di competenza del tratto di corso d'acqua di interesse. Copia della relazione idrologica e della relativa cartografia sono state fedelmente riprodotte su supporto informatico non modificabile DVD n.1.

A causa di un errore materiale di rappresentazione cartografica nella Relazione Idrologica è stata sottostimata l'estensione areale del bacino imbrifero del fosso Pecciale, oggetto di successiva correzione da parte dello scrivente, come sarà più avanti specificato.

Lo studio idraulico è stato effettuato con il codice di calcolo HEC-Ras 4.1.0 distribuito liberamente in tutto il mondo dall' Hydrologic Engineering Service dell U.S Army Corps degli Stati Uniti d'America, al quale si deve fare riferimento per la trattazione teorica e l'applicazione pratica (www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras).

Di seguito si sono puntualizzate sommariamente le caratteristiche principali del codice di calcolo adottato.

La versione utilizzata di Hec- Ras ha la capacità di effettuare simulazioni idrauliche su corsi d'acqua in moto monodimensionale cioè lungo l'asse del corso d'acqua stesso prescindendo quindi dalla componente trasversale del moto; tenendo però conto della distribuzione trasversale della portata idrica che fluisce in direzione parallela all'alveo.

Hec-ras può eseguire la modellazione idraulica sia in "moto permanente" (stazionario) considerando cioè le grandezze idrauliche variabili solo spazialmente tra una sezione fluviale e la successiva ma invariabili nel tempo, oppure in "moto vario" (non stazionario) in cui tutte le grandezze idrauliche in gioco, portate, energie associate, livelli idrici, volumi idrici, velocità etc., sono considerate variabili nel tempo, oltre che nello spazio.

Il presente studio, a favore di sicurezza, è stato eseguito in moto permanente, di sufficiente attendibilità per lo scopo prefissato, di maggiore semplicità d'uso e con algoritmo più stabile. Solo in alcuni limitati casi, ove si verificano consistenti accumuli idrici per la presenza di depressioni morfologiche naturali o artificiali, l'analisi in moto vario avrebbe consentito maggiore accuratezza

nei risultati, a fronte però di un forte aggravio di impegno nella rilevazione topografica, non sostenibile.

Il codice di calcolo HEC-Ras in regime di moto permanente opera sostanzialmente calcolando iterativamente le variazioni di energia associata al moto monodimensionale dell'acqua lungo il suo percorso, discretizzate tra due sezioni fluviali contigue e progressivamente in successione da valle verso monte o viceversa, oppure ancora in entrambi i versi, secondo il regime di moto dell'acqua: corrente lenta, veloce, mista. Alcune funzioni di Hec-Ras comportano l'attivazione anche del calcolo iterativo delle variazioni della grandezza fisica "quantità di moto".

Hec- ras richiede all'utente di definire:

- le portate idriche
- la geometria delle sezioni trasversali del corso d'acqua,
- la geometria delle opere idrauliche: ponti, intubamenti, stramazzi (traverse fluviali, briglie) e sfioratori laterali,

e richiede all'utente di indicare

- le scabrezza tra le varie sezioni del corso d'acqua, differenziate dentro e fuori dell'alveo attivo, al fine di calcolare le perdite energetiche dovute alla resistenza che l'acqua incontra nel suo movimento;
- la gradualità o meno, espressa con dei coefficienti, dei fenomeni di contrazione e di espansione della vena fluida nel passaggio tra una sezione e la successiva e nel passaggio attraverso le opere idrauliche che incontra (ponti, intubamenti), al fine di poter calcolare le perdite energetiche localizzate associate a tali variazioni;
- le "condizioni al contorno": grandezze idrauliche alle sezioni trasversali d'estremità, di diversa natura e da scegliere oculatamente a seconda delle caratteristiche del tratto estremo del corso d'acqua, con le quali Hec-Ras da avvio al proprio algoritmo, autoaggiustante verso l'interno;
- il regime di moto dell'acqua da impostare: corrente lenta (solamente), corrente veloce (solamente) o corrente mista;

Hec-Ras fornisce come risultato molte grandezze idrauliche per ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua introdotta nella simulazione; di seguito si riportano le principali:

- portata
- livello idrico,
- livello idrico in regime "critico" (regime separatore tra i regimi di corrente lenta e veloce),
- livello energetico,
- pendenza del livello energetico,
- velocità della corrente in alveo,
- area bagnata della sezione trasversale,
- estensione trasversale della superficie idrica;

inoltre, in corrispondenza delle opere idrauliche, fornisce le grandezze tipiche di ciascuna tipologia di opera.

I risultati raggiunti sono poi rappresentabili in forma grafica come sezioni trasversali, profili longitudinali, rappresentazione schematica tridimensionale ed in forma tabellare: sia generale, comprendente in successione le sezioni trasversali o le opere idrauliche, sia particolari, dedicate cioè a ciascuna singola sezione o opera idraulica.

I sopralluoghi preliminari hanno consentito di individuare le tracce planimetriche delle sezioni da far rilevare ai Topografi, in base alle particolarità di corsi d'acqua. Come richiede il codice di

calcolo adottato, tali sezioni sono state individuate in corrispondenza ed in vicinanza delle opere di attraversamento (ponti, intubamenti), in prossimità di opere trasversali quali briglie e soglie di fondo ed in corrispondenza di variazioni significative di forma e pendenza degli alvei. In caso di maggiore uniformità è stato possibile aumentare anche considerevolmente l'interdistanza delle sezioni.

Il rilievo delle sezioni trasversali è stato effettuato da Topografi diversi ponendo in punti particolari del territorio n.21 capisaldi georeferenziati, collegandoli alla rete regionale di raffrettamento della rete geodetica nazionale IGm95; ciò per fare in modo che i rilievi di ciascun corso d'acqua fossero congruenti con le quote delle sezioni del Fiume Tevere; sezioni ufficialmente adottate per definire le aree inondabili del Fiume nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), condizione necessaria per poter determinare l'influenza dei livelli idrici del Fiume nei confronti dei suoi affluenti.

La georeferenziazione dei capisaldi topografici è stata eseguita dal geom.Giuseppe Pompei dell'allora Servizio Viabilità della Provincia di Perugia mentre i rilievi topografici di dettaglio sono stati eseguiti da tre squadre di topografi distinti:

- Geom Marco Scopi con geom.Luca Tortoioli dell'allora Servizio Cave della Provincia di Perugia,
- dallo stesso Geom Giuseppe Pompei, insieme ai geom. Giovanni Bisciaio, Daniele Pandolfi, Stefano Passeri, Stefano Santioni.
- dallo studio privato S.T.A.T. di Bellucci Liviero e C. S.n.c

Le simulazioni idrauliche dei corsi d'acqua interessati sono state condotte attribuendo ai corsi d'acqua le portate determinate dalla Relazione Idrologica del dott.ing.Alessandro Toccaceli per gli eventi estremi con tempo di ritorno cinquantennale e duecentennale, fatta eccezione per la revisione effettuata riguardo al fosso Pecciale.

Si è utilizzato il regime di corrente mista (in parte veloce e in parte lenta) anche per i corsi d'acqua a debole pendenza, vista la presenza generalizzata di salti di fondo e di intubamenti che possono facilmente produrre passaggi tra un regime idraulico e l'altro.

Le simulazioni idrauliche, riprodotte in formato “pdf”, sono raccolte nell'allegato 2 alla presente relazione e trasferite su supporto informatico non modificabile “DVD n.2”, ove sono state inserite anche le simulazioni originali di Hec-Ras nel formato proprio. Possono pertanto essere visionati tutti i risultati forniti dal codice di calcolo unitamente a tutti i dati ed tutte le opzioni introdotti in partenza.

Dai risultati ottenuti con le simulazioni idrauliche sono state redatte le carte delle aree inondabili per ciascun singolo corso d'acqua studiato, riportando in ambiente CAD su cartografia digitale georefeenziata (Ortofotocarte in formato “tif”) i limiti di estensione delle aree bagnate di ciascuna sezione trasversale: punti di estremità poi collegati tra loro in senso longitudinale, tenendo conto dell'ingombro dell'alveo nel caso in cui l'acqua risultasse contenuta in esso o della morfologia delle aree esterne all'alveo in presenza di esondazioni.

In questa maniera sono state rappresentate in planimetria le aree inondabili generate dalle portate relative ai tempi di ritorno cinquantennale e duecentennale, distinte tra loro con colori diversi. In aggiunta sono state introdotte delle aree ad inondazione indiretta per tener conto, delle connessioni idrauliche con le aree inondabili prima definite; connessioni che si verificano principalmente in aree depresse dell'ambito urbanizzato, dovute a rampe, scale, discontinuità di barriere come muri divisorii, marciapiedi etc.. Aree ad inondazione indiretta sono state introdotte

anche in corrispondenza di sezioni trasversali che risultano contenere l'acqua con "franchi" (dislivello tra la sommità arginale o spondale e la superficie idrica) esigui, in generale inferiori a 0.10m, ritenendo possibile che piccole perturbazioni al moto dell'acqua e/o intasamenti per transito o accumulo di materiale trasportato possano alterare facilmente il regime idraulico studiato, innescando fuoruscite d'acqua da sponde o da sommità arginali.

La rappresentazione cartografica delle aree inondabili, è stata studiata e verificata sul posto in scala 1:2000 così come indicato nelle planimetrie di ciascun corso d'acqua consegnate in formato "pdf", scala adatta a discriminare particolari utili alla definizione dei percorsi idrici. Qualsiasi riduzione o ingrandimento può essere agevolmente realizzato a partire dal supporto informatico non modificabile DVD n.3 dove sono contenuti tutti gli elaborati grafici comprese le planimetrie e le sezioni trasversali dei corsi d'acqua elaborate dai rilievi topografici.

SIMULAZIONI IDRAULICHE

FOSSO PECCIALE o (fosso della Caprara)

- Geometria

Trattasi di corso d'acqua nell'ambito urbano della frazione Pontenuovo all'estremo nord-est del territorio comunale, ove forma una piccola cascata di circa cinque metri di altezza seguita da un tratto canalizzato che termina appena a valle del ponte della strada comunale Tiberina.

- Portate

Dalla Relazione Idrologica per i tempi di ritorno di cinquanta e di duecento anni – Bacino B4:

$$Tr\ 50 = 7.28m^3/s, \ Tr\ 200 = 10.58m^3/s.$$

Le portate sono state ricalcolate dallo scrivente secondo l'effettiva estensione areale del bacino paria a $1.74km^2$ ed utilizzate nella simulazione idraulica:

$$Tr50 = 11.49m^3/s, \ Tr\ 200 = 16.82m^3/s$$

- Condizioni al contorno:

all'estremità di valle, identificata nella sezione n.1, considerata la vicinanza alla confluenza nel Fiume Tevere è stata impostata un'altezza idrica nota di 169.35m s.l.m., pari alla quota del livello idrico cinquantennale individuata dal Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) nella sezione del Fiume Tevere n.688, sita appena a monte della confluenza.

Nella sezione estrema di monte, la n.28, data l'elevata pendenza del fondo alveo a monte di essa, è stata impostata la profondità critica, separatrice tra il regime di corrente veloce ed il regime di corrente lenta.

- Scabrezze

Sono state adottate scabrezze differenziate in considerazione sia della variabilità vegetazionale all'interno e all'esterno dell'alveo, sia della presenza locale di muri spondali come tra le sezioni n.27 e n.26 ove si trova un muro arginale sinistro a parziale protezione di un'abitazione privata. Nel tratto a monte della briglia alla sezione n.21 che forma la predetta cascata, per l'alveo inciso sono stati assunti coefficienti di Manning pari a $n=0.04-0.05$, per le sommità spondali fortemente vegetate $n= 0.06-0.07$, per il muro spondale $n=0.028$, per la sponda destra alla sezione n.21, mantenuta pulita dalla vegetazione è stato assunto $n=0.04$.

A valle della cascata lungo il tratto canalizzato con muri e fondo in cemento sono state adottate scabrezze molto basse $n= 0.018$ fino al ponte della strada Tiberina alla sezione n.13, oltre il quale la minore regolarità delle superfici ha comportato valori un poco più elevati $n= 0.03$. Più a valle ancora con alveo vegetato e campagna coltivata sono stati assunti coefficienti $n=0.04-0.045$ e $n=0.06$ rispettivamente per l'alveo e per le aree esterne.

- Coefficienti di contrazione ed espansione

Sono stati generalmente assunti i valori standardizzati che il codice di calcolo fornisce automaticamente $Cc=0.1$ per la contrazione e $Ce=0.3$ per l'espansione, ad eccezione delle sezioni n.20 e n.21 a cavallo della briglia 20.8IS (cascata) ove la vena fluida subisce più bruscamente detti fenomeni, soprattutto a valle del salto $Cc=0.15$ e $Ce=0.5$. I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati maggiorati anche appena a valle dell'intubamento alla sezione n.4.8.

- Risultati

-Tratto a monte della cascata dalla sezione n.28 alla sezione n.21

L'iniziale regime di corrente veloce passa in corrente lenta tra le due briglie alla sezione n.26.8IS ("Inline Structure" secondo la denominazione di Hec-Ras) e alla sezione n.20.8IS, breve tratto in cui la pendenza diminuisce e la corrente subisce un restrinimento in avvicinamento alla seconda briglia (cascata). Per l'evento cinquantennale l'acqua rimane contenuta all'interno dell'alveo inciso.

Per l'evento duecentennale, l'acqua, pur contenuta generalmente nell'alveo inciso ed efficacemente tra le sezioni n.27 e n.26 per la presenza del muro di protezione in sinistra, in corrispondenza delle successive sezioni dalla n.24 alla n.21 risulta attestarsi poco al di sotto del ciglio di sponda sinistra, qui privo di muro di protezione. L'acqua può quindi facilmente fuoriuscire per qualsiasi minima perturbazione del flusso dovuta al transito di materiale galleggiante o a fenomeni di intasamento dell'alveo ovvero ancora per il cedimento dell'arginello in terra che lo separa dal piazzale privato, inserito pertanto nell'area ad inondazione indiretta. L'acqua eventualmente fuoriuscita, oltre ad invadere sicuramente il piazzale, attraverso la strada di accesso ad elevata pendenza può raggiungere la strada Tiberina allagando parzialmente il sottostante abitato di Caprara ove è stata pertanto individuata un area ad inondazione indiretta.

-Tratto a valle della cascata.

In destra idraulica, l'acqua che tracima dalla briglia passa facilmente sopra la testa del muro spondale compromettendone la stabilità, fenomeno già accaduto di cui rimangono segni evidenti. Per entrambe le portate di piena l'acqua rimane contenuta all'interno dei muri spondali del tratto incanalato, alti circa 3m. Appena a valle del salto, sez. n.20, la corrente in regime critico diventa veloce per poi ritornare lenta (sezioni n.18-17 per la portata duecentennale e sezioni n.17-16 per la portata cinquantennale) con formazione di risalto idraulico presso la prima passerella di accesso privato ove è presente una finestra in alveo a quota tale da ricevere acqua e provocare l'allagamento dei locali interrati dell'abitazione. Qui è stata appositamente indicata un'area ad inondazione indiretta per connessione idraulica.

Per le prime due sezioni a valle della cascata sezioni n.20 e n.19 i risultati ottenuti non possono considerarsi del tutto attendibili per la presenza del salto elevato: incertezza i cui effetti tuttavia risultano irrilevanti in quanto Hec-ras è in grado automaticamente di aggiustarsi nelle sezioni a valle più vicine e comunque il tratto interessato è canalizzato con muri spondali di altezza molto superiore alle necessità di contenimento idrico.

Il transito attraverso il ponte della strada Tiberina, largamente sufficiente, avviene in regime di corrente critica che in uscita diventa corrente veloce per ritornare subito lenta con formazione di risalti idraulici tra le sezioni n.12 e n.11 per entrambe le portate. In corrispondenza di quest'ultima sezione il livello idrico per la portata duecentennale si attesta poco al di sotto della sommità del muro spondale sinistro, realizzando un franco di soli 0.12m; favorendo così l'eventualità di tracimazione verso l'abitazione privata che il muro tende a proteggere. Anche nelle successive sezioni ove ha termine il rivestimento dell'alveo si verificano alti livelli idrici potenzialmente rischiosi sempre nei confronti di detta abitazione privata. Qui inizia ad avere effetto anche il rigurgito generato dal Fiume Tevere con il suo livello idrico relativo all'evento cinquantennale. Per tener conto di questa potenzialità, l'abitazione privata è stata inserita in un area ad inondazione indiretta.

Più a valle il ponticello su strada campestre alla sezione n.4.8Culv rimane sommerso. In sinistra idraulica l'acqua fuoriesce limitatamente alla sezione n.4 poi risulta contenuta per la presenza di un piccolo argine mentre fuoriesce in destra inondando campagna coltivata e serre. Qui si raggiunge l'area inondabile del Fiume Tevere definita dal P.A.I. per la portata cinquantennale ed ha termine lo studio del corso d'acqua.

FOSSO DELLA RENA

• Geometria

Il tratto di corso d'acqua ha inizio presso il comparto di recente urbanizzazione di Via del Fosso della Rena, costeggiata dall'alveo molto inciso ed a forte pendenza ove è presente un intubamento in cemento armato di recente realizzazione a sezione quadrata di lato 2.0m seguito in aderenza dal vecchio ponticello sulla strada Tiberina ad arco ribassato 2.0x1.5m (larghezza x altezza max). Poi il fosso prosegue pensile fino alla fine del tratto in studio attraversando la S.G.C.E-45 con modesto manufatto a sezione rettangolare 1.3*0.95m (larghezza*altezza).

• Portate

Dalla Relazione Idrologica per i tempi di ritorno di cinquanta e di duecento anni – Bacino B5:
 $Tr\ 50a = 2.73m^3/s$, $Tr\ 200a = 3.97m^3/s$.

• Condizioni al contorno

All'estremo di valle sezione n.1 è stata attribuita una pendenza di moto uniforme pari 0.0015 (1.5 per mille) coerente con la bassa pendenza trasversale della valle del Fiume Tevere, molto distante dalla sezione n.1 del fosso in argomento. All'estremo di monte, sezione n.22 è stato attribuito il regime di corrente critica considerata la notevole pendenza del tratto a monte oltre detta sezione, ben maggiore del tratto tra questa e la sezione n.21.

• Scabrezze

La vegetazione fortemente sviluppata all'interno dell'alveo e a tutta altezza comporta l'adozione di coefficienti di scabrezza molto elevati $n= 0.07$ per l'alveo inciso dalla sezione n.28 fino alla sezione n.22 ove ha inizio il rivestimento del fondo passando qui a $n=0.03$. Fuori alveo lungo la strada che lo fiancheggia in sinistra è stato assunto $n=0.03$ mentre in destra $n=0.11$ per la folta vegetazione arborea ed arbustiva che circonda la sponda.

Entro il tratto intubato con scatolare in cemento armato è stato assunto $n=0.013$, mentre per l'attraversamento della strada Tiberina in muratura di laterizio $n=0.02$

A seguire fino al ponte della S.G.C. E-45: $n=0.045$ per l'alveo inciso vegetato, fuori alveo variabile tra $n= 0.055$ e $n=0.09$ secondo la vegetazione presente e $n=0.035$ lungo le rampe stradali: Analogamente a valle del ponte.

• Coefficienti di contrazione e di espansione

Generalmente sono stati adottati i coefficienti standardizzati $Cc=0.1$ e $Ce=0.3$ ad eccezione delle sezioni tra sbocco dell'intubamento e l'imboccato del ponticello della strada Tiberina ed all'uscita dell'intubamento sotto la E-45 dove sono stati rispettivamente presi $Cc=0.3$, $Ce=0.6$ e $Cc=0.2$, $Ce=0.5$

• Risultati

-Tratto a monte fino al ponticello della strada Tiberina compreso (sezioni dalla n.22 alla n.17)

Data l'elevata pendenza media del tratto pari a 0.065 (65 per mille) L'acqua è contenuta all'interno dell'alveo inciso. Il franco minimo che si verifica in sinistra presso la sezione n.21, pari a 0.55m porta a considerare marginale il rischio di inondazione della strada di comparto urbano in sinistra (via Fosso della Rena), rischio limitato ad un eventuale ostruzione dell'intubamento alla sezione 17.8Culv o dell'attraversamento della strada Tiberina.

Dal regime iniziale di corrente lenta, si passa, alla sezione n.19 in regime di corrente veloce che si mantiene tale all'interno dell'intubamento fino in prossimità dell'uscita dove la riduzione di sezione utile nell'adiacente ponte della strada Tiberina (sezione n.17.3Culv) provoca un brusco rallentamento localizzato della corrente con formazione di risalto idraulico.

-Tratto tra la strada Tiberina e la S.G.C. E-45

Lungo tale tratto pensile, l'acqua rimane all'interno con la portata duecentennale fino alla sezione n.14.5 e fino alla sezione n.14 per la portata cinquantennale. Più a valle, per effetto della strozzatura costituita dall'intubamento della E-45 (sezione 10.8Culv) l'acqua fuoriesce sia in sinistra, allontanandosi trasversalmente verso un area depressa, sia in destra, lambendo la rampa ovest dello svincolo Deruta Nord. Si teme che a ridosso del manufatto stradale il livello idrico possa eccezionalmente raggiungere la quota della carreggiata della S.G.C. E-45, fenomeno che non è stato possibile accettare meglio per l'impossibilità di eseguire il rilievo topografico sull'infrastruttura.

All'interno dell'intubamento sotto la S.G.C. E-45 la corrente si mantiene veloce e con livello idrico prossimo all'intradosso per la portata duecentennale; pertanto, anche nel caso di modesta ostruzione, l'intubamento potrebbe andare in pressione. Esso risulta insufficiente.

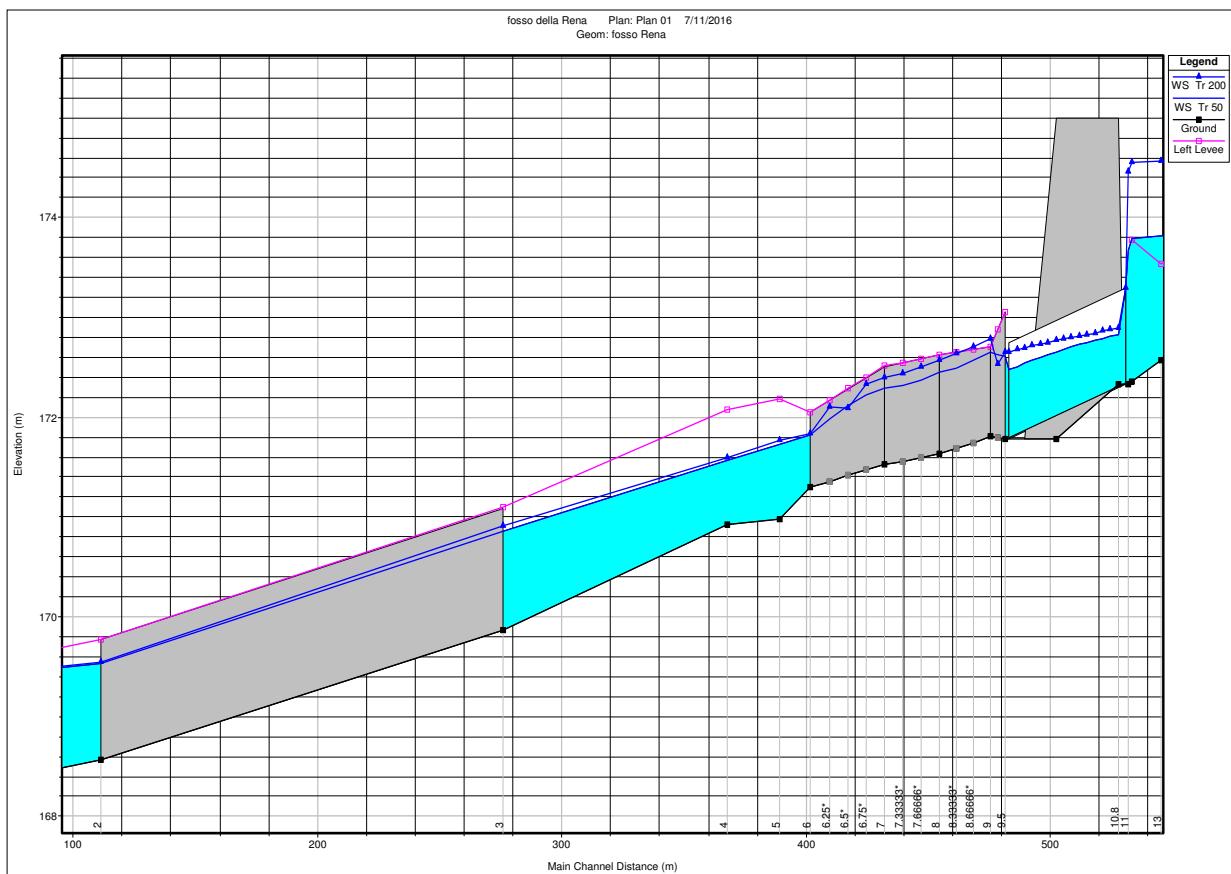
Tratto finale dalla sezione n.9.5 alla sezione n.1.

La portata duecentennale fuoriesce in sinistra fino alla sezione n.8, provocando l'inondazione di civili abitazioni. Successivamente, a partire dalla sezione n.7, fuoriesce in destra anche per l'evento cinquantennale andando ad inondare oltre che la campagna adiacente anche la strada d'accesso al complesso turistico ed in maniera indiretta anche la rampa Ovest dello svincolo Deruta Nord. A favore di sicurezza è stata estesa l'area ad inondazione indiretta anche al sottopasso dello svincolo.

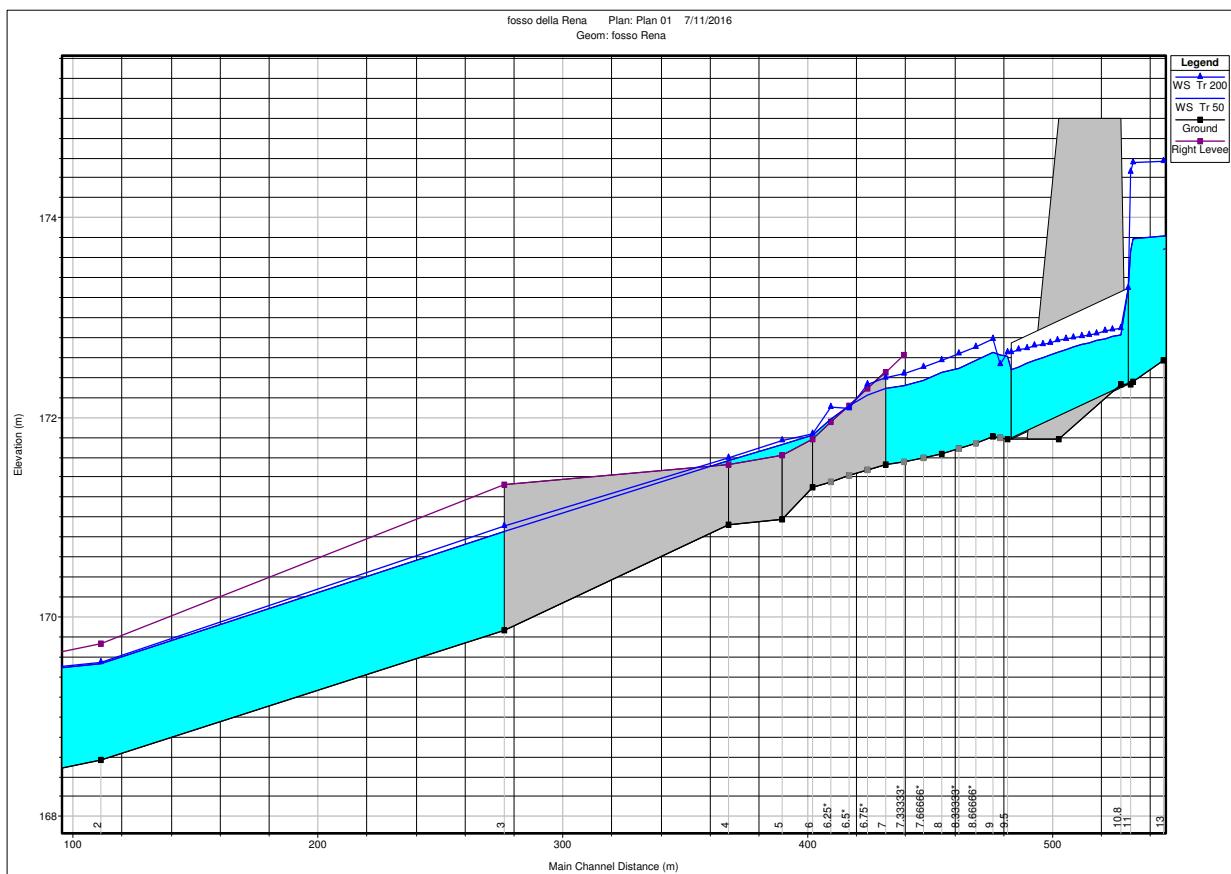
Con l'introduzione di sfioratori laterali, in tale ultimo tratto è stato tenuto conto delle perdite idriche, che avvengono per tracimazione lungo gli argini, maggiori in destra. Nella tabella presente sono rappresentati i risultati relativi agli sfioratori laterali: in particolare nella seconda colonna le portate sfiorate lateralmente (perdite idriche). Nelle due figure successive sono rappresentati gli argini simulati come sfioratori laterali (in grigio).

Reach	River Sta	Profile	Q US (m3/s)	Q Leaving Total (m3/s)	Q DS (m3/s)	Q Weir (m3/s)
Rena	9.48	Tr 50	2.73	0.00	2.73	0.00
	9.48	Tr 200	3.97	0.01	3.96	0.01
Rena	8.98	Tr 50	2.73	0.00	2.73	0.00
	8.98	Tr 200	3.96	0.10	3.86	0.10
Rena	7.98	Tr 50	2.73	0.00	2.73	0.00
	7.98	Tr 200	3.86	0.00	3.86	0.00
Rena	6.99	Tr 50	2.73	0.08	2.65	0.08
	6.99	Tr 200	3.86	0.50	3.36	0.50
Rena	6.98	Tr 50	2.73	0.00	2.65	0.00
	6.98	Tr 200	3.86	0.00	3.36	0.00
Rena	5.99	Tr 50	2.65	0.29	2.37	0.29
	5.99	Tr 200	3.36	0.45	2.92	0.45
Rena	4.99	Tr 50	2.37	0.48	1.89	0.48
	4.99	Tr 200	2.92	0.81	2.12	0.81
Rena	3.99	Tr 50	1.89	0.01	1.87	0.01
	3.99	Tr 200	2.12	0.08	2.04	0.08
Rena	2.98	Tr 50	1.87	0.00	1.87	0.00
	2.98	Tr 200	2.04	0.00	2.04	0.00

(cifre decimali pari-argine sinistro / dispari-argine destro)



argine sinistro



argine destro

FOSSO DELLA MOLINELLA

• Geometria

Il tratto in studio del corso d'acqua inizia in valle incisa ed incontra all'inizio dell'ambito urbano un vecchio mulino, ora adibito ad abitazione. Poi dove la valle inizia ad aprirsi e ad allargarsi nella valle del Fiume Tevere esso corre strettamente vicino a due edifici, siti pochi metri a monte del duplice attraversamento della Strada Tiberina e della S.G.C. E-45. Questo attraversamento di lunghezza paria 39m presenta in sezione dimensioni assai ridotte: 2.0*1.3m (larghezza*altezza).

A valle dell'attraversamento il corso d'acqua, che passa vicino ad alcune abitazioni in destra idraulica, diventa pensile con argini di altezza pari a 2.0-2.5m. Dirigendosi verso sud-ovest, in direzione circa parallela alla valle del Fiume principale, corre in area rurale, con basse pendenze, affiancato dal percorso pedonale-ciclabile. Qui il lungo tratto è sempre arginato e pensile con argini da entrambe le parti che raggiungono l'altezza di 3.5m. Gli argini si presentano assottigliati al coronamento e con discontinuità altimetriche, completamente coperti de vegetazione arborea ed arbustiva così come l'interno dell'alveo.

Il fondo alveo si presenta rialzato da depositi terrosi trasportati, Nella simulazione idraulica si è dovuto prescindere dalle reali quote del fondo che non poteva essere scavato nel corso del rilievo topografico, ritenendo altresì ciò corretto in quanto indicativo della situazione cui tende il corso d'acqua in assenza di una costante manutenzione di tipo ordinario. Il tratto terminale del fosso che riceve il contributo dell'affluente non denominato (proveniente da Colle S.Pietro) presenta argini e pensili ridotti, così come risulta notevolmente ridotta la superficie delle sezioni trasversali. Il corso d'acqua sfocia nel Fiume Tevere avendo attraversato un ponticello di una strada vicinale.

L'evento meteorico eccezionale, accaduto a carico principalmente del Fosso della Molinella il giorno 19 giugno 2015, comportò forti erosioni spondali a monte dell'attraversamento della Strada Tiberina- E-45 con consistenti allagamenti delle abitazioni ad esso prossime e rotture arginali a valle con cospicue fuoriuscite d'acqua. L'evento ha modificato in parte la geometria dell'alveo innalzando ulteriormente il fondo nel tratto vallivo. Si è ritenuto opportuno prescindere anche da queste modifiche poiché sono in corso lavori di manutenzione straordinaria che tendono a riportare il fosso alle condizioni precedenti l'evento e le modifiche che ne risulteranno si ritiene non comportino variazioni sostanziali del regime idraulico studiato sulla base del rilievo topografico antecedente l'evento; rilievo che non è più possibile ripetere.

Il corso d'acqua è stato simulato con HEC-Ras inserendo tra le sezioni n.13 e n.12 la confluenza da sinistra del fosso non denominato, proveniente dal toponimo Colle S.Pietro.

Lungo tutto il corso d'acqua sono stati inseriti sfioratori laterali con i quali è stata quantificata la perdita idrica tra una sezione trasversale e la successiva dovuta alla tracimazione degli argini ed alla fuoriuscita d'acqua dalle sponde.

• Portate

Le portate relative ai picchi di piena degli eventi estremi, derivanti dalla Relazione Idrologica – Bacino n.6, sono state attribuite alle sezioni di monte sia del fosso principale, sia dell'affluente, sia alla confluenza:

fosso della Molinella sezione n.33: Tr 50 = 13.03 m³/s Tr 200 = 19.35 m³/s

affluente sezione n.5: Tr 50 = 3.62 m³/s Tr 200 = 3.62 m³/s

confluenza sezione n.12

$Tr\ 50 = 16.65\ m^3/s$ $Tr\ 200 = 22.97\ m^3/s$

Al fosso affluente è stata attribuita solo la portata relativa all'evento meteorico cinquantennale, come indicato dalle Norme tecniche di attuazione del PAI nel caso di confluenza.

Alla confluenza è stata attribuita la portata somma delle portate iniziali relative ai due corsi d'acqua.

- **Scabrezze**

Per la fitta vegetazione, presente in alveo nel tratto iniziale di monte, sono state assunte scabrezze elevate con coefficiente di Manning $n=0.06$ tra le sezioni n. 33 e n.26; fuori alveo in sinistra con vegetazione abbondante $n=0.1$ mentre in destra su strade bianche d'accesso $n=0.04$.

Dalla sezione n.26 alla n.24, corrispondente al tratto che costeggia l'edificio abitativo/artigianale (fabbrica ceramiche), con l'alveo in parte rivestito è stata assegnata una minore scabrezza pari a $n=0.04$, $n=0.07$ in area esterna e $n=0.05$ su piazzale non asfaltato.

All'interno dell'intubamento che sottopassa le due infrastrutture stradali (sezione n.23.8Culv) la scabrezza è stata valutata separatamente tra fondo del manufatto $n=0.017$ tipica dei manufatti in cemento e $n=0.03$ in elevazione per la presenza all'interno dell'intubamento stesso di tubazioni per diverse infrastrutture a rete che ostacolano fortemente il deflusso all'interno, inoltre il fondo è stato considerato parzialmente intasato dal deposito per 0.25m in altezza così come risultato dal rilievo topografico.

Nel successivo tratto arginato e pensile tra le sezioni n.21 e n.6 all'alveo è stato assegnato un coefficiente di Manning $n=0.04-0.06$ in base alla densità di vegetazione osservata mentre $n=0.08$ nelle scarpate arginali, all'esterno lungo campi coltivati $n=0.05-0.06$.

- **Condizioni al contorno**

Alla sezione n.6 estrema di valle, data la vicinanza al Fiume Tevere è stata imposta la quota della superficie idrica pari a 166.16m s.l.m., pari al livello cinquantennale dato dal PAI nella sezione n.681 del Fiume Tevere più vicina alla confluenza verso monte.

All'estremo di monte, Sezione n.33 è stata assunta l'altezza critica, condizione compatibile con la pendenza elevata dell'alveo.

All'estremo di monte del tratto inserito dell'affluente, sezione n.5, è stata impostata l'altezza critica, condizione che in tale caso non si potrà avverare ma che, in caso di corrente lenta, condizionata da valle, viene automaticamente esclusa da HEC-Ras, pur essendo obbligatoria l'introduzione di una condizione al contorno a monte.

Presso la confluenza le condizioni al contorno sono assegnate in automatico dal codice di calcolo alle sezioni estreme di ciascun tratto.

- **Risultati**

-Tratto di monte dalla sezione n.33 alla n.24 fino all'intubamento della strada Tiberina - E-45

A monte dell'ex mulino Sezione n.30 l'acqua si mantiene entro le sponde anche con la portata duecentennale, invadendo però parzialmente in destra il piazzale antistante l'ex mulino in corrispondenza della stessa sezione n.30. Appena più a valle il livello idrico duecentennale raggiunge l'ex mulino mentre il livello cinquantennale si limita alla quota della sommità spondale destra. In sinistra l'acqua rimane contenuta dall'alta sponda.

Le sezioni dalla n. 27 alla n.24 vedono fuoriuscire l'acqua per entrambe le portate legate ai due tempi di ritorno. In particolare l'acqua invade il fronte dell'edificio che ospita il laboratorio

ceramico, occupando in destra sia i piazzali che le strade di accesso ad abitazioni ed all'ex mulino nonché in sinistra l'abitazione con il relativo giardino oltrepassando il muro spondale che li separa dall'alveo

Principale causa dello scenario di inondazione ivi descritto risiede nell'insufficienza dell'attraversamento (sezione 23.8Culv), con unico manufatto, della strada Tiberina in continuità con la Strada di Grande Comunicazione E-45, il quale con la sua ridotta sezione, parzializzata dall'intasamento sul fondo e dalla presenza di tubazioni al suo interno, non consente assolutamente il passaggio delle portate idriche prodotte dagli eventi meteorici estremi considerati: 13.03mc/s e 19.35mc/s. Come si può osservare nelle seguenti tabelle dei risultati, specifiche dell'attraversamento, sotto riportate, riescono a passare con funzionamento in pressione portate quasi uguali pari a solo 7.03m³/s e 7.38m³/s per gli eventi rispettivamente cinquantennale e duecentennale

Plan: Plan 03 fosso Molinella a monte confluen RS: 23.8 Culv Group: Culvert #1 Profile: Tr-50a

Q Culv Group (m3/s)	7.03	Culv Full Len (m)	39.10
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	3.35
Q Barrel (m3/s)	7.03	Culv Vel DS (m/s)	3.35
E.G. US. (m)	174.68	Culv Inv El Up (m)	171.48
W.S. US. (m)	174.66	Culv Inv El Dn (m)	171.20
E.G. DS (m)	172.94	Culv Frctn Ls (m)	1.11
W.S. DS (m)	172.72	Culv Exit Loss (m)	0.36
Delta EG (m)	1.74	Culv Entr Loss (m)	0.29
Delta WS (m)	1.94	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	173.91	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	174.68	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	172.78	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	172.50	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	1.30	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	1.30	Min El Weir Flow (m)	175.32

Errors Warnings and Notes

Note:	The normal depth exceeds the height of the culvert. The program assumes that the normal depth is equal to the height of the culvert.
Note:	Culvert critical depth exceeds the height of the culvert.

Plan: Plan 03 fosso Molinella a monte confluen RS: 23.8 Culv Group: Culvert #1 Profile: Tr-200a

Q Culv Group (m3/s)	7.38	Culv Full Len (m)	39.10
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	3.52
Q Barrel (m3/s)	7.38	Culv Vel DS (m/s)	3.52
E.G. US. (m)	174.89	Culv Inv El Up (m)	171.48
W.S. US. (m)	174.87	Culv Inv El Dn (m)	171.20
E.G. DS (m)	172.97	Culv Frctn Ls (m)	1.22
W.S. DS (m)	172.73	Culv Exit Loss (m)	0.39
Delta EG (m)	1.92	Culv Entr Loss (m)	0.31
Delta WS (m)	2.14	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	174.04	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	174.89	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	172.78	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	172.50	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	1.30	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	1.30	Min El Weir Flow (m)	175.32

Errors Warnings and Notes

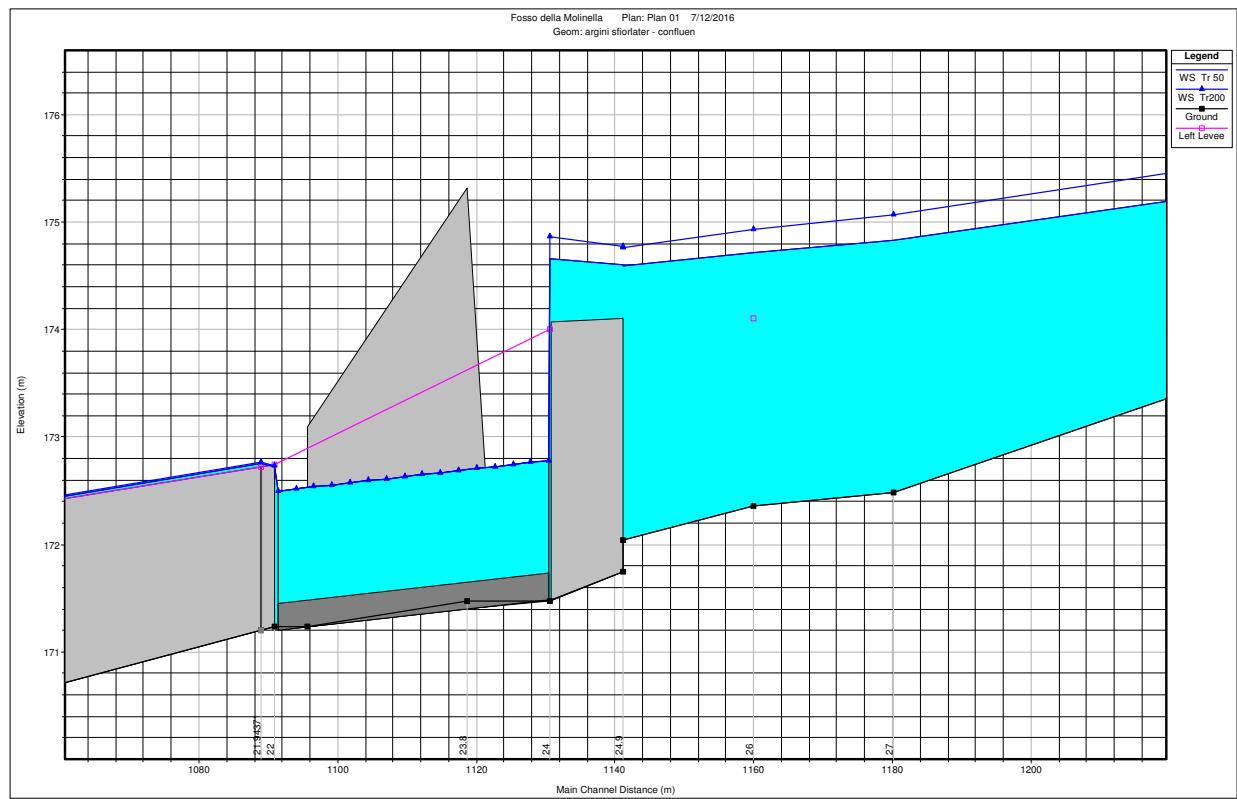
Note:	The normal depth exceeds the height of the culvert. The program assumes that the normal depth is equal to the height of the culvert.
Note:	Culvert critical depth exceeds the height of the culvert.

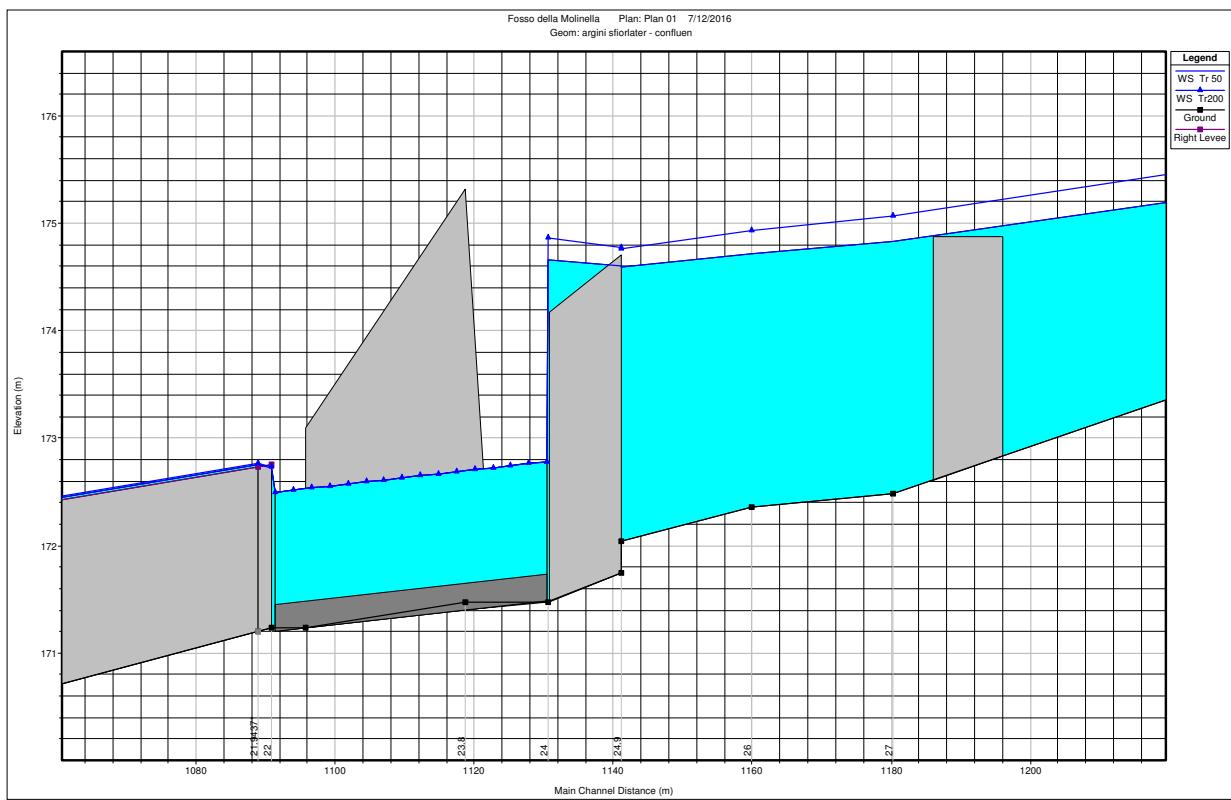
Le differenze di portata fuoriescono in corrispondenza delle sezioni n.27 e n.25, in destra e in sinistra rispettivamente nel piazzale antistante il laboratorio ceramico e al di sopra del muro arginale; come si può riscontrare numericamente dalla tabella degli sfioratori laterali

appositamente introdotti e visibili dai profili longitudinali seguenti che li rappresentano (in grigio).

Reach	River Sta	Profile	Q US (m3/s)	Q Leaving Total (m3/s)	Q DS (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Q Gates (m3/s)	Wr Top Wdth (m)	Weir Max Depth (m)	Weir Avg Depth (m)
a monte confluen	27.500	Tr 50	13.030	0.140	12.890	0.140		10.000	0.100	0.050
a monte confluen	27.500	Tr200	19.350	1.770	17.580	1.770		10.000	0.340	0.300
a monte confluen	24.999	Tr 50	12.890	1.280	7.030	1.280		8.640	0.480	0.240
a monte confluen	24.999	Tr200	17.580	2.970	7.380	2.970		10.400	0.700	0.390
a monte confluen	24.998	Tr 50	12.890	4.580	7.030	4.580		10.400	0.580	0.540
a monte confluen	24.998	Tr200	17.580	7.210	7.380	7.210		10.400	0.800	0.740

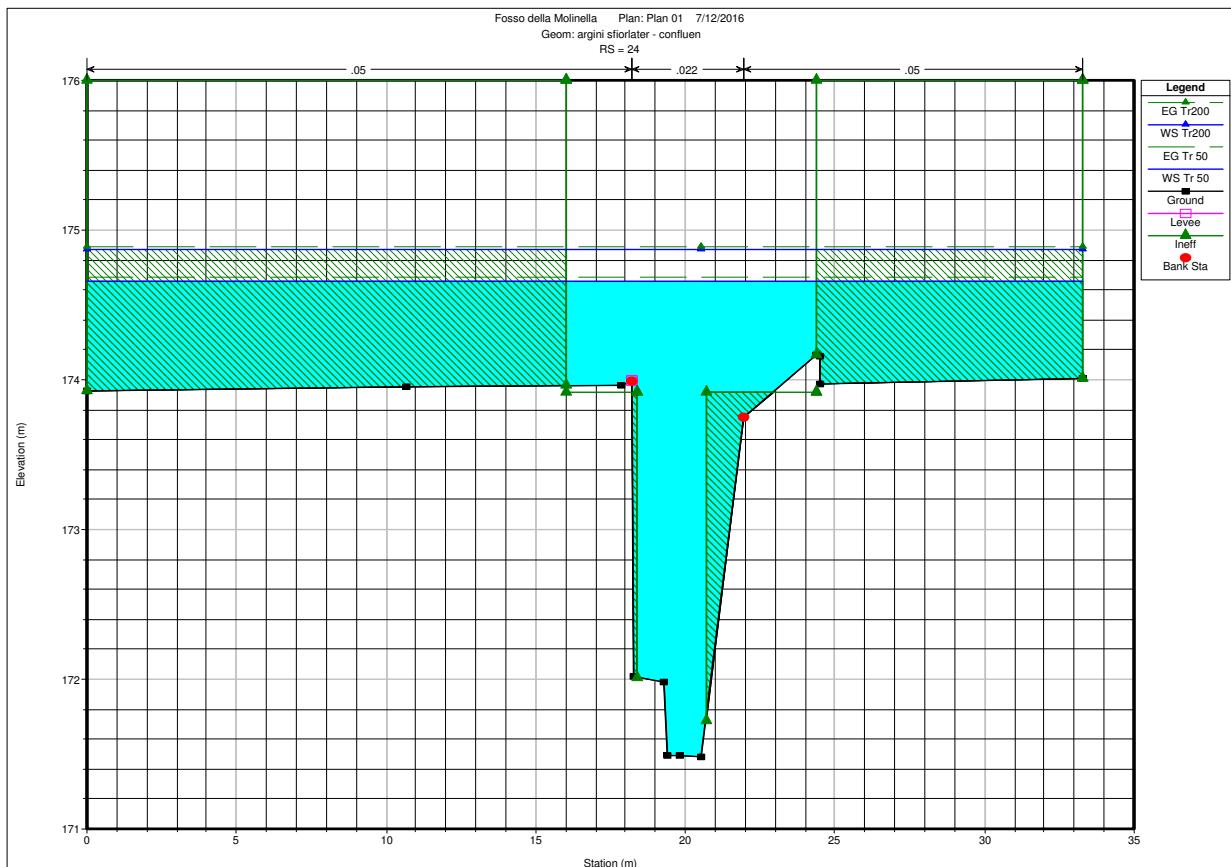
(cifre decimali pari-sfioratore laterale sinistro / dispari-destro)



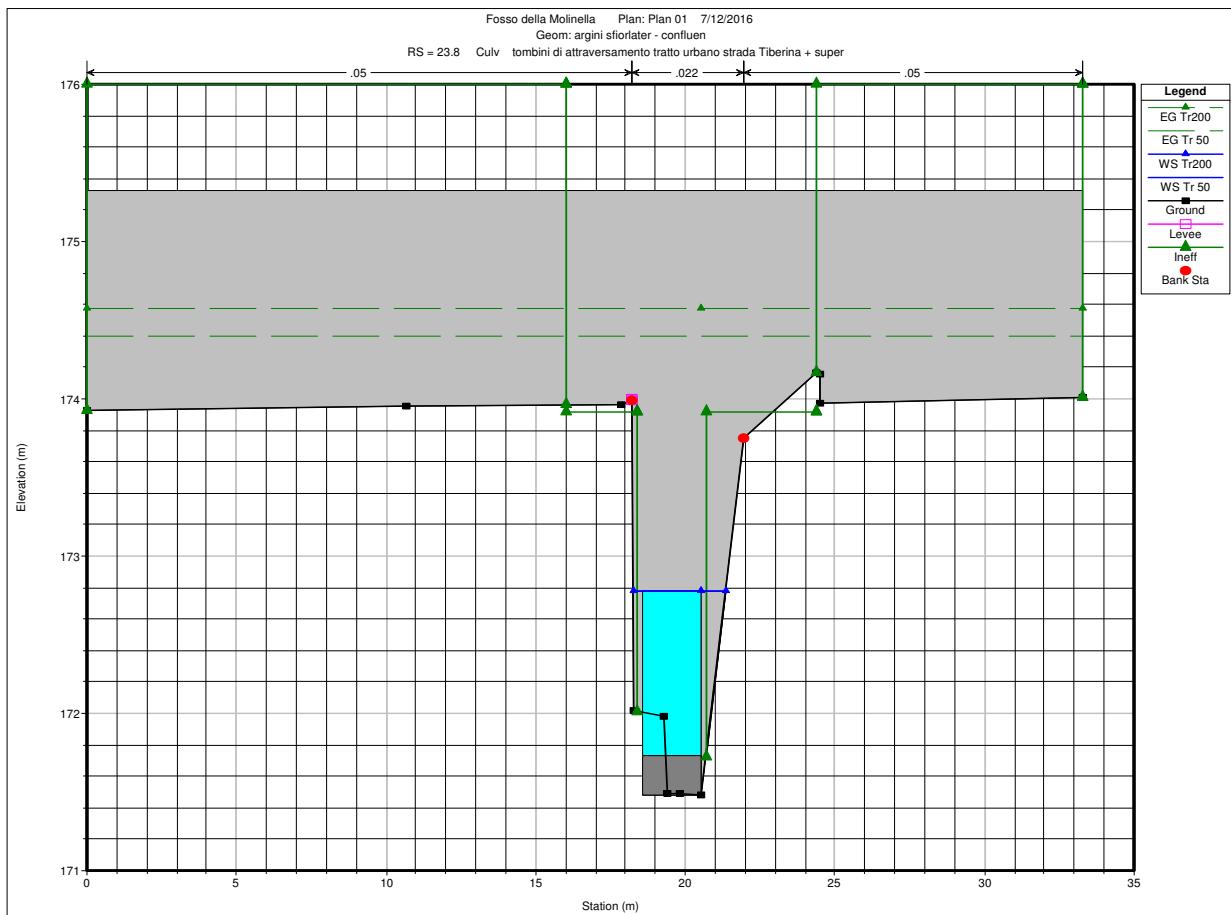


sponda destra simulata come sfioratore laterale

di seguito si rappresentano le sezioni trasversali relative all'imbocco dell'attraversamento nelle quali si possono leggere i tiranti idrici sulla strada Tiberina.



Attraversamento stradale Tiberia _E-45 sezione adiacente all'imbocco



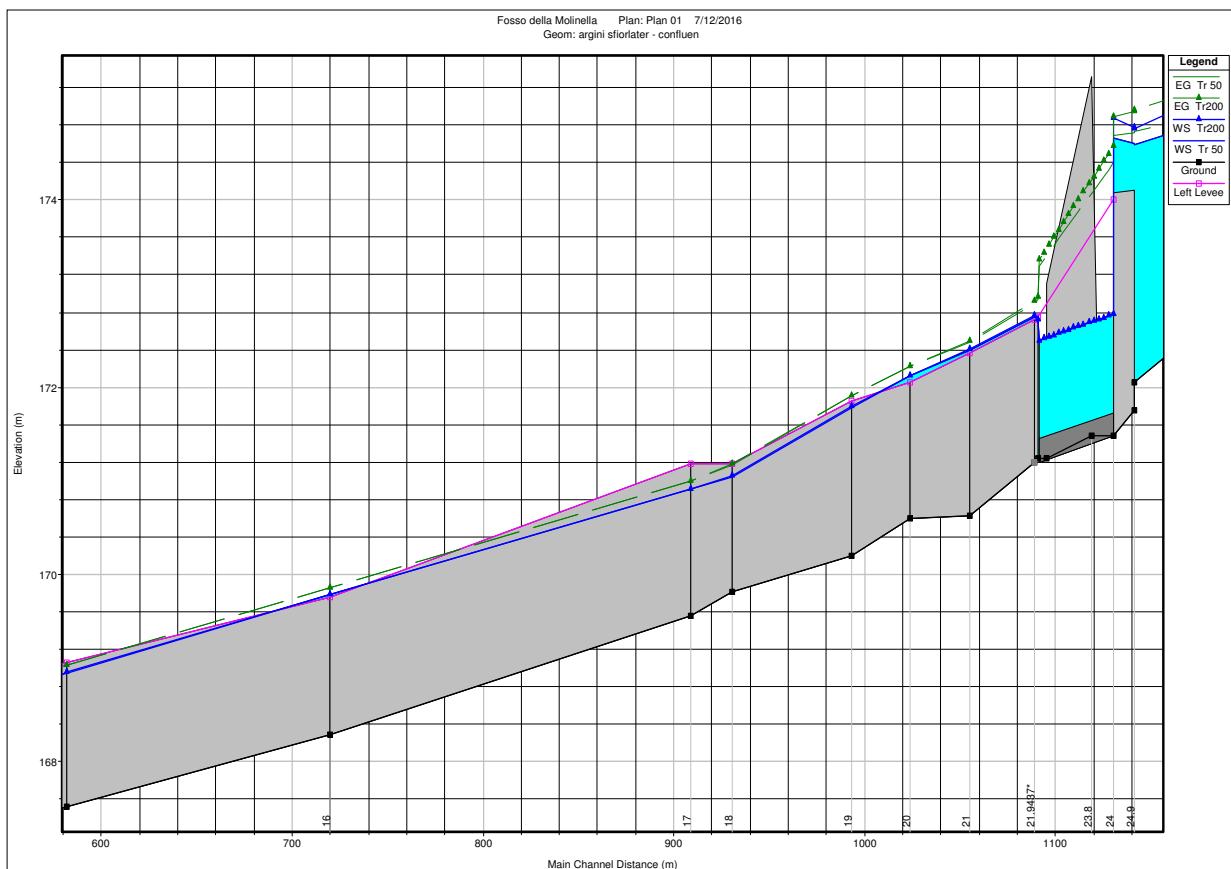
Attraversamento stradale Tiberina _E-45 sezione di imbocco

Tali portate idriche si riversano sulla strada Tiberina e sulla S.G.C. E-45, prevalentemente in sinistra, conseguentemente alla quota più elevata delle sponde del fosso rispetto alle quote delle aree ad esso contermini, strade ed edifici compresi; situazione tipica della morfologia a conoide, molto frequente all'ingresso delle valli laterali nella valle principale.

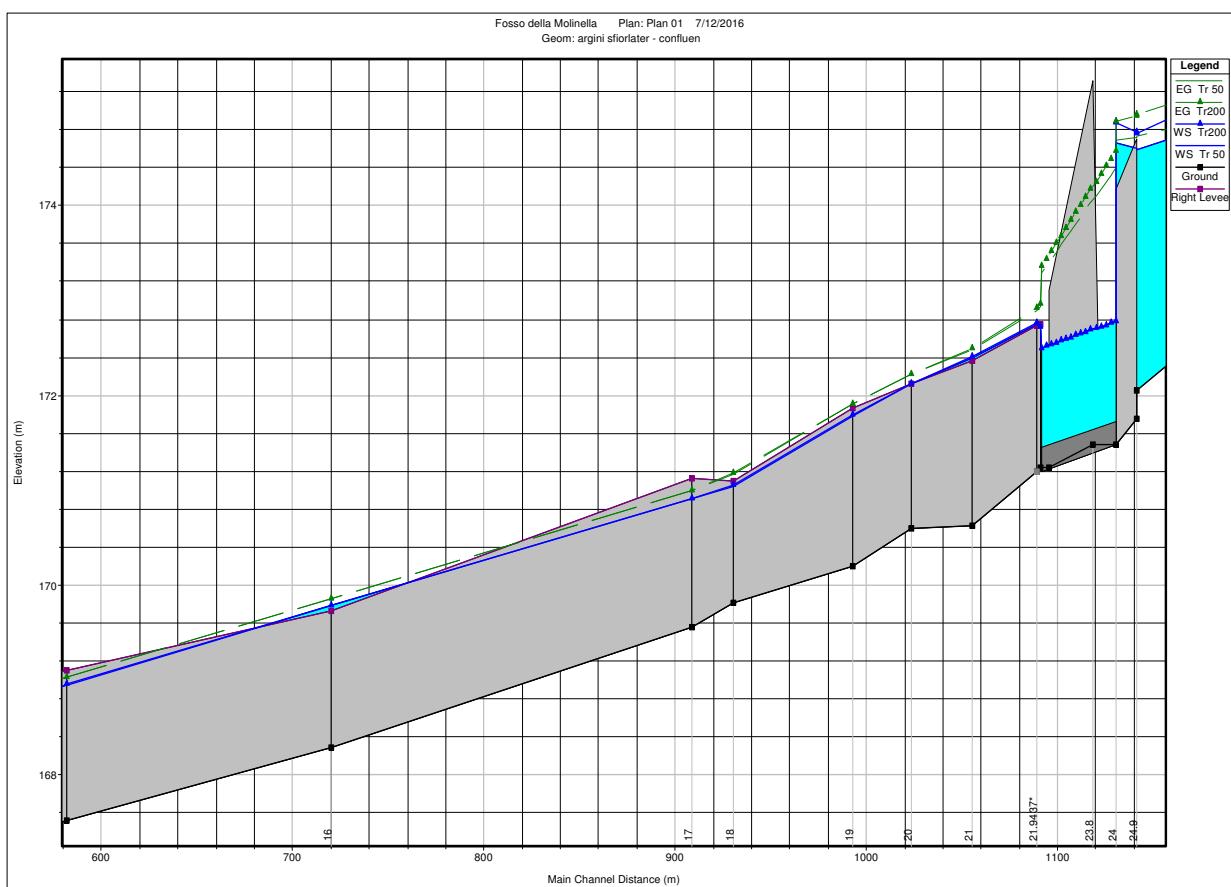
Si ritiene che l'acqua fuoriuscita difficilmente riesca a raggiungere la corsia opposta della E-45 (corsia sud) per la presenza della barriera divisoria tipo "New Jersey", non oltrepassando a stramazzo l'intero attraversamento. Pertanto si ritiene che l'acqua, non ricevuta dall'attraversamento, percorra prevalentemente la Strada Tiberina allontanandosi considerevolmente dal punto di fuoriuscita, così come rappresentato nella tavola cartografica dedicata al fosso della Molinella.

-Tratto a valle dell'attraversamento stradale fino alla confluenza del fosso non denominato.

Per quanto sopra esposto, non riuscendo quindi l'acqua a passare sopra l'attraversamento alla sezione 23.8Culv, a valle dell'attraversamento riescono a transitare solamente le portate, quasi dimezzate, consentite dall'intubamento al suo interno. Ciò nonostante il successivo tratto arginato e pensile non è in grado di contenerle, anche a causa del rialzamento del fondo. Ciò avviene in diverse zone comprese tra sezioni trasversali vicine, con leggera prevalenza in destra idraulica, come si può osservare dai profili longitudinali destro e sinistro sotto riportati.



argine sinistro



argine destro

Particolare attenzione suscita il tratto ad elevata pensilità ed in curva sinistra tra le sezioni n.22 n.19 che si trova a breve distanza dall'attraversamento stradale ed è prossimo ad abitazioni. Per questo è stata qui inserita un area ad inondazione diretta per tempo di ritorno cinquantennale.

Il successivo lungo tratto tra le sezioni n.19 e n.13 risulta contenere le portate, ulteriormente ridotte, in maniera discontinua e con franchi che si riducono anche a pochi centimetri.

Poiché le sezioni sono tra loro distanti, nell'operazione di rilievo qualche piccolo avvallamento delle sommità arginali può essere necessariamente sfuggito; pertanto anche modeste perturbazioni al deflusso per effetto di accumuli di materiale trasportato possono provocare il sormonto arginale con il conseguente molto probabile collasso dell'argine.

In tutto il tratto arginato e pensile si presenta un quadro di generale esondabilità e scompare la differenza riguardo agli effetti prodotti tra l'evento cinquantennale e l'evento duecentennale, a causa del taglio alle portate idriche operato dall'attraversamento stradale.

Tratto dalla confluenza fino all'estremo di valle.

La portata di piena incrementata dal contributo dell'affluente risulta contenuta in alveo fino alla sezione n.11 oltre la quale inizia ad uscire prevalentemente in sinistra per il venir meno dell'argine che tende a scomparire presso la sezione n.9, rimanendo così parzialmente allagata l'area industriale con tiranti idrici pari a circa 0.50m di altezza e l'area appena a monte di una residenza privata; quest'ultima protetta da muri di recinzione.

A causa delle varie perdite presso la sezione finale di valle n.6 le portate sono risultate ulteriormente ridotte all'unico valore di $7.94 \text{ m}^3/\text{s}$ nonostante il contributo del fosso affluente.

In tutto il tratto arginato e pensile sono state inserite aree ad inondazione diretta tra le sezioni dove compaiono fuoriuscite per sormonto arginale ed aree ad inondazione indiretta ove non risultano tracimazioni; per tener conto del dettaglio inevitabilmente perso nella definizione dell'altimetria degli argini e della soggezione di tutto il tratto arginato al possibile collasso.

Si osserva che, evidenziata l'insufficienza di tutto il tratto arginato a valle dell'attraversamento a contenere le portate ridotte che l'attraversamento stesso consente di far transitare, l'eventuale adeguamento di questo che non tenesse conto di un necessario intervento nel tratto a valle comporterebbe in quest'ultimo un eccessivo aggravio del rischio di inondazione rispetto alla già precaria situazione presente.

FOSSO NON DENOMINATO PROVENIENTE DA COLLE S.PIETRO

Affluente di sinistra del Fosso della Molinella

- **Geometria**

CORSO D'ACQUA CARATTERIZZATO DA UN PICCOLO BACINO IMBRIFERO POCO DEFINITO MORFOLOGICAMENTE A MONTE, CON ALVEO CHE DIVENTA MOLTO INCISO E AD ELEVATA PENDENZA NEL TRATTO CHE COSTEGGIA IL PRIMO NUCLEO ABITATIVO URBANIZZATO DI RECENTE (VIA DEL RAKU). QUI L'ALVEO SCOMPARE DEL TUTTO, PRECISAMENTE ALL'INGRESSO DI UN MANUFATTO IN CEMENTO ARMATO CHE CONVOGLIA L'ACQUA DEL FOSSO IN UN INTUBAMENTO A SEZIONE ESTREMAMENTE RIDOTTA, $\Phi=0.6m$, DEL TUTTO INSUFFICIENTE A CONVOGLIARE PORTATE IDRICHES PRODOTTE DA EVENTI METEORICI ESTREMI E FACILMENTE INTASABILE. PERCIÒ SI È RITENUTO A FAVORE DI SICUREZZA DI NON CONSIDERARNE IL CONTRIBUTO, ATTRIBUENDO COSÌ A VALLE L'INTERA PORTATA GENERATA DALL'EVENTO.

Appena a valle dell'ingresso all'intubamento presso la sezione n.22, si considera che l'acqua percorra il sottostante pendio che si presenta come un piano fortemente inclinato, uniforme, delimitato a sinistra (sud) da ripida scarpata. Non è stato possibile accedere per effettuarne il rilievo topografico in un area privata e recintata ove è presente una villa; rilievo che comunque non avrebbe aggiunto informazioni essenziali per la definizione geometrica di un alveo non più esistente.

All'estremo di valle è stata inserita un'ulteriore sezione, sezione n.0.5, derivata dalla sezione del fosso della Molinella rilevata più vicina alla confluenza; sezione che comprende anche l'alveo del fosso affluente in oggetto.

- **Portate**

Le portate relative ai picchi di piena degli eventi estremi, derivanti dalla Relazione Idrologica – Bacino n.7, sono state attribuite alla sezione di monte: sezione n.23; $Tr\ 50 = 3.62\ m^3/s$ $Tr\ 200 = 5.17\ m^3/s$

- **Condizioni al contorno**

All'estremo di monte, Sezione n.33 è stata assunta l'altezza critica, condizione compatibile con la pendenza elevata dell'alveo.

All'estremo di valle sezione n.0.5 prossima alla confluenza, sono stati attribuiti gli stessi livelli idrici risultati dalla simulazione idraulica condotta per il fosso del Molinella nella medesima sezione n.0.5, avendovi inserito il tratto terminale del corso d'acqua affluente, come sopra descritto: cioè: 168.01m 168.04m s.l.m. rispettivamente per l'evento cinquantennale e duecentennale.

- **Risultati**

Si ritiene pertanto che le portate di piena che non possono transitare nell'intubamento alla sezione n.22 vadano ad interessare l'area residenziale limitrofa per quasi l'intera sua estensione e che poi esse siano convogliate prevalentemente in sinistra idraulica per effetto del contenimento del ripido pendio, giungendo nel tratto pianeggiante urbanizzato tra le sezioni rilevate n.20 e n.16. Si considera che possa essere interessata da fenomeni inondativi anche la strada di accesso alla villa tra le sezioni n.22 e n.20, e, in maniera indiretta sia l'adiacente fabbrica ceramiche, sia l'adiacente area urbana.

Stante la particolare morfologia, non risulta possibile quantificare la ripartizione delle portate tra i due distinti percorsi. Maggiori rischi di inondazione si evidenziano nel tratto urbano tra le sezioni n.20 e n.16, tratto privo di alveo inciso, depresso rispetto ad entrambe le sezioni che lo delimitano. Infatti la strada Tiberina ove è stata rilevata la sezione n.16 si trova mediamente a quota più elevata di 0.75m rispetto al punto più depresso che è stato rilevato nel piazzale del comparto edilizio, ove inoltre sono presenti piani interrati. L'area compresa tra dette sezioni si trova pertanto confinata e nel corso di eventi meteorici estremi raccoglierebbe notevoli volumi idrici prima che l'acqua possa fuoriuscire dalla strada Tiberina. Situazione che potrebbe essere approfondita mediante simulazione idraulica in "moto vario" (dipendente dal tempo e dai volumi piovuti in gioco) sulla base di un rilievo topografico più approfondito e/o di un modello digitale del terreno (D.E.M).

L'acqua uscente dalla strada Tiberina stramazza nella sottostante area depressa non edificata compresa tra la strada Tiberina stessa e la S.G.C. E-45, quest'ultima attraversata con un intubamento scatolare in cemento a sezione di dimensioni 2.0*3.1 (larghezza*altezza) il quale risulta sufficiente al transito delle portate assunte. Tuttavia l'elevata estensione trasversale dell'area a debole pendenza compresa tra i due attraversamenti e praticamente priva di un alveo inciso che compare solamente pochi metri prima dell'attraversamento, fa sì che si generino tiranti idrici elevati dell'ordine di 1.5m, nonostante le modeste portate previste. L'area edificata adiacente a nord e leggermente rialzata si trova soggetta a tiranti idrici inferiori.

A valle dell'attraversamento della S.G.C. E-45 è evidente l'effetto del rigurgito indotto dai livelli idrici del fosso della Molinella: gli attraversamenti campestri rimangono sommersi e l'estesa area di inondazione che ne consegue si connette a quella del corso d'acqua recettore.

In questo tratto ove gli argini del fosso affluente sono più bassi di quelli del fosso della Molinella, il funzionamento idraulico della confluenza è affetto da un margine di incertezza e non si esclude che l'acqua del fosso della Molinella, nello svolgersi dell'evento di piena, possa entrare nell'alveo del fosso affluente e fuoriuscire dagli argini di quest'ultimo. Non si ritiene che però tale evenienza possa modificare la delimitazione di tale area comune di inondazione.

FOSSO DELLE RIPE

• Geometria

Sono state assunte n.38 sezioni delle quali le prime cinque sono in comune con il fosso del Vallone di cui il corso d'acqua in argomento è affluente di destra. La confluenza avviene in un tratto intubato. E' presente un ponte alla sezione 33.8 Bridge sulla strada comunale via Ripe Saracine. A seguire sono presenti n.4 intubamenti di diversa lunghezza e diverse dimensioni.

- Sezione 20.75Culv -attraversamento strada Tiberina nei pressi della scuola. Sezione rettangolare 2.12* 0.88m (larghezza*altezza) lungo 36m;
- sezione 19.85Culv – prosecuzione dell'intubamento di cui sopra con sezione diversa dalla precedente al di sotto del cammino pedonale, sezione rettangolare 1.47*1.6m, lungo 27.8m;
- sezione 8.8culv – intubamento sotto l'area di servizio Est e sotto la carreggiata della S.G.C. E-45, di sezione rettangolare 2.4*2.13m (larghezza*altezza), lungo 65m;
- sezione 5.8Culv – intubamento sotto l'area di servizio Ovest a sezione rettangolare 1.5*1.0 (larghezza*altezza), sezione di dimensioni inferiori a quella del tratto che lo precede, lunghezza 56.3m;
- sezione 4.8Culv – intubamento sotto l'area parco e sotto l'arginello del fiume Tevere, in comune con il fosso del Vallone, di sezione circolare Φ 1.20m, lunghezza 124.4m. La sezione del tubo è stata assunta tutta circolare così come visibile aprendo la valvola a Clapet allo sbocco dell'intubamento vicino alla confluenza nel Fiume Tevere.

Al passaggio tra intubamenti interrati di sezioni differenti sono state introdotte delle sezioni aggiuntive interrate come quote, ma impostate a cielo aperto, per poter simulare la fuoriuscita d'acqua dai chiusini in pressione posti ad ogni passaggio; in alcune di queste sezioni sono state inserite delle ostruzioni in sommità ("lid") che hanno l'effetto di sbarrare l'acqua simulando la soletta superiore del manufatto.

Nella geometria dell'alveo sono stati inseriti numerosi sfioratori laterali, sia in sinistra che in destra, a simulare il comportamento degli argini in tracimazione e la conseguente perdita di portata idrica dagli stessi.

• Portate

Dalla relazione idrologica, bacino n.8 sono state assunte le seguenti portate:

alla sezione di monte n.38: $Tr50= 5.91m^3/s$, $Tr200=8.54m^3/s$; mentre a valle della sezione n.5, ove il fosso in studio è già confluito nel fosso del Vallone: $Tr50=9.12m^3/s$ e $Tr200=11.76m^3/s$, avendo qui aggiunto le portate di quest'ultimo.

Hec-Ras non è in grado di simulare una confluenza che avviene tra due intubamenti e l'unico modo per tenerne conto è appunto modificare le portate a valle della stessa.

• Condizioni al contorno

A monte, sezione n.38 è stata imposta l'altezza critica, condizione compatibile con la pendenza elevata del fondo alveo.

A valle, nella sezione n.1 comune al fosso del Vallone è stato imposto il livello idrico cinquantennale stabilito dal P.A.I. nella sezione del Fiume Tevere più vicina alla confluenza, pari a 166.08m s.l.m..

• Scabrezze

Nei tratti a cielo aperto le scabrezze adottate sono quelle tipiche degli alvei invasi da vegetazione. Si inizia dalla sezione di monte n.38 con un coefficiente di Manning $n=0.07$ in alveo e $n=0.05$ all'esterno in presenza di orti e campi coltivati Tali valori di scabrezza sono all'incirca mantenuti

fino alla sezione n.28 ove inizia il tratto d'alveo pensile in affiancamento al piazzale della scuola. Da qui fino all'attraversamento della strada Tiberina alla sezione n.20.75, le scabrezze sono state ridotte per la minore presenza di vegetazione e per la maggiore uniformità delle sezioni trasversali.

Le scabrezze dei manufatti di attraversamento variano da $n=0.018$ a $n=0.025$, secondo lo stato in cui si trova il manufatto stesso.

- Coefficienti di contrazione e di espansione

Generalmente sono stati assunti i coefficienti standard $C_c=0.1$ e $C_e=0.3$ introdotti automaticamente.

Nei tratti dove tali fenomeni avvengono bruscamente come in prossimità del ponticello e all'imbocco e allo sbocco degli intubamenti $C_c= 0.2-0.3$, $C_e= 0.5-1.0$.

- Risultati

Partendo da monte si nota come le portate idriche che si considerano prodotte dal bacino imbrifero alla sezione iniziale, subiscono notevoli perdite per tracimazioni dall'argine destro simulato come sfioratore laterale. Tale fenomeno è diretta conseguenza dell'insufficienza del ponte alla sezione n33.8 Bridge che funziona in pressione. Perdite che avvengono maggiormente per l'evento duecentennale. Ne risulta che a valle del ponte transita praticamente la medesima portata per entrambi gli eventi estremi pari a $2.46\text{m}^3/\text{s}$ e $2.48 \text{ m}^3/\text{s}$. A valle del ponte e a ridosso dello stesso l'acqua può fuoriuscire per un breve tratto anche in sinistra e invadere così il piazzale della rimessa e magazzino del Comune.

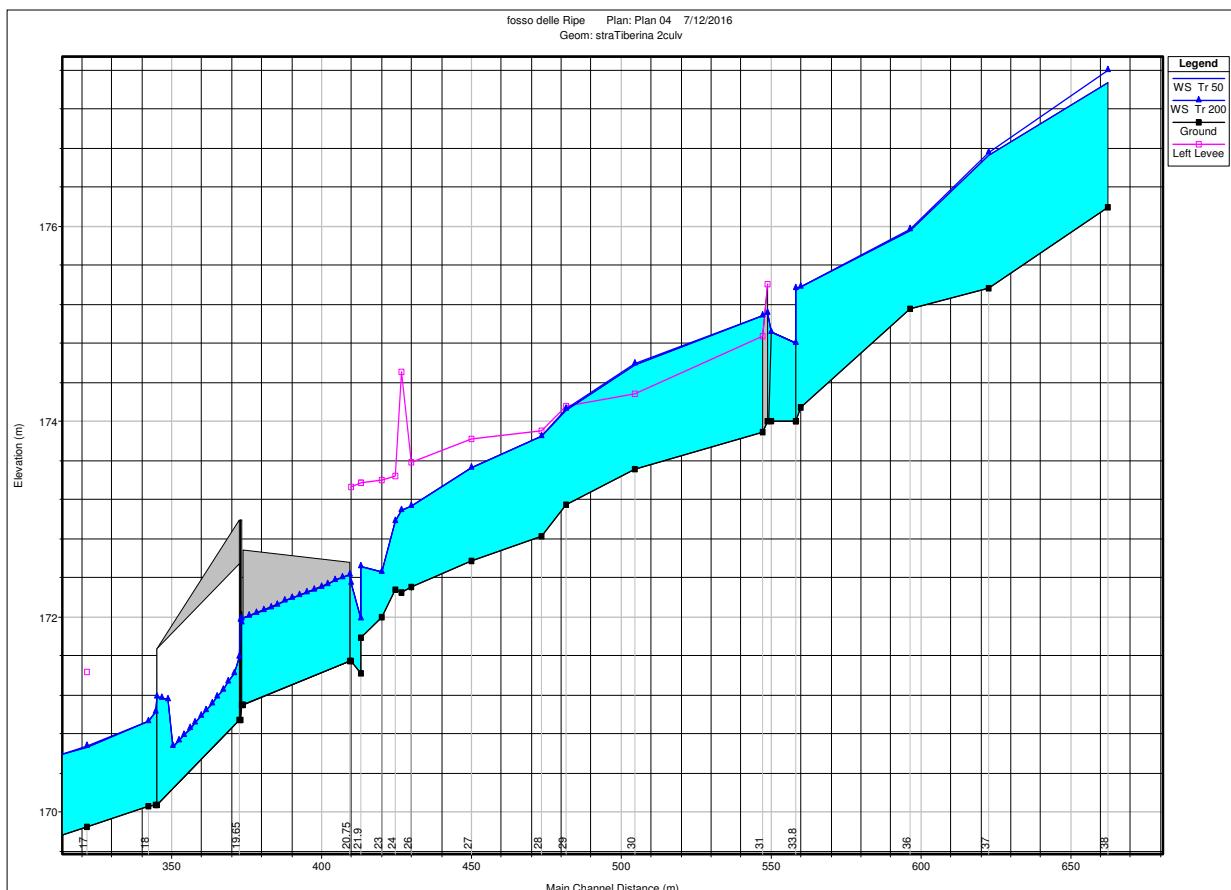
In destra si determina così un area di inondazione diretta i cui limiti trasversali sono stati dedotti dall'altimetria della zona ed il cui limite longitudinale è costituito dalla strada Tiberina e dalla rotatoria, oltre la quale, l'acqua si può diffondere in tutto il comparto edilizio sottostante (Piazza Bettino Craxi) come area ad inondazione indiretta fino ad arrestarsi contro il rilevato della S.G.C. E-45.

Tra le sezioni n31 e n.30 l'acqua fuoriesce in sinistra inondando il piazzale della rimessa-magazzino del Comune.

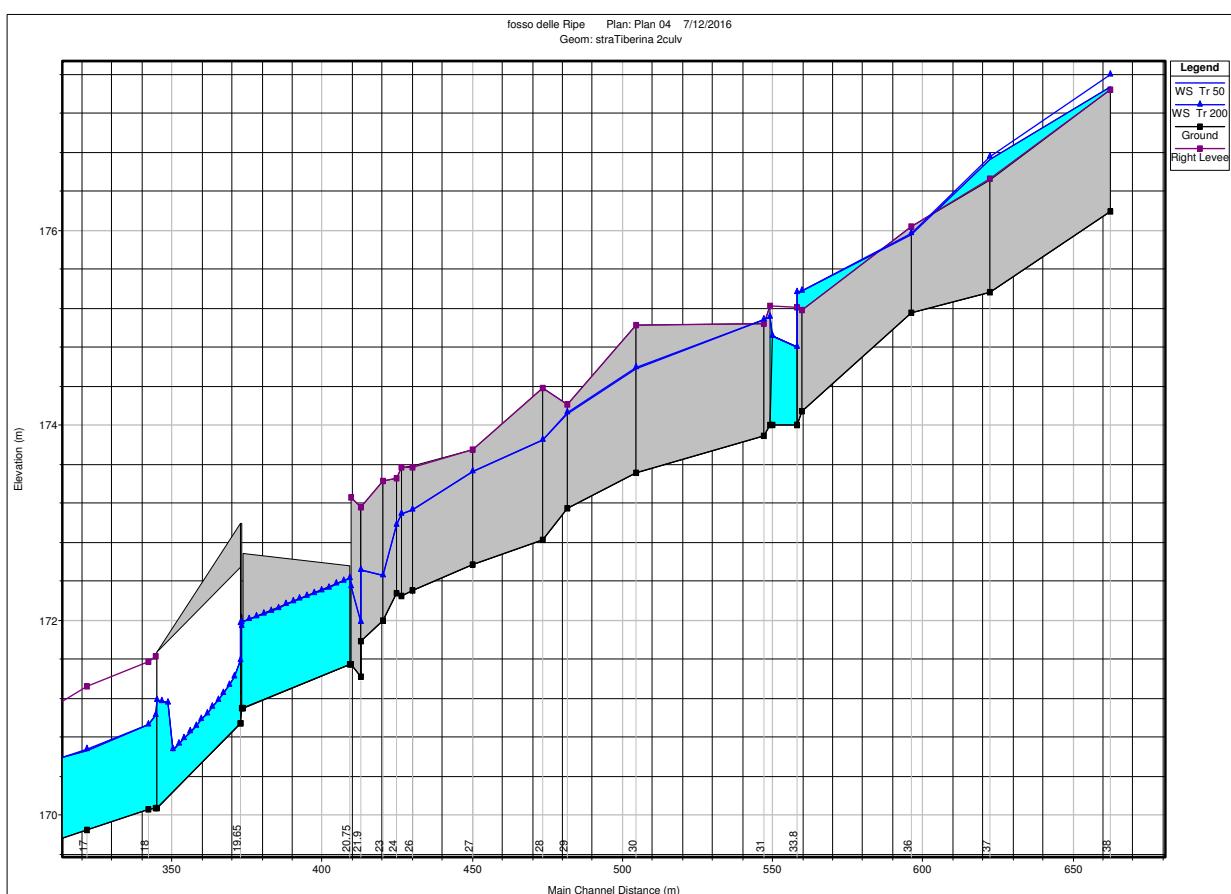
Tra le sezioni n.29 e n.28 l'acqua rimane entro l'argine sinistro ma con franco praticamente nullo e qualsiasi minima perturbazione o ostruzione può provocare tracimazione in sinistra con possibile cedimento arginale ed invasione dell'acqua nell'edificio scolastico e nel relativo piazzale, ove per questo è stata inserita un area ad inondazione indiretta.

L'intubamento sotto la strada Tiberina, sezione n.20.75Culv, per i motivi precedentemente indicati, consente il passaggio in pressione della portata residua. Date le ridotte dimensioni della sezione di imbocco che si trova all'ingresso del piazzale scolastico, non è possibile che possano passarvi le intere portate generate dal bacino imbrifero. Pertanto un eventuale ripristino dell'officiosità idraulica del ponte alla sezione 33.8Bridge provocherebbe con sicurezza l'allagamento della scuola così come provocherebbe la tracimazione dell'argine destro di questo tratto.

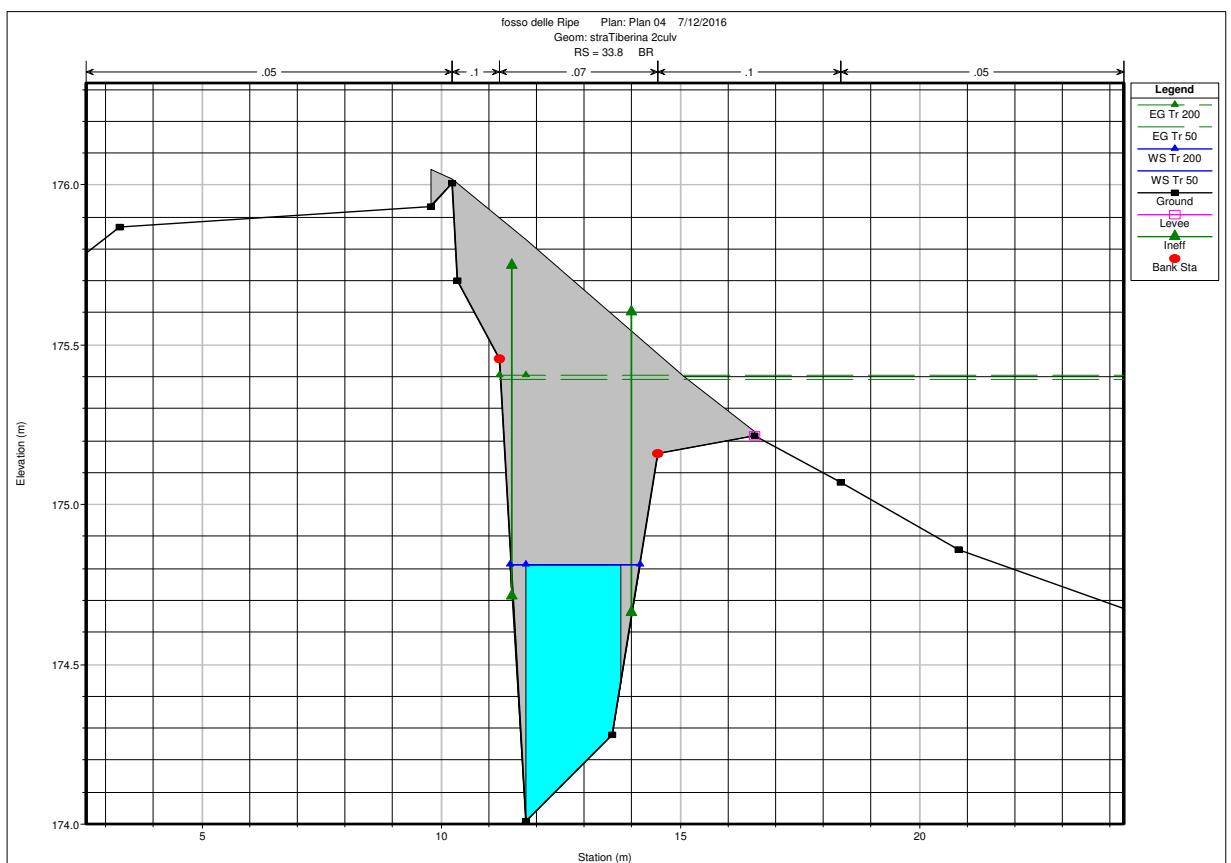
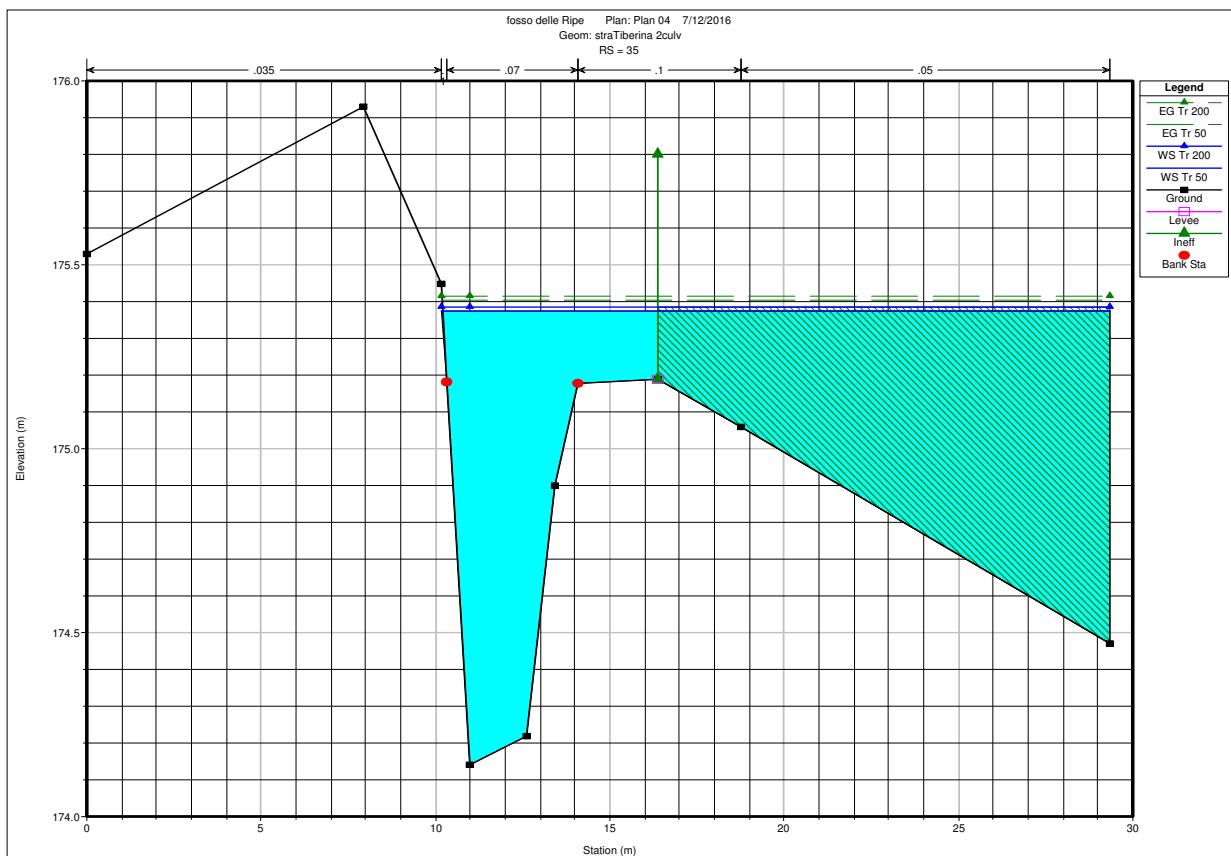
I profili longitudinali seguenti e le successive sezioni trasversali evidenziano i fenomeni descritti.

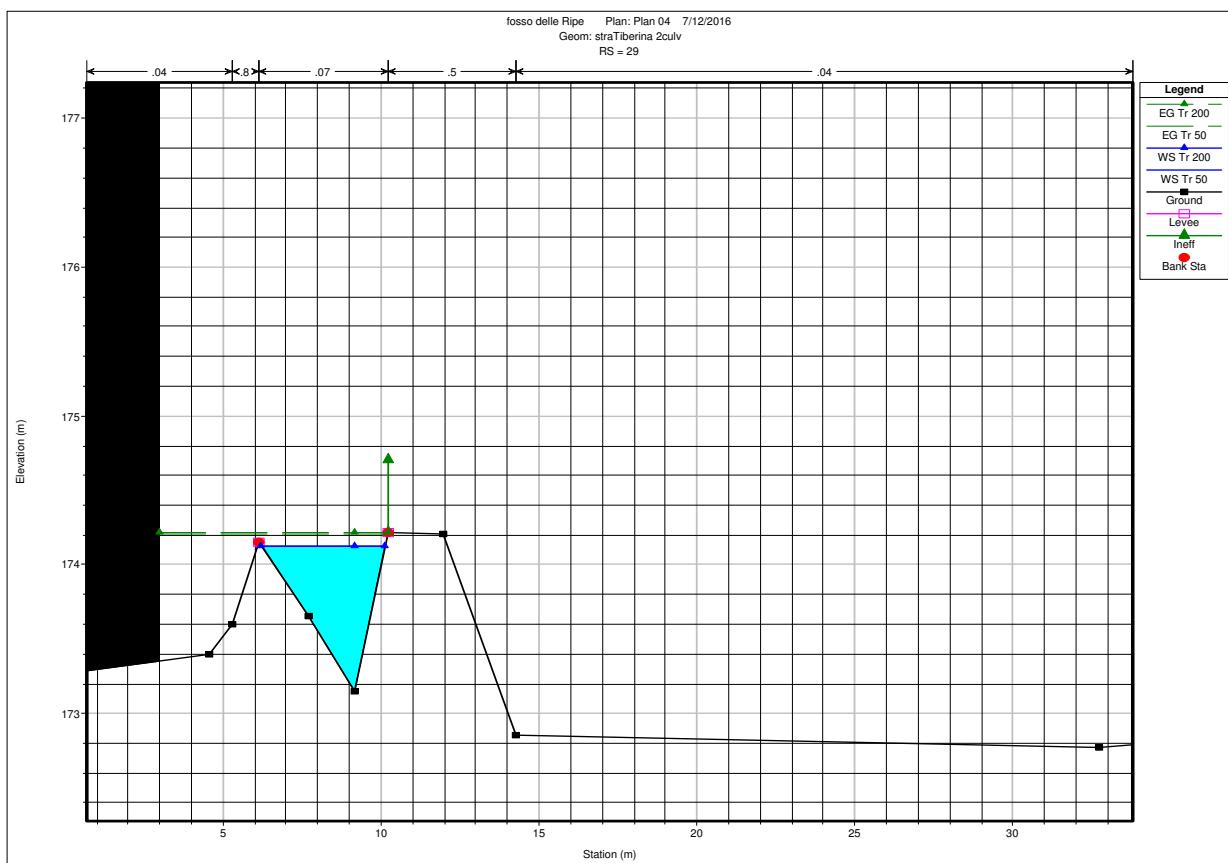
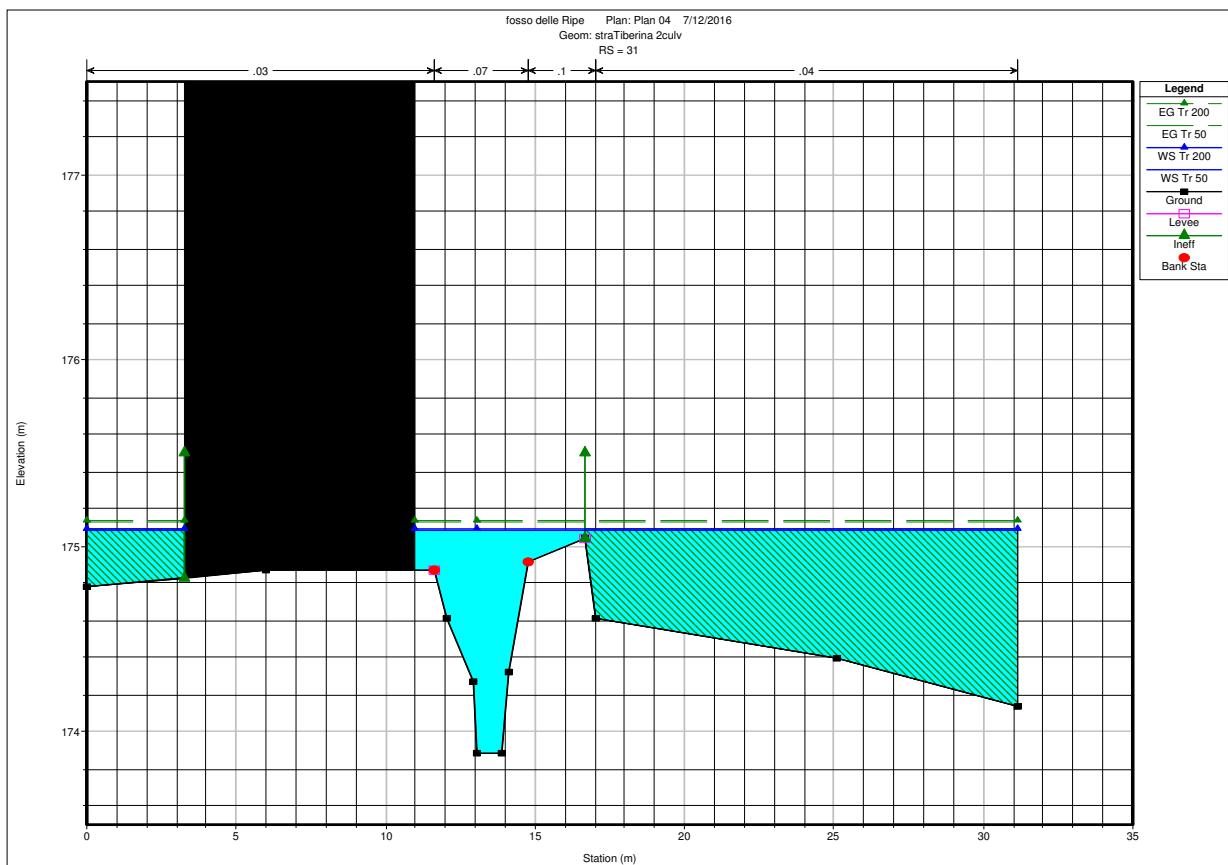


argine sinistro



argine destro





A valle dell'intubamento sotto la strada Tiberina, il tratto intubato successivo alla sezione 19.75Culv, in continuità con il primo ma con sezione e pendenza maggiori, funziona a pelo libero ed in corrente veloce. Solo in uscita a causa della variazione di sezione e per la riduzione di pendenza del successivo tratto rivestito a cielo aperto si forma un risalto idraulico. Sia nel successivo tratto realizzato in cemento armato, sia più avanti ove l'alveo in destra è in terra, l'acqua si mantiene in alveo.

Tra le sezioni n.19 e n.18 si ritengono possibili modeste fuoriuscite d'acqua in sinistra per la presenza di piccole discontinuità nel muretto arginale; acqua che si considera inefficace al deflusso poiché da esso separata. Si è tenuto conto di questo mediante l'inserimento di limiti di area efficace.

Il successivo intubamento alla sezione 8.8Culv sotto l'area di servizio Est della S.G.C. E-45 che prosegue sotto la carreggiata stradale, funziona a pelo libero, sebbene rigurgitato nel suo tratto finale e in uscita dal contiguo intubamento alla sezione 5.8Culv sotto l'area di servizio Ovest che invece funziona in pressione. Alla sezione n.5, intermedia tra il precedente intubamento e ove avviene la confluenza nel fosso del Vallone è presente un chiusino per l'accesso agli intubamenti, facilmente sollevabile dalla pressione che si genera per il dislivello dall'ingresso e per la presenza della valvola a Clapet (sportellone incernierato in alto) all'uscita presso la confluenza nel Fiume Tevere. Come prevedibile, risulta fuoriuscita d'acqua dal chiusino della sezione n.5, sezione aggiuntiva che è stata appositamente introdotta interrata e a cielo aperto, sulla base delle quote del piano stradale rilevate dal Topografo.

Per tenere conto di tale circostanza in tale tratto comune con il fosso del Vallone è stata definita un area ad inondazione indiretta, estesa trasversalmente in base alle pendenze locali osservate sul posto ed estesa longitudinalmente fino all'arginello a protezione dell'area industriale di Deruta dalle inondazioni del Fiume Tevere. Date le modeste portate che possono da qui fuoriuscire si ritiene che detto arginello non possa essere tracimato. Per simulare la resistenza esercitata dalla valvola a Clapet sono stati incrementati i coefficienti di contrazione ed espansione rispettivamente ai valori $C_c=0.5$ e $C_e=0.8$.

FOSSO DEL VALLONE

• Geometria

Il tratto di corso d'acqua studiato ha inizio alla sezione n.42 con un alveo appena accennato sotto il piano campagna, circa 100m a monte di un antica fabbrica ceramiche il cui piazzale è affiancato in destra all'alveo inciso. Appena più a valle è attraversato dalla strada urbana Circonvallazione Nord mediante un manufatto in acciaio corrugato a sezione circolare $\Phi 3.15\text{m}$. e lungo 17.2m. Segue un breve tratto a cielo aperto con alveo a sezione ridotta all'inizio del centro urbano di Deruta.

Da qui prosegue coperto fino in prossimità della confluenza nel Fiume Tevere.

Il lungo tratto coperto per complessivi 556m è stato suddiviso in più intubamenti aventi sezioni diversificate di seguito descritti:

- sezione 30.8Culv - sezione circolare assimilata costante $\Phi 1.2\text{m}$ e lunghezza 351m; attraversa l'area urbana lungo il tracciato del vecchio alveo a ridosso dei piani terra di edifici abitativi che si affacciano lungo la Circonvallazione Nord. Poi passa sotto la strada Tiberina, sotto l'area urbana che costeggia via P.Gobetti e sotto il piazzale dell'area di servizio Est della S.G.C. E-45;
- sezione 7.8 Bridge - è il ponte sotto la carreggiata della S.G.C. E-45 e sotto l'area di servizio Ovest. L'attraversamento presenta sezione ampia $3.0*2.0\text{m}$ (larghezza *altezza) avente un piccolo rialzamento in sinistra allo scopo di realizzare un camminamento all'interno; lungo 75m;
- Sezione 5.18Culv- breve tratto di raccordo a forte pendenza tra l'uscita del ponte della E-45 e la confluenza del fosso delle Ripe, a sezione circolare $\Phi 1.20\text{m}$, lungo 2.5m;
- Sezione 4.8Culv –tratto in comune con il fosso delle Ripe di sezione circolare $\Phi 1.20\text{m}$ che termina con valvola a Clapet (sportellone incernierato in alto), lungo 124m.

Tra l'intubamento del tratto urbano ed il ponte della S.G.C. E-45 è stata aggiunta una sezione intermedia a cielo aperto sezione n.8.5 necessaria per il funzionamento del codice di calcolo di HEC-Ras, ricavata dalla geometria dei due manufatti e dal rilievo a terra della sezione n.8 nell'area di servizio Est adiacente all'ingresso dell'area. Qui è presente una caditoia con asse parallelo all'asse stradale che convoglia nel ponte acque della strada e del piazzale dell'area di servizio Est e costituisce soluzione di continuità al lungo intubamento, di fatto di privo copertura in questa sezione. Anche tra il ponte ed il successivo intubamento è stata introdotta una sezione aggiuntiva a cielo aperto con la quale si è tenuto conto della presenza alla fine del ponte di una "sportella", in stato di precaria conservazione, posta a quota più alta (circa 1.2m) dal fondo e sottostante l'autolavaggio della stazione dell'area di servizio Ovest. Da questa comunicazione può fuoriuscire acqua verso l'adiacente strada comunale, come effettivamente è stato osservato dalle tracce residue di passaggio dell'acqua e dallo strappo della "sportella" stessa, tuttora aperta.

Anche nel successivo passaggio tra intubamenti diversi in corrispondenza della strada comunale è stata inserita la sezione aggiuntiva n.5 interrata sotto la strada ma a cielo aperto per la presenza del chiusino sollevabile (passo d'uomo), così come già descritto per l'affluente fosso delle Ripe. Qui ha inizio il tratto comune.

Il Fosso del Vallone, pochi metri a valle dell'attraversamento stradale della Circonvallazione Nord alla sezione 33.8Culv, è stato intubato con sezione decisamente ristretta lungo l'originario percorso che conserva ancora parzialmente la sua incisione, definito da muretti di recinzione di varie pertinenze di edifici abitativi. La presente simulazione idraulica tiene conto di tale tratto

intubato della lunghezza pari a 351m e di dimensioni insufficienti al transito delle portate di piena le quali pertanto potranno essere da esso convogliate solo in limitata parte e salvo ostruzioni.

In tali casi la differenza di portata idrica viene trattata da Hec-Ras come acqua che passa a stramazzo sopra l'intubamento stesso per ricadere in alveo al termine del tratto intubato. In realtà l'acqua non recepita dall'intubamento non potrà ritornare in alveo in quanto percorrerà inizialmente il vecchio alveo sopradescritto, affiancato in sinistra dal muro di recinzione della fabbrica di ceramiche Grazia, fino alla strada Tiberina, ove la portata idrica poi si suddivide in tre rami secondo le pendenze stradali e la morfologia del territorio urbanizzato, per essere quasi completamente trattenuta dal rilevato stradale della S.G.C. E-45. Non è stato quindi possibile affrontare il problema con un'unica simulazione idraulica.

Pertanto questo diverso percorso idrico, ramificato lungo le strade urbane, è stato oggetto di una simulazione idraulica distinta, denominata "fosso del Vallone bis", nella quale, a valle dell'ingresso dell'intubamento, sono state attribuite le portate idriche residue che questo non può convogliare ed il cui tratto di monte fino alla sezione n.32.5* (sezione interpolata) è identico al medesimo tratto della simulazione idraulica presente. Tale impostazione ha avuto lo scopo di ottenere risultati identici in termini di grandezze idrauliche nel tratto di monte comune, come risulta poi evidente dal confronto dei dati tabellari di ciascuna simulazione, consentendo quindi di separare le due simulazioni a partire da detta sezione verso valle.

Pertanto la simulazione idraulica presente "fosso del Vallone" è servita principalmente per definire il comportamento idraulico degli intubamenti con le conseguenti portate residue da utilizzare nella seconda simulazione. Essa è servita anche per definire le aree inondabili a valle dell'attraversamento della S.G.C. E-45.

La simulazione idraulica successiva "fosso del Vallone bis" ha consentito sia la definizione delle aree inondabili nell'area urbana, conseguenza del comportamento del complesso di intubamenti studiato nella simulazione presente, sia la definizione delle aree inondabili nel tratto comune di monte a cielo aperto.

- Portate

Dalla relazione idrologica Bacino n.9 sono state attribuite alla sezione di monte n.42 le seguenti portate: $Tr50a = 10.65 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr200a = 14.97 \text{ m}^3/\text{s}$.

Alla sezione n.9 all'ingresso del ponte sotto la S.G.C. E-45 $Tr50a = 3.23 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr200a = 3.29 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondenti alle portate che riescono a transitare nell'intubamento alla sezione 30.8Culv, dato che l'acqua non recepita dall'intubamento e pertanto deviata in altri percorsi idrici non può ritornare dentro il ponte.

Alla sezione n.5 alla confluenza del fosso delle Ripe: $Tr50a = 5.62 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr200a = 5.67 \text{ m}^3/\text{s}$ incrementate della portata cinquantennale dell'affluente.

- Condizioni al contorno

Nella sezione n.42 estrema di monte è stata imposta la pendenza di moto uniforme pari a 0.018 (18 per mille), appena superiore alla pendenza del tratto tra le prime due sezioni rilevate a monte pari a 0.013.

All'estremo di valle, sezione n.1 è stata imposta la quota del livello idrico del Fiume Tevere nella sezione P.A.I. prossima a monte alla confluenza, sezione n.679, pari a 166.08m s.l.m.

- Scabrezze

Dall'estremo di monte fino al ponte stradale della Circonvallazione Nord alla sezione 33.8Culv per la presenza di vegetazione è stato assunto in alveo un coefficiente di Manning $n=0.045$ maggiorato sulle sponde invase da fitta vegetazione ripariale a $n=0.07-0.08$.

Dal ponte fino all'ingresso del lungo intubamento alla sezione 30.8Culv, l'area soggetta ad allagamento è mantenuta ad orti e giardini per cui le scabrezze si riducono a valori definiti da coefficienti di Manning $n= 0.025-0.035$ all'interno dell'alveo e $n=0.045-0.050$ all'esterno.

Per quanto riguarda gli intubamenti (Culvert) sono state definite le seguenti scabrezze:

- Sezione 30.8 Culv - tubo in cemento $n=0.025$ al fondo e $n=0.015$ in elevazione, per tener conto del leggero intasamento superficiale presente;
- Sezione 5.18 Culv - tubo in cemento $n=0.015$;
- Sezione 4.8 Culv - tubo in cemento $n=0.015$;

Coefficienti di contrazione e di espansione

Generalmente sono stati mantenuti i coefficienti standard dati in automatico $Cc=0.1$ e $Ce=0.3$, nei tratti dove i due fenomeni sono più accentuati sono stati così aumentati:

- tratto compreso tra l'attraversamento della Circonvallazione nord sezione n.33.8Culv e l'imbocco dell'intubamento, tratto in cui la vena fluida si allarga notevolmente all'uscita dell'attraversamento e successivamente si contrae all'ingresso dell'intubamento $Cc=0.3$ $Ce=0.6$;
- passaggi tra intubamento successivi $Cc=0.3$ $Ce=0.6$;
- uscita intubamento con valvola a Clapet (sportellone incernierato in alto) $Cc=0.3$ $Ce=0.8$.

- Risultati

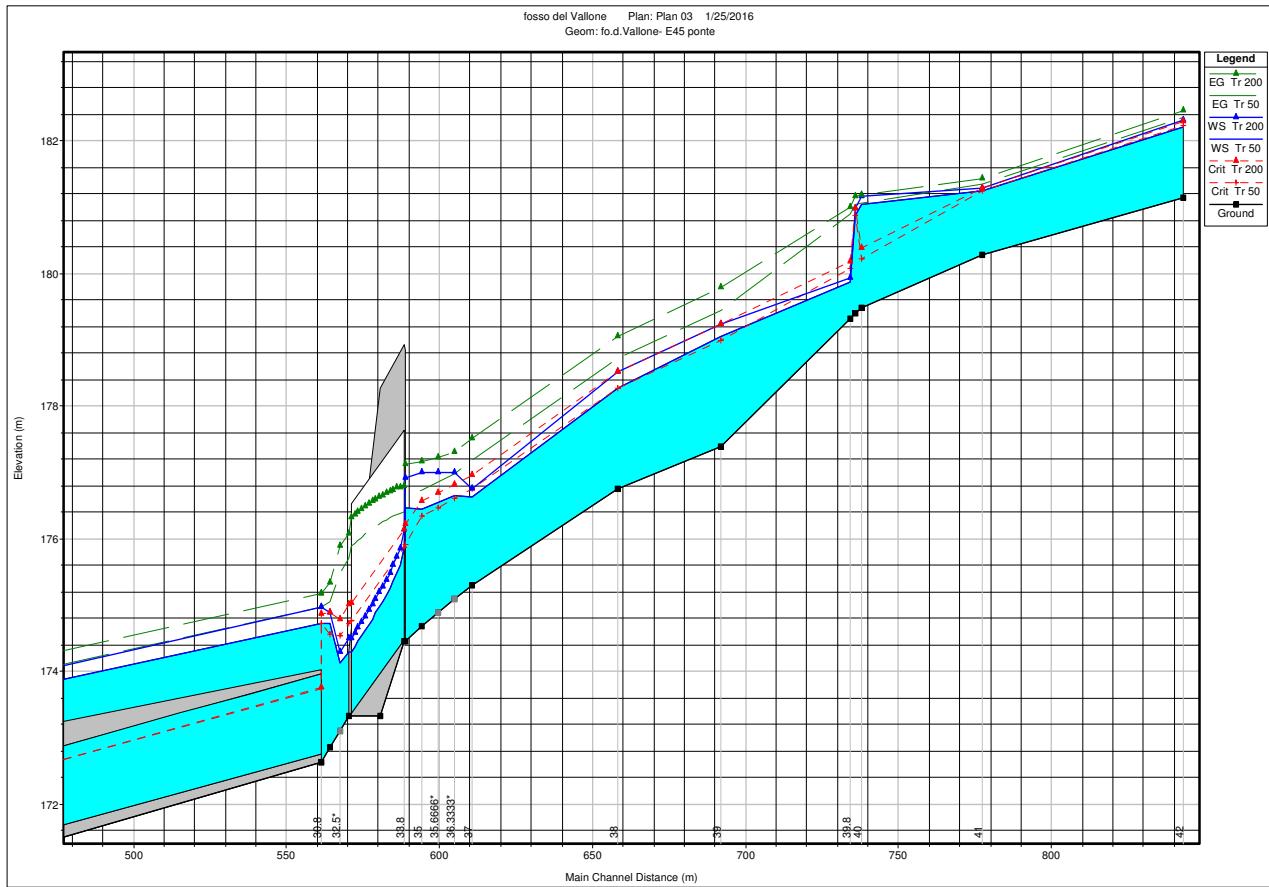
Nel tratto di interesse della presente simulazione, tratto dalla sezione di confluenza in poi, i risultati ottenuti sono identici a quelli descritti per il fosso delle Ripe che di seguito si ripetono.

Alla sezione n.5, intermedia tra il precedente intubamento e ove avviene la confluenza nel fosso del Vallone è presente un chiusino per l'accesso agli intubamenti, facilmente sollevabile per la pressione che si genera in ragione del dislivello dall'ingresso degli intubamenti e per la presenza della valvola a Clapet all'uscita presso la confluenza nel Fiume Tevere. Come prevedibile, risulta fuoriuscita d'acqua dal chiusino della sezione n.5, sezione aggiuntiva che è stata appositamente introdotta interrata e a cielo aperto sulla base delle quote del piano stradale rilevate dal Topografo.

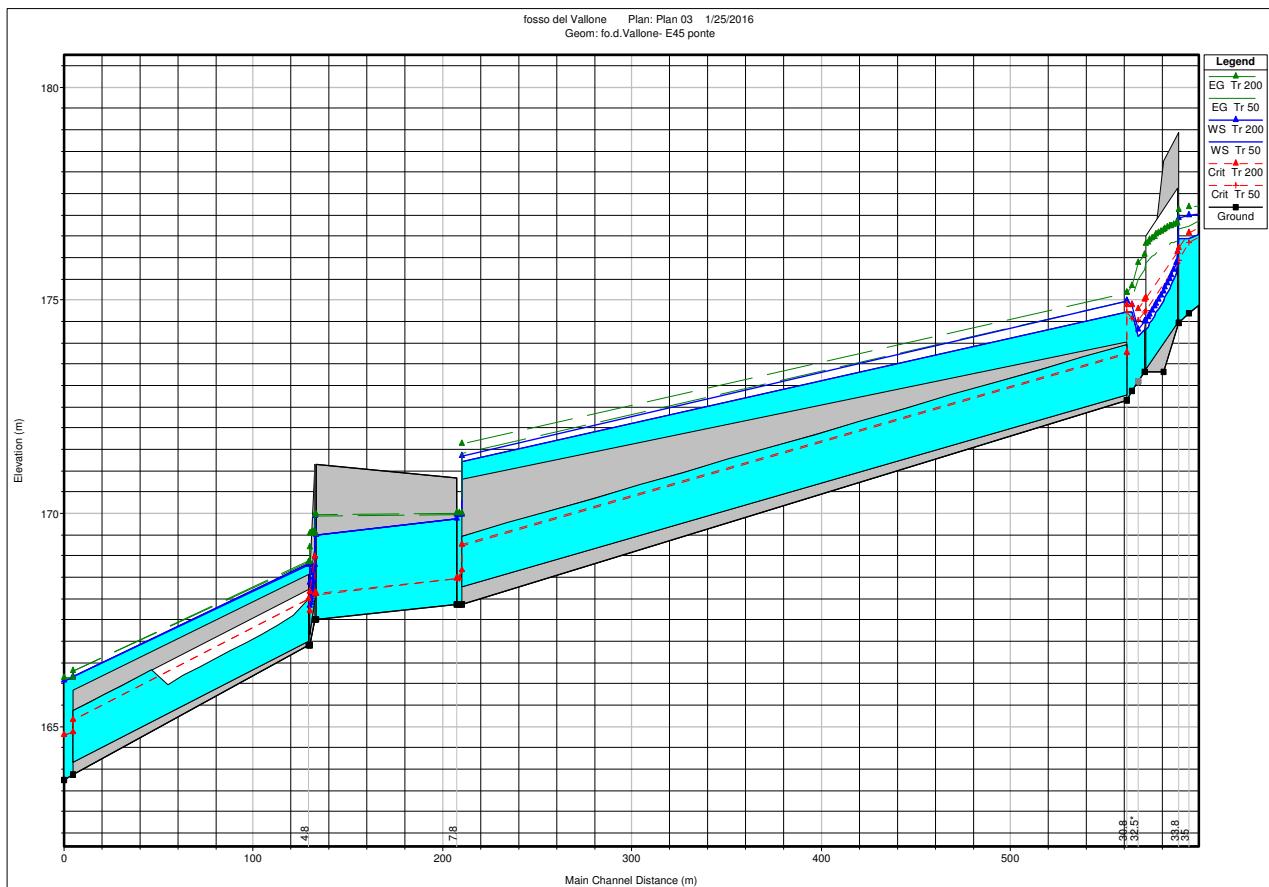
Per tenere conto di tale circostanza in tale tratto comune con l'affluente fosso delle Ripe è stata definita un area ad inondazione indiretta, estesa trasversalmente in base alle pendenze locali osservate sul posto ed estesa longitudinalmente fino all'arginello a protezione dell'area industriale di Deruta dalle inondazioni del Fiume Tevere. Date le modeste portate che possono da qui fuoriuscire si ritiene che detto arginello non possa essere tracimato. Per simulare la resistenza esercitata dalla valvola a Clapet sono stati incrementati i coefficienti di contrazione ed espansione rispettivamente ai valori $Cc=0.5$ e $Ce=0.8$.

I due seguenti profili longitudinali schematizzano il comportamento del corso d'acqua.

Nell'allegato n.2 alla presente relazione è riportata la distribuzione delle portate idriche e ogni altro risultato di dettaglio.



tratto di monte



tratto di valle intubato

FOSSO DEL VALLONE-BIS (Centro abitato)

• Geometria

Il percorso idraulico si realizza a cielo aperto lungo il tracciato originario del corso d'acqua fino alla strada Tiberina in quello che rimane del vecchio alveo delimitato dal muro di protezione della fabbrica ceramiche Grazia in sinistra e da vari muretti di recinzione di ambiti residenziali privati in destra; alveo localmente occupato da rimesse attrezzi/depositi vari recintati che costituiscono parziale ostacolo al deflusso. La strada Tiberina nel punto di passaggio del vecchio alveo si trova leggermente rialzata per cui costituisce una sorta di spartiacque. Si generano infatti qui tre percorsi idrici distinti:

1. il primo in direzione del Fiume Tevere lungo la via P.Gobetti a forte pendenza iniziale,
2. il secondo in direzione sud lungo la strada Tiberina stessa con prosecuzione su via G.Di Vittorio,
3. il terzo lungo la strada Tiberina in direzione Nord verso il posteggio del bar-ristorante Asso di Coppe,

(l'ordine di esposizione dei tre percorsi evidenzia la pendenza decrescente del primo tratto di ciascun percorso).

Tale prevedibile schema di percorsi idrici lungo le vie urbane è stato simulato con il codice di calcolo Hec-Ras inserendo in attraversamento della strada Tiberina uno sfioratore laterale a destra n.19.99 e uno a sinistra n.19.98, compresi tra le due sezioni trasversali rilevate che definiscono i bordi della strada stessa; sfioratori laterali con i quali poter quantificare le portate idriche che sfiorando dalla strada in direzioni nord e sud abbandonano il percorso diretto, percorso principale previsto lungo via P.Gobetti e parallelo al tratto intubato che lo affianca.

Lungo il percorso principale sono stati inseriti altri due sfioratori laterali in sinistra il primo n.17.98 tra la sezioni n.18 e n.17 che quantifica la portata che si può riversare a stramazzo nell'area depressa sottostante; l'altro n.13.98 tra le sezioni n.14 e n.13 presso l'imbocco della via Fratelli Cervi, perpendicolare alla via P.Gobetti ed a forte pendenza. Essi consentono di determinare le portate idriche che si riversano in dette strade. Altro sfioratore laterale n.6.99 è stato previsto in destra idraulica della via Tiberina verso Sud tra le sezioni n.7 e n.6 del relativo percorso idrico e rappresenta fisicamente un marciapiede appena rialzato che delimita un salto su area depressa.

Pertanto le portate idriche che costituiscono l'eccedenza rispetto a quelle che possono essere convogliate dal lungo intubamento si ripartiscono tra il percorso diretto lungo via P.Gobetti, la strada Tiberina verso Nord e verso Sud per poi ripartirsi ulteriormente lungo via P.Gobetti riducendosi progressivamente, come più avanti viene evidenziato.

• Portate

Per la sezione n.42 estrema di monte sono le medesime portate assunte nella precedente simulazione che ha trattato il corso d'acqua intubato.

Alla sezione n31, posta a ridosso dell'imbocco dell'intubamento, come prima accennato, è stata tolta la portata idrica che può essere da questo convogliata nell'ipotesi di pervietà dello stesso, pertanto senza che si verifichino ostruzioni.

Si è assunto:

$$Tr50a=7.44 \text{ m}^3/\text{s} \quad Tr200a=11.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Condizioni al Contorno

A monte ed a valle di ciascun percorso idrico sono state adottate le seguenti condizioni

- Percorso principale:
- a monte della sezione n.42 pendenza di moto uniforme 0.018 (18 per mille), appena superiore alla pendenza misurata tra le prime due sezioni a monte, pari a 0.013 (13 per mille), analogamente alla prima simulazione del Fosso del Vallone;
- a valle, sezione n 10, pendenza stimata di moto uniforme 0.005 (5 per mille), pendenza bassa per tenere conto del contenimento operato dal rilevato stradale.
- Lungo via Tiberina, inizio percorso verso Sud pendenza di moto uniforme rilevata pari a 0.03 (30 per mille); a valle, sezione n.1, pendenza di moto uniforme pari a 0.02 (20 per mille), stimata.
- Lungo via Fratelli Cervi, sezione iniziale n.3, pendenza di moto uniforme pari a 0.0733 (73.3 per mille), rilevata; a valle, sezione n.1, pendenza di moto uniforme pari a 0.0371 (37.1 per mille), rilevata tra le ultime sezioni.

- **Scabrezze**

-Tratto comune con la precedente simulazione idraulica “Fosso del Vallone”

Dall'estremo di monte fino al ponte stradale della Circonvallazione Nord alla sezione 33.8Culv per la presenza di vegetazione è stato assunto un coefficiente di Manning $n=0.045$ maggiorato sulle sponde invase da fitta vegetazione ripariale a $n=0.07-0.08$.

Dal ponte fino all'ingresso del lungo intubamento alla sezione 30.8Culv, l'area soggetta ad allagamento è mantenuta ad orti e giardini per cui le scabrezze si riducono a valori definiti da coefficienti di Manning $n= 0.025-0.035$ all'interno dell'alveo e $n=0.045-0.050$ all'esterno.

-Tratto della presente simulazione idraulica “Fosso del Vallone bis_ centro abitato”.

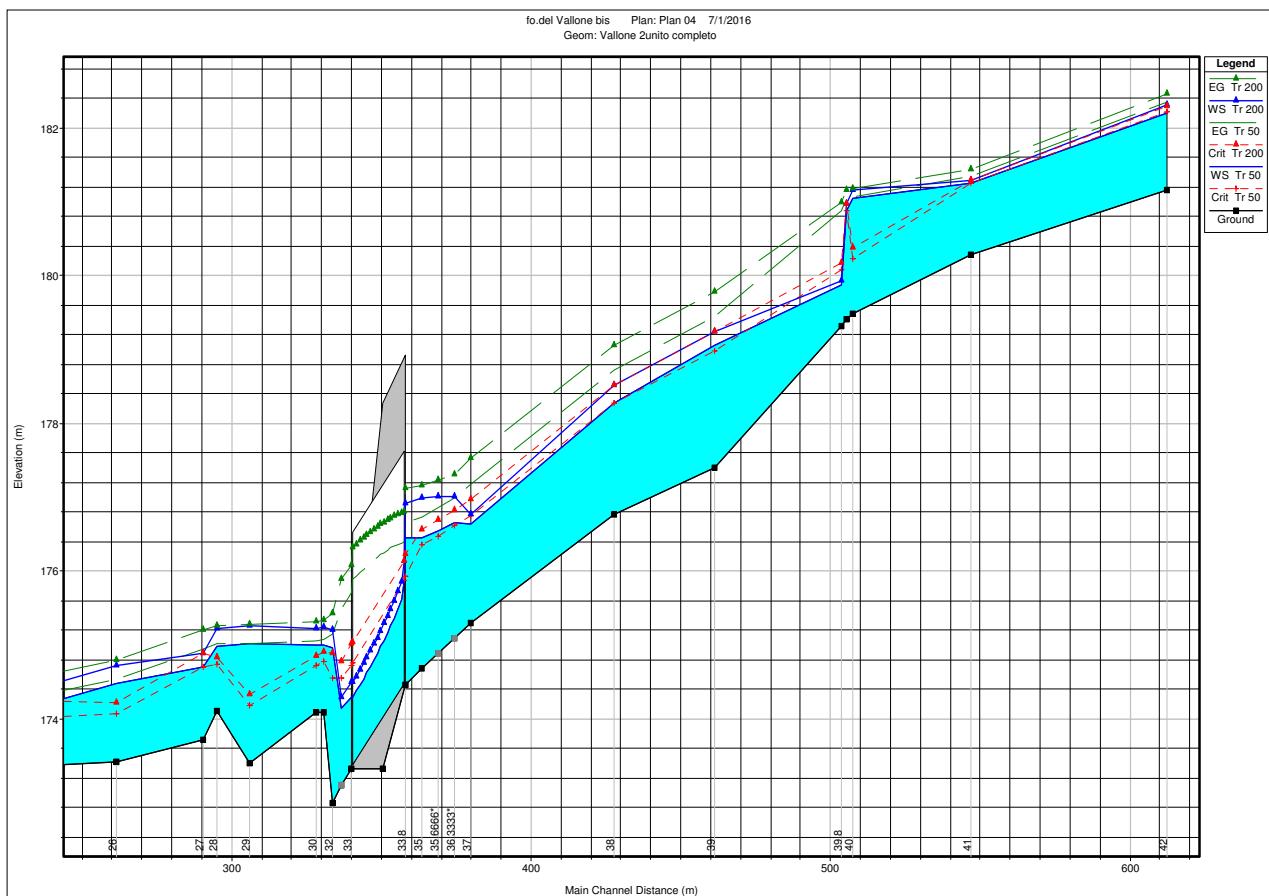
Nel tratto a monte della strada Tiberina dalla sezione n.31 alla sezione n.26 sono state considerati bassi valori di scabrezza $n= 0.02-0.03$ in considerazione dell'area a verde ben tenuta, mentre a seguire, benché il tratto del vecchio alveo sia rivestito parzialmente al fondo e sia dotato di muretti, la presenza di numerosi ostacoli al deflusso, recinzioni, pollai etc., con presenza anche di vegetazione, ha imposto l'adozione di coefficienti più elevati $n=0.06-0.07$. Invece lungo le strade urbane le scabrezze sono alquanto ridotte: $n=0.015-0.020$.

- **Risultati**

-Tratto di monte comune ad entrambe le simulazioni

Si manifestano fuoruscite d'acqua in destra idraulica a partire dall'estremità di monte per entrambe le portate cinquantennale e duecentennale, con sensibile effetto di rigurgito presso le sezioni n.40 e n.39.8, ove l'alveo non presenta un incisione ben definita ed il piccolo argine ortogonale a protezione del complesso artigianale (ex fabbrica ceramiche) costringe la sezione di deflusso e viene sormontato. Come conseguenza si verifica l'allagamento parziale del complesso artigianale, più esteso nel caso dell'evento duecentennale.

Scendendo dalla sezione n.37 alla sezione n.33 l'acqua fuoruscita tende a ritornare in alveo, rimanendovi contenuta anche in prossimità del ponte della Circonvallazione Nord (sezione n.33.8Culv). A causa delle pendenze maggiori qui la corrente torna veloce.



-Tratto a valle dell'imbocco dell'intubamento e fino alla strada Tiberina

Superato l'attraversamento, il forte allargamento alle sezioni n.31, n.30 e n.29 unitamente alla riduzione di pendenza e al rialzamento di fondo alveo alla quota di estradosso dell'intubamento, a partire dalla sezione n.31, comportano un brusco passaggio in corrente lenta con formazione di risalto idraulico. Qui l'acqua, contenuta in sinistra dal ripido pendio, fuoriesce in destra verso il primo edificio abitativo incontrato, allagandone il piano terra (sezioni n.29 e n.28).

Risultano parzialmente allagabili anche i successivi edifici in destra idraulica fino alla sezione n.20 ove il percorso idrico di inondazione lungo l'ex alveo raggiunge la strada Tiberina, generando sensibili tiranti idrici variabili tra 1.00m e 1.30m con riferimento alla portata cinquantennale.

In sinistra idraulica tra le sezioni n.27 e n.26 la portata duecentennale comporta il sormonto del muro spondale presente con il conseguente passaggio di modeste portate idriche nel piazzale sterrato tra il muro di recinzione della fabbrica ceramiche Grazia e la piccola chiesa lungo la via Tiberina, raggiungendo quest'ultima. Data la modesta entità, nella simulazione idraulica si è preferito non considerare tale fuoriuscita d'acqua come contribuente al deflusso ma solo indicarne il percorso, lasciando così transitare l'intera portata lungo il percorso principale dell'ex alveo.

Tra le sezioni n.22 e n.21, le quote rilevate portano a considerare la possibilità di limitata fuoriuscita d'acqua sulla strada di Circonvallazione Nord in prossimità dell'innesto sulla strada Tiberina ove è stata individuata un'area ad inondazione indiretta. Anche presso la sezione n.25, la discontinuità altimetrica del muro in sinistra può comportare inondazione indiretta per fuoriuscita puntuale d'acqua verso la fabbrica ceramiche Grazia.

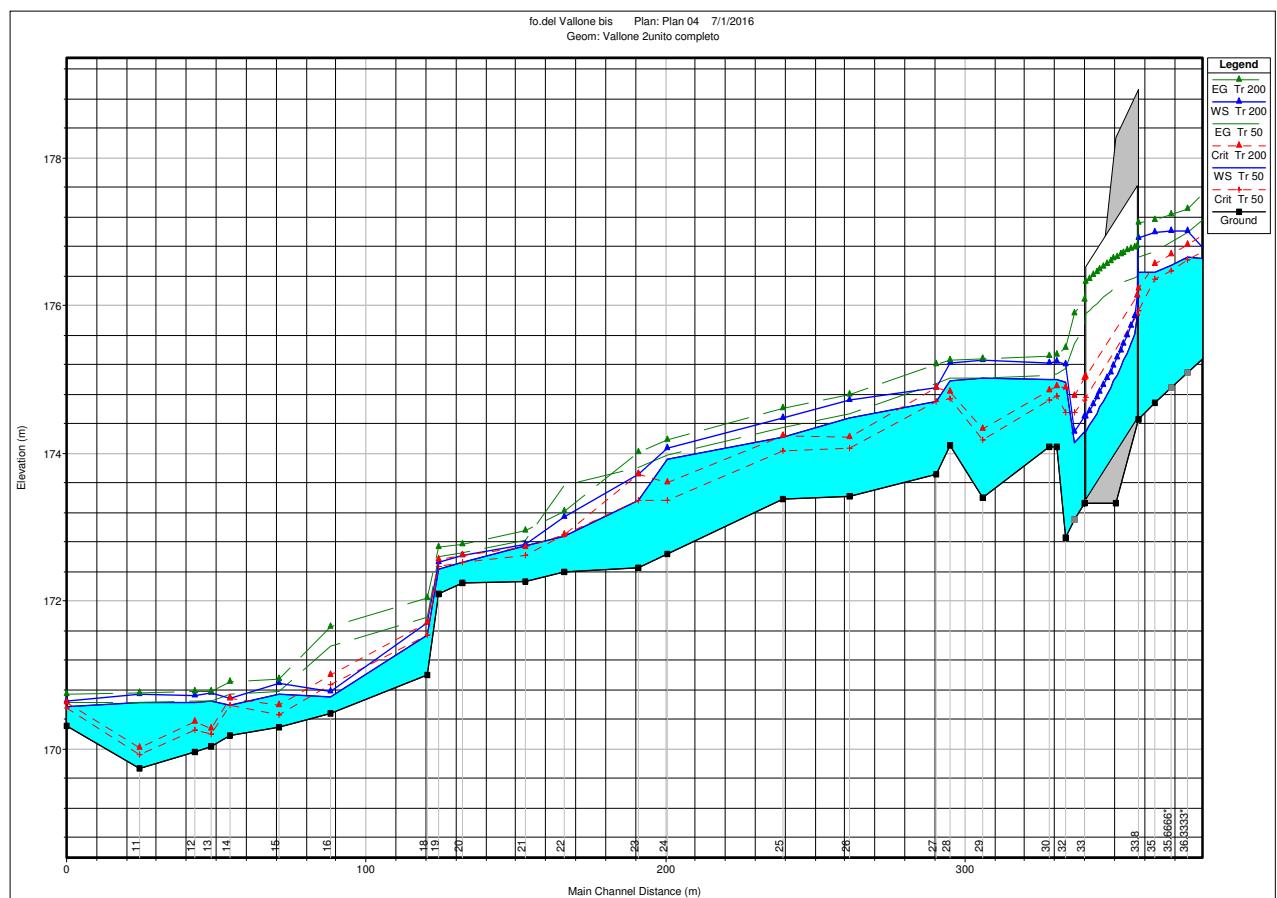
-Tratto del percorso principale oltre la strada Tiberina

Superata la strada Tiberina, considerato il percorso diretto parallelo all'intubamento, l'acqua percorre via P.Gobetti, e, tra le sezioni n.18 e n.17 fuoriesce parzialmente in sinistra da uno

stramazzo, trattato come sfioratore laterale (n.17.98), riversandosi con portate significative, risultate pari a $0.90\text{m}^3/\text{s}$ e $1.52\text{m}^3/\text{s}$, su di un piazzale depresso (circa 2m) ove opportunamente è stata inserita localmente un'area ad inondazione diretta, seguita esternamente da un area ad inondazione indiretta. Più a valle tra le sezioni n.14 e n.13, mediante l'introduzione di uno sfioratore laterale sinistro (n.13.98) posto all'innesto di via Fratelli Cervi, in forte discesa iniziale, sono state valutate le portate idriche lungo tale via, risultate pari a $2.57\text{m}^3/\text{s}$ e $3.47\text{m}^3/\text{s}$, rispettivamente per i tempi di ritorno cinquantennale e duecentennale, sottratte pertanto al percorso principale nel quale residuano rispettivamente $1.68\text{m}^3/\text{s}$ e $3.08\text{m}^3/\text{s}$.

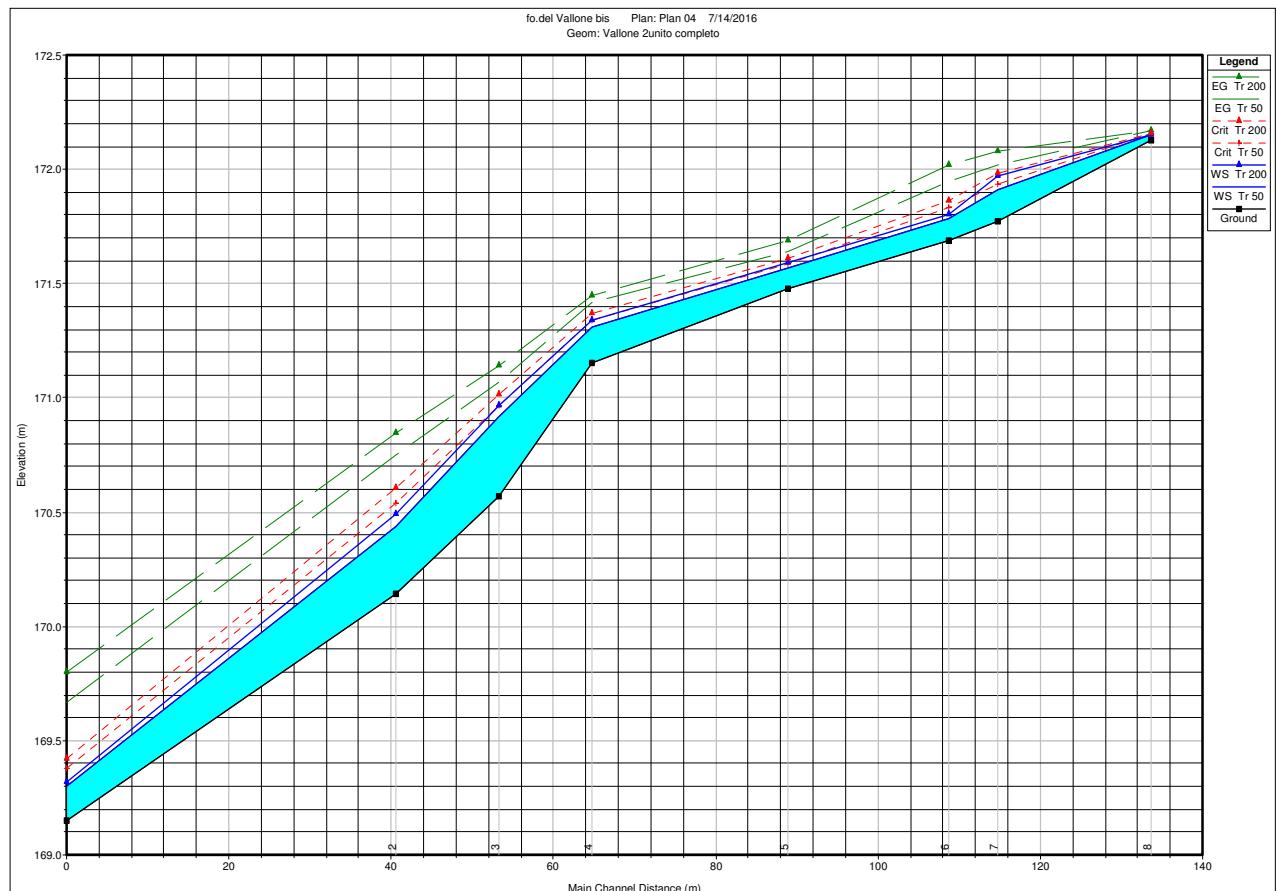
Proseguendo verso valle si incontra il rilevato stradale della S.G.C. E-45 che sbarra e contiene l'acqua proveniente dal percorso principale di via P.Gobetti. Qui, alla sezione n.10, un fabbricato abitativo alla quota della superstrada ed adibito ad officina al piano terra, è stato considerato allagabile in tutto il piano inferiore. Tutta l'area deppressa compresa tra il rilevato stradale della superstrada e la via Fratelli Cervi, in considerazione delle portate finali risultate, è stata definita ad inondazione diretta.

In destra idraulica tra le sezioni n.18 e n.10, lungo via P.Gobetti, l'acqua rimane contenuta dal muro spondale di separazione con la sovrastante area residenziale privata. All'interno di questa area decorre l'intubamento lungo il quale sono possibili in qualunque punto fuoriuscite per sovrappressioni conseguenti al dislivello con l'imbocco, pari a 6-7m. Per tenerne conto è stata qui inserita un area ad inondazione indiretta, estesa a parte dell'area di servizio Est, avente termine nella caditoia adiacente alla corsia di accesso all'area di servizio (sezione n.8 della precedente simulazione idraulica "fosso del Vallone").



-Percorso lungo la Strada Tiberina e lungo via G.Di Vittorio

Il percorso lungo la strada Tiberina in direzione Sud (sinistra idraulica) poi lungo via G. Di Vittorio, le cui portate cinquantennale e duecentennale sono risultate rispettivamente pari a $1.55\text{m}^3/\text{s}$ e $2.26\text{ m}^3/\text{s}$, si svolge principalmente lungo le strade stesse con bassi tiranti ed in corrente veloce, ove i livelli idrici rimangono generalmente contenuti dalla presenza di marciapiedi e muretti di recinzione. Tuttavia per la presenza di connessioni idrauliche verso aree depresse, compresi piani interrati di corsie garage, e per la presenza di aree in pendenza adiacenti la viabilità ed adibite a piazzali o parco, sono state qui individuate aree ad inondazione indiretta.



-Percorso lungo la Strada Tiberina in direzione Nord

Il percorso lungo la strada Tiberina in direzione Nord è stato considerato solamente in termini di portate idriche coinvolte, pari rispettivamente a $0.75\text{ m}^3/\text{s}$ e $1.34\text{ m}^3/\text{s}$, sfiorate in destra tra le sezioni della strada Tiberina n.20 e n.19 la quale funziona da spartiacque. Data la minore entità delle portate risultate e considerata la brevità del percorso idrico che si ritiene arrestarsi sulle leggere contropendenze della strada stessa e del piazzale antistante il posteggio del ristorante "Asso di Coppe", non è stato necessario eseguire una simulazione idraulica del percorso idrico. Pertanto un'area ad inondazione diretta duecentennale è stata posta all'interno di detto posteggio insieme ad una area ad inondazione indiretta in adiacenza, mentre ad Est della strada Tiberina è stata individuata un'altra area ad inondazione indiretta al di sotto di un edificio commerciale per la presenza di un piano interrato.

FOSSO DI SAN GUALTIERO

- **Geometria**

Il corso d'acqua attraversa la S.G.C. E-45 con alto manufatto per poi passare incassato tra la rampa dello svincolo "Casalina" e un edificio appartenente alla Fondazione Agraria in sinistra idraulica il quale si trova depresso artificialmente rispetto al ciglio di sponda.

Il fosso attraversa poi la Strada Tiberina mediante un ponticello in mattoni ad arco semicircolare di sezione alquanto ridotta, 1.8*0.88m (larghezza *altezza max); facilmente intasabile.

A valle del ponte l'alveo si presenta molto incassato e con forti pendenze.

- **Portate**

Dalla relazione idrologica, bacino imbrifero N.11, sono state assegnate le portate:

Tr50a= 3.09 m³/s Tr200a=4.55 m³/s.

- **Condizioni al contorno**

Alla sezione n.13 estrema di monte è stata assegnata la profondità critica, compatibile con l'elevata pendenza del tratto.

Alla sezione n.1 estrema di valle una pendenza di moto uniforme stimata pari a 0.02 (20 per mille) per l'elevata pendenza del fondo alveo, prossimo alla confluenza nel Fiume Tevere e dato il forte dislivello tra le sponde del fosso e quelle del Fiume.

- **Scabrezze**

Nell'alveo attivo non eccessivamente vegetato è stato adottato un coefficiente di Manning n=0.045 in maniera generalizzata. Localmente su sponde fortemente vegetate è stato assunto n=0.12

- **Coefficienti di contrazione ed espansione**

sono stati mantenuti i coefficienti standard Cc=0.1 e Ce=0.3 dati in automatico da Hec-Ras, non avendo ravvisato variazioni di sezione particolarmente brusche.

- **Risultati**

La simulazione idraulica con Hec-Ras mette in evidenza i seguenti fenomeni.

Si generano inondazioni di modesta estensione a monte del ponte della S.G.C. E-45 e solo a ridosso del ponte stesso, adeguato a consentire il transito delle portate previste.

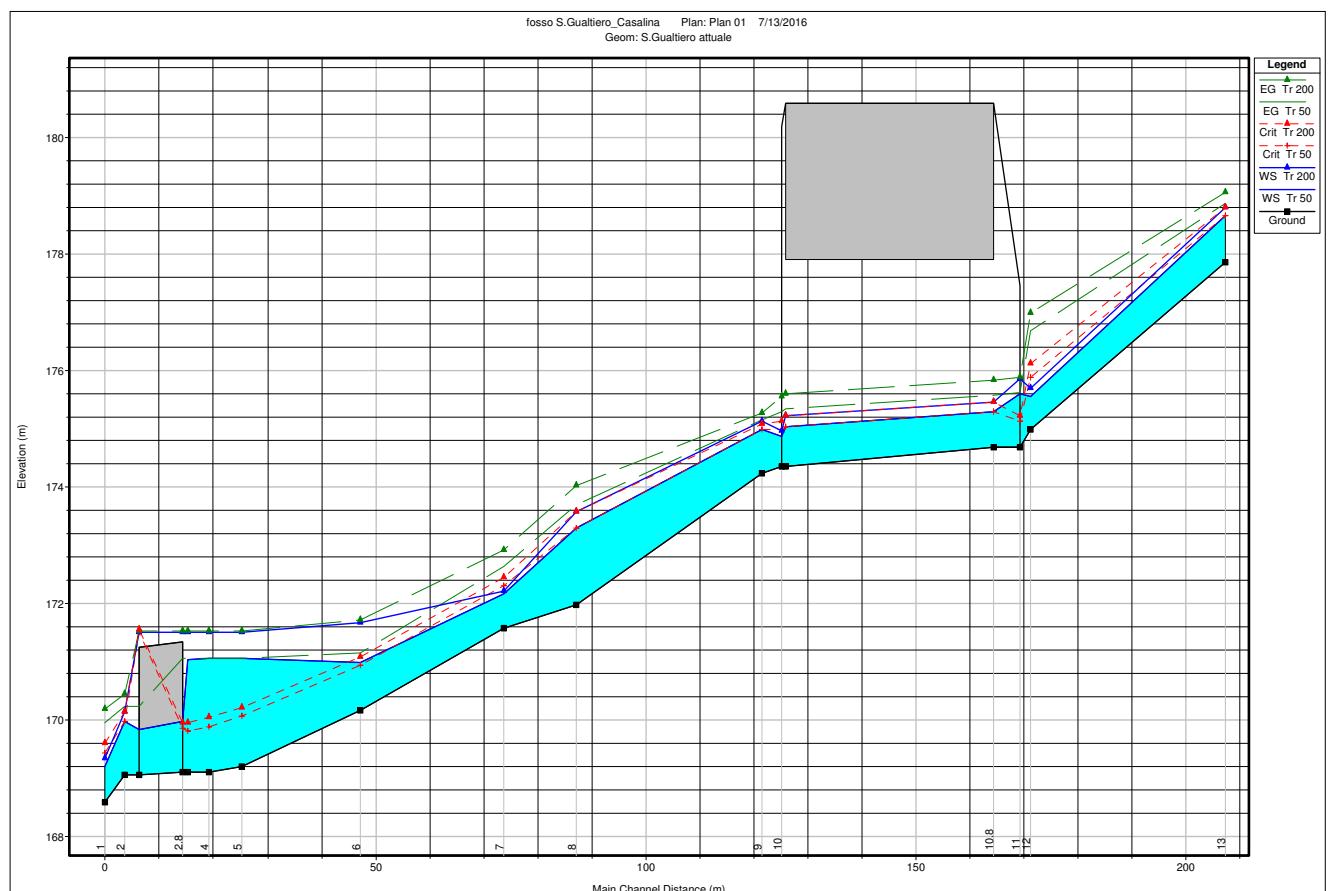
L'acqua rimane generalmente contenuta tra l'uscita dal ponte fino alla sezione n.7 per effetto della forte pendenza dell'alveo, con franchi rispetto alle sponde generalmente sufficienti ad eccezione della sezione n.9, avente questi franchi pari a 0.54m e 0.42m, rispettivamente per gli eventi cinquantennale e duecentennale; in maniera simile risultano per la sezione a seguire n.8. Potrebbero pertanto verificarsi tracimazioni in sinistra idraulica in caso di ostruzioni per transito di materiale galleggiante anche se tale eventualità non è stata esplicitamente rappresentata nelle tavole grafiche.

Si verifica un innalzamento del livello idrico tra la sezione n.7 ed il ponte della strada Tiberina con formazione di risalto idraulico, passaggio in regime di corrente lenta e conseguenti fuoriuscite d'acqua in destra a partire dalla sezione n.6 ed in sinistra a partire dalla sezione n.3 ubicata a ridosso del predetto ponticello alla sezione 2.8Bridge. Questo risulta essere decisamente insufficiente dimostrando funzionamento in pressione per la portata cinquantennale e a pressione più stramazzo per la portata duecentennale.

Con la portata cinquantennale, l'acqua che si prevede in uscita a destra tra le sezioni n.3 e n.4 interessa un breve tratto di strada, per poi ritornare in alveo appena a valle del ponticello. In sinistra idraulica, poiché il livello idrico risulta attestarsi a soli 2 centimetri sotto il ciglio di sponda, a favore di sicurezza si considera che l'acqua possa fuoriuscire e così interessare l'area che contorna l'edificio della fondazione agraria, per poi attraversare la strada, lambire la prospiciente abitazione (ex casa cantoniera) e ritornare da qui direttamente in alveo.

Lo scenario d'inondazione prodotto dall'evento duecentennale risulta concettualmente simile ma molto più esteso in sinistra idraulica ove le pendenze della strada Tiberina, in discesa verso sud, e della campagna adiacente la strada, in discesa verso Ovest, non fanno prevedere un ritorno diretto dell'acqua fuoriuscita nell'alveo inciso. Così come è stato rappresentato nella cartografia delle aree di inondazione relativa al corso d'acqua di cui trattasi.

Per quanto sopra descritto è palese che un intervento di corretto adeguamento del ponte della strada Tiberina completato da una leggera risagomatura dell'alveo a valle del ponte della S.G.C. E-45 sarebbe sufficiente ad eliminare completamente il rischio di inondazione rappresentato.



FOSSO NON DENOMINATO IN LOCALITA CASALINA

• Geometria

A monte dell'attraversamento della S.G.C. E-45 il fosso inizialmente a cielo aperto è stato intubato a ridosso dell'attraversamento di una stradina secondaria con due tubi ciascuno del diametro $\Phi 0.80m$, i quali, seppur in grado di transitare modeste portate, sono a sicuro rischio di ostruzione anche a causa dell'eccessiva lunghezza pari a circa 600m. Pertanto e a favore di sicurezza, è necessario trascurare il contributo dell'intubamento al deflusso nel caso di eventi meteorici estremi.

L'intubamento, utilizzando il sottopasso stradale della Superstrada percorre il tratto urbano di Casalina affiancato a via Ripabianca, rimanendo nel tessuto urbanizzato fino in vicinanza della confluenza nel Fiume Tevere.

Si prevede quindi che l'acqua esca interamente dall'alveo del fosso in corrispondenza dell'imbocco dell'intubamento e percorra via Ripabianca inizialmente all'interno del sottopasso e poi si suddivida in due rami all'altezza della trasversale via S.Lorenzo ove è stato inserito un punto di diversione ("Junction") nel quale Hec-Ras consente di distribuire la portata afferente tra due percorsi idrici divergenti: via S.Lorenzo e via Ripabianca (denominato quest'ultimo Ripabianca2). Lungo tali vie l'acqua di esondazione ha poi modo di disperdersi attraverso vie trasversali come anche attraverso varie connessioni idrauliche, seguendo le pendenze incontrate.

Il sottopasso della S.G.C. E-45, inclinato rispetto al corso d'acqua intubato ed anche rispetto a via Ripabianca non è stato simulato come ponte in quanto l'intradosso è palesemente molto più alto del livello idrico previsto. Pertanto è stato trattato come un comune alveo costretto tra muri spondali ove sono state ricavate due sezioni ortogonali alla via Ripabianca per ciascuna delle estremità del manufatto: una che passi per lo spigolo destro l'altra per lo spigolo sinistro. Esse sono a monte le sezioni n.12 e n.11.8, ed a valle le sezioni n.11 e n.10.8. Queste sezioni sono state ricostruite per proiezione dalle sezioni più vicine rilevate dal Topografo.

• Portate

Dalla relazione idrologica, Bacino imbrifero N.12, alla sezione estrema di monte n.20 sono state assunte le seguenti portate: $Tr50a= 4.74m^3/s$ e $Tr200a=6.56m^3/s$;

all'estremo di monte del tratto di via S.Lorenzo, sezione n.6, sono state assegnate le portate di tentativo:

$Tr50a=2.30m^3/s$ e $Tr200a=3.17m^3/s$;

all'estremo di monte del tratto di via Via Ripabianca (Ripabianca 2), sezione n.7, sono state assegnate le portate di tentativo $Tr50a=2.44m^3/s$ e $Tr200a=3.39m^3/s$.

Le portate così attribuite ai due tratti divergenti sono state ricalcolate da Hec-Ras operando la ripartizione delle portate provenienti da monte in modo da ottenere all'inizio dei due tratti divergenti livelli energetici uguali o più vicini possibile tra loro.

• Condizioni al contorno

Alla sezione n.20 estrema di monte è stata assegnata la profondità critica, compatibile con la pendenza del fondo alveo; a valle del primo tratto (Ripabianca 1) la condizione di giunzione ("Junction").

Al tratto di via S.Lorenzo: a monte, sezione n.6 la condizione di giunzione; a valle la pendenza di moto uniforme pari a 0.025 (25.0 per mille) misurata tra le ultime due sezioni.

Al tratto di via Ripabianca 2: a monte, sezione n.7 la condizione di giunzione; a valle la pendenza di moto uniforme pari a 0.0186 (18.6 per mille) misurata tra le ultime due sezioni rilevate.

- Scabrezze.

Nel tratto a monte della S.G.C. E-45 le scabrezze sono state diversificate tra i bassi valori in corrispondenza della strada di Ripabianca con $n=0.018-0.022$ e le aree circostanti con $n=0.05-0.06$, poiché interessate da vegetazione arborea o da colture agricole.

A valle del sottopasso e fino all'innesto di via S.Lorenzo, lungo via Ripabianca sia a monte che a valle della diversione è stato adottato $n=0.018$, $n=0.035$ in sinistra ove sono presenti marciapiedi in terra, gradini, aiuole e $n=0.045$ in destra ove è presente una scarpata vegetata che costituisce il piede del rilevato della Superstrada.

Parimenti lungo via S.Lorenzo è stato assunto $n=0.018$ su strada asfaltata e $n=0.035-0.04$ all'esterno per la presenza di gradini e cortili.

- Risultati

A monte del sottopasso della S.G.C. E-45 si generano aree di inondazione per entrambi i tempi di ritorno con acqua che attraversa via Ripabianca e si attesta contro il rilevato stradale, includendo una casa colonica ora in stato di abbandono.

Per entrambi i tempi di ritorno l'acqua occupa tutta la sezione stradale all'interno del sottopasso compreso il marciapiede rialzato a sinistra dove corre l'intubamento.

A valle dell'attraversamento l'acqua risulta sempre contenuta dalla scarpata in destra idraulica mentre in sinistra fuoriesce dalla carreggiata stradale inondando le abitazioni vicine. Date le forti pendenze e le numerose connessioni idrauliche presenti, l'acqua va ad interessare tutta l'area abitata adiacente ad Ovest fino ad oltrepassare la via Tiberina, relativamente all'evento duecentennale e con estensione ridotta per il tempo di ritorno cinquantennale. All'innesto di via S.Lorenzo la portata duecentennale in arrivo si ripartisce in misura leggermente superiore lungo questa via per la pendenza iniziale superiore all'altro percorso idrico che prosegue su via Ripabianca.

Dall'osservazione del luogo si stima pertanto l'estensione dell'area inondabile con tempo di ritorno cinquantennale fino alla parallela via S.Gerolamo e limitata a circa 50m ad Ovest di via Ripabianca, mentre per l'evento duecentennale si stima che si spinga ulteriormente in discesa verso Ovest e raggiunga la zona abitata oltre la strada Tiberina.

Nel tratto a minore pendenza di via Ripabianca (Ripabianca 2) si stima che l'inondazione diretta nel caso dell'evento cinquantennale abbia termine presso la curva sinistra della strada stessa mentre per l'evento duecentennale, considerate le pendenze, si estenda verso Ovest per poche decine di metri

Lungo il tracciato dell'intubamento è stata inserita un'area ad inondazione indiretta per tener conto della possibilità di rottura dell'intubamento stesso causa di sovrappressioni, fino al suo sbocco all'aperto.

Le aree ad inondazione diretta ed indiretta sono state rappresentate in dettaglio nella relativa tavola grafica avendo osservato in loco pendenze e connessioni idrauliche.

FOSSO NON DENOMINATO IN LOCALITA' S.NICOLO' DI CELLE

Il tratto di corso d'acqua studiato si svolge su un area valliva del Fiume Tevere a pendenza bassa con andamento circa perpendicolare all'asse della valle.

Lungo l'alveo sono presenti numerosi brevi tratti a pendenza negativa dovuti ad accumuli di materiale terroso trasportato e depositato, a fronte di una pendenza media pari a 0.0032 (3.2per mille)

- Portate

dalla relazione idrologica relativa al bacino n.2 sono state assunte le portate derivanti dal calcolo del tempo di corriavazione secondo Giandotti, pari a: $Tr50a=3.15m^3/s$ e $Tr200a=4.15m^3/s$.

Tali portate, che la relazione idrologica prevede si sviluppino alla sezione di chiusura del bacino vicina alla sezione n.10 del corso d'acqua e pertanto nel tratto finale di valle, sono state applicate a favore di sicurezza anche alla sezione d'estremità di monte

- Condizioni al contorno

Alla sezione estrema di monte n.29 è stata assegnata la profondità critica (in regime di corrente lenta Hec-Ras è in grado di determinare da se i parametri idraulici delle sezioni estreme di monte). Alla sezione estrema di valle, sezione n.1, è stata attribuita la pendenza di moto uniforme 0.002 (2.0per mille): pendenza del piano campagna a valle della sezione.

- Geometria

L'alveo si presenta abbastanza bene inciso lungo tutto il suo sviluppo studiato. Sono presenti n.4 attraversamenti di varie lunghezze dei quali i primi tre da monte hanno la medesima sezione policentrica di dimensioni $2.9*1.8m$ (larghezza*altezza) mentre l'ultimo ((3.8Culv) è a sezione circolare $\Phi 2.2m$; tutti corrugati in acciaio.

Sono riportate le lunghezze degli intubamenti:

26.8Culv 13.73m, ponticello su strada campestre,

18.8Culv 11.31m ponticello su strada campestre,

10.8culv 105.7m attraversamento zona industriale via Chiarini,

3.8Culv 28.9m attraversamento strada provinciale n.375.

- Scabrezze

Nell'alveo inciso è stato generalmente assegnato un coefficiente di Manning $n=0.045$, considerando il fondo alveo prevalentemente libero da vegetazione e con la vegetazione arborea presente a poca profondità dal ciglio di sponda. In alcuni tratti è stata considerata una scabrezza maggiore attribuendo un coefficiente di Manning $n=0.055$ nei tratti ove è presente una copertura vegetativa più fitta. Nelle aree esterne prevalentemente agricole è stato assegnato $n=0.06$ in maniera generalizzata.

Per gli attraversamenti e gli intubamenti è stato attribuito un coefficiente di Manning $n=0.02$, tipico dei manufatti corrugati in acciaio.

- Coefficienti di contrazione e di espansione

Sono stati adottati i coefficienti standard ed automatici di Hec-Ras $Cc=0.1$ e $Ce=0.3$ ad eccezione delle sezioni adiacenti gli attraversamenti dove sono stati convenientemente aumentati ai valori $Cc=0.3$ $Ce=0.5$ per tenere conto di variazioni brusche di sezione idraulica. Inoltre solo per

l'attraversamento 10.8Culv è stato assunto un Ce=0.6 per tener conto anche della brusca deviazione dell'asse del corso d'acqua in entrata ed in uscita dall'intubamento.

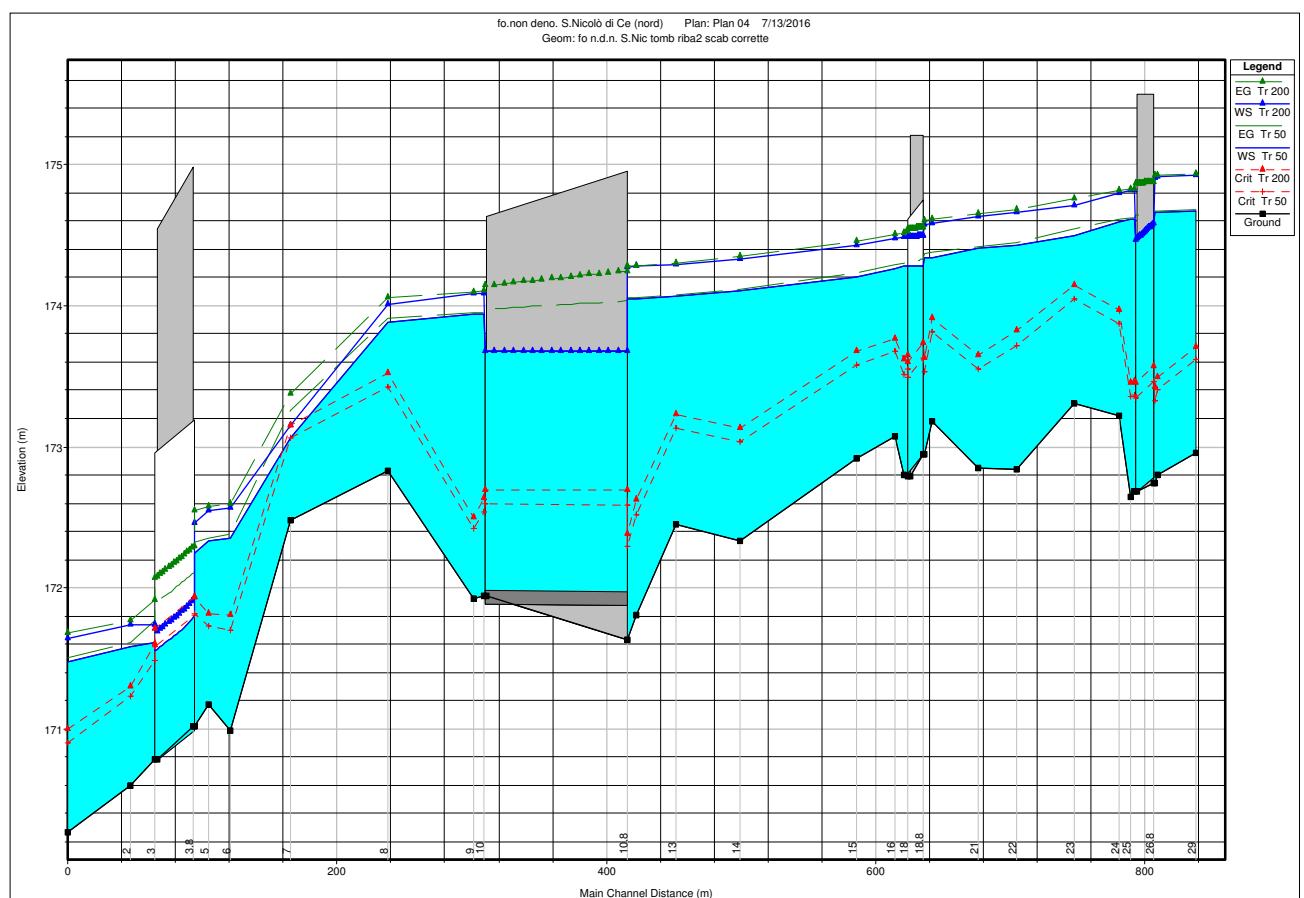
- **Risultati**

In molti tratti l'alveo risulta in grado di contenere entrambe le portate cinquantennale e duecentennale con adeguato franco rispetto alle due sponde.

Due dei quattro attraversamenti risultano funzionare in pressione alla sezione 26.8Culv e 10.8Culv. In particolare presso quest'ultimo, in caso di intasamento favorito dalla conformazione dell'imbocco e dello sbocco che avvengono con direttrice fortemente curvilinea ed a causa della lunghezza dell'intubamento che favorisce gli intasamenti, possono verificarsi fuoriuscite d'acqua lungo la strada (via Chiarini), prevalentemente in sinistra idraulica. Infatti nelle sezioni di imbocco e di sbocco il franco di sicurezza relativo alla portata duecentennale risulta alquanto ridotto, pari a 0.53m, 0.16m e 0.14m rispettivamente per le sezioni n.11, n.10 e n.9.

Pertanto è stata qui inserita un'area ad inondazione indiretta che comprende dette sezioni e che si esaurisce a monte della sezione n.8 ove l'acqua, eventualmente fuoriuscita, ha la possibilità di ritornare nell'alveo bene inciso.

La corrente si mantiene comunque in regime lento (subcritico) raggiungendo la condizione di regime critico limitatamente alla sola sezione n.7 ed all'interno dell'attraversamento n.3.8Culv.



FOSSO DEI GUASTRI - LOCALITA' S.NICOLO' DI CELLE

Il fosso dei Guastri in località S.Nicolò di Celle è stato suddiviso in tre tratti distinti in considerazione delle aree di interesse dello strumento urbanistico numerate progressivamente da valle verso monte.

Tratto 1

Trattasi di un tratto deviato rispetto al tracciato originario che passava all'interno del centro abitato, sito in una zona pianeggiante della valle del Fiume Tevere con pendenze molto basse. Infatti la pendenza media di fondo alveo rilevata sull'intero tratto di lunghezza 885m risulta pari a 0.0016 (1.6per mille)

• Portate

Lungo il tratto sono state attribuite portate di piena variabili tra i valori calcolati nella relazione idraulica presso la sezione di chiusura del bacino imbrifero S2 situata a 680m a monte della sezione n.88 (estrema di monte del tratto in studio) e la sezione S3 distante 170m a monte della sezione n.44 (estrema di valle), graduando le portate attribuite a 12 sezioni fluviali distinte; portate crescenti verso valle. Di seguito si riporta la distribuzione delle portate in progressione da monte verso valle tratta da Hec-Ras:

	River	Reach	RS	Tr50a	Tr200a
1	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	88	10.8	14.5
2	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	82	11.1	14.8
3	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	79	11.4	15.2
4	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	73	11.7	15.7
5	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	69	11.9	15.9
6	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	65	12.1	16.1
7	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	58	12.3	16.4
8	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	57	12.6	16.8
9	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	52	12.8	17
10	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	50	13	17.3
11	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	46	13.2	17.5
12	Fo guastri S.NIC	S.NIC 1	45	13.4	17.84

• Geometria

Il tratto di corso d'acqua è stato simulato mediante 45 sezioni trasversali ad interdistanze molto variabili in funzione della variabilità spaziale della geometria d'alveo, raffittite in prossimità degli attraversamenti.

Sono presenti n.6 attraversamenti di seguito specificati con le loro dimensioni.

- Sezione 84.8Culv- corrugato metallico di sezione semicircolare di altezza pari a 1.4m in località madonna dei Pantanelli su strada vicinale "vocabolo Vallone", lunghezza 12m;
- sezione 77.8Culv – corrugato metallico a sezione semicircolare di altezza 1.47m, lungo 12m su via Madonna dei Pantanelli;
- Sezione 70.4Bridge – ponte costituito da edificio per attività commerciale di sezione 6.0*1.80 (larghezza*altezza) di lunghezza 7.5m;
- Sezione 61.8Culv – corrugato metallico a sezione semicircolare di 1.6m di altezza e 12m di lunghezza, su via del Fabrione;
- sezione 54.8Culv – corrugato metallico su via della Casaccia con arco a tutto sesto e piedritti ("Conspan Arch") di larghezza 3.17m e altezza massima 1.8m, lungo 12.2m,

- sezione 48.4Culv – corrugato a sezione semicircolare di altezza 1.6m e 11.5m di lunghezza.

Alcune sezioni sono state in parte modificate nella loro traccia planimetrica che è stata resa circa perpendicolare alle direzioni del flusso idrico; ciò in modo particolare in prossimità della maggior parte degli attraversamenti aventi asse non perpendicolare all'asse della viabilità attraversata, ove la linea di fondo alveo subisce brusche deviazioni. Nel modificare la traccia planimetrica di dette sezioni, queste sono state costruite per proiezione dalle sezioni limitrofe rilevate topograficamente.

- Scabrezze

Essendo l'alveo sufficientemente sgombro da vegetazione è stato assunto in maniera generalizzata per esso un coefficiente di Manning $n=0.04$ abbastanza basso ad eccezione di alcuni tratti con $n=0.05$ in cui le sponde si presentano più vegetate. In altri tratti, dotati di rivestimento cementizio della sezione, in tutto o in parte, sono stati presi coefficienti tipici dei tratti rivestiti in condizioni di manutenzione non buone $n= 0.022$ ed applicati alla sola porzione rivestita della sezione.

Nelle aree esterne all'alveo, in aree agricole, si è posto $n=0.05-0.06$ mentre, in corrispondenza di strade che costeggiano l'alveo si è posto $n= 0.022$.

Agli attraversamenti stradali con corrugati metallici sono stati attribuiti coefficienti di Manning $n=0.02$, tipici dei corrugati non nuovi ad eccezione dell'attraversamento n.77.8Culv cui è stato attribuito $n=0.03$ al fondo in ragione del cattivo stato del fondo stesso.

- Condizioni al contorno

A monte, sezione n.88 è stata presa la condizione di pendenza di moto uniforme pari a 0.002 (2.0 per mille), tale risulta essere la pendenza di fondo alveo in tale tratto in cui la sezione fluviale si conserva abbastanza costante.

A valle, sezione n.44 è stata ancora presa la condizione di pendenza di moto uniforme pari a 0.003 (3.0 per mille). Qui effettivamente aumenta anche la pendenza del piano campagna.

- Coefficienti di contrazione e di espansione

Sono stati mantenuti i coefficienti standard introdotti automaticamente da Hec-Ras:
 $C_c=0.1$, $C_e=0.3$

- Risultati

Si evidenzia un quadro generalizzato di corrente estremamente lenta, conseguenza delle basse e bassissime pendenze che comportano l'insufficienza dell'alveo ed in misura maggiore l'insufficienza di quasi tutti gli attraversamenti.

Come oltre viene descritto più in dettaglio e come evidenziato nella relativa cartografia delle aree inondabili, l'intero tratto è soggetto ad inondazioni generalizzate sia in destra, sia in sinistra.

Nelle sezioni iniziali di monte le modeste dimensioni dell'attraversamento alla sezione 84.8Culv e del successivo 77.8Culv su via Madonna dei Pantanelli insieme alla bassissima pendenza del tratto d'alveo compreso tra essi, pari a 0.00037 (0.37 per mille) non consentono il deflusso delle portate previste per entrambi i tempi di ritorno che caratterizzano i due eventi estremi. Qui la simulazione idraulica fornisce tiranti elevati intorno al metro di altezza sia in destra che in sinistra, maggiormente in destra. In realtà questi tiranti potrebbero a parità di portate essere inferiori, in quanto la simulazione idraulica condotta con Hec-Ras in moto permanente prescinde dai tempi e dai volumi di pioggia messi in gioco e pertanto non tiene conto della distribuzione dei volumi idrici generati che si possono disperdere nelle aree esterne all'alveo trasversalmente allo stesso. E'

realistico infatti ipotizzare che molta acqua si disperda per la campagna pianeggiante e che conseguentemente i tiranti idrici siano inferiori. La simulazione idraulica ha la possibilità di considerare il fenomeno solo parzialmente, mediante l'introduzione in ogni sezione trasversale di limiti di aree efficaci al deflusso, valutati mediante l'osservazione dei luoghi. Mettendo in gioco così maggiori portate, la simulazione idraulica fornisce risultati a favore di sicurezza.

Le aree inondate risultano comunque più estese in destra idraulica, depressa rispetto alla fascia in sinistra edificata ove alcuni rialzamenti artificiali localizzati limitano l'estensione delle stesse.

Anche il ponticello alla sezione 70.4Bridge costituisce ostacolo al deflusso. Nel tratto tra gli attraversamenti n.77.8Culv e 70.4Bridge, la pendenza media leggermente superiore 0.0013 (1.3 per mille) e la riduzione di scabrezza dovuta al rivestimento cementizio del fondo alveo producono maggiori velocità della corrente. I tiranti idrici rimangono comunque elevati intorno a 1.0-1.2m nelle aree inondate, più estese in sinistra mentre in destra sono delimitate da rialzamenti artificiali del piano di campagna.

Tra le sezioni n.69 e n.65 è stato tenuto conto del comportamento bidimensionale del flusso dovuto alle brusche deviazioni planimetriche, mediante la parzializzazione, sezione per sezione, delle aree efficaci al deflusso che è stato così possibile ricondurre al moto monodimensionale.

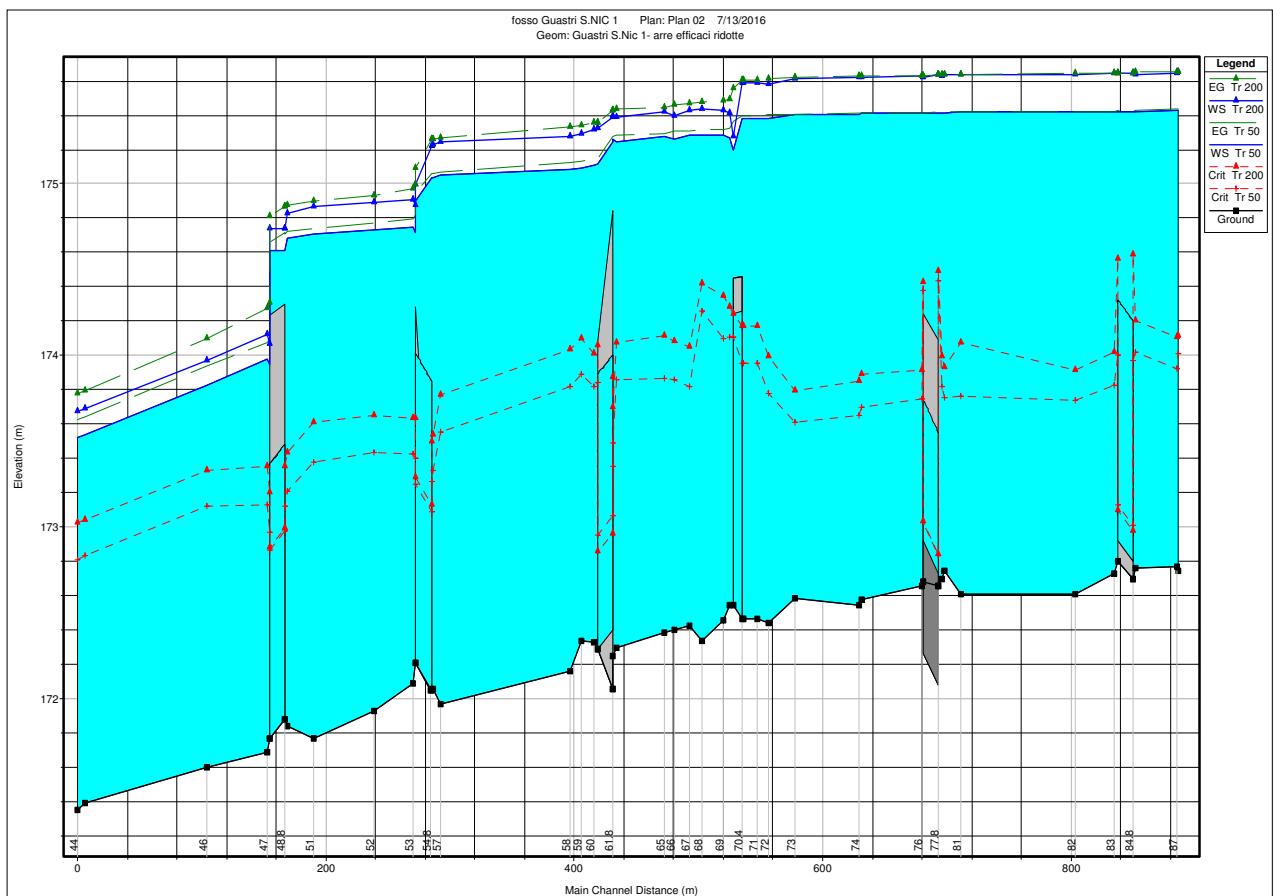
Anche il successivo attraversamento n.61.8Culv risulta insufficiente e viene sormontato. Le aree soggette ad inondazione comprendono fino a qui in sinistra ed in destra l'area adibita al commercio di materiali edili per quanto riguarda la portata cinquantennale; mentre per la portata duecentennale comprendono anche l'area abitativa con il complesso edilizio tra le sezioni n.74 e n.71. In destra è stata qui inserita in adiacenza un'area ad inondazione indiretta in quanto depressa.

Anche il successivo attraversamento n.54.8Culv risulta insufficiente e funziona a stramazzo inondando la strada. Da qui in poi le velocità aumentano in forza dell'aumento di pendenza e le portate idriche risultano ripartite maggiormente in alveo invece che esternamente ad esso.

Tra gli attraversamenti n.54.8Culv e n.48.8Culv, le aree inondabili per la portata cinquantennale comprendono parzialmente ambiti esterni (sezioni n.52 e n.51) di un edificio residenziale in destra idraulica, inglobato invece questo nell'area di inondazione duecentennale, area inondabile che interessa in sinistra pertinenze di altri due edifici residenziali tra le sezioni n.56 e n.52.

Il ponte alla sezione n.48.8Culv risulta sormontato solo per la portata duecentennale. Nelle successive sezioni verso valle le portate idriche per effetto dell'ulteriore incremento di pendenza e di velocità scorrono quasi completamente in alveo e le aree di inondazione in corrispondenza delle sezioni n.46 e n.45 interessano solamente aree agricole

Il tutto come si può osservare dal profilo longitudinale seguente.



Tratto 2

Tratto di fosso dei Guastri arginato parzialmente. A partire da monte e fino all'attraversamento della strada vicinale di S.Martino in Colle con argini sia in destra che in sinistra ed a valle dell'attraversamento con solo argine sinistro costituito dalla strada vicinale via degli Olimelli.

■ Portate

Sono state attribuite portate idriche medie tra i valori calcolati nella relazione idrologica per le due sezioni di chiusura S1 ed S2 del bacino imbrifero N.1 poiché il tratto di corso d'acqua si trova in posizione intermedia tra le due sezioni ed è poco esteso: $Tr50a=7.96m^3/s$, $Tr200a=10.75m^3/s$. Assunzione che può essere considerata a favore di sicurezza in quanto il tratto completamente arginato a monte non può ricevere acqua dal bacino. Pertanto non può prodursi incremento di portata lungo il percorso, anzi le discontinuità altimetriche degli argini stessi possono generare perdite di portata idrica per locale tracimazione.

■ Geometria

Nel tratto in esame ricadono due attraversamenti:

113.8Culv della strada vicinale per S.Martino in Colle corrugato metallico a sezione semicircolare di altezza 1.4m, lungo 12m;

107.8Culv su accesso carrabile ad azienda agricola/abitazione, corrugato metallico a sezione semicircolare di altezza 1.45m, lungo 15.7m .

La pendenza media del tratto risulta pari a 0.0066 (6.6 per mille), maggiore a monte dell'attraversamento 113.8Culv con il valore 0.0121 (12.1 per mille).

E' stato fatto ricorso all'introduzione di alcune sezioni interpolate (non rilevate topograficamente) con l'apposita funzione generatrice di sezioni di Hec-Ras, al fine di poter meglio individuare i punti di fuoriuscita dell'acqua per rappresentare l'origine delle aree inondabili che diversamente sarebbe risultata più incerta.

Sono stati introdotti sfioratori laterali in sinistra idraulica per simulare le perdite idriche per sormonto arginale, acqua che non può ritornare in alveo a differenza di come può avvenire in destra.

- Scabrezze

In alveo è stato adottato un coefficiente di Manning pari a n=0.04 su tutto lo sviluppo del tratto che appare sufficientemente mantenuto pulito dalla vegetazione ad eccezione della sezione n.114 con n=0.05.

Al suolo agrario esterno all'alveo è stato attribuito n=0.05-0.06, secondo lo stato di conservazione osservato.

Ai due attraversamenti in acciaio corrugato è stato attribuito il valore tipico n=0.02

- Coefficienti di contrazione e di espansione

sono stati attribuiti i coefficienti standard Cc=0.1 e Ce=0.3 nella maggior parte delle sezioni trasversali, coefficienti aumentati ai valori Cc=0.3 e Ce=0.5 in particolari sezioni prossime a sfioratori laterali e all'attraversamento più a monte: sezioni dalla n.115 alla n.111.

- Condizioni al contorno

Sia a monte che a valle sono state applicate le pendenze di moto uniforme, pari rispettivamente a 0.0075 (7.5per mille) e 0.0045 (4.5per mille), potendo assimilare la pendenza uniforme dell'alveo a monte e a valle del tratto in studio alla pendenza rilevata tra le prime due sezioni a monte e le ultime due a valle.

- Risultati

Dalla simulazione idraulica, effettuata sempre in regime di corrente mista (corrente lente + corrente veloce) tutto il tratto in studio risulta funzionare in regime di corrente lenta con gli attraversamenti in pressione. Solo alla sezione estrema di valle viene raggiunto il regime critico (separatore tra i due regimi i corrente lenta e di corrente veloce).

Dalla sezione estrema di monte n.118 e fino al primo attraversamento 113.8Culv l'acqua è trattenuta in destra idraulica dalla presenza della strada vicinale di S.Martino in Colle rialzata che costituisce pertanto argine. Diversamente in sinistra fuoriesce a partire dalla sezione n.117.25* (interpolata) ma solo per la portata duecentennale, fino alla sezione n.116. Da qui e verso valle oltre all'area inondabile con tempo di ritorno duecentennale è stata inserita un area ad inondazione indiretta, quale zona di accumulo, dovuta alla morfologia del terreno, in discesa verso l'esterno dell'alveo. Quest'ultima area è stata poi estesa in discesa oltre il primo attraversamento verso il centro abitato di S.Nicolò di Celle investendo un edificio residenziale con le relative pertinenze, fino al limite del giardino pubblico, definito da via Montalcino con il suo fosso di guardia.

In destra idraulica, nonostante la protezione offerta dalla strada vicinale, è stata introdotta un'area ad inondazione indiretta a partire da monte per poter considerare l'acqua che, fuoriuscita in corrispondenza dell'attraversamento 132.8Bridge appartenente al tratto 3 più a monte (tratto che viene descritto successivamente al tratto presente) può facilmente raccogliersi in tale area depressa e confinata su tre lati in corrispondenza delle sezioni dalla n.118 alla n.114.

A valle del primo attraversamento, 113.8Culv, si generano aree di inondazione diretta prevalentemente in destra, lato non più protetto dalla strada vicinale, per effetto anche dal rigurgito generato dal successivo attraversamento 107.8Culv il quale funziona in pressione per entrambi gli eventi meteorici considerati. Dalla sezione n.109 verso valle le due portate cinquantennale e duecentennale sono diventate quasi della stessa entità per effetto delle perdite idriche dagli argini trattati come sfioratori laterali. Qui anche con tempo di ritorno cinquantennale l'area inondabile investe direttamente l'azienda agraria con le sue pertinenze, compreso l'accesso carrabile.

In sinistra la strada via degli Olimelli funge da argine fino alla sezione n.110, oltre la quale la portata cinquantennale fuoriesce verso la zona depressa ad Est ove tende a raccogliersi. Con la portata duecentennale l'acqua invece fuoriesce appena a monte della predetta sezione. In tale tratto gli sfioratori laterali mettono in conto le perdite di acqua che per la presenza della strada non possono rientrare in alveo da sinistra. Pertanto è qui inserita un'area ad inondazione indiretta ove si prevede accumulo d'acqua, delimitata verso Est da una evidente contropendenza del terreno. A valle del secondo attraversamento l'alveo dimostra capacità di contenimento delle portate residuate dalle varie perdite, seppure con franchi limitati. Fino al limite di studio non compaiono più fenomeni di inondazione. Si ritiene tuttavia che anche qui l'alveo non sarebbe in grado di contenere portate maggiori conseguenti ad un futuro adeguamento a monte dell'alveo stesso e degli attraversamenti.

Tratto 3

Si tratta del tratto pedecollinare del corso d'acqua la cui sezione estrema di monte si trova all'uscita dalla testata della valle che da origine al fosso, il quale si presenta con piccolo alveo inciso per poi proseguire arginato e pensile nel tratto sottostante, a pendenze decrescenti.

- Portate

Le portate idriche sono determinate con riferimento alla sola sezione S1 di chiusura del bacino imbrifero, prossima alla sezione estrema di monte del presente tratto di Fosso dei Guastri. Dalla relazione idrologica sezione 1 del bacino N.1 risultano: $Tr50a=6.13m^3/s$, $Tr200a=8.33m^3/s$.

- Condizioni al contorno

All'estremità di monte, sezione n.142, è stata attribuita la pendenza di moto uniforme pari a 0.019 (19.0 per mille), valore determinato dalle quote di fondo alveo delle prime due sezioni di monte.

All'estremità di valle è stata attribuita la pendenza di moto uniforme pari a 0.007 (7.0 per mille) Derivata dal dislivello tra due punti quotati della carta tecnica regionale lungo la strada adiacente al fosso.

- Geometria

Sono presenti due attraversamenti costituiti da ponticelli di sezione ridotta su strade vicinali:

139.8Bridge sezione con arco fortemente ribassato di 2.0m di luce, lungo 6.3m

132.8Bridge sezione rettangolare 1.55*1.0 (larghezza per altezza) a monte, arco a tutto sesto $\Phi 1.25m$ a valle, lungo 10.3m.

Sono stati introdotti sfioratori laterali per tener conto delle perdite idriche per sormonto arginale sia in destra che in sinistra. Limiti di aree efficaci al deflusso sono stati inseriti presso le sommità arginali di ciascuna sezione considerando che l'acqua fuoriuscita non può più ritornare entro gli argini non contribuendo più al deflusso e deve essere considerata persa.

- Scabrezze

In alveo poco vegetato è stato posto generalmente un coefficiente di Manning n=0.04; all'esterno su campi coltivati n=0.05-0.06.

- Coefficienti di contrazione e di espansione

Sono stati mantenuti i coefficienti standard ed automatici di Hec-Ras Cc=0.1 e Ce=0.3 poiché le sezioni d'alveo rimangono abbastanza regolari anche in prossimità dei due attraversamenti.

- Risultati

Le portate di piena scorrono quasi ovunque in regime di corrente lenta, tranne all'estremo di monte in regime critico e verso l'estremo di valle dove limitatamente alla sezione di uscita del ponticello si passa in corrente veloce con successiva formazione di risalto idraulico.

Le sezioni del primo tratto a monte risultano essere insufficienti manifestando perdite idriche per sormonto dall'argine destro fino alla sezione prossima a monte al primo attraversamento 139.8Bridge.

Dalla sezione n.141 a valle la differenza tra le portate relative ai due diversi tempi di ritorno si riduce fin quasi ad annullarsi in conseguenza delle perdite idriche dagli argini che la precedono.

Più a valle le perdite idriche si verificano in destra alla sezione n.137 e da entrambe le parti presso la sezione n.136.

Dalla sezione n.135 verso valle l'alveo è in grado di contenere le portate residue, ridotte di oltre il 50%, anche se il secondo attraversamento 132.8Bridge, funzionando in pressione, può generare ulteriori inondazioni nel caso di ostruzione anche modesta.

Dalla sezione di monte n.142 fino al primo attraversamento n.139.8Bridge sono state individuate aree ad inondazione diretta in sinistra e in destra per entrambi i tempi di ritorno.

A valle del ponticello alla sezione n.139.8Bridge insieme ad aree ad inondazione diretta meno estese delle precedenti sono state inserite aree ad inondazione indiretta, più estese, che recepiscono l'acqua direttamente fuoriuscita delle sezioni a monte. Tali aree investono i due edifici agricolo ed abitativo posti in destra idraulica. Non può essere esclusa l'inondazione indiretta da monte anche delle aree in destra idraulica relative al sottostante tratto 2, precedentemente descritto.

La simulazione idraulica effettuata mette in evidenza l'insufficienza delle sezioni e soprattutto dei due attraversamenti.

Eventuali interventi, necessari ad eliminare il rischio di inondazione devono prevedere un miglioramento complessivo che prenda in considerazione l'intero corso d'acqua che interessa l'abitato di S.Nicolò di Celle, fino all'immissione nel canale diversivo compresa.

FOSSO DEI GUASTRI TRATTO S.ANGELO DI CELLE-FANCIULLATA

Tratto di corso d'acqua a valle del canale diversivo, interessato da due tratti intubati di lunghezza elevata presso i due centri abitati.

La presenza di diverse zone interessate dallo strumento urbanistico, vicine e distinte, ha comportato la necessità di effettuare la simulazione idraulica del corso d'acqua lungo tutta l'estesa di 1674m che va dall'estremità nord di S.Angelo di Celle all'estremità sud di Fanciullata, mediante l'introduzione di 40 sezioni trasversali variamente distanziate tra loro.

• Geometria

Ad iniziare dalla sezione n.57 il corso d'acqua si presenta arginato con argini in parte costituiti da strade private, vicinali e comunali. Sul primo tratto di monte fino al lungo intubamento alla sezione 45.8Culv insistono due attraversamenti sulla strada vicinale Delle Trosce e all'inizio di via Jacopone da Todi, entrambi con brusche deviazioni planimetriche all'imbocco e allo sbocco.

Per simulare le perdite idriche dalle sommità arginali sormontate, sono stati introdotti sfioratori laterali compresi tra due sezioni trasversali contigue, il profilo dei quali segue quello degli argini. Sfioratori laterali n.56.8-55.8-53.8 inseriti solamente in sinistra ove si prevede che l'acqua fuoriuscita (in parte anche da monte della sezione estrema n.57) possa essere confinata o dispersa, non partecipando quindi al deflusso lungo l'alveo.

Allo sbocco del lungo intubamento che percorre in affiancamento la via Jacopone da Todi e la rotatoria della strada provinciale n.375, dopo un breve tratto arginato da entrambi i lati l'alveo ritorna inciso per un lungo tratto con dei piccoli accumuli sul ciglio di sponda, da considerare pertanto privo di argini. In tale tratto sono presenti due attraversamenti di strade campestri.

All'ingresso dell'abitato di Fanciullata il fosso presenta la sponda destra generalmente più elevata con muretti protettivi di attività commerciali. All'interno del centro abitato sono presenti in breve successione 3 attraversamenti di cui l'ultimo è un lungo intubamento che fuoriesce oltre l'abitato di Fanciullata presso un maneggio.

Di seguito si riportano i dati dei vari attraversamenti.

a S. Angelo d Celle

- 54.8Culv tubo in cemento a sezione circolare $\Phi 1.2\text{m}$ lunghezza 7.7m attraversa la strada vicinale Delle Trosce;
- 49.8Culv tubo in cemento a sezione circolare $\Phi 1.0\text{m}$ attraversa via Jacopone da Todi, lungo 10.7m
- 45.8Culv tubo in cemento a sezione circolare $\Phi 1.2\text{m}$ affiancato a via Jacopone da Todi passa dentro S.Angelo di Celle e sotto la rotatoria della S.P.375, lungo 415m

tra i due centri abitati

- 41.7Culv corrugato metallico a sezione semicircolare, di altezza pari a 1.4m, su strada campestre, lungo 12.7m;
- 38.8Culv corrugato metallico a sezione semicircolare, di altezza pari a 1.4m, su strada campestre, lungo 12.2m;

a Fanciullata

- 28.8Culv corrugato metallico a sezione circolare $\Phi 2.9\text{m}$ su strada vicinale intasato sul fondo per 1.1m di altezza, lungo 15.2m;

- 25.8Bridge ponte ferroviario di sezione circolare in cemento all'imbocco $\Phi 1.45m$; all'uscita sezione con piedritti e arco ribassato di dimensioni $1.70*1.75$ (larghezza*altezza max).
- 22.9Culv tubo in cemento $\Phi 1.17m$ interrato, attraversa la strada comunale e l'area del maneggio, lungo 124.9m.

Al ponte ferroviario, il cui asse è inclinato di 25° rispetto alla linea perpendicolare all'asse della sede ferroviaria, è stata applicata l'apposita funzione prevista dal codice di calcolo, denominata "Skewed Bridge" che provvede a ridurre la capacità di deflusso del ponte in funzione dell'inclinazione.

Tra il ponte ferroviario e l'ingresso del vicino intubamento interrato dove è presente una copertura precaria, le sezioni n.24 e n.23, rilevate dal Topografo solo alle quote del terreno, sono state estese in profondità (scavate) secondo le dimensioni dei due attraversamenti e sono state dotate di ostruzioni in sommità ("lid" nella definizione di Hec-Ras) aventi l'estradosso alla quota del terreno, al fine di simulare l'effetto della copertura sulla corrente sotto e sopra terra.

Portate

Dato il lungo sviluppo del tratto di fosso dei Guastri che nel suo percorso interessa porzioni di bacino imbrifero di estensione areale crescente, sono state introdotte, su 10 sezioni trasversali, portate variabili che si incrementano verso valle calcolate a partire da tre sezioni trasversali, ciascuna più vicina ad una sezione di chiusura del bacino imbrifero N.1 le cui portate sono state definite nella relazione idrologica:

- sezione n.57 vicina alla sezione di chiusura S4: $Tr50a=19.75m^3/s$ $Tr200a=26.16m^3/s$
- sezione n.45 vicina alla sezione di chiusura S5: $Tr50a=19.89m^3/s$ $Tr200a=26.31m^3/s$
- sezione n.35 vicina alla sezione di chiusura S6: $Tr50a=22.87m^3/s$ $Tr200a=30.27m^3/s$

per ciascuna di queste tre sezioni sono state calcolate le portate per i due tempi di ritorno cinquantennale e duecentennale, sottraendo alle portate di competenza della relativa sezione di chiusura derivanti dalla relazione idrologica, quota parte pari a 80% delle rispettive portate di competenza della sezione di chiusura S3; quota parte che si stima defluisca attraverso il canale diversivo, avente sezioni notevolmente maggiori e quote di fondo alveo più basse rispetto all'alveo del fosso dei Guastri che prosegue a valle verso S.Angelo di Celle.

Ad esempio per la sezione n.57 si ha:

Sezione n57	Portata di competenza sezione S4 m^3/s	Portata di competenza sezione S3 m^3/s		Portata assunta m^3/s
Tr50a	19.75	13.40	$19.75-0.8*13.40$	9.03
Tr200a	26.16	17.84	$26.16-0.8*17.84$	11.89

Per ciascuna sezione del corso d'acqua intermedia tra due delle quali sono state così determinate le portate, sono state attribuite portate variabili in proporzione alla distanza, misurata lungo il corso d'acqua, che separa la sezione data dalla sezione più vicina a monte avente le portate già calcolate nella maniera precedente, come si può vedere dalla sottoriportata tabella tratta da Hec-Ras:

	River	Reach	RS	Tr 50a	Tr 200a
1	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	57	9.03	11.89
2	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	45	9.17	12.04
3	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	43	9.45	12.42
4	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	42	9.71	12.75
5	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	41.1	10.36	13.62

6	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	41	10.69	14.06
7	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	40	11.17	14.69
8	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	37	11.23	14.77
9	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	36	11.76	15.48
10	fosso dei Guastr	S.Angelo Fanc.	35	12.15	16

- Condizioni al contorno

sono state attribuite alle sezioni estreme le pendenze di moto uniforme calcolate dal dislivello esistente al fondo alveo tra la sezione estrema e la sezione più vicina:

a monte 0.0033 (3.3 per mille)
a valle 0.0062 (6.2 per mille).

- Coefficienti di contrazione e di espansione

Per le sezioni correnti Sono stati generalmente assunti i coefficienti standard forniti da Hec-Ras Cc=0.1 e Ce=0.3; mentre in prossimità degli intubamento essi sono stati maggiorati ai valori Cc=0.3, Ce=0.6. In particolare presso le sezioni a monte ed a valle del ponte ferroviario di Fanciullata e dell'adiacente intubamento sono stati adottati valori ancora superiori date le brusche variazioni di sezione che si verificano: Cc=0.5, Ce=0.8.

- Risultati

I primi due attraversamenti 56.8Culv su strada vicinale 54.8Culv su strada comunale generano un forte rigurgito che come conseguenza comporta alti livelli idrici nelle sezioni a monte degli stessi, sezioni arginate dalla n.57 alla n.55 che in destra e in sinistra vengono sormontate e pertanto risultano insufficienti. Lo sfioratore laterale n.56.8 con il quale sono state simulate le perdite idriche per tracimazione in sinistra tra la sezione n.57 e la n.56, segnala già all'inizio del tratto in studio notevoli perdite pari a $4.22\text{m}^3/\text{s}$ e $6.12\text{m}^3/\text{s}$ rispettivamente per i tempi di ritorno cinquantennale e duecentennale a fronte delle rispettive portate in arrivo pari a $9.03\text{m}^3/\text{s}$ e $11.89\text{m}^3/\text{s}$.

In considerazione dell'entità di dette perdite si ritiene che esse avvengano anche dall'argine sinistro del tratto appena a monte della prima sezione, non studiato; tratto il cui alveo si conserva praticamente identico. Pertanto è molto probabile che l'acqua così fuoruscita, data l'evidente pendenza in direzione Est (sinistra idraulica), si disperda prevalentemente a monte delle prime sezioni studiate raccogliendosi in parte contro il rilevato della S.P. n.375 e quindi non partecipi più al deflusso. A valle scorrono pertanto le portate residue.

Viceversa l'acqua tracimata dagli argini destri delle sezioni di monte citate non è stata considerata persa in quanto essa viene confinata dalla strada vicinale delle Trosce e poi dalla strada comunale via Jacopone da Todi e pertanto continua a partecipare al deflusso a valle lungo l'alveo. Anche se Hec-Ras non rappresenta nelle sezioni trasversali di tale area, dalla n.49 alla n.47, presenza di acqua al di fuori dell'argine destro, costituito da via Jacopone da Todi, in realtà in tale piccolo tratto depresso, per quanto appena detto, si possono verificare tiranti elevati, dell'ordine del metro.

L'acqua tracimata in sinistra dalla sezione n.49 in giù partecipa anch'essa al deflusso, confinata tra la strada provinciale n.75 e la via Jacopone da Todi, viabilità che a valle dell'imbocco del lungo intubamento 45.8Culv delimita una sicura area di accumulo idrico rappresentata in cartografia come area ad inondazione diretta per entrambi i tempi di ritorno.

Anche in destra sono state introdotte aree ad inondazione diretta a fianco della predetta strada comunale parallela all'intubamento, ove si segnalano aree ristrette particolarmente depresse.

Lungo tutto il tratto intubato, largamente insufficiente, non stato possibile effettuare un rilievo topografico di sezioni trasversali prive di alveo, essendo presenti sia in sinistra sia in destra zone di accumulo con varie connessioni idrauliche. Tuttavia ritenendo altamente probabile che le portate idriche non ricevute dall'intubamento possano raggiungere l'alveo presso l'uscita dell'intubamento stesso attraverso i passaggi che si realizzano nei brevi tratti particolarmente depressi della viabilità afferente alla rotatoria della S.P.375, è stata ritenuta plausibile la simulazione che Hec-Ras ha fatto di tali portate nella quale ha considerato come un lungo stramazzo il percorso idrico che in realtà si sviluppa all'interno dell'area urbana.

Seguendo questa impostazione, ritenuta a favore di sicurezza per aver trascurato perdite idriche incerte, sono stati individuati in cartografia i corridoi di attraversamento depressi della predetta viabilità sulla base dell'esame visivo e delle quote riportate nella cartografia tecnica regionale e sono state altresì individuate le aree inondabili che in conseguenza si generano, rinunciando localmente ad una maggiore e difficile analisi più rigorosa.

In prossimità della rotatoria che rimarrebbe emersa, aree rialzate di pertinenza di civili abitazioni sono state qui considerate ad inondazione indiretta poiché più alte rispetto ai tratti depressi della viabilità. Nel centro abitato sono state individuate aree di inondazione indiretta in destra idraulica del tratto intubato in presenza di connessioni idrauliche e di depressioni morfologiche.

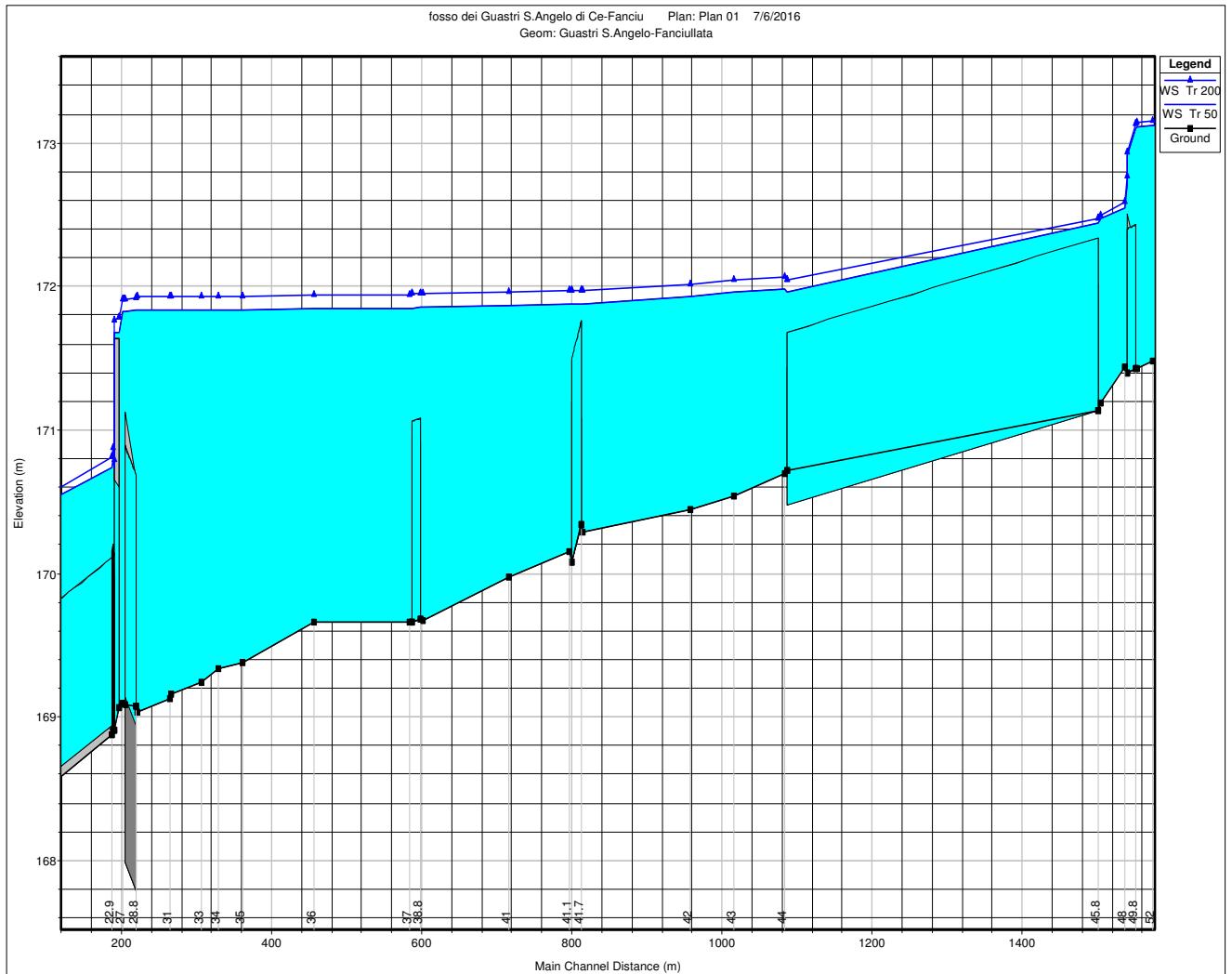
Le portate idriche che percorrono il tratto urbano adiacente l'intubamento ed attraversano la predetta rotatoria stradale di S.Angelo di Celle risultano pari a $3.89m^3/s$ e $4.68m^3/s$: esse derivano dalle portate, pari a $4.65m^3/s$ e $5.41m^3/s$, residuate dalle perdite idriche dagli argini in sinistra nelle prime sezioni di monte, rispettivamente per i tempi di ritorno cinquantennale e duecentennale, decurate delle portate estremamente basse, pari rispettivamente a $0.76m^3/s$ e $0.73m^3/s$ che possono essere convogliate dall'intubamento.

All'uscita dell'intubamento le portate crescono per l'aumento di superficie di bacino imbrifero coinvolta che qui comprende anche il centro abitato di S.Angelo di Celle.

Nel tratto tra S.Angelo di Celle e Fanciullata sono state opportunamente trascurate perdite idriche dalla sponda sinistra più bassa, a favore di sicurezza, date le modeste pendenze trasversali verso Est che non impediscono all'acqua fuoriuscita di contribuire al deflusso in direzione parallela all'alveo, comportamento di cui si è tenuto conto delimitando per ciascuna sezione l'estensione dell'area efficace con gli appositi limiti ad una distanza di circa 20m dal ciglio della sponda sinistra.

In destra idraulica i limiti di inondazione sono meglio definiti per le quote più elevate del terreno e per la maggiore estensione trasversale del rilievo topografico.

In tale tratto i tiranti idrici risultano variabili da 1.0m a 1.30m con poca differenza tra i due tempi di ritorno. Si risente fortemente dell'effetto di rigurgito provocato dal ponte ferroviario di Fanciullata 25.8Bridge insieme all'attiguo tratto intubato 23.8Culv; rigurgito esteso a monte per circa 850m fino in vicinanza della sezione n.45, ove sbocca l'intubamento di S.Angelo di Celle, come è immediato osservare nel profilo longitudinale sottoriportato, estratto da Hec-Ras.



La maggior parte della portata scorre esternamente all'alveo, con bassissime velocità anche nell'alveo stesso e i due ponticelli su strade campestri rimangono sommersi. Tutto ciò a fronte di una pendenza media del tratto in questione pari a 0.0019 (1.9 per mille), che, date le dimensioni delle sezioni rilevate potrebbe essere in grado di far convogliare in alveo le portate attese.

Per effetto dell'insufficienza dei predetti attraversamenti anche l'abitato di Facciullata risulta soggetto ad inondazioni, come rappresentato nella cartografia delle aree inondabili.

In particolare tra la sezioni n.30 e n.27 l'acqua fuoriuscita in destra idraulica stramazza dalla strada comunale su un campo da gioco più basso, inondando indirettamente attraverso connessioni idrauliche la maggior parte del centro abitato, superficie depressa, confinata tra la strada stessa e la ferrovia.

Si ritiene che per l'evento duecentennale l'acqua passi sopra i binari della ferrovia, viceversa tale comportamento risulta incerto per l'evento cinquantennale.

L'intubamento 22.9Culv riesce a convogliare al massimo portate pari a $1.12\text{m}^3/\text{s}$ pertanto l'eccedenza che in qualche modo passa oltre il ponte ferroviario viene valutata da Hec-Ras come portata d'acqua che corre a stramazzo sopra l'intubamento stesso per poi affluire allo sbocco, con portate significative che risultano pari a $6.66\text{m}^3/\text{s}$ e $8.41\text{ m}^3/\text{s}$ ("Q Weir" nella notazione di Hec-

Ras), come si può vedere nelle tabelle seguenti dove compaiono i risultati forniti in termini di grandezze idrauliche specifiche dell'intubamento.

Plan: Plan 01 fosso del Gustrì S.AngeFanc RS: 22.9 Culv Group: Culvert #1 Pro			
Q Culv Group (m³/s)	1.12	Culv Full Len (m)	124.92
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.04
Q Barrel (m³/s)	1.12	Culv Vel DS (m/s)	1.04
E.G. US. (m)	170.80	Culv Inv El Up (m)	168.94
W.S. US. (m)	170.74	Culv Inv El Dn (m)	168.42
E.G. DS (m)	170.44	Culv Frctn Ls (m)	0.34
W.S. DS (m)	170.19	Culv Exit Loss (m)	0.00
Delta EG (m)	0.36	Culv Entr Loss (m)	0.03
Delta WS (m)	0.55	Q Weir (m³/s)	6.66
E.G. IC (m)	170.70	Weir Sta Lft (m)	0.00
E.G. OC (m)	170.80	Weir Sta Rgt (m)	13.04
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.03
Culv WS Inlet (m)	170.11	Weir Max Depth (m)	1.90
Culv WS Outlet (m)	169.59	Weir Avg Depth (m)	0.50
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m²)	6.53
Culv Crt Depth (m)	0.58	Min El Weir Flow (m)	169.81

Plan: Plan 01 fosso del Gustrì S.AngeFanc RS: 22.9 Culv Group: Culvert #1 Pro			
Q Culv Group (m³/s)	1.12	Culv Full Len (m)	124.92
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.04
Q Barrel (m³/s)	1.12	Culv Vel DS (m/s)	1.04
E.G. US. (m)	170.89	Culv Inv El Up (m)	168.94
W.S. US. (m)	170.82	Culv Inv El Dn (m)	168.42
E.G. DS (m)	170.52	Culv Frctn Ls (m)	0.34
W.S. DS (m)	170.37	Culv Exit Loss (m)	0.00
Delta EG (m)	0.36	Culv Entr Loss (m)	0.03
Delta WS (m)	0.45	Q Weir (m³/s)	8.41
E.G. IC (m)	170.78	Weir Sta Lft (m)	0.00
E.G. OC (m)	170.89	Weir Sta Rgt (m)	13.28
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.17
Culv WS Inlet (m)	170.11	Weir Max Depth (m)	1.99
Culv WS Outlet (m)	169.59	Weir Avg Depth (m)	0.58
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m²)	7.69
Culv Crt Depth (m)	0.58	Min El Weir Flow (m)	169.81

Pertanto anche a valle della ferrovia, l'acqua non ricevuta dall'intubamento fuoriesce dalla copertura precaria all'imbocco e invade direttamente sia in destra sia in sinistra le abitazioni più vicine, compreso il maneggio. Attorno sono state introdotte aree ad inondazione indiretta, interessate dall'acqua che rientra in alveo a valle dell'intubamento, ove, data la maggiore pendenza del fondo e le maggiori dimensioni dell'alveo attivo, l'acqua risulta contenuta all'interno, in regime di corrente lenta.

Si fa presente che le portate transitanti lungo tutto il tratto studiato e risultanti dalla simulazione idraulica sono conseguenti alle perdite idriche del tratto iniziale di monte, pertanto risultano sensibilmente inferiori ai valori di portata assegnati a ciascuna delle dieci sezioni, calcolati preliminarmente sulla base della relazione idrologica, come prima descritto. Come si osserva nella tabella dei risultati contenuta nell'allegato 2 alla presente relazione.

Questa circostanza fa considerare che un intervento di miglioramento delle condizioni idrauliche per eliminare tali perdite a monte potrebbe influire negativamente nel tratto finale di valle. Pertanto eventuali interventi sul corso d'acqua dovranno essere estesi almeno all'intero tratto studiato.

Perugia, 15 luglio 2016

Dott.ing.Paolo Angeloni