

S.S. 260 "PICENTE"
LAVORI DI ADEGUAMENTO PLANO ALTIMETRICO DELLA SEDE STRADALE

Lotto "3" – da San Pelino a Marana di Montereale (Aq)
Convenzione di Cofinanziamento ANAS – Regione Abruzzo – Provincia di L'Aquila in data 28/11/05 Rep. n°25597

CUP: F11B07000480001 – CIG: 665875741B

PROGETTO ESECUTIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



Sede di Firenze
Viale G. Amendola n.6 int.3
50121 Firenze – 0552001660
www.politecnica.it

Direttore della Progettazione Responsabile Opere stradali ed idrauliche	Responsabile Opere Strutturali Coordinatore Sicurezza in fase di progettazione	Responsabile Geologia	Direttore Tecnico Responsabile Opere Impiantistiche	Responsabile Ambientale
Ing. Marcello Mancone Ord. ing. di Firenze n.5723	Ing. Tommaso Conti Ord. ing. di Pistoia n.1149/A	Dott. Pietro Accolti Gil Ord. geol. della Toscana n.728	Ing. Francesco Frassinetti Ord. ing. Bologna n.5897/A	Arch. Maria Cristina Fregni Ord. arch. di Modena n.611

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. *FRANCESCO RUOCCO*

IMPRESA ESECUTRICE :

Responsabile di Commessa
Geom. Giacomo Giona
Direttore Tecnico
Ing. Mauro Martini



04–IDROLOGIA E IDRAULICA

—

RELAZIONE IDRAULICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE		PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	04.02_P00_ID00_IDR_RE02_A		04.02		
L0718B	E	1801			A	—
CODICE ELAB.		P00 ID00 IDR RE02				
A	CONSEGNA LUGLIO 2018	07/2018	M. MANCONE	M. MANCONE	M. MANCONE	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

INDICE.....	1
1. INTRODUZIONE.....	2
1.1. OBIETTIVI E CRITERI DEL PROGETTO IDRAULICO	3
1.2. Classificazione e descrizione degli interventi	4
1.2.1. Opere per il drenaggio delle acque di piattaforma	4
1.2.2. Opere per il drenaggio delle acque di versante	5
1.2.3. Opere a difesa del rilevato stradale	6
2. DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	8
2.1. Schema di drenaggio delle acque di piattaforma.....	8
2.1.1. Determinazione della pioggia critica per la piattaforma stradale.....	8
2.1.2. Determinazione dell'interasse degli embrici.....	9
2.1.3. Dimensionamento dei collettori di recapito delle acque di piattaforma.....	10
2.1.4. Risultati dei dimensionamenti.....	10
3. DRENAGGIO DELLE ACQUE DI VERSANTE	11
3.1. Tombini.....	11
3.1.1. Determinazione delle portate di progetto	13
3.1.2. Verifiche idraulica tombini	13
3.2. Fossi di guardia e canalette rettangolari.....	16
3.2.1. Determinazione delle portate di progetto	17
3.2.2. Verifica idraulica	18
3.3. Inalveazioni.....	20
3.3.1. Determinazione delle portate di progetto	20
3.3.2. Verifica idraulica	21
4. MODELLAZIONE IDRAULICA DEL FIUME ATERNO E OPERE A DIFESA DEL CORPO STRADALE	24
4.1. Modellazione idraulica	24
4.2. Impostazioni del Modellazione idraulica.....	24
4.2.1. Portata di progetto e condizioni al contorno	25
4.2.2. Geometria del corso d'acqua	25
4.3. Risultati delle modellazioni	30
4.3.1. Stato ante-operam	30
4.3.2. Stato post-operam.....	33
5. INTERVENTI DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE	38
5.1. Verifica delle tensioni di trascinamento.....	38

1. INTRODUZIONE

La presente "Relazione Idraulica" riguarda le scelte tipologiche e progettuali, il dimensionamento e la verifica delle opere di sistemazione idraulica previste nel Progetto Esecutivo "S.S. 260 Picente. Lavori di adeguamento piano altimetrico della sede stradale. Lotto 3° - Tratto da San Pelino a Marana di Montereale (AQ)" Tali opere sono finalizzate (i) alla raccolta delle acque meteoriche intercettate dalla piattaforma stradale, (ii) alla regimazione del deflusso dell'acqua nel sistema di corsi d'acqua, fossi e impluvi superficiali minori interferenti con il tracciato stradale e (iii) alla messa in sicurezza della viabilità di progetto rispetto alle piene del Fiume Aterno.

L'impostazione e le scelte progettuali si basano sul Progetto Definitivo e sull'offerta presentata in fase di gara; le differenze principali riguardano l'ottimizzazione del progetto con la definizione dei particolari di ogni manufatto e all'approfondimento del progetto dell'opera.

L'inquadramento generale delle opere di sistemazione idraulica (tipologia, ubicazione, identificazione, geometria) è graficamente schematizzato nelle Planimetrie Idrauliche (04.04_P00_ID01_IDR_PL01_A - 04.05_P00_ID01_IDR_PL02_A - 04.06_P00_ID01_IDR_PL03_A - 04.07_P00_ID01_IDR_PL04_A - 04.08_P00_ID01_IDR_PL05_A), mentre per i particolari delle singole opere si rimanda agli elaborati di dettaglio, discussi nei prossimi capitoli.

1.1. OBIETTIVI E CRITERI DEL PROGETTO IDRAULICO

Il progetto idraulico, che si basa sulla "Relazione idrologica" (04.01_P00_ID00_IDR_RE01_A) prevede il dimensionamento di opere adeguate finalizzate:

- al drenaggio delle acque meteoriche intercettate dalla piattaforma stradale,
- alla regimazione del deflusso dell'acqua nel sistema di corsi d'acqua, fossi e impluvi superficiali minori interferenti con il tracciato stradale
- alla messa in sicurezza della viabilità di progetto rispetto alle piene del Fiume Aterno.

Il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche, coerentemente con quanto previsto nel progetto definitivo e nell'offerta di gara, sono stati sviluppati con riferimento ai seguenti tempi di ritorno (T_R):

- Fossi di guardia a servizio dell'asse principale: $T_R = 50$ anni;
- Canalette in cls a servizio dell'asse principale: $T_R = 50$ anni;
- Inalveazioni: $T_R = 50$ anni;
- Tombini di attraversamento della piattaforma stradale: $T_R = 100$ anni;
- Opere di difesa dalle piene del corpo stradale: $T_R = 200$ anni;
- Cunette e tubazioni di drenaggio della piattaforma stradale: $T_R = 25$ anni;
- Interasse embrici e lunghezza di sufficienza idraulica cunette stradali: $T_R = 25$ anni;

I criteri per la verifica idraulica dei manufatti e/o corsi d'acqua sono i seguenti:

- **Fossi di guardia/canalette ad U:** verifica per confronto della portata di progetto con la portata massima smaltibile, in condizioni di moto uniforme completamente turbolento e considerando un grado di riempimento pari al 80% e la pendenza media (per dettagli vedi par.3.2);
- **Inalveazioni:** criterio di verifica analogo ai fossi di guardia (per dettagli vedi par.3.3);
- **Tombini** di attraversamento della piattaforma stradale: verifica in condizioni di moto uniforme e permanente, effettuata confrontando la portata di progetto con la portata massima smaltibile, calcolata considerando un franco superiore al 30% dell'altezza utile dell'opera e comunque superiore a 0.75 m con alcune eccezioni per i tombini di dimensioni minori; approfondimento di verifica effettuato tracciando il profilo idrico all'interno dei

manufatti e verificando il rispetto di un franco idraulico superiore al 30% dell'altezza utile dell'opera (per dettagli vedi Par.3.1)

- **Cunette e tubazioni di drenaggio delle acque meteoriche:** dimensionamento dei manufatti di drenaggio delle acque di piattaforma con il metodo razionale in riferimento al valore dell'altezza di precipitazione h fornito dalla curva di possibilità pluviometrica delle piogge di breve durata ed elevata intensità per un tempo di ritorno di 25 anni. Si assume un grado di riempimento massimo accettato pari al 50% per diametri inferiori a 400mm e pari al 70% per diametri superiori o uguali a 400 mm. La verifica dei diametri dei collettori sulla portata di progetto viene effettuata ipotizzando che si instauri la condizione di moto uniforme.
- **Caditoie / embrici:** determinazione dell'interasse determinato imponendo che a fronte di uno scroscio di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni, la vena liquida sia contenuta in ogni caso entro 0.75 m di distanza dal ciglio banchina.

1.2. Classificazione e descrizione degli interventi

Le opere di sistemazione idraulica si dividono in quattro categorie:

- **Opere per il drenaggio delle acque di piattaforma:** cunette, embrici, caditoie, pozzetti, canalette, collettori e manufatti di scarico al ricettore (Cap.2);
- **Opere per il drenaggio delle acque di versante:** tombini, fossi di guardia, canalette, inalveazioni, manufatti di scarico al ricettore (Cap.3);
- **Opere a difesa del rilevato stradale:** protezione del corpo stradale con gabbioni (Cap.5).

1.2.1. Opere per il drenaggio delle acque di piattaforma

Il drenaggio delle acque di piattaforma è stato implementando prevedendo un sistema di smaltimento delle acque mediante cunette e dove necessario pozzetti di raccolta e tubazioni nei tratti in trincea e embrici nei tratti in rilevato. Le acque così raccolte vengono inviate direttamente al reticolo superficiale esistente.

Le due principali tipologie di smaltimento delle acque sono descritte e riportate a seguire:

- Nei tratti in rilevato, il deflusso delle acque meteoriche di drenaggio della piattaforma stradale all'interno della sezione idrica definita dalla superficie della banchina e dal cordolo di separazione carreggiata-ciglio stradale e l'allontanamento della stessa a mezzo di canalette prefabbricate ad embrice poste sui lati stradali di deflusso con recapito in continuo nei fossi di guardia presenti in adiacenza al rilevato stradale.
- Nei tratti in trincea e lungo i muri di sostegno, il deflusso delle acque meteoriche di drenaggio della piattaforma stradale mediante cunette prefabbricate in cls fino a raggiungere, compatibilmente con la capacità di smaltimento delle cunette e la pendenza longitudinale della piattaforma stradale, il tombino più vicino scaricando mediante caditoia a griglia e pozzetto di raccolta.

Inoltre in alcuni tratti della carreggiata stradale si è reso necessario l'utilizzo di caditoie a griglia interconnesse da tubazione aventi come recapito finale i tombini o il reticolo idraulico superficiale. Tale sistema di drenaggio è stato previsto:

- nel sottovia dello svincolo Cagnano Amiterno
- nei tratti in trincea , laddove la capacità di smaltimento della cunetta prefabbricata risulta insufficiente (vedi tavole delle planimetrie idrauliche).

Le tubazioni hanno un grado di riempimento massimo accettato pari al 50% per diametri inferiori a 400 mm e pari al 70% per diametri maggiori o uguali a 400 mm. Il ricoprimento minimo dei collettori è pari a 0.70 m, ritenuto sufficiente per tutti i diametri impiegati in quanto posizionati prevalentemente sotto l'arginello ed in misura limitata, sotto la banchina.

1.2.2. Opere per il drenaggio delle acque di versante

In aggiunta agli attraversamenti principali in corrispondenza di ponti e viadotti, la strada intercetta le vie secondarie di deflusso delle acque (fossi naturali minori, impluvi e depressioni naturali del terreno) e riduce la capacità di deflusso del sistema di scorrimento superficiale esistente durante gli eventi meteorici sia ordinari che straordinari. La mitigazione delle interferenze con il reticolo idrografico prevede:

- **Tombini** di attraversamento del corpo stradale che rendono permeabile la strada rispetto a eventi meteorici ordinari e fino a tempi di ritorno $T_R = 100$ anni;

- **Fossi di guardia/canalette rettangolari** a monte dell'infrastruttura stradale a protezione della stessa che convogliano l'acqua raccolta negli impluvi naturali e a valle per la raccolta dell'acqua drenata dalle scarpate e dagli embrici;
- **Inalveazioni** per la regimazione delle acque, la deviazione di fossi, il recapito nei corsi d'acqua esistenti.

I **tombini** di attraversamento del rilevato stradale consentono di ripristinare la continuità dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale esistente intercettato dalla strada mediante un collegamento tra monte e valle, opportunamente dimensionato dal punto di vista idraulico. Tutti i tombini di attraversamento sono realizzati in cemento armato e sono di tipo scatolare o di tipo circolare in funzione della portata da smaltire e dalla tipologia di tombino (nuovo o di prolungamento di un tombino esistente).

Il criterio per la verifica idraulica richiede che il franco idraulico lungo l'opera sia superiore al 30% dell'altezza utile dell'opera e comunque di norma superiore a 0.75 m. L'elenco completo dei tombini è riportato insieme alla relativa verifica idraulica (Par.3.1.2). Per i dettagli grafici si rimanda agli elaborati specifici di ciascun tombino.

I **fossi di guardia** sono presenti su entrambi i lati della piattaforma stradale, sono in terra ed hanno forma trapezia, con base minore B pari a 0.50 m e scarpa di pendenza 1/1 (Par.3.2). Nei tratti in cui si instaurano delle velocità superiori a 3 m/s è stato previsto il rivestimento mediante geocomposito.

Le **canalette rettangolari ad "U"** in cls sono state previste dove la conformazione molto acclive dei pendii impediva la realizzazione di fossi di guardia. Le canalette hanno base e altezza di dimensione pari a 50 cm.

Le **inalveazioni inerbite o rivestite** sono realizzate nelle zone di imbocco e sbocco dei tombini e nei casi in cui l'andamento della linea d'acqua naturale debba essere deviato o regimato (Par.3.3).

1.2.3. Opere a difesa del rilevato stradale

La viabilità di progetto corre in adiacenza al fiume Aterno che può essere classificato come *reticolo idrografico principale*; il presente Progetto Esecutivo prevede interventi di protezione del rilevato stradale mediante gabbionate nei tratti dove la piena duecentennale lambisce il piede delle scarpate. Per i dettagli delle sistemazioni del reticolo idrografico principale si rimanda al Cap.5.

Le interferenze tra il corpo stradale e il reticolo idrografico secondario sono risolte, come detto in precedenza, mediante tombini e opportune inalveazioni nelle zone di imbocco e sbocco.

Il terreno alla base del corpo stradale è protetto e messo in sicurezza con **gabbionate metalliche di pietrame**. I dettagli delle singole sistemazioni sono contenute nell'elaborato (04.14_P00_ID02_IDR_PL05_A).

2. DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

2.1. Schema di drenaggio delle acque di piattaforma

Come descritto precedentemente le acque incidenti sulla piattaforma stradale vengono drenate e smaltite con differenti modalità nei tratti in scavo, rilevato o sottovia. In rilevato, il deflusso delle acque meteoriche di drenaggio della piattaforma stradale avviene all'interno della sezione idrica definita dalla superficie della banchina e dal cordolo di separazione carreggiata-ciglio stradale e lo scarico avviene tramite canalette prefabbricate ad embrice poste sui lati stradali ad interasse calcolato come specificato nei paragrafi successivi hanno dimensioni di 30x50 cm e sono bloccate per mezzo di tondini in ferro $\varnothing 24$ della lunghezza di 80 cm.

Nei tratti in scavo e lungo i muri di sostegno a monte, il deflusso avviene invece nella sezione idrica rappresentata dalla cunetta alla francese prefabbricata di lunghezza 75 cm; lo scarico avviene mediante raccolta da pozzetti di dimensioni interne 60x60 cm, forniti di caditoia a griglia, e la portata viene successivamente incanalata in collettori di linea posati con pendenza pari a quella della carreggiata stradale, con ricoprimento minimo di 0.70 m posizionati prevalentemente sotto l'arginello ed in misura limitata, sotto la banchina.

I collettori di linea, dimensionati come dettagliato nei successivi paragrafi, sono di diametro esterno $\varnothing 315$ e $\varnothing 400$ in polipropilene;

Per i dettagli costruttivi dei diversi sistemi di drenaggio, degli embrici, delle zanelle e delle tubazioni si veda l'elaborato 04.09_P00_ID01_IDR_DT01_A.

Si riportano a seguire i procedimenti ed i calcoli per la determinazione delle portate delle acque meteoriche di piattaforma.

2.1.1. Determinazione della pioggia critica per la piattaforma stradale

La portata di deflusso della piattaforma stradale è stata calcolata con il metodo razionale, ad ogni intervallo tra due sezioni stradali, calcolata con la seguente formula:

$$Q = \frac{C A h}{t}$$

dove:

- C = coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.9 per la piattaforma stradale e 0.3 per le scarpate in terra
- A = superficie drenante
- h = altezza di pioggia, calcolata come at^n
- t = tempo di corrivazione, assunto pari a 10 minuti, come da progetto definitivo e offerta di gara.

Dipendentemente dal tratto interessato alla progettazione, la superficie drenante è pari alla distanza tra due sezioni stradali per la larghezza dell'intera piattaforma nei tratti in rettilineo o per la larghezza di metà piattaforma nei tratti in curva.

La carreggiata di progetto ha una superficie pavimentata di 10.0 m, con pendenza longitudinale e trasversale variabile. La portata per unità di lunghezza scolante dalla carreggiata è stata calcolata in ogni sezione stradale e ne è stata calcolata la cumulata per ogni tratto elementare in cui si mantengono costanti le caratteristiche geometriche (pendenza longitudinale, trasversale) e le caratteristiche tipologiche (rilevato, scavo, viadotto, galleria artificiale).

Questa metodologia è stata utilizzata sia per il calcolo dell'interasse degli embrici che per il dimensionamento dei collettori di smaltimento dell'acqua di piattaforma (zanelle e tubazioni).

2.1.2. Determinazione dell'interasse degli embrici

Il dimensionamento dell'interasse da assegnare alle canalette ad embrici ed alle caditoie, viene determinato imponendo che a fronte di uno scroscio di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni, imponendo che la vena liquida sia contenuta in ogni caso entro 0.75 m di distanza dal ciglio (la banchina è larga 1,25 m e ha pendenza massima di 7,0%).

L'interasse B [m] degli imbocchi dei manufatti di drenaggio è valutato con la seguente formula:

$$B = \frac{Q}{q_0}$$

dove q_0 [l/s] è la massima portata convogliabile dal margine della pavimentazione, calcolata col metodo razionale.

La portata smaltita al margine della pavimentazione può essere calcolata nell'ipotesi di moto uniforme con la formula di Chézy:

$$Q = k_s A R^{\frac{2}{3}} s_L^{\frac{1}{2}}$$

dove K_s [$m^{1/3}/s$] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (assunto pari a 70), A [m^2] è l'area bagnata della sezione liquida, R [m] è il raggio idraulico corrispondente e s_L [m/m] è la pendenza longitudinale della strada.

L'acqua di piattaforma smaltita in prossimità degli embrici corrisponde all'acqua in banchina fino ad 0.75 m dal ciglio esterno;.

2.1.3. Dimensionamento dei collettori di recapito delle acque di piattaforma

Per il dimensionamento dei collettori di recapito delle acque di piattaforma (zanelle e tubazioni) è stato utilizzato lo stesso metodo, oververosia è stata confrontata la massima portata smaltibile dalla sezione della sola cunetta alla francese con la portata defluita in una determinata sezione dalla piattaforma stradale.

La portata smaltita è stata calcolata in ogni sezione stradale cumulando ciascun tratto elementare fino alla sezione di chiusura. Come sezione di chiusura è stata assunta in prima istanza la sezione in corrispondenza di ciascun tombino e successivamente, nei punti in cui la cunetta è risultata insufficiente, è stato previsto uno scarico in un pozzetto 60x60cm con caditoia a griglia e una tubazione per recapitare la portata al tombino più vicino seguendo la pendenza longitudinale della piattaforma stradale.

La massima portata smaltibile è stata ancora calcolata nell'ipotesi di moto uniforme con la formula di Chézy:

$$Q = k_s A R^{\frac{2}{3}} s_L^{\frac{1}{2}}$$

dove K_s [$m^{1/3}/s$] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (assunto pari a 70), A [m^2] è l'area bagnata della sezione della sola cunetta alla francese o della tubazione, R [m] è il raggio idraulico corrispondente e s_L [m/m] è la pendenza longitudinale della strada per la cunetta o l'1.00% per le tubazioni.

2.1.4. Risultati dei dimensionamenti

I risultati dei calcoli dei dimensionamenti dei collettori di recapito delle acque di piattaforma, degli interassi degli embrici, e delle tubazioni sono riportati nell'allegato A.

3. DRENAGGIO DELLE ACQUE DI VERSANTE

Il drenaggio delle acque di versante trattate in questo capitolo riguarda le vie secondarie di deflusso delle acque (fossi naturali minori, impluvi e depressioni naturali del terreno), che il progetto stradale intercetta riducendo la capacità di deflusso durante gli eventi meteorici sia ordinari che straordinari. La mitigazione delle interferenze con il reticolo idrografico secondario prevede lo studio e la verifica di tombini (Par.3.1), fossi di guardia e canalette rettangolari (Par. 3.2) e inalveazioni all'imbocco o allo sbocco di tombini (Par. 3.3).

3.1. Tombini

Le acque defluenti attraverso il reticolo idrografico superficiale e intercettate dal corpo stradale, in assenza di ponti o viadotti sono trasferite da monte a valle mediante tombini, che consentono di mantenere la continuità delle vie d'acqua e intercettano l'acqua raccolta dai fossi di guardia. I tombini sono stati opportunamente dimensionati sia dal punto di vista idraulico che strutturale. Inoltre, nelle zone di imbocco e sbocco e lungo la transizione tra la via d'acqua naturale e il tombino, sono previsti opportuni manufatti di protezione nei confronti di fenomeni erosivi e pozzetti di confluenza tra i fossi di guardia e il tombino. Infine devono essere garantiti adeguati ricoprimenti minimi rispetto alla livelletta stradale (minimo 0.70 m), eventualmente prevedendo pozzetti di salto all'imbocco e riprofilatura del terreno all'imbocco e allo sbocco. I dettagli geometrici dei singoli manufatti sono graficizzati negli specifici elaborati.

In una prima fase il funzionamento idraulico dei tombini è assimilato a quello di una tubazione in cui si sviluppano condizioni di moto uniforme completamente turbolento, nel caso di deflusso a pelo libero, trascurando le perdite di carico e le caratteristiche del ricettore di valle. L'ipotesi di moto uniforme non risulta sufficiente data l'irregolarità delle pendenze e delle condizioni di imbocco e sbocco che, per la conformazione dei manufatti, che presentano notevoli salti di fondo e rendono non trascurabili le perdite di carico localizzate. In un ulteriore approfondimento di verifica, si è scelto di affinare l'analisi del deflusso adottando l'ipotesi di moto permanente. In particolare, è stato usato il software HY-8 Culvert Analysis (version 7.0), sviluppato da FHWA (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration). HY-8 assiste nella verifica dei tombini riproducendo la curva di deflusso e il profilo di rigurgito all'interno del tombino, risolvendo diversi tipi di profilo in moto permanente con alcune ipotesi semplificative. E' possibile inoltre includere gli effetti delle diverse tipologie di imbocco e sbocco, riprodurre correnti rigurgitate a valle e la tracimazione della corrente oltre la piattaforma stradale. Il software si basa sulla procedura di calcolo descritta nel Report "Hydraulic Design Series 5, Hydraulic Design of Highway Culverts" (HDS-5) dell' U.S. EPA, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Viene adottata la tipologia in c.a (sezioni scatolari o circolari) per le opere di attraversamento.

In questa fase di progettazione esecutiva è stata inoltre affinata l'analisi geomorfologica dei bacini. In particolare sono state individuate le superfici drenanti utilizzando un software di analisi GIS ed è stato calcolato per ciascun bacino lo specifico tempo di corrivazione utilizzando la formula di Kirpich, ritenuta la più cautelativa ed affidabile in riferimento al territorio di tipo collinare/montano, caratterizzato da bacini di estensione limitata e pendenze significative.

Questo affinamento di calcolo ha portato ad un modesto aumento delle portate drenate rispetto alle valutazioni pregresse, pertanto è stato necessario aumentare la sezione idraulica di alcuni tombini.

Due dei nuovi tombini previsti nel progetto definitivo sono stati invece eliminati dal presente progetto, essendo possibile dirottare le portate negli attraversamenti idraulici vicini

Sono invece stati aggiunti un nuovo tombino in prossimità di un compluvio della nuova piattaforma stradale ed un prolungamento di un tombino esistente sulla rampa 1 che in fase di progettazione definitiva non era stato rilevato.

La tabella seguente riporta un riepilogo delle tipologie di attraversamenti e dimensioni utilizzate, riportando anche le dimensioni dei tombini del progetto definitivo e di quelli offerti in gara evidenziando le modifiche effettuate nelle varie fasi di progettazione. In rosso sono evidenziati i tombini eliminati, mentre in verde i tombini che sono stati implementati:

Tabella 1 – Dimensione dei tombini e confronto con le precedenti fasi di progettazione

TOMBINO CODIFICA	PROGR. [km+m]	TIPO DI INTERVENTO	PD			OFF.GARA			PE		
			B	H	diam	B	H	diam	B	H	diam
Opera_0	0+130	Tombino esistente da mantenere	4000	2500		4000	2500		4000	2500	
Opera_1	0+275	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_2	0+475	Nuovo tombino	4500	2000		4500	2000		4500	2000	
Opera_3	0+785	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_3b	0+847	Nuovo tombino									1000
Opera_4	0+946	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_5	1+080	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_6	1+1290	Prolungamento tombino esistente	3000	3500		3000	3500		3000	3500	
Opera_7	1+405	Nuovo tombino			1500			1500	1500	1500	
Opera_7A	1+465	Prolungamento tombino esistente	800	1500		800	1500		1200	1000	
Opera_8	1+495	Nuovo tombino			1500			1500			
Opera_9	1+656	Prolungamento ponticello esistente	4000	4000		4000	4000		3400	3750	
Opera_10	1+728	Prolungamento tombino esistente	1500	2900		1500	2900		1500	2900	
Opera_11	1+805	Prolungamento tombino esistente			600			600			
Opera_11A	1+915	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_12	2+058	Prolungamento ponticello esistente	4000	4200		4000	4200		4000	4200	
Opera_13	2+140	Nuovo tombino			1500			1500			
Opera_14	2+221	Prolungamento tombino esistente	2000	2700		2000	2700		2000	2300	
Opera_15	2+374	Prolungamento tombino esistente	2000	2700		2000	2700		2000	2300	
Opera_16	2+445	Prolungamento tombino esistente	1000	1000		1000	1000		1000	1000	
Opera_17	2+557	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino			600			1800	2000	2000	
Opera_18	2+645	Tombino esistente demolire e ricostruire			1500			1800			1800
Opera_19	2+754	Prolungamento tombino esistente	1400	2300		1400	2300		1400	2300	
Opera_20	rampa R5	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_21	2+914	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_21b	svincolo	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino									1000
Opera_22	rampa R1-R4	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_23	3+026	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_24	3+078	Nuovo tombino			1500			1500			1500
Opera_25	rampa R2	Prolungamento tombino esistente	1000	800		1000	800		1000	800	
Opera_25A	3+250	Nuovo intervento offerto						1800	2000	2000	
Opera_26	3+509	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino			1500			1800	2000	2000	
Opera_27	3+772	Prolungamento tombino esistente	1000	1150		1000	1150		1000	1150	
Opera_28	arrocamento	Nuovo tombino			1500			1500			1500

Nel dettaglio sono stati eliminati i seguenti tombini:

- Opera 8: la portata relativa a quest'opera verrà smaltita dall'Opera_7a;
- Opera 11: la portata relativa a quest'opera verrà distribuita nelle opere 10 e 11a;
- Opera 13: la portata relativa a quest'opera verrà smaltita dall'Opera_14.

Mentre sono stati implementati, per motivi di insufficienza idraulica, i seguenti tombini:

- Opera 7: è stato aumentato a scatolare di dimensioni 1.5x1.5m;
- Opera 17: è stato aumentato a scatolare di dimensioni 2.0x2.0m;
- Opera 25a: è stato aumentato a scatolare di dimensioni 2.0x2.0m;
- Opera 26: è stato aumentato a scatolare di dimensioni 2.0x2.0m.

I due nuovi tombini in questa fase di progettazione sono:

- Opera 3b: la nuova piattaforma stradale, alla sezione 60, ha un compluvio che nel precedente progetto non era presente;
- Opera 21b: nelle precedenti fasi di progettazione non era stato rilevato il tombino esistente, di cui in questa fase è prevista la demolizione e sostituzione.

3.1.1. Determinazione delle portate di progetto

Le portate di progetto Q_p [m^3/s] sono state calcolate per un tempo di ritorno T_R pari a 100 anni. È stato utilizzato il metodo razionale, dove il tempo di corrivazione t_c [ore] è stato calcolato con la formula di Kirpich. I limiti dei bacini tributari e le loro caratteristiche morfometriche sono state determinate a partire dal DTM fornito dalla regione Abruzzo. La corografia dei bacini è riportata nell'elaborato 04.03_P00_ID00_IDR_CO01_A.

I dettagli del calcolo delle portate di progetto sono riportati nella "Relazione idrologica" (elaborato 04.01_P00_ID00_IDR_RE01_A)

3.1.2. Verifiche idraulica tombini

La verifica idraulica di tutti i tombini è stata effettuata con l'ausilio di apposito foglio di calcolo, confrontando la portata di progetto Q_p [m^3/s] con la portata massima smaltibile dal manufatto Q_{max} [m^3/s], calcolata utilizzando il criterio per la verifica idraulica che richiede per i tombini di attraversamento di corsi d'acqua naturali un franco idraulico lungo l'opera superiore al 30% dell'altezza utile dell'opera e comunque superiore a 0.75 m. Per i tombini aventi altezza inferiore a 1500 mm si ammette un franco idraulico inferiore a 0.75 m, purché risultino comunque verificati con rapporti franco/altezza utile ampiamente superiori al 30%.

La portata massima smaltibile è stata quindi calcolata in condizioni di moto uniforme considerando i tombini con funzionamento a pelo libero:

$$Q = K_s AR^{2/3} i^{1/2}$$

dove K_s [$m^{1/3}/s$] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (assunto pari a 70), A [m^2] è l'area bagnata, R [m] è il raggio idraulico e i [-] è la pendenza longitudinale. Il coefficiente di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a $70 m^{1/3}s^{-1}$ corrispondente al cls.

L'**ulteriore analisi sui tombini**, effettuata con il software HY8, prevede come dati in ingresso: la geometria del tombino, il diametro D o larghezza B e altezza H della sezione, quote di imbocco z_i e sbocco z_s assolute e rispetto al terreno naturale e la scabrezza. Per la scabrezza in questo caso è stato utilizzato il coefficiente di Manning n (in quanto richiesto dal software) con valore pari a $0.0143 m^{-1/3}s$ per i tombini in c.a., corrispondenti al coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 70 utilizzato per le verifiche precedenti. Tutti i tombini sono stati sottoposti a verifica idraulica in condizioni di moto permanente.

Le velocità allo sbocco v_s sono in alcuni casi elevate a causa delle pendenze; per prevenire fenomeni erosivi localizzati e limitare l'apporto di materiale solido all'interno dei tombini i fossi e le inalveazioni sono rivestiti in prossimità dei manufatti di sbocco con materassi RENO.

Nella Tabella 2 vengono riassunti i risultati delle verifiche in regime di moto uniforme completamente turbolento:

Tabella 2 – Risultati delle verifiche in moto uniforme dei tombini di progetto

TOMBINO CODIFICA	PROGR. [km+m]	TIPO DI INTERVENTO	PE			Q (m³/s)	CULVERT TYPE	B (mm)	H (mm)	DN (mm)	NO.	A	RH	K	i	vel	G.R. M.U. (%)	FRANCO M.U. (m)
			B	H	diam													
Opera_0	0+130	Tombino esistente da mantenere	4000	2500		3.83	SCATOLARE	4000	2500		1	1.61	0.3343	70	0.5%	2.38	16%	2.10
Opera_1	0+275	Nuovo tombino			1500	1.29	CIRCOLARE			1500	1	0.19	0.1509	70	4.0%	6.87	21%	1.18
Opera_2	0+475	Nuovo tombino	4500	2000		15.58	SCATOLARE	4500	2000		1	2.30	0.4168	70	3.0%	6.77	26%	1.49
Opera_3	0+785	Nuovo tombino			1500	2.58	CIRCOLARE			1500	1	0.50	0.2751	70	3.0%	5.13	33%	1.01
Opera_3b	0+847	Nuovo tombino			1000	0.10	CIRCOLARE			1000	1	0.07	0.0923	70	1.0%	1.43	15%	0.85
Opera_4	0+946	Nuovo tombino			1500	2.84	CIRCOLARE			1500	1	0.81	0.3578	70	1.0%	3.53	47%	0.80
Opera_5	1+080	Nuovo tombino			1500	1.40	CIRCOLARE			1500	1	0.48	0.2680	70	1.0%	2.91	32%	1.02
Opera_6	1+1290	Prolungamento tombino esistente	3000	3500		9.62	SCATOLARE	3800	2330		1	2.91	0.5458	70	0.5%	3.31	33%	1.56
Opera_7	1+405	Nuovo tombino	1500	1500		4.76	SCATOLARE	1500	1500		1	0.66	0.2760	70	6.0%	7.27	29%	1.06
Opera_7A	1+465	Prolungamento tombino esistente	1200	1000		2.19	SCATOLARE	1170	1000		1	0.92	0.3351	70	0.5%	2.39	78%	0.22
Opera_9	1+656	Prolungamento ponticello esistente	3400	3750		8.84	SCATOLARE	3400	3380		1	2.69	0.5401	70	0.5%	3.28	23%	2.59
Opera_10	1+728	Prolungamento tombino esistente	1500	2900		1.17	SCATOLARE	1500	2730		1	0.59	0.2570	70	0.5%	2.00	14%	2.34
Opera_11A	1+915	Nuovo tombino			1500	0.25	CIRCOLARE			1500	1	0.18	0.1475	70	5.0%	1.38	9%	1.36
Opera_12	2+058	Prolungamento ponticello esistente	4000	4200		7.75	SCATOLARE	4000	3980		1	2.54	0.4827	70	0.5%	3.05	16%	3.34
Opera_14	2+221	Prolungamento tombino esistente	2000	2300		1.29	SCATOLARE	2000	2100		1	0.66	0.2480	70	0.5%	1.95	16%	1.77
Opera_15	2+374	Prolungamento tombino esistente	2000	2300		6.99	SCATOLARE	2000	2100		1	2.18	0.5214	70	0.5%	3.21	52%	1.01
Opera_16	2+445	Prolungamento tombino esistente	1000	1000		0.36	SCATOLARE	1000	1000		1	0.25	0.1645	70	0.5%	1.49	25%	0.75
Opera_17	2+557	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino	2000	2000		9.43	SCATOLARE	2000	2000		1	1.17	0.3692	70	5.0%	8.06	29%	1.41
Opera_18	2+645	Tombino esistente demolire e ricostruire			1800	2.02	CIRCOLARE			1800	1	0.36	0.2156	70	5.0%	5.63	20%	1.44
Opera_19	2+754	Prolungamento tombino esistente	1400	2300		0.30	SCATOLARE	1400	2140		1	0.23	0.1335	70	0.5%	1.29	8%	1.97
Opera_20	rampa R5	Nuovo tombino			1500	0.30	CIRCOLARE			1500	1	0.07	0.0813	70	8.0%	4.15	9%	1.37
Opera_21	2+914	Nuovo tombino			1500	0.30	CIRCOLARE			1500	1	0.21	0.1592	70	1.0%	1.45	15%	1.28
Opera_21b	svincolo	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino			1000	0.30	CIRCOLARE			1000	1	0.07	0.0902	70	9.0%	4.22	15%	0.85
Opera_22	rampa R1-R4	Nuovo tombino			1500	0.30	CIRCOLARE			1500	1	0.11	0.1066	70	3.0%	2.73	11%	1.33
Opera_23	3+026	Nuovo tombino			1500	0.30	CIRCOLARE			1500	1	0.21	0.1592	70	0.5%	1.45	17%	1.24
Opera_24	3+078	Nuovo tombino			1500	0.30	CIRCOLARE			1500	1	0.25	0.1784	70	0.3%	1.21	20%	1.20
Opera_25	rampa R2	Prolungamento tombino esistente	1000	800		0.30	SCATOLARE	1000	690		1	0.17	0.1264	70	1.0%	1.76	25%	0.52
Opera_25A	3+250	Nuovo intervento offerto	2000	2000		8.01	SCATOLARE	2000	2000		1	1.86	0.4821	70	1.0%	4.30	47%	1.07
Opera_26	3+509	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino	2000	2000		8.51	SCATOLARE	2000	2000		1	1.10	0.3558	70	1.0%	7.70	49%	1.03
Opera_27	3+772	Prolungamento tombino esistente	1000	1150		1.07	SCATOLARE	1000	1030		1	0.53	0.2578	70	0.5%	2.01	52%	0.50
Opera_28	arrocamento	Nuovo tombino			1500	3.71	CIRCOLARE			1500	1	0.98	0.3951	70	1.0%	3.77	54%	0.68

Impresa

Progettista

Si fa notare che l'Opera_7a, che in moto uniforme non rispetta il grado di riempimento del 70%, viene verificata con il calcolo affinato in HY-8.

Nella Tabella 3 è riportato un sunto delle verifiche effettuate con HY-8:

Tabella 3 – Risultati delle verifiche con il software hy-8 dei tombini di progetto

TOMBINO CODIFICA	PROGR. [km+m]	TIPO DI INTERVENTO	PE			Q (m³/s)	velocità (m/s)	GR (HY8) (%)	FRANCO (cm)
			B	H	diam				
Opera_0	0+130	Tombino esistente da mantenere	4000	2500		3.83	-	-	-
Opera_1	0+275	Nuovo tombino			1500	1.29	3.75	39%	92
Opera_2	0+475	Nuovo tombino	4500	2000		15.58	5.36	54%	93
Opera_3	0+785	Nuovo tombino			1500	2.58	4.31	55%	67
Opera_3b	0+847	Nuovo tombino			1000	0.10	1.45	17%	83
Opera_4	0+946	Nuovo tombino			1500	2.84	2.66	58%	63
Opera_5	1+080	Nuovo tombino			1500	1.40	2.63	40%	90
Opera_6	1+1290	Prolungamento tombino esistente	3000	3500		9.62	3.14	37%	146
Opera_7	1+405	Nuovo tombino	1500	1500		4.76	5.41	67%	49
Opera_7A	1+465	Prolungamento tombino esistente	1200	1000		2.19	2.64	70%	30
Opera_9	1+656	Prolungamento ponticello esistente	3400	3750		8.84	3.29	26%	250
Opera_10	1+728	Prolungamento tombino esistente	1500	2900		1.17	2.83	15%	233
Opera_11A	1+915	Nuovo tombino			1500	0.25	2.88	17%	125
Opera_12	2+058	Prolungamento ponticello esistente	4000	4200		7.75	2.98	18%	325
Opera_14	2+221	Prolungamento tombino esistente	2000	2300		1.29	1.85	22%	164
Opera_15	2+374	Prolungamento tombino esistente	2000	2300		6.99	3.25	51%	102
Opera_16	2+445	Prolungamento tombino esistente	1000	1000		0.36	2.82	24%	76
Opera_17	2+557	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino	2000	2000		9.43	4.23	66%	69
Opera_18	2+645	Tombino esistente demolire e ricostruire			1800	2.02	4.58	38%	111
Opera_19	2+754	Prolungamento tombino esistente	1400	2300		0.30	1.30	7%	198
Opera_20	rampa R5	Nuovo tombino			1500	0.30	3.30	18%	123
Opera_21	2+914	Nuovo tombino			1500	0.30	1.84	18%	123
Opera_21b	svincolo	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino			1000	0.30	3.10	30%	70
Opera_22	rampa R1-R4	Nuovo tombino			1500	0.30	1.77	18%	123
Opera_23	3+026	Nuovo tombino			1500	0.30	1.48	18%	123
Opera_24	3+078	Nuovo tombino			1500	0.30	1.47	18%	123
Opera_25	rampa R2	Prolungamento tombino esistente	1000	800		0.30	1.43	39%	42
Opera_25A	3+250	Nuovo intervento offerto	2000	2000		8.01	5.20	59%	82
Opera_26	3+509	Demolizione tombino esistente + nuovo tombino	2000	2000		8.51	4.14	62%	77
Opera_27	3+772	Prolungamento tombino esistente	1000	1150		1.07	2.19	49%	53
Opera_28	arrocamento	Nuovo tombino			1500	3.71	3.36	67%	50

I profili liquidi ricavati col software HY8 sono riportati in allegato B.

3.2. Fossi di guardia e canalette rettangolari

I fossi di guardia rappresentano un'importante opera di difesa del corpo stradale, convogliando negli impluvi naturali o negli attraversamenti idraulici le acque superficiali che verrebbero altrimenti a raccogliersi ai piedi del rilevato o andrebbero ad invadere la trincea compromettendo la stabilità dei rilevati e delle scarpate della trincea.

Il progetto prevede fossi di guardia lungo la viabilità di progetto sia a monte che a valle. La funzione dei fossi a valle è quella di raccogliere le acque di piattaforma, convogliate dai diversi tipi di manufatto di scarico (canalette ad embrici e caditoie) ai recapiti finali. I fossi sono in terra a sezione trapezia con

sponde inclinate a 45° con base e altezza pari a 50 cm. I fossi in cui si instaurano delle velocità della corrente superiore a 3.0 m/s sono stati rivestiti in geocomposito.

In alcuni tratti del progetto stradale, data la conformazione molto acclive dei pendii che impedivano la realizzazione di fossi di guardia, è stato necessario prevedere delle canalette rettangolari in cls con base e altezza pari a 50 cm.

I fossi di guardia e le canalette sono stati tracciati in modo tale da permettere lo scarico delle acque drenate nel reticolo esistente e quindi dimensionati tutti a gravità.

Nei paragrafi a seguire si riportano le verifiche dei soli fossi di guardia e canalette che raccolgono le portate dei bacini di monte.

3.2.1. Determinazione delle portate di progetto

Le portate di progetto Q_p [m³/s] sono state calcolate per un tempo di ritorno T_R pari a 50 anni, applicando il metodo cinematico, analogamente ai tombini. Il tempo di corrivazione inoltre è stato assunto pari a 0.25 h (15 min) trattandosi di bacini di modeste dimensioni. I parametri idrologici adottati per la stima delle portate al colmo sono riportate nella relazione idrologica (04.01_P00_ID00_IDR_RE01).

Nella Tabella 4 sono riportate le portate di progetto per ogni fosso e canaletta(le codifiche indicano: FT – fossi in terra, FM – fossi in terra a tergo dei muri, CN – canalette in cls).

Tabella 4 –Portate di progetto dei fossi di guardi e canalette

CODIFICA	A bacino	tc	TR	a	n	Qp
	[kmq]	[h]	[anni]			[mc/s]
FM_01	0.006	0.25	50	45.30	0.45	0.08
FT_01	0.006	0.25	50	45.30	0.45	0.08
FT_02	0.006	0.25	50	45.30	0.45	0.08
CN05	0.007	0.25	50	45.30	0.45	0.09
FM_02	0.005	0.25	50	45.30	0.45	0.07
FT_03	0.005	0.25	50	45.30	0.45	0.07
FT_06	0.009	0.25	50	45.30	0.45	0.12
FM_03	0.028	0.25	50	45.30	0.45	0.36
FM_04	0.000	0.25	50	45.30	0.45	0.00
FM_05	0.004	0.25	50	45.30	0.45	0.05
FM_06	0.103	0.25	50	45.30	0.45	1.33
FM_07	0.014	0.25	50	45.30	0.45	0.18
FM_08	0.004	0.25	50	45.30	0.45	0.05
FM_08a	0.035	0.25	50	45.30	0.45	0.46
FM_09	0.005	0.25	50	45.30	0.45	0.06

CODIFICA	A bacino	tc	TR	a	n	Qp
	[kmq]	[h]	[anni]			[mc/s]
FM_10	0.015	0.25	50	45.30	0.45	0.19
FM_11	0.014	0.25	50	45.30	0.45	0.18
FM_12	0.002	0.25	50	45.30	0.45	0.03
CN03	0.012	0.25	50	45.30	0.45	0.16
FM_13	0.020	0.25	50	45.30	0.45	0.25
FT_17	0.002	0.25	50	45.30	0.45	0.03
FT_22	0.002	0.25	50	45.30	0.45	0.03
FT_24	0.001	0.25	50	45.30	0.45	0.01
FT_28	0.005	0.25	50	45.30	0.45	0.06
FT_30	0.013	0.25	50	45.30	0.45	0.17
FT_33	0.013	0.25	50	45.30	0.45	0.17
FM_14	0.001	0.25	50	45.30	0.45	0.02
FT_34	0.000	0.25	50	45.30	0.45	0.01
CN06	0.010	0.25	50	45.30	0.45	0.13
CN07	0.007	0.25	50	45.30	0.45	0.09
FT_38	0.007	0.25	50	45.30	0.45	0.09
FT_44	0.005	0.25	50	45.30	0.45	0.07
FT_40	0.011	0.25	50	45.30	0.45	0.14
FT_42	0.002	0.25	50	45.30	0.45	0.02
CN04	0.017	0.25	50	45.30	0.45	0.22
CN03	0.017	0.25	50	45.30	0.45	0.22
FT_50	0.002	0.25	50	45.30	0.45	0.02
FT_51	0.007	0.25	50	45.30	0.45	0.09

3.2.2. Verifica idraulica

La verifica idraulica dei fossi di guardia viene normalmente effettuata ipotizzando moto uniforme all'interno del canale calcolando la portata con la seguente formula:

$$Q = K_s AR^{2/3} i^{1/2}$$

dove K_s [$m^{1/3}/s$] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, A [m^2] è l'area bagnata, R [m] è il raggio idraulico e i [-] è la pendenza longitudinale media. Il coefficiente di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a $35 m^{1/3}/s$ per superfici inerbite (valido per "terra con erba sul fondo e corsi d'acqua naturali regolari), $55 m^{1/3}/s$ per fossi rivestiti in geocomposito e $70 m^{1/3}/s$ per le canalette rettangolari in cls.

I fossi di valle, salvo i casi in cui non ricevano contributi dagli attraversamenti idraulici, sono sempre verificati, in quanto raccolgono solo l'acqua che cade sul rilevato stradale, mentre per i fossi di monte occorre verificare che la sezione di progetto sia sufficiente a smaltire la portata in arrivo. La portata massima smaltibile di norma è stata calcolata ipotizzando moto uniforme all'interno del canale considerando un grado di riempimento pari al 80% della sezione e dividendo il fosso/canaletta in tratte con pendenza omogenea. L'esatta ubicazione, la geometria e la lunghezza di tutte le inalveazioni è riportata sulle Planimetrie Idrauliche (04.04_P00_ID01_IDR_PL01, 04.05_P00_ID01_IDR_PL02, 04.06_P00_ID01_IDR_PL03, 04.07_P00_ID01_IDR_PL04, 04.08_P00_ID01_IDR_PL05).

In tabella sono riassunti i risultati delle verifiche idrauliche.

Tabella 5 –Verifica dei fossi di guardia e delle canalette

CODIFICA	Qp	Base	Altezza	A	P	R _H	K _S	i _l	v	Q _{max}
	[mc/s]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/3} /s]	[%]	[m/s]	[mc/s]
FM_01	0.08	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	2.71%	4.23	1.44
FT_01	0.08	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	21.33%	11.86	4.03
FT_02	0.08	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	19.85%	11.44	3.89
CN05	0.09	0.5	0.5	0.2	1.30	0.15	70	0.30%	1.10	0.22
FM_02	0.07	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	8.32%	7.41	2.52
FT_03	0.07	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	16.95%	10.57	3.59
FT_06	0.12	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	5.32%	5.93	2.01
FM_03	0.36	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	3.09%	4.51	1.53
FM_04	0.00	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.27%	2.11	0.72
FM_05	0.05	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	2.90%	4.37	1.49
FM_06	1.33	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	3.30%	4.67	1.59
FM_07	0.18	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.82%	2.52	0.86
FM_08	0.05	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.40%	2.21	0.75
FM_08a	0.46	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.81%	2.51	0.85
FM_09	0.06	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.77%	2.48	0.84
FM_10	0.19	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.52%	2.30	0.78
FM_11	0.18	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.32%	2.15	0.73
FM_12	0.03	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	0.03%	0.33	0.11
CN03	0.16	0.5	0.5	0.2	1.30	0.15	70	1.81%	2.70	0.54
FM_13	0.25	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	0.25%	0.93	0.31
FT_17	0.03	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	3.90%	5.07	1.72
FT_22	0.03	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	1.27%	2.11	0.72
FT_24	0.01	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	2.45%	2.92	0.99
FT_28	0.06	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	0.09%	0.57	0.19
FT_30	0.17	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	2.13%	2.72	0.93
FT_33	0.17	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	11.97%	8.89	3.02
FM_14	0.02	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	4.26%	5.30	1.80

CODIFICA	Qp	Base	Altezza	A	P	R _H	K _S	i _l	v	Q _{max}
	[mc/s]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/3} /s]	[%]	[m/s]	[mc/s]
FT_34	0.01	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	2.10%	2.71	0.92
CN06	0.13	0.5	0.5	0.2	1.30	0.15	70	5.20%	4.59	0.92
CN07	0.09	0.5	0.5	0.2	1.30	0.15	70	0.75%	1.74	0.35
FT_38	0.09	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	2.00%	2.64	0.90
FT_44	0.07	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	0.10%	0.59	0.20
FT_40	0.14	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	6.76%	6.68	2.27
FT_42	0.02	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	11.09%	8.55	2.91
CN04	0.22	0.5	0.5	0.2	1.30	0.15	70	1.84%	2.72	0.54
CN03	0.22	0.5	0.5	0.2	1.30	0.15	70	0.97%	1.98	0.40
FT_50	0.02	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	55	4.34%	5.35	1.82
FT_51	0.09	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	2.29%	2.83	0.96

3.3. Inalveazioni

Le inalveazioni sono le opere di convogliamento delle acque di versante di dimensioni maggiori dei fossi di guardia, sono poste tipicamente all'imbocco e sbocco dei tombini ma inserite anche nei tratti in cui il fosso di guardia risulta insufficiente; hanno dimensioni variabili e sono inerbite o rivestite in geocomposito. L'esatta ubicazione, la geometria e la lunghezza di tutte le inalveazioni è riportata sulle Planimetrie Idrauliche (04.04_P00_ID01_IDR_PL01, 04.05_P00_ID01_IDR_PL02, 04.06_P00_ID01_IDR_PL03, 04.07_P00_ID01_IDR_PL04, 04.08_P00_ID01_IDR_PL05). Le sezioni sono trapezie con pendenza di scarpata 1/1.

3.3.1. Determinazione delle portate di progetto

Le portate di progetto Q_p [m³/s] sono state calcolate per un tempo di ritorno T_R pari a 50 anni, applicando il metodo cinematico. Il tempo di corrivazione inoltre è stato assunto pari a 0.25 h (15 min) trattandosi di bacini di modeste dimensioni. I parametri idrologici adottati per la stima delle portate al colmo sono riportate nella relazione idrologica (04.01_P00_ID00_IDR_RE01).

Nella tabella di seguito sono riportate le portate di progetto per ogni inalveazione.

Tabella 6 – Portate di progetto delle inalveazioni

CODIFICA	A bacino	Tc	TR	Qp
	[kmq]	[h]	[anni]	[mc/s]
IN_01	0.272	0.25	50	3.52
IN_02	0.159	0.25	50	2.06
IN_03	0.041	0.25	50	0.53

CODIFICA	A bacino	Tc	TR	Qp
	[kmq]	[h]	[anni]	[mc/s]
IN_04	1.720	0.25	50	22.24
IN_05	0.107	0.25	50	1.38
IN_06	0.135	0.25	50	1.75
IN_07	0.004	0.25	50	0.05
IN_08	0.130	0.25	50	1.68
IN_08A	0.027	0.25	50	0.35
IN_09	0.055	0.25	50	0.71
IN_09A	0.041	0.25	50	0.53
IN_10	0.599	0.25	50	7.74
IN_11	0.603	0.25	50	7.80
IN_12	0.277	0.25	50	3.58
IN_13	0.277	0.25	50	3.58
IN_14	0.078	0.25	50	1.01
IN_15	0.577	0.25	50	7.46
IN_16	0.577	0.25	50	7.46
IN_17	0.018	0.25	50	0.23
IN_18A	0.029	0.25	50	0.37
IN_18	0.029	0.25	50	0.37
IN_19	0.476	0.25	50	6.15
IN_20	0.474	0.25	50	6.13
IN_20A	0.008	0.25	50	0.10
IN_21	0.378	0.25	50	4.89
IN_21A	0.378	0.25	50	4.89
IN_22	0.014	0.25	50	0.18
IN_23	0.153	0.25	50	1.98
IN_24	0.547	0.25	50	7.07
IN_25	0.095	0.25	50	1.23
IN_26	0.094	0.25	50	1.22
IN_27	0.016	0.25	50	0.21
IN_28	0.005	0.25	50	0.06
IN_29	0.008	0.25	50	0.10
IN_30	0.008	0.25	50	0.10
IN_31	0.441	0.25	50	5.70
IN_32	0.057	0.25	50	0.74
IN_33	0.074	0.25	50	0.96
IN_34	0.052	0.25	50	0.67

3.3.2. Verifica idraulica

La verifica idraulica delle inalveazioni è effettuata in maniera del tutto analoga a quella dei fossi di guardia e cioè ipotizzando moto uniforme all'interno del canale calcolando la portata con la seguente formula:

$$Q = K_s AR^{2/3} i^{1/2}$$

dove K_s [$m^{1/3}/s$] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, A [m^2] è l'area bagnata, R [m] è il raggio idraulico e i [-] è la pendenza longitudinale media. Il coefficiente di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a $40 m^{1/3}/s$ per superfici inerbite (valido per "terra con erba sul fondo e corsi d'acqua naturali regolari) e $55 m^{1/3}/s$ per tratti rivestiti in geocomposito.

In tabella sono riassunti i risultati delle verifiche idrauliche.

Tabella 7 – Verifica delle inalveazioni

CODIFICA	Qp	Base	Altezza	A	P	R _H	K _s	i _i	v	Q _{max}
	[mc/s]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/3} /s]	[%]	[m/s]	[mc/s]
IN_01	3.52	1	1	1.36	2.13	0.64	55	17%	16.96	23.07
IN_02	2.06	0.8	0.8	0.87	1.71	0.51	55	3%	5.82	5.06
IN_03	0.53	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	45%	11.81	4.72
IN_04	22.24	3	1	2.16	4.13	0.52	40	19%	11.33	24.46
IN_05	1.38	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	42%	11.41	4.56
IN_06	1.75	1	0.5	0.44	1.57	0.28	40	33%	9.83	4.32
IN_07	0.05	1	0.5	0.44	1.57	0.28	40	14%	6.53	2.87
IN_08	1.68	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	79%	15.68	6.27
IN_08A	0.35	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	40%	10.35	5.59
IN_09	0.71	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	43%	11.62	4.65
IN_09A	0.53	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	50%	11.52	6.22
IN_10	7.74	0.8	0.8	0.87	1.71	0.51	40	54%	18.70	16.28
IN_11	7.80	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	28%	12.59	13.78
IN_12	3.58	0.5	0.5	0.34	1.07	0.32	40	45%	12.58	4.28
IN_13	3.58	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	24%	11.48	12.56
IN_14	1.01	1.2	0.5	0.48	1.77	0.27	40	33%	9.58	4.60
IN_15	7.46	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	57%	17.93	19.62
IN_16	7.46	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	38%	14.51	15.88
IN_17	0.23	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	31%	9.13	4.93
IN_18A	0.37	0.8	0.8	0.87	1.71	0.51	40	121%	28.08	24.44
IN_18	0.37	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	13%	6.00	3.24
IN_19	6.15	0.8	0.8	0.87	1.71	0.51	40	10%	8.26	7.19
IN_20	6.13	0.8	0.8	0.87	1.71	0.51	40	14%	9.70	8.44
IN_20A	0.10	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	4%	4.99	5.46
IN_21	4.89	0.5	0.8	0.77	1.41	0.55	40	44%	17.83	13.81
IN_21A	4.89	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	35%	9.65	5.21
IN_22	0.18	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	17%	6.83	3.69
IN_23	1.98	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	15%	6.92	2.77
IN_24	7.07	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	12%	8.16	8.93
IN_25	1.23	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	15%	6.38	3.44
IN_26	1.22	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	11%	5.80	2.32
IN_27	0.21	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	7%	4.45	2.40
IN_28	0.06	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	15%	6.26	3.38
IN_29	0.10	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	13%	5.90	3.18

CODIFICA	Qp	Base	Altezza	A	P	R _H	K _S	i _i	v	Q _{max}
	[mc/s]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/3} /s]	[%]	[m/s]	[mc/s]
IN_30	0.10	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	12%	5.64	3.04
IN_31	5.70	1.5	0.8	1.09	2.41	0.46	40	9%	7.27	7.95
IN_32	0.74	0.8	0.5	0.40	1.37	0.29	40	41%	11.33	4.53
IN_33	0.96	1.5	0.5	0.54	2.07	0.26	40	6%	3.93	2.12
IN_34	0.67	1	0.5	0.44	1.57	0.28	40	15%	6.56	2.89

4. MODELLAZIONE IDRAULICA DEL FIUME ATERNO E OPERE A DIFESA DEL CORPO STRADALE

In questo capitolo viene esposto l'approfondimento progettuale relativo alla compatibilità idraulica dell'intervento di progetto con il deflusso del Fiume Aterno che scorre in adiacenza all'area in cui ricade la S.S.260 "Picente".

Nei successivi paragrafi vengono illustrati gli input progettuali adottati per l'implementazione della modellazione idraulica della linea d'acqua principale e il confronto tra i risultati, relativi ad una portata con tempo di ritorno duecento anni, tra la configurazione nello stato *ANTE-OPERAM* e *POST-OPERAM*. Le aree di esondazione che si generano con il passaggio dell'onda di piena relativa ad un evento con tempo di ritorno duecentennale sono riportati negli elaborati 04.10_P00_ID02_IDR_PL01_A, 04.11_P00_ID02_IDR_PL02_A, 04.12_P00_ID02_IDR_PL03_A e 04.13_P00_ID02_IDR_PL04_A.

Il maggiore grado di conoscenza di battenti attesi/superfici di esondazione, ha consentito di studiare accuratamente il posizionamento delle opere di protezione idraulica del corpo stradale. Gli interventi per la difesa del rilevato stradale sono riportati nell'elaborato 04.14_P00_ID02_IDR_PL05_A.

4.1. Modellazione idraulica

La modellazione idraulica è stata eseguita tramite il programma di calcolo HEC-RAS (5.0.3), al fine di individuare le aree di esondazione relative alla piena duecentennale del f. Aterno nei due scenari:

- *ANTE-OPERAM, stato attuale in presenza dell'infrastruttura esistente*
- *POST-OPERAM, stato di progetto in presenza della nuova infrastruttura*

La modellazione idraulica dei corsi d'acqua principali è stata sviluppata applicando un modello monodimensionale che calcola i profili di corrente in moto permanente. La simulazione in moto permanente restituisce i livelli idrici in corrispondenza di ogni sezione idraulica che consentono di ricostruire le aree esondabili con la portata di picco.

Inoltre dalla simulazione è possibile estrapolare altri output (velocità corrente e tensioni di trascinamento) necessari per il dimensionamento delle opere di difesa del corpo stradale.

4.2. Impostazioni del Modellazione idraulica

Il codice di calcolo richiede l'inserimento dei seguenti dati di input:

- Portate di progetto e condizioni al contorno
- Geometria del corso d'acqua e delle opere di attraversamento

4.2.1. Portata di progetto e condizioni al contorno

Il valore della portata con tempo di ritorno 200 anni del f. Aterno, riferito alla stazione idrometrica più prossima all'area in esame, ubicata in località Tre Ponti, è stato desunto dallo "Studio idrologico per la valutazione delle piene – Relazione illustrativa" Elaborato 6.1 del Piano Stralcio Difesa Alluvioni - Regione Abruzzo, che si riporta interamente in allegato.

La portata di piena assunta nei calcoli è, come nel progetto di offerta di gara, pari a **107 m³/s**.

Tabella 8 – Valori delle portate al colmo di assegnato tempo di ritorno nelle sezioni S.I.M.N.

Sezione	T=20 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Vomano F.Adriano	232	311	371	432	511
R.Arno a P.te R.Arno	86	115	137	160	189
Ruzzo a Pretara	41	56	66	77	91
Aterno a Tre Ponti	58	77	92	107	127
Pescara a S.Teresa	815	1094	1305	1518	1794
Sangro a Opi	137	184	220	255	302
Zittola a Montenero	40	54	65	75	89
Sangro a Ateleta	371	498	594	691	817
Aventino a Casoli	300	403	480	559	661

Per la risoluzione del sistema di equazioni descrittive la dinamica della corrente è stato necessario imporre opportune condizioni al contorno.

Come condizione al contorno di valle è stata imposta una pendenza dell'alveo (*Normal Depth*) dell'1%, che corrisponde alla pendenza media del fondo alveo nel tratto a valle dell'intervento, mentre come condizione al contorno di monte è stata imposta l'altezza critica (*Critical Depth*).

4.2.2. Geometria del corso d'acqua

Nel corso della presente progettazione esecutiva sono stati indagati in modo approfondito i tratti di stretta adiacenza tra corso d'acqua e viabilità di progetto. A tal scopo sono stati eseguiti rilievi integrativi dell'alveo, in particolare è stato eseguito un rilievo topografico LIDAR in corrispondenza del nuovo tracciato stradale e dell'adiacente fascia golenale pertinente al f. Aterno oltre al rilievo batimetrico di nove sezioni d'alveo e di due ponticelli esistenti.

Rispetto alla modellazione in fase di offerta di gara, il modello geometrico è stato costruito utilizzando il rilievo topografico LIDAR andando ad integrarlo con le sezioni idrauliche battute e i due manufatti di attraversamento esistenti.

Si riporta a seguire una descrizione della metodologia adottata per la costruzione del modello geometrico nello stato ante e post operam.

Geometria dello stato ante-operam

Inizialmente sono state tracciate le sezioni in corrispondenza delle sezioni rilevate, per avere un riscontro col rilievo stesso. In una seconda fase sono state inserite altre sezioni per avere una distribuzione uniforme delle stesse, per rendere il modello più stabile dal punto di vista matematico e per avere un risultato il più uniforme e realistico possibile. Sono state poi inserite anche delle sezioni interpolate per modellare al meglio alcuni punti che presentano criticità idrauliche. Tutte le sezioni, essendo il rilievo molto dettagliato, sono state ritagliate sul *Terrain* di riferimento ed estese a monte fino oltre la strada, in modo da avere alla fine un risultato assimilabile ad una modellazione bidimensionale.

Nella Figura 1 si riporta la visualizzazione in ambiente RAS-MAPPER del terreno e del tracciamento dell'asse del fiume e delle sezioni.

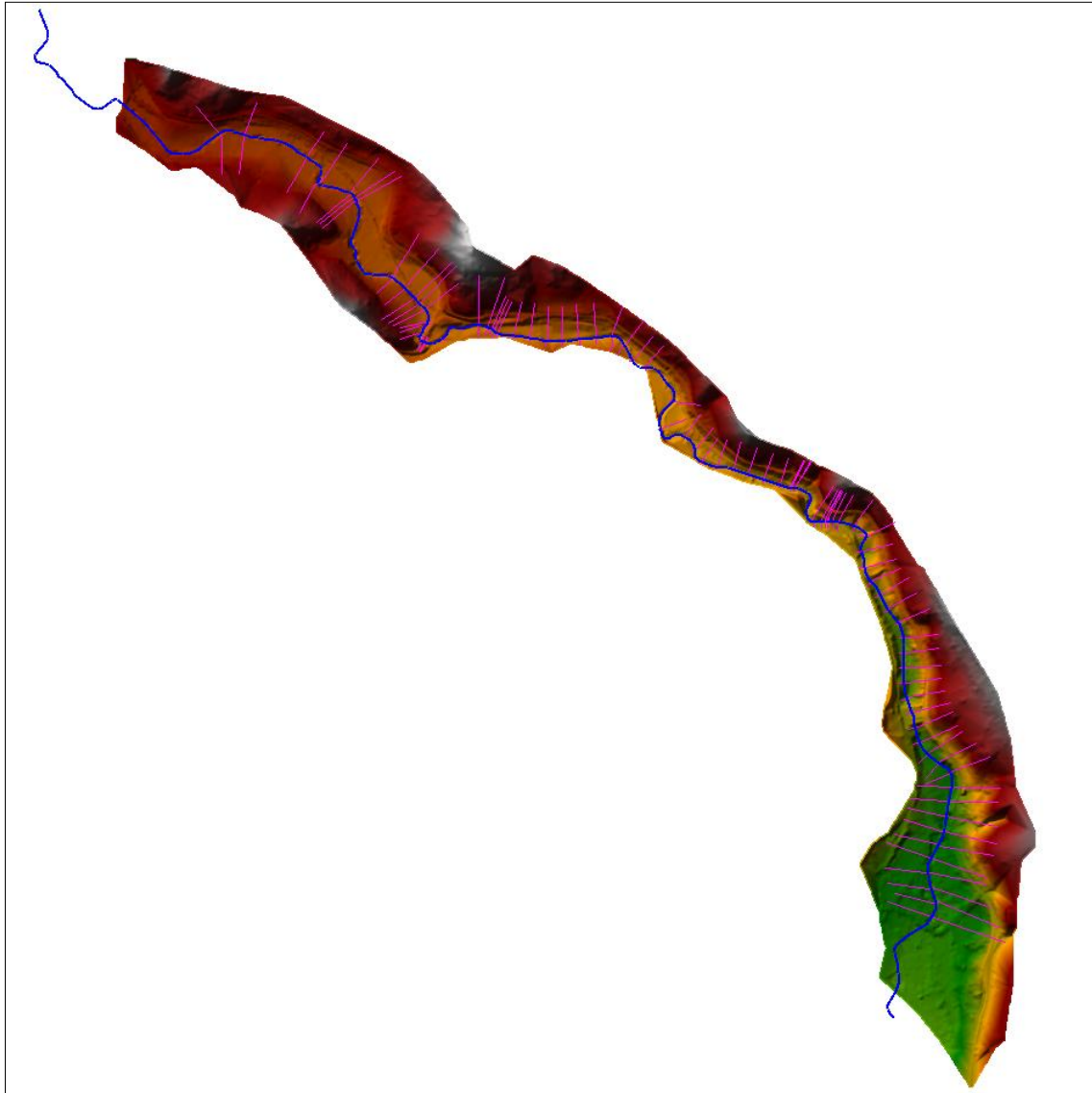


Figura 1 – Tracciamento delle sezioni in HEC-RAS sulla base del rilievo topografico – stato attuale

Geometria dello stato post-operam

La geometria dello stato di progetto è stata ricostruita utilizzando lo stesso metodo adottato per lo stato di fatto, con la differenza che il modello digitale del terreno è stato implementato con la nuova piattaforma stradale, utilizzando un software di processione topografica e un applicativo GIS.

Il modello è stato costruito utilizzando le stesse tracce delle sezioni a livello planimetrico, il profilo delle sezioni battute è stato integrato con il modello del terreno della viabilità di progetto.

Inoltre sono state inserite nuove sezioni interpolate nei tratti che allo stato di progetto hanno presentato delle criticità dal punto di vista idraulico. Le zone che hanno richiesto un infittimento delle sezioni sono la zona dello svincolo Cagnano Amiterno e i tratti dove la strada si trova in stretta adiacenza con il Fiume Aterno.

Nella Figura 2 si riporta la visualizzazione in ambiente RAS-MAPPER del terreno e del tracciamento dell'asse del fiume e delle sezioni allo stato di progetto:

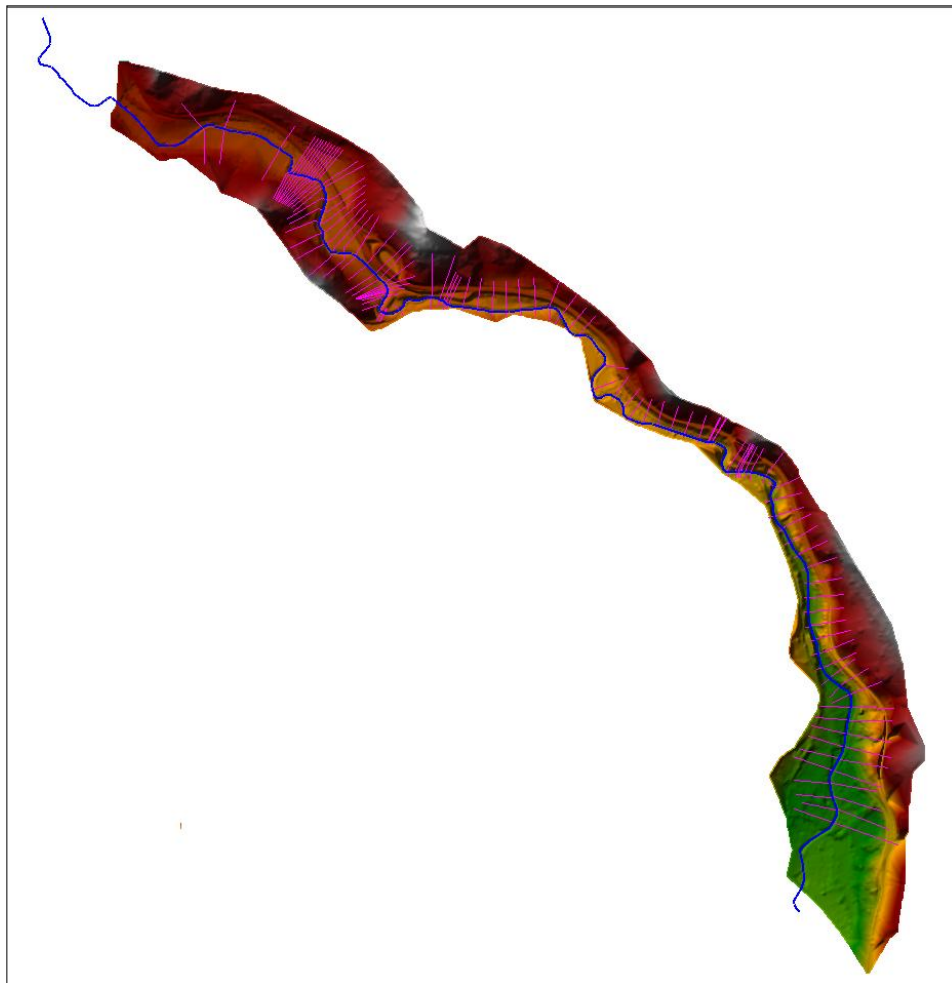


Figura 2 - Tracciamento delle sezioni in HEC-RAS sulla base del rilievo topografico – stato di progetto

Nella Figura 3 successiva è evidenziata nel dettaglio la zona dello svincolo Cagnano Amiterno, dove è evidenziato con chiarezza il processo di implementazione del modello digitale del terreno con la nuova piattaforma stradale.

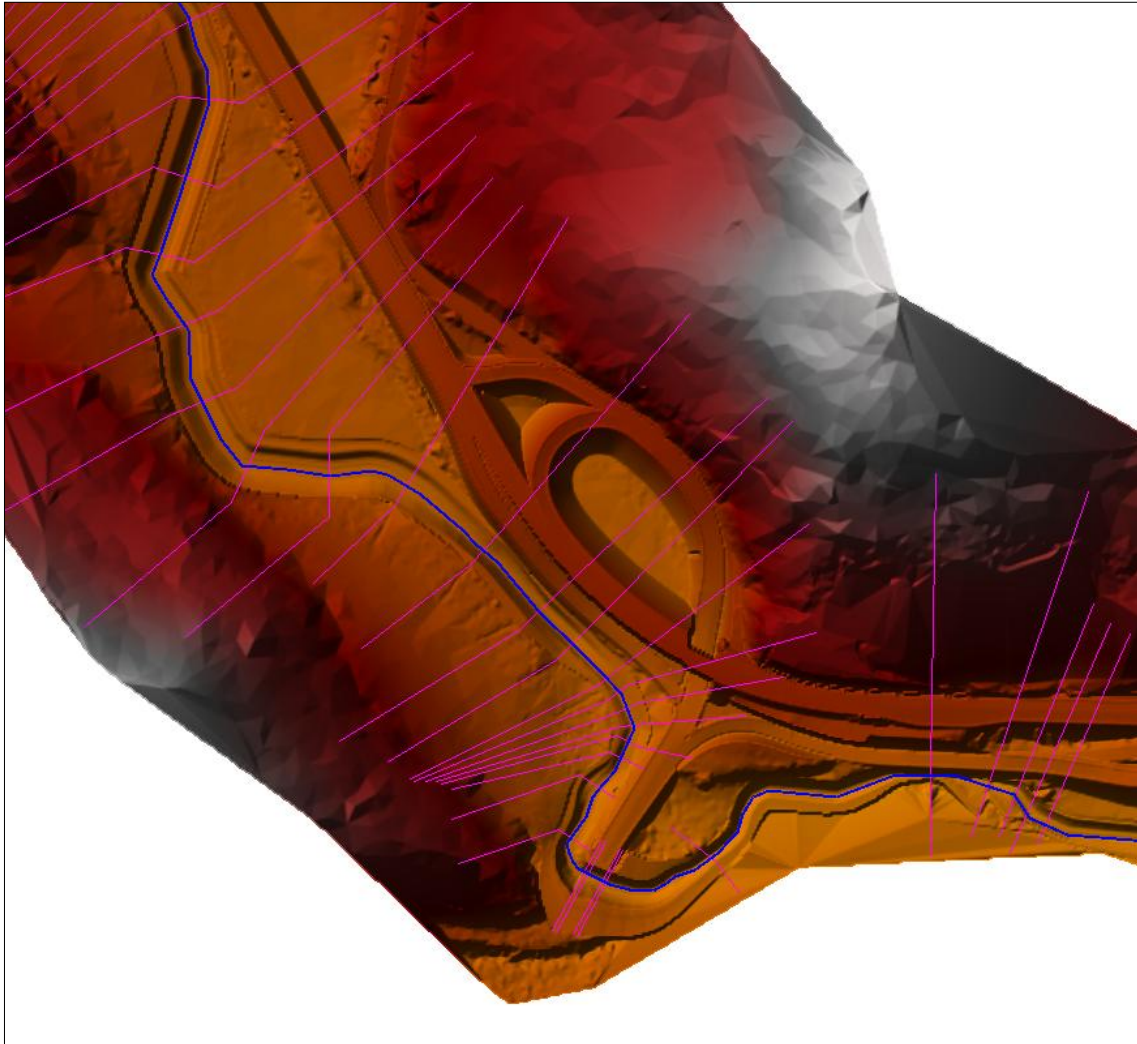


Figura 3 – Modello digitale del terreno - Dettaglio della zona dello svincolo Cagnano Amiterno

Coefficienti di scabrezza

Per quanto riguarda i parametri idraulici da assegnare alle sezioni di calcolo ed in particolare il coefficiente di Manning, si sono utilizzati i valori stimati sulla base della regolarità o tortuosità dell'alveo e dell'esame visivo delle caratteristiche del fondo e delle sponde. Essi variano significativamente in dipendenza della presenza e del tipo di vegetazione spondale. Per il caso in esame è stato assunto un unico coefficiente di Manning per l'alveo e le aree inondabili pari a $0.033 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$.

4.3. Risultati delle modellazioni

Le verifiche condotte sullo stato ante-operam hanno avuto lo scopo di determinare le aree di esondazione lungo i corsi d'acqua principali e, quindi, di valutare le possibili interferenze con il tracciato di progetto. Mentre le verifiche condotte sullo stato post-operam hanno avuto lo scopo di verificare gli interventi di sistemazione volti ad eliminare le interferenze con il tracciato di progetto.

I risultati delle modellazioni HEC-RAS negli scenari *ANTE-OPERAM* e *POST-OPERAM*, sono riportati rispettivamente negli elaborati 04.10_P00_ID02_IDR_PL01_A, 04.11_P00_ID02_IDR_PL02_A, 04.12_P00_ID02_IDR_PL03_A e 04.13_P00_ID02_IDR_PL04_A

4.3.1. Stato ante-operam

Le verifiche condotte sull'asta principale evidenziano un alveo in regime di corrente lenta. Dallo stato ante operam si evince che il torrente con portate con tempo di ritorno pari a 200 anni tende ad esondare in alcuni tratti del sul corso.

Le aree di esondazione della piena duecentennale in condizioni *ANTE-OPERAM* sono riportate nelle planimetrie di elaborati 04.10_P00_ID02_IDR_PL01_A e 04.11_P00_ID02_IDR_PL02_A.

Il deflusso idrico, come già detto, avviene in condizioni di corrente lenta lungo quasi tutto l'intero tratto indagato, con velocità che si mantengono in genere inferiori ai 4 m/s. I livelli idrici e le velocità di deflusso sono riportate nella Tabella 9 degli output dei risultati.

Tabella 9 - Risultati di calcolo della simulazione in condizioni ante-operam – TR200

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)
Aterno	4394	107	773.78	776.73	3.62	Aterno	1932.56	107	758.95	762.29	4.31
Aterno	4317	107	774.18	776.01	3.75	Aterno	1898.54	107	758.45	762.46	2.64
Aterno	4119.5	107	772.83	775.22	2.34	Aterno	1896.72	107	758.42	761.54	4.72
Aterno	4020.75	107	772.02	775.12	1.39	Aterno	1890	Bridge			
Aterno	3922	107	771.93	774.37	3.51	Aterno	1885.78	107	758.27	761.06	5.23
Aterno	3903	107	771.51	774.15	2.47	Aterno	1883.96	107	758.24	760.76	5.77
Aterno	3890	107	771.65	774.07	2.44	Aterno	1743	107	756.18	758.16	5
Aterno	3578	107	769.94	772.68	2.02	Aterno	1717	107	755.52	758.57	2.68
Aterno	3530	107	769.95	772.72	1.11	Aterno	1707.56	107	755.4	758.19	3.59
Aterno	3490	107	769.49	772.71	0.94	Aterno	1706.21	107	755.38	758.15	3.67
Aterno	3468	107	769.35	772.29	2.92	Aterno	1702	Bridge			
Aterno	3445	107	769.85	772.51	1.13	Aterno	1699.46	107	755.29	757.89	4.12
Aterno	3401	107	769.3	772.44	1.48	Aterno	1698.11	107	755.27	757.87	4.13
Aterno	3383	107	768.82	772.37	1.72	Aterno	1683	107	755.08	757.52	4.5
Aterno	3356	107	768.62	771.5	4.18	Aterno	1668	107	754.77	757.28	4.74
Aterno	3332	107	768.1	771.33	3.67	Aterno	1620.22*	107	753.86	756.19	5.4
Aterno	3330	107	768.1	771.35	3.55	Aterno	1572.44*	107	752.96	755.28	5.43
Aterno	3326	Bridge				Aterno	1524.67*	107	752.06	754.39	5.4
Aterno	3322	107	768.1	771.14	3.95	Aterno	1476.89*	107	751.16	753.5	5.36
Aterno	3320	107	768.1	770.89	4.45	Aterno	1429.11*	107	750.25	752.61	5.32
Aterno	3264	107	767.51	769.66	5.73	Aterno	1381.33*	107	749.35	751.72	5.27
Aterno	3142	107	767.21	769.71	3.06	Aterno	1333.56*	107	748.45	750.83	5.23
Aterno	3114	107	766.96	769.65	2.4	Aterno	1285.78*	107	747.55	749.94	5.2
Aterno	3100	107	766.75	769.61	2.34	Aterno	1238	107	746.64	749.03	5.21
Aterno	3090	107	766.52	769.61	2.31	Aterno	1193.57*	107	746.01	748.87	4.04
Aterno	3080	107	766.53	769.15	3.66	Aterno	1149.14*	107	745.38	748.08	4.65
Aterno	3031.60*	107	766.24	768.89	3.54	Aterno	1104.71*	107	744.75	747.66	4.28
Aterno	2983.20*	107	765.94	768.63	3.5	Aterno	1060.29*	107	744.12	746.98	4.57
Aterno	2934.80*	107	765.64	768.35	3.48	Aterno	1015.86*	107	743.48	746.4	4.6
Aterno	2886.40*	107	765.34	768.16	3.22	Aterno	971.43*	107	742.85	745.78	4.72
Aterno	2838.00*	107	765.04	768.06	2.83	Aterno	927	107	742.22	745.14	4.84
Aterno	2789.6	107	764.74	768	2.43	Aterno	881.50*	107	741.73	744.86	4.27
Aterno	2741.2	107	764.51	767.63	3.06	Aterno	836.00*	107	741.24	744.14	4.67
Aterno	2692.8	107	764.48	767.56	2.71	Aterno	790.50*	107	740.75	743.56	4.61
Aterno	2644.40*	107	764.34	767.44	2.77	Aterno	745	107	740.26	743.68	3.04
Aterno	2596	107	764.21	766.86	3.95	Aterno	701.00*	107	740	743.46	3.19
Aterno	2453.83*	107	763.09	765.83	4.15	Aterno	657.00*	107	739.75	743.27	3.21
Aterno	2359.06*	107	762.33	765.19	4.15	Aterno	613.00*	107	739.5	743.08	3.2
Aterno	2264.28*	107	761.58	764.57	4.14	Aterno	569.00*	107	739.24	742.47	4.04
Aterno	2216.89*	107	761.2	764.25	4.13	Aterno	525	107	738.99	741.69	4.91
Aterno	2169.50*	107	760.83	763.94	4.12	Aterno	478.75*	107	738.43	741.11	4.59
Aterno	2122.12*	107	760.45	763.63	4.11	Aterno	432.50*	107	737.94	740.63	4.11
Aterno	2074.73*	107	760.08	763.33	4.09	Aterno	386.25*	107	737.3	740.2	1.63
Aterno	2027.34*	107	759.7	763.03	4.04	Aterno	340	107	736.7	739.72	3.18
Aterno	1979.95*	107	759.32	762.78	3.93						

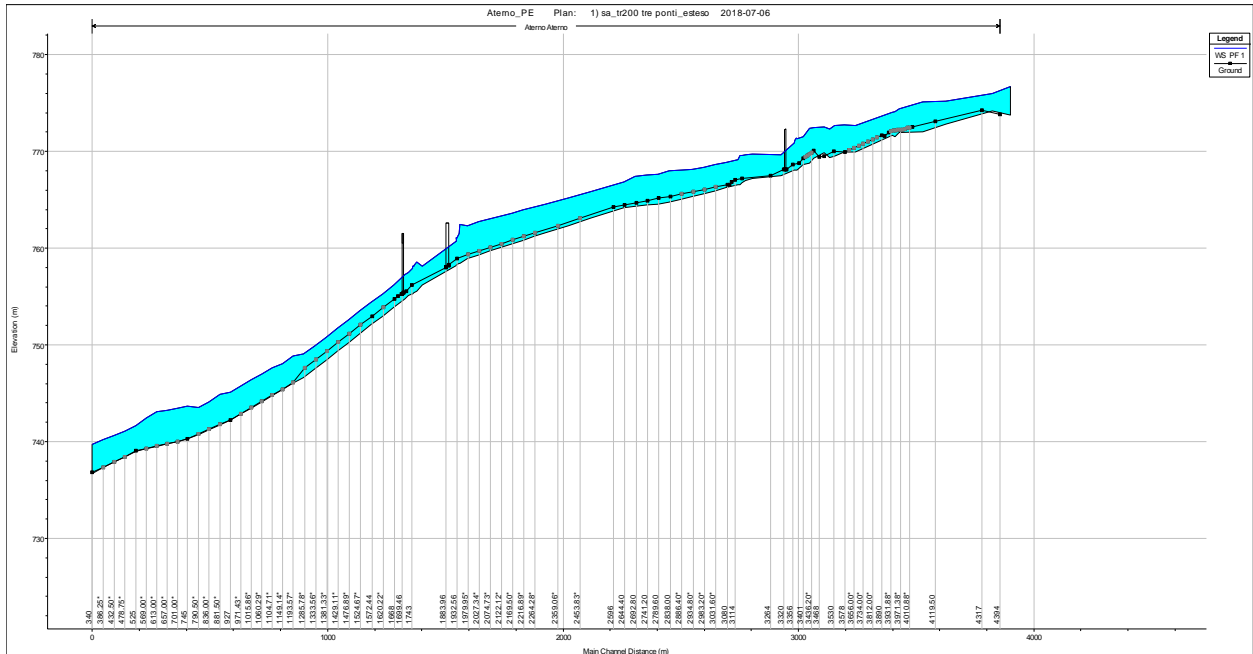


Figura 4 – Profilo idraulico della piena in condizioni ante-operam – TR200

In generale l'infrastruttura stradale risulta in sicurezza dal punto di vista idraulico perché non sormontata dalla piena duecentennale. L'unica criticità da segnalare è stata riscontrata in corrispondenza del ponte sullo svincolo di Cagnano Amiterno dove la piena di progetto lambisce il piede del rilevato stradale esistente. L'esondazione nel tratto citato è causata da un restringimento della sezione idraulica del fiume.

Nella figura seguente è mostrato quanto appena detto:

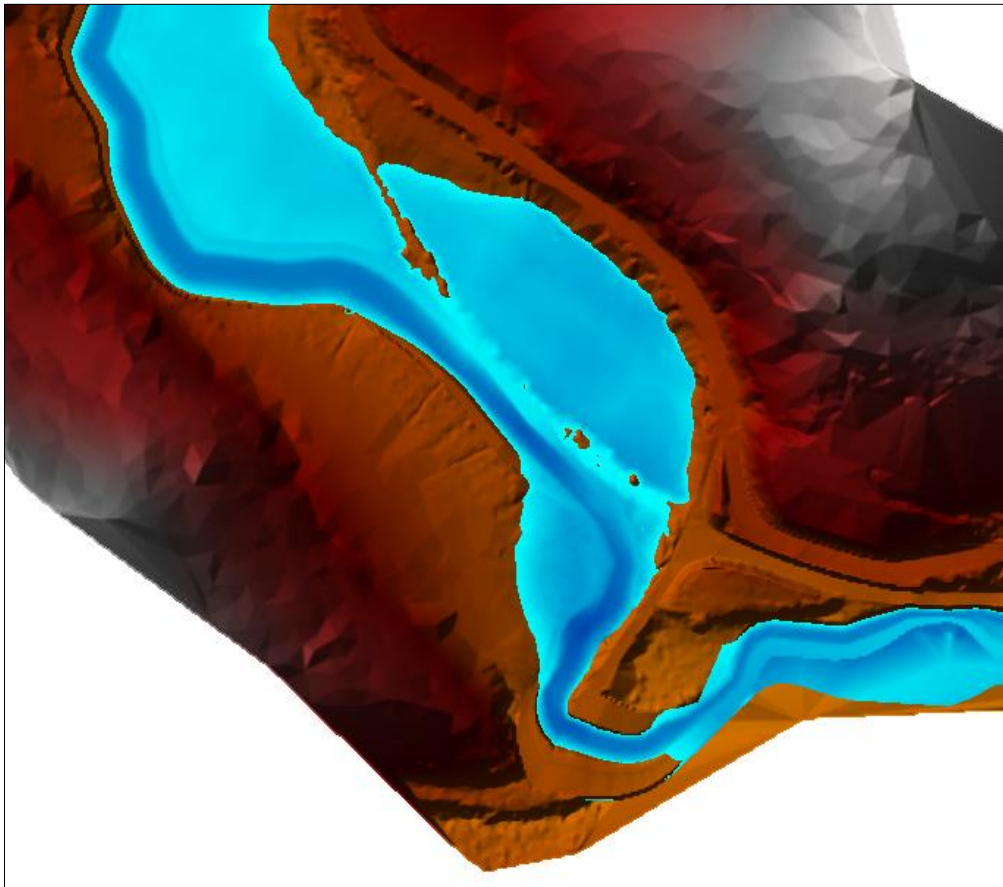


Figura 5 – Dettaglio dei risultati in prossimità dello svincolo Cagnano Amiterno

4.3.2. Stato post-operam

Le aree di esondazione della piena duecentennale in condizioni POST-OPERAM sono riportate nelle planimetrie di elaborati 04.12_P00_ID02_IDR_PL03_A e 04.13_P00_ID02_IDR_PL04_A.

Anche in questo caso il deflusso idrico avviene in condizioni di corrente lenta su quasi l'intero tratto indagato, con velocità che si mantengono in genere inferiori ai 4 m/s.

Nella Tabella 10 si riportano i risultati di out-put della modellazione e il profilo idraulico della corrente.

La presenza della nuova infrastruttura non altera sensibilmente i livelli idrici rispetto alla condizione precedente.

Si presenta comunque una criticità in prossimità dello svincolo Cagnano Amiterno, dove l'area di esondazione della piena duecentennale lambisce il rilevato del corpo stradale.

Per provvedere alle interazioni del rilevato stradale con le esondazioni del f. Aterno sono previsti preventivamente dei muri in terra rinforzata con pendenza 1/2 piuttosto che rilevati in terra con pendenze 3/2 in ottemperanza alle fasce di rispetto. Inoltre, nei tratti in cui la piena va ad interferire con il piede del rilevato si prevede un intervento per la protezione del piede realizzato mediante gabbioni di pietrame con una quota sommitale posta almeno a 0.50 m sopra il livello di piena duecentennale. Le sezioni tipologiche e gli sviluppi di tale intervento sono riportate nell'elaborato 04.14_P00_ID02_IDR_PL05_A.

Tabella 10 - Risultati di calcolo della simulazione in condizioni post-operam – TR200

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)
Aterno	4394	107	773.82	776.72	3.64	Aterno	2644.4	107	764.48	767.5	2.53
Aterno	4317	107	774.23	776.32	2.3	Aterno	2596	107	764.25	766.88	3.95
Aterno	4119.5	107	773.13	775.22	2.9	Aterno	2453.83*	107	763.1	766.08	2.79
Aterno	4020.75	107	772.52	775.19	1.29	Aterno	2359.06*	107	762.33	765.26	4.01
Aterno	4010.88*	107	772.46	775.18	1.24	Aterno	2264.28*	107	761.58	764.51	4.28
Aterno	4001.00*	107	772.45	775.18	1.2	Aterno	2216.89*	107	761.21	763.86	4.19
Aterno	3991.13*	107	772.34	775.17	1.31	Aterno	2169.50*	107	760.86	764.05	1.74
Aterno	3981.25*	107	772.26	775.15	1.34	Aterno	2122.12*	107	760.47	763.99	1.78
Aterno	3971.38*	107	772.25	775.13	1.46	Aterno	2074.73*	107	760.09	763.56	3.19
Aterno	3961.50*	107	772.21	775.11	1.51	Aterno	2027.34*	107	759.74	763.1	3.87
Aterno	3951.63*	107	772.17	775.07	1.75	Aterno	1979.95*	107	759.34	762.83	3.93
Aterno	3941.75*	107	772.14	775.02	1.99	Aterno	1932.56	107	758.96	762.35	4.34
Aterno	3931.88*	107	772.09	774.99	2.04	Aterno	1898.54	107	758.3	761.15	4.48
Aterno	3922	107	771.93	774.9	2.35	Aterno	1896.72	107	758.24	761.07	4.3
Aterno	3903	107	771.6	774.61	3.06	Aterno	1890	Bridge			
Aterno	3890	107	771.65	774.28	3.73	Aterno	1885.78	107	758.05	760.69	4.36
Aterno	3851.00*	107	771.43	773.87	3.49	Aterno	1883.96	107	758.01	760.7	4.23
Aterno	3812.00*	107	771.24	773.93	1.84	Aterno	1743	107	756.2	758.65	3.59
Aterno	3773.00*	107	771.02	773.97	1.13	Aterno	1717	107	755.54	758.3	3.69
Aterno	3734.00*	107	770.82	773.97	1.05	Aterno	1707.56	107	755.39	758.35	2.72
Aterno	3695.00*	107	770.6	773.97	0.81	Aterno	1706.21	107	755.37	758.35	2.71
Aterno	3656.00*	107	770.37	773.97	0.72	Aterno	1702	Bridge			
Aterno	3617.00*	107	770.16	773.97	0.7	Aterno	1699.46	107	755.29	758.3	2.8
Aterno	3578	107	769.95	773.93	1.08	Aterno	1698.11	107	755.28	758.29	2.8
Aterno	3530	107	770	772.99	4.17	Aterno	1683	107	755.07	757.71	4.08
Aterno	3490	107	769.5	772.48	4.25	Aterno	1668	107	754.76	757.62	3.93
Aterno	3468	107	769.41	772.21	3.08	Aterno	1620.22*	107	753.86	756.65	4.17
Aterno	3445	107	770.06	772.36	2.01	Aterno	1572.44	107	752.97	755.67	3.97
Aterno	3436.20*	107	769.84	772.38	1.58	Aterno	1524.67*	107	752.08	754.79	3.91
Aterno	3427.40*	107	769.71	772.38	1.44	Aterno	1476.89*	107	751.17	753.91	4.13
Aterno	3418.60*	107	769.56	772.37	1.43	Aterno	1429.11*	107	750.31	753.01	4.1
Aterno	3409.80*	107	769.45	772.36	1.51	Aterno	1381.33*	107	749.37	752.14	3.8
Aterno	3401	107	769.3	772.33	1.59	Aterno	1333.56*	107	748.51	751.2	3.88
Aterno	3383	107	768.82	772.26	1.82	Aterno	1285.78*	107	747.61	750.33	3.94
Aterno	3356	107	768.64	771.3	4.38	Aterno	1193.57*	107	746.1	748.9	4.02
Aterno	3332	107	768.17	771.2	3.96	Aterno	1149.14*	107	745.42	748.32	4
Aterno	3330	107	768.15	771.16	3.99	Aterno	1104.71*	107	744.83	747.75	4.01
Aterno	3326	Bridge				Aterno	1060.29*	107	744.18	747.18	4.06
Aterno	3322	107	768.12	771.11	3.97	Aterno	1015.86*	107	743.52	746.59	4.13
Aterno	3320	107	768.12	770.86	4.46	Aterno	971.43*	107	742.89	746	4.21
Aterno	3264	107	767.53	770.3	2.67	Aterno	927	107	742.27	745.43	4.33
Aterno	3142	107	767.21	770	2.51	Aterno	881.50*	107	741.77	745.23	3.43
Aterno	3114	107	767.07	769.64	3.59	Aterno	836.00*	107	741.28	744.56	3.76
Aterno	3100	107	766.88	769.68	2.61	Aterno	790.50*	107	740.77	744.14	2.98
Aterno	3090	107	766.59	769.73	2.16	Aterno	745	107	740.26	743.64	3.67
Aterno	3080	107	766.56	769.25	3.81	Aterno	701.00*	107	740.02	743.52	3.23
Aterno	3031.60*	107	766.31	769.1	3.05	Aterno	657.00*	107	739.77	743.28	3.35
Aterno	2983.20*	107	766.06	769.1	2.39	Aterno	613.00*	107	739.53	742.6	4.27
Aterno	2934.80*	107	765.84	768.29	4.02	Aterno	569.00*	107	739.31	742.15	3.28
Aterno	2886.40*	107	765.59	768.25	3.08	Aterno	525	107	739.05	742	2.84
Aterno	2838	107	765.37	768.25	2.29	Aterno	478.75*	107	738.43	741.44	3.01
Aterno	2789.6	107	765.16	768.03	2.61	Aterno	432.50*	107	737.94	740.86	3.18
Aterno	2741.2	107	764.91	767.88	2.83	Aterno	386.25*	107	737.3	740.22	1.6
Aterno	2692.8	107	764.7	767.41	3.52	Aterno	340	107	736.83	739.67	3.39

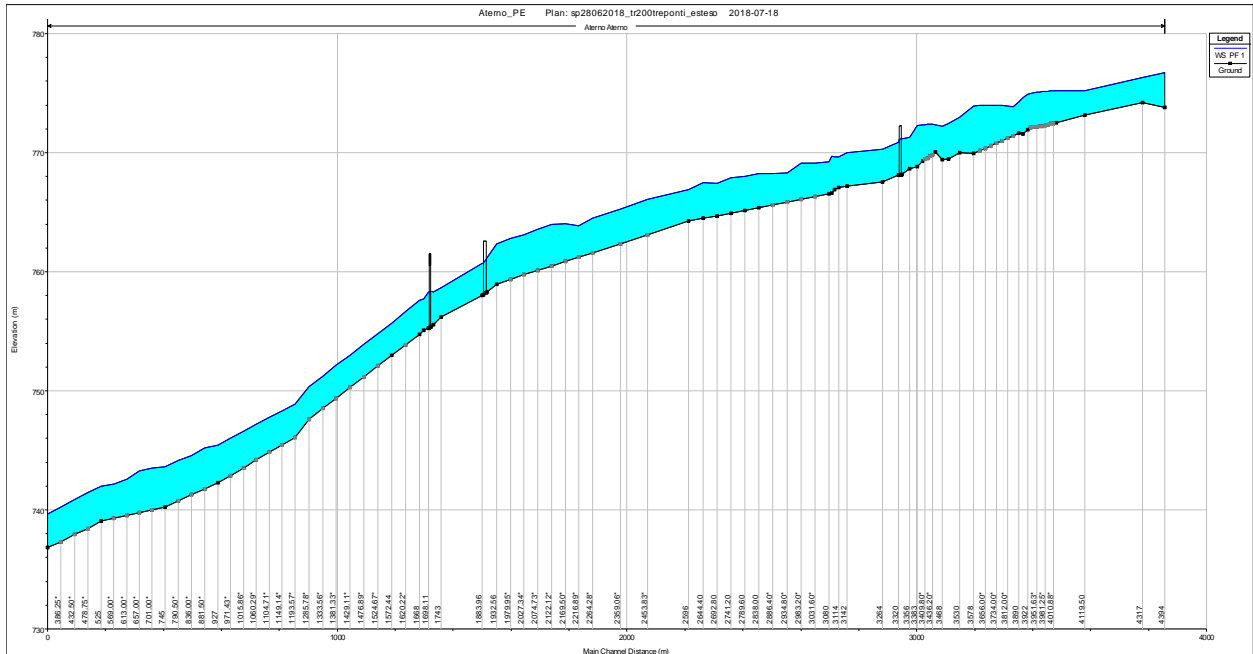


Figura 6 - Profilo idraulico della piena in condizioni post-operam – TR200

Di seguito si riporta uno stralcio dell'area di esondazione in prossimità del nuovo svincolo Cagnano Amiterno per evidenziare la criticità idraulica del piede delle scarpate del corpo stradale, in particolare delle rampe 4 e 5 dello svincolo e del tratto di asse principale immediatamente successivo allo svincolo:

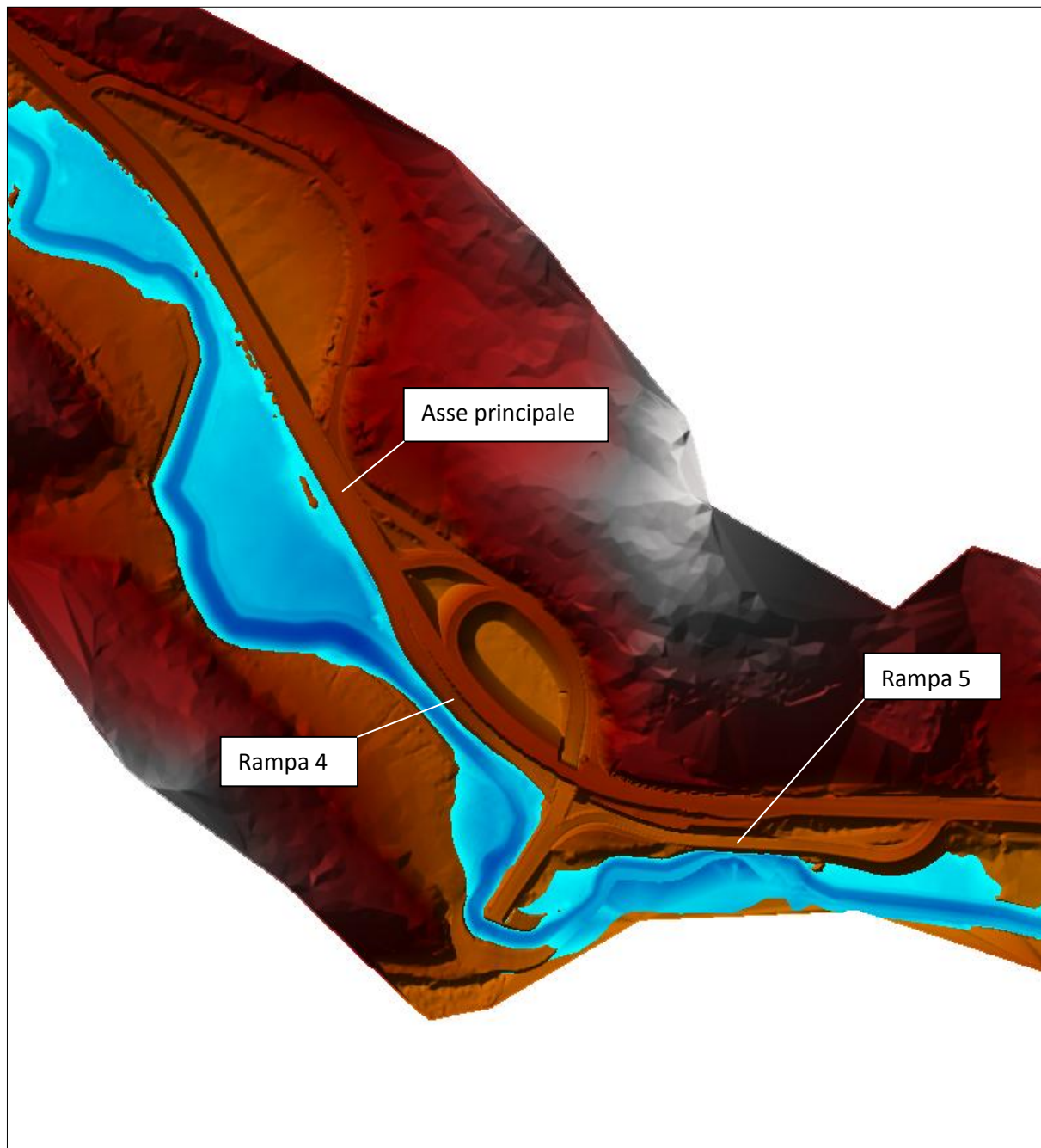


Figura 7 – Dettaglio dello svincolo Cagnano Amiterno allo stato di progetto con area di esondazione duecentennale

5. INTERVENTI DI PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE

Per proteggere il rilevato stradale in caso di affiancamento con il corso d'acqua, si prevedono interventi di protezione del corpo stradale con la finalità di stabilizzare il piede del rilevato stradale mediante gabbioni di pietrame di misure 1x1x1m.

Le gabbionate sono posizionate in modo da avere una quota sommitale posta almeno a 0.50 m sopra il livello di piena duecentennale.

Le opere in gabbioni, che costituiscono la totalità interventi di sistemazione proposti, hanno trovato ampia applicazione nella costituzione di protezioni fluviali dimostrando una spiccata rinaturalizzazione. Per le resistenze a trascinamento di gabbioni, una volta "vegetati", non ci sono sostanziali differenze in funzione dello spessore del rivestimento, in quanto l'intreccio che si viene a creare tra pietrame, rete, terreno di riempimento, apparato radicale e terreno sottostante alla protezione, costituisce una struttura unica la cui resistenza è dovuta alla mobilitazione dei vari elementi che la costituiscono.

Per quanto riguarda gli aspetti progettuali, in generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame quando non si ha spostamento degli elementi litoidi o danneggiamento permanente del materiale di rivestimento.

5.1. Verifica delle tensioni di trascinamento

La verifica delle opere di protezione del corpo stradale si basa sull'applicazione alle sponde dell'alveo del metodo delle tensioni di trascinamento. Si assume che il moto nella sezione avvenga per concetti verticali indipendenti (trascurando cautelativamente gli scambi di quantità di moto tra concetti contigui).

Generalmente si assume che le tensioni al fondo siano proporzionali al raggio idraulico della sezione:

$$\tau_0 = \gamma_w Ri$$

dove i , pendenza del fondo è il valore della cadente di progetto nel tratto in esame, $\gamma_w = 9810 \text{ N/m}^3$ è il peso specifico dell'acqua e R è il raggio idraulico della sezione.

Se il punto è situato su una sponda lungo un'asta fluviale planimetricamente rettilinea, la tensione al fondo è ridotta:

$$\tau_0 = 0.75 \gamma_w Ri$$

Avendo eseguito la modellazione monodimensionale con HEC-RAS, i valori delle tensioni tangenziali sono forniti come output di calcolo dal software.

Al fine di determinare le dimensioni caratteristiche dei ciottoli di riempimento dei materassi e dei gabbioni, si calcola la tensione critica al fondo, oltre la quale inizia il movimento del pietrame:

$$\tau_{cr} = C_* (\gamma_s - \gamma_w) D_{50}$$

dove D_{50} è il diametro medio o caratteristico della pezzatura, $\gamma_s=26000 \text{ N/m}^3$ è il peso specifico del materiale inerte, e C_* (parametro di Shields) è valutato su dati di letteratura e pari a 0,10 per il pietrame contenuto in reti metalliche.

In generale tuttavia, la resistenza al trascinamento $\tau_{0,cr}$ viene determinata con dei comuni sistemi di progettazione in uso per ciascuno prodotto (gabbioni, materassi e geostuoie), che forniscono valori di resistenza sia nel caso in cui siano coperti di vegetazione oppure non vegetati. I valori della resistenza a trascinamento dei gabbioni sono:

- Non vegetati: 470.40 N/m^2
- Vegetati: 500 N/m^2

La protezione dell'alveo risulta stabile quando:

$$\tau_{cr} \geq \tau_0$$

La verifica delle sistemazioni previste è stata effettuata, secondo il metodo delle tensioni di trascinamento, per ciascuna opera di protezione.

Le verifiche sono soddisfatte in tutti i casi. Di seguito è riportata la tabella con le verifiche:

Tabella 11 – Verifica delle gabbionate alle tensioni di trascinamento

Protezione	Tratto stradale	Sezione stradale	Sezione Hec-Ras	τ_0 [N/m ²]	Non Vegetato SF= $\tau_{0,cr} / \tau_0$	Vegetato SF= $\tau_{0,cr} / \tau_0$
				Sponda		
Gabbionata 1 - tipo 1	Rampa 5	20	3080	23.15	20.32	21.60
Gabbionata 1 - tipo 2	Rampa 5	20-23	3031.60*	18.20	25.85	27.47
Gabbionata 2 - tipo 1	Rampa 5	5-7	3264	14.57	32.29	34.32
Gabbionata 2 - tipo 2	Rampa 5	1-5	3264	14.57	32.29	34.32
Gabbionata 3 - tipo 2	Rampa 1	1-6	3383	9.06	51.92	55.19
Gabbionata 3b - tipo 2	Rampa 4	24-29	3436.20*	11.77	39.97	42.48
Gabbionata 4 - tipo 1	Asse principale	217	3812.00*	13.37	35.18	37.40
Gabbionata 4 - tipo 2	Asse principale	218-220	3851.00*	39.33	11.96	12.71
Gabbionata 5 - tipo 2	Asse principale	220-226	3890	35.62	13.21	14.04
Gabbionata 6 - tipo 2	Asse principale	226-230	3922	24.26	19.39	20.61
Gabbionata 6 - tipo 1	Asse principale	230-235	4119.5	31.83	14.78	15.71

ALLEGATO A

Dimensionamento dei manufatti di smaltimento delle acque di piattaforma

Di seguito è riportata una tabella con i dimensionamenti delle cunette alla francese, della cunetta rettangolare 50x50cm e degli interassi degli embrici.

Successivamente si riportano le verifiche dei collettori presenti sotto cunetta, per i tratti in cui questa non risulta idraulicamente sufficiente.

Si riporta anche la legenda di tale tabella:

R	Tratto in rettilineo
S	Tratto in curva a sinistra
D	Tratto in curva a destra
U	Tratto con presenza di canaletta rettangolare 50x50cm
C	Tratto con presenza di cunetta alla francese
C + T	Tratto con presenza di cunetta e tubazione sottocunetta
E	Tratto con presenza di embrici
xxx	Portata di progetto e relativa sezione di scarico

233	3490.79	9.346	9.50	0.0265	-0.025	-0.025	R	E	C	44.39	0	1	1	0	1	-	51	25
234	3497.314	6.524	9.50	0.0248	-0.025	-0.025	R	E		30.99	0	0	0	0	0	-	-	25
235	3500	2.686	9.50	0.0242	-0.025	-0.025	R	E		12.76	0	0	0	0	0	-	-	25
236	3520	20	9.50	0.0218	-0.025	-0.025	R	E	C	95.00	0	1	1	0	11	-	45	25
237	3526.974	6.974	9.50	0.0189	-0.025	-0.025	R	E	C	33.13	0	0	0	0	10	-	43	25
238	3540	13.026	9.50	0.0171	-0.025	-0.0021	R	E	C	61.87	0	1	1	0	9	-	38	20
239	3560	20	9.50	0.0137	-0.033	0.033	S	E	C	190.00	0	5	0	0	9	-	33	15
240	3581.077	21.077	9.50	0.0104	-0.07	0.07	S	E	C	200.23	0	5	0	0	9	-	33	30
241	3594.461	13.384	9.50	0.0101	-0.07	0.07	S	E	C	127.15	0	3	0	0	9	-	32	30
242	3600	5.539	9.50	0.0099	-0.0603	0.0603	S	E	C	52.62	0	1	0	0	9	-	33	30
243	3620	20	9.50	0.0100	-0.0252	0.0252	S	E	C	190.00	0	5	0	0	9	-	33	10
244	3640	20	9.50	0.0101	-0.025	-0.01	R	E	C	95.00	50	1	3	0	9	-	33	15
245	3648.564	8.564	9.57	0.0100	-0.025	-0.025	R	E	C	40.99	50	1	2	0	6	-	34	15
246	3649.013	0.449	9.58	0.0111	-0.025	-0.025	R	E	C	2.15	50	0	2	0	4	-	33	15
247	3660	10.987	9.69	0.0100	-0.025	-0.0008	R	E	C	53.24	50	1	2	0	2	-	33	15
248	3680	20	9.90	0.0101	-0.0431	0.0431	S	C		197.94	0	5	0	15	0	33	-	-
249	3692.214	12.214	10.02	0.0101	-0.07	0.07	S	C		122.42	0	3	0	10	0	33	-	-
250	3700	7.786	10.10	0.0100	-0.07	0.07	S	C		78.64	0	2	0	7	0	33	-	-
251	3720	20	10.10	0.0100	-0.07	0.07	S	C		202.00	0	5	0	5	0	33	-	-
252	3739.207	19.207	13.99	0.0100	-0.07	0.07	S	E	C	268.71	0	7	0	0	0	-	-	30
253	3739.349	0.142	14.00	0.0141	-0.0698	0.0698	S	E	C	1.99	0	0	0	0	0	-	-	30
254	3745.257	5.908	13.95	0.0100	-0.057	0.057	S	E		82.43	0	2	0	0	0	-	-	20
255	3752.7	7.443	12.68	0.0101	-0.0406	0.0406	S	E		94.39	0	2	0	0	0	-	-	15
256	3760	7.3	9.81	0.0100	-0.025	0.0246	S	E		71.61	0	2	0	0	0	-	-	10
257	3780	20	9.60	0.0101	-0.025	-0.0194	R	E	C+T	96.04	9.7	1	1	0	6	-	33	15
258	3782.551	2.551	9.58	0.0102	-0.025	-0.025	R	E	C+T	12.22	9.7	0	0	0	5	-	32	15
259	3800	17.449	9.50	0.0099	-0.025	-0.025	R	E	C+T	82.88	9.7	1	1	0	4	-	29	15
260	3820	20	9.50	0.0081	-0.025	-0.025	R	E	C	95.00	9.7	1	1	0	3	-	24	15
261	3840	20	9.50	0.0054	-0.025	-0.025	R	E	C	95.00	9.7	1	1	0	1	-	22	10

Per quanto riguarda le tubazioni aggiuntive alla cunetta alla francese, come descritto nella "Relazione Idraulica", le verifiche sono state effettuate in moto uniforme. Di seguito si riportano le verifiche delle due tubazioni $\varnothing 315$ e $\varnothing 400$ con la portata di progetto più gravosa:

- Tubazione $\varnothing 400$ in corrispondenza della sezione 83, portata di progetto **23 l/s**

DN	G.R	Alt.rid	A/D2	A	P/D	RH	K	i	vel	Q	Q _{max}
[mm]		[Mm]								[mc/s]	[l/s]
400	70%	280	0.58723	0.09	1.98	0.1185	70	1.9%	2.33	0.22	219

- Tubazione $\varnothing 315$ in corrispondenza della sezione 188, portata di progetto **28 l/s**

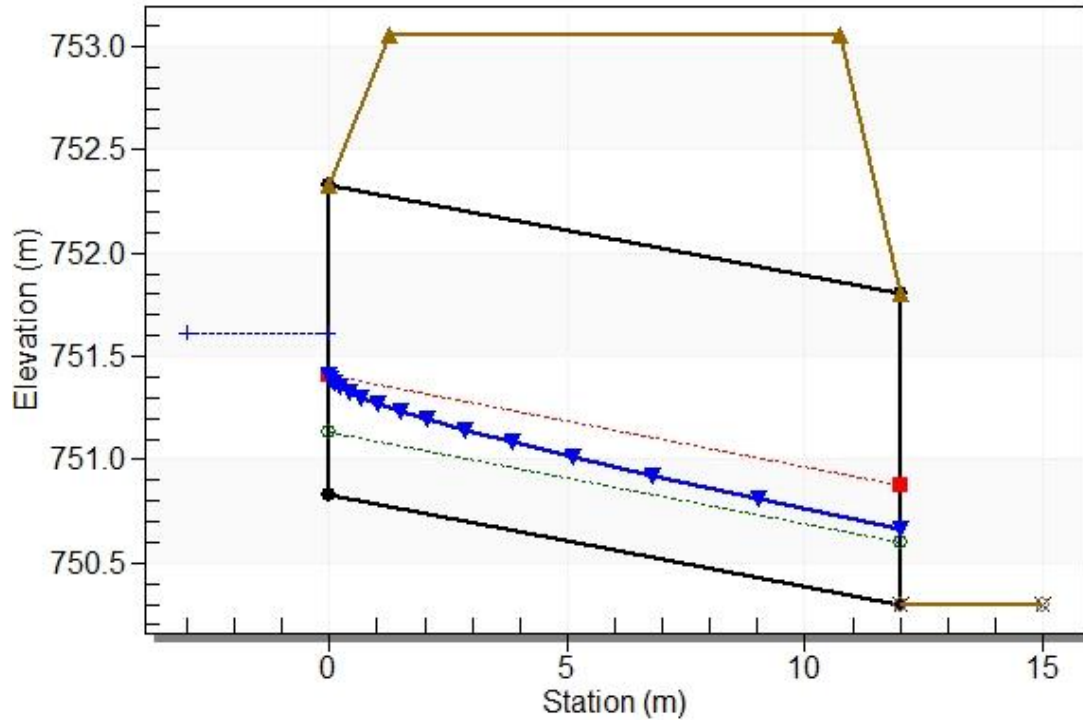
DN	G.R	Alt.rid	A/D2	A	P/D	RH	K	i	vel	Q	Q _{max}
[mm]		[Mm]								[mc/s]	[l/s]
315	50%	158	0.392699	0.04	1.57	0.0788	70	0.5%	0.91	0.04	35

ALLEGATO B

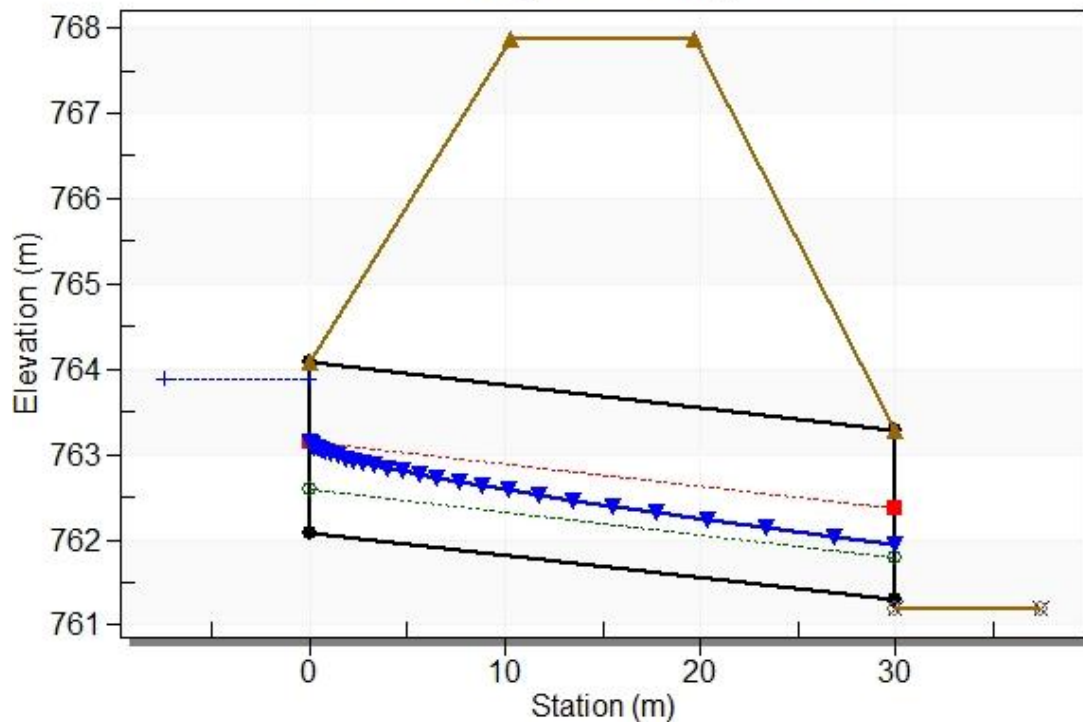
Risultati dei dimensionamento dei tombini in moto permanente con l'utilizzo del software HY 8

Di seguito sono riportati i risultati della modellazione dei tombini in moto permanente con il software HY-8.

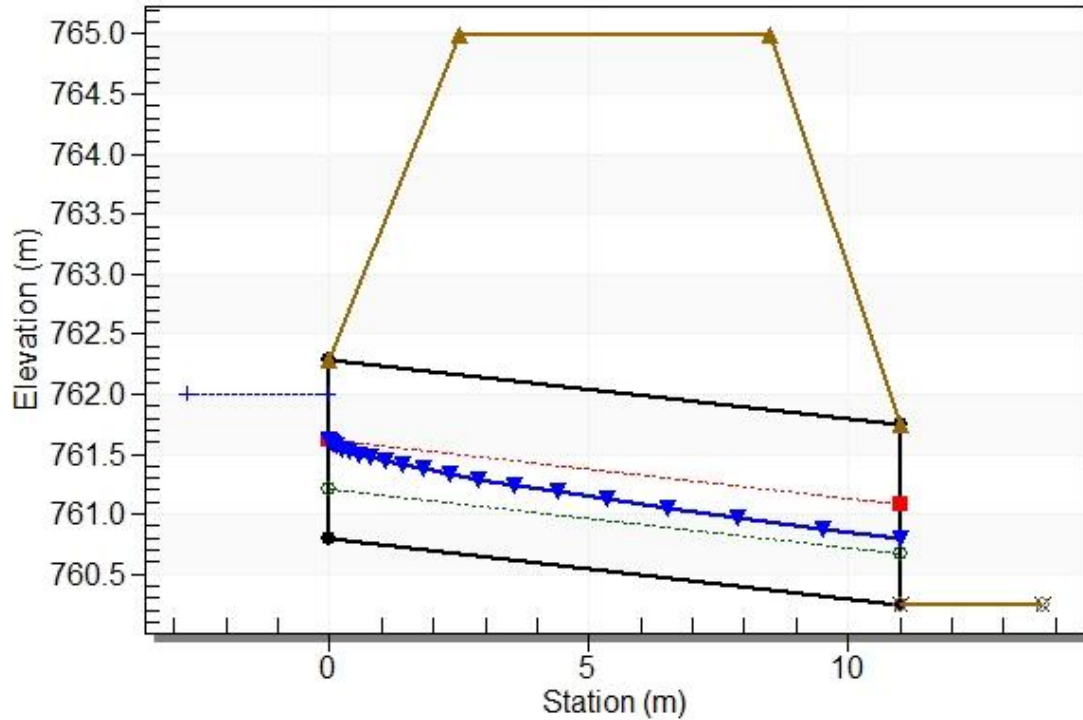
Crossing - OPERA 1, Design Discharge - 1.29 cms
 Culvert - 1500, Culvert Discharge - 1.29 cms



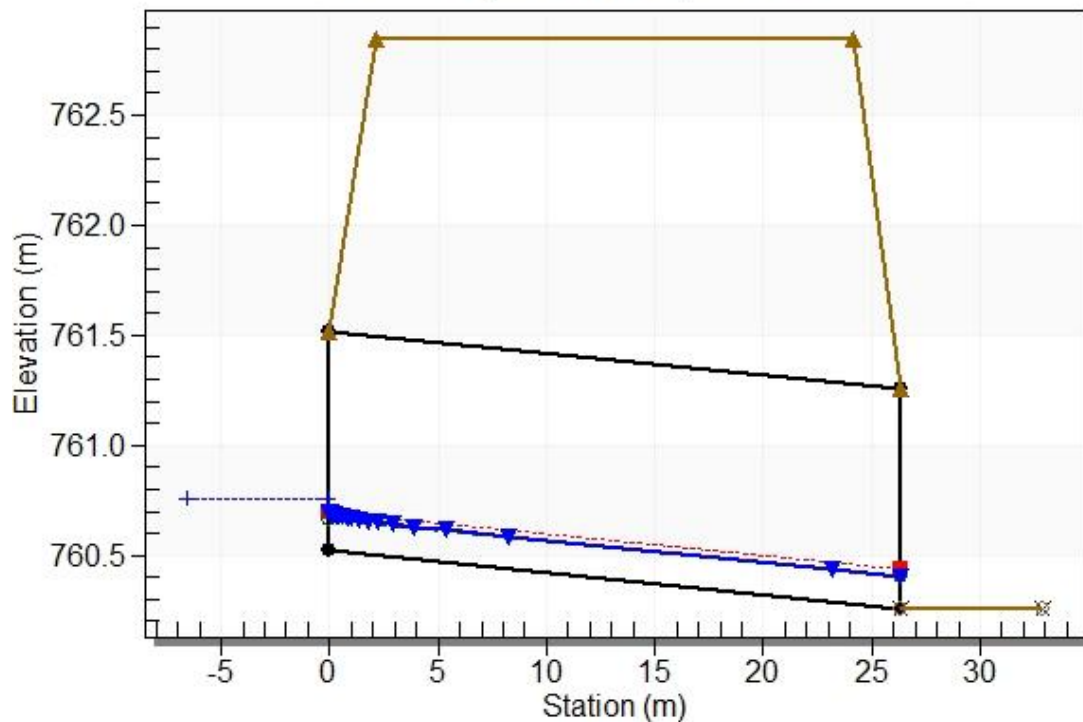
Crossing - OPERA 2, Design Discharge - 15.58 cms
 Culvert - SCAT 4.5x2, Culvert Discharge - 15.58 cms



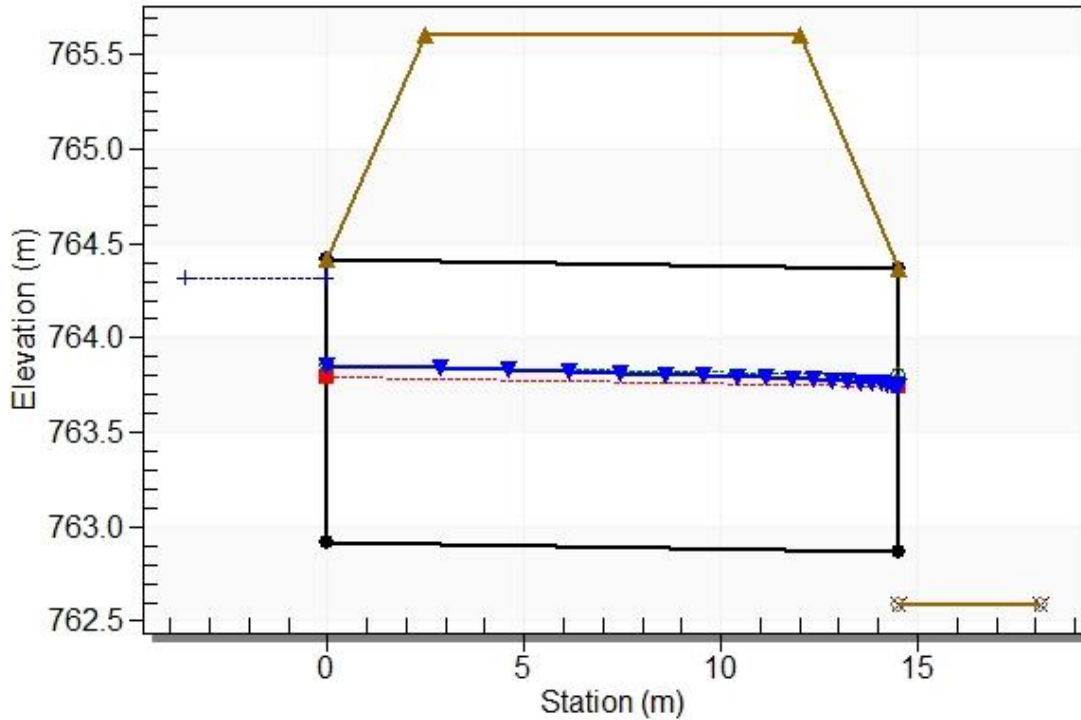
Crossing - OPERA 3, Design Discharge - 2.58 cms
Culvert - 1500, Culvert Discharge - 2.58 cms



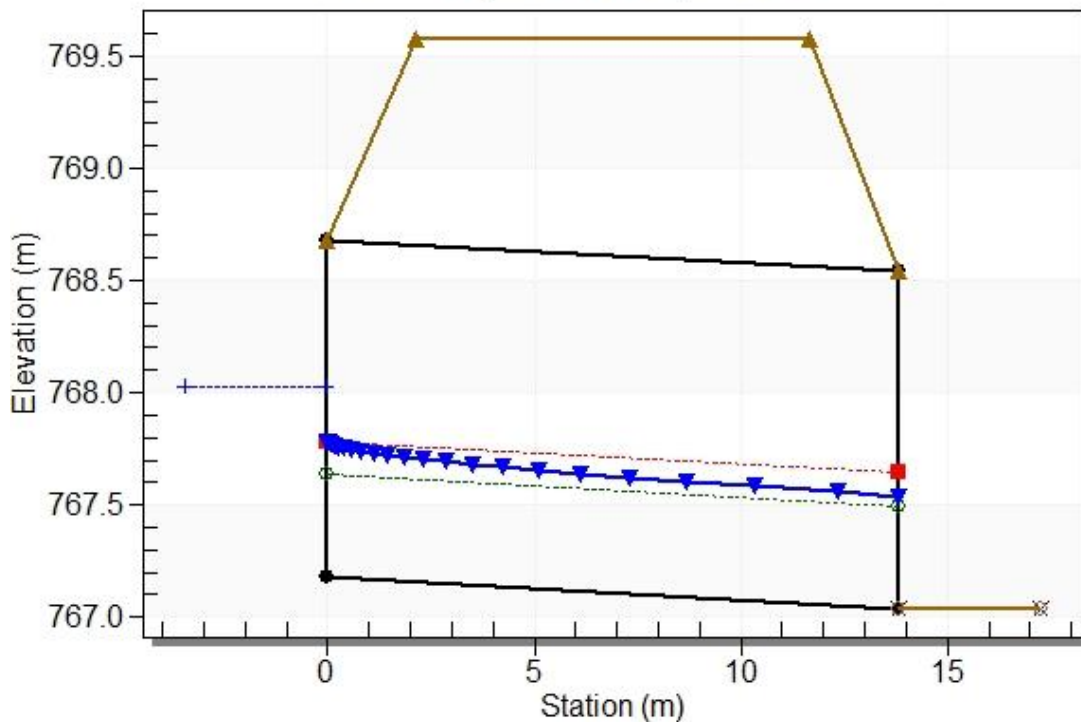
Crossing - OPERA 3B, Design Discharge - 0.10 cms
Culvert - 1000, Culvert Discharge - 0.10 cms



Crossing - OPERA 4, Design Discharge - 2.84 cms
 Culvert - 1500, Culvert Discharge - 2.84 cms

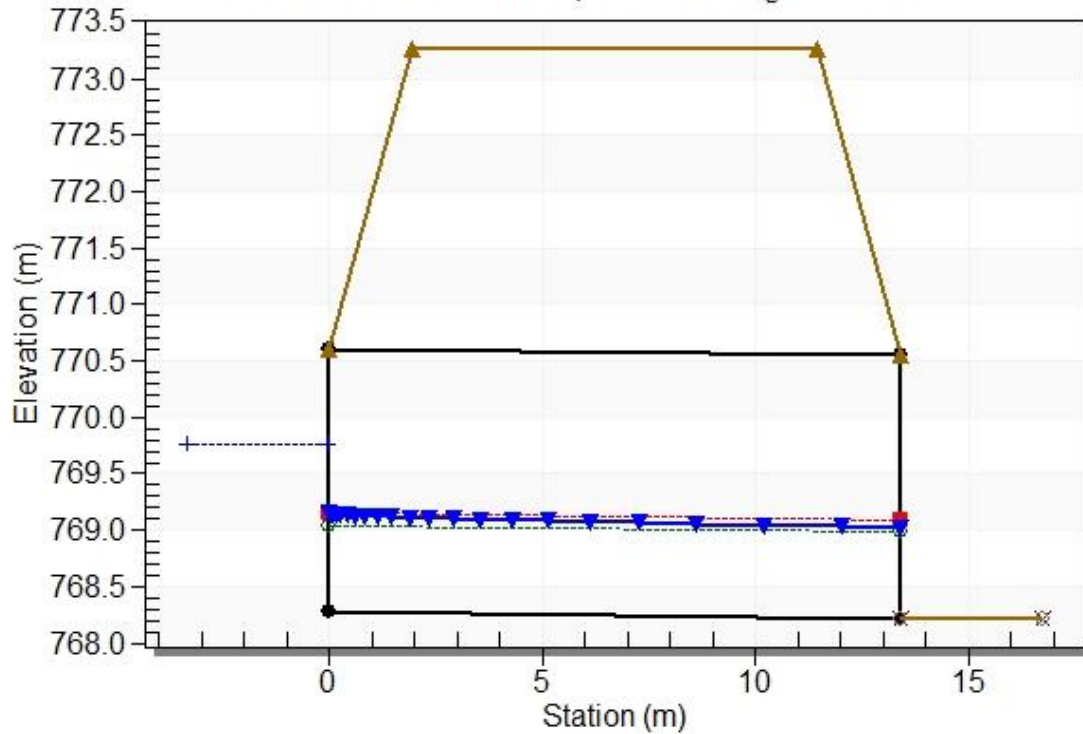


Crossing - OPERA 5, Design Discharge - 1.40 cms
 Culvert - 1500, Culvert Discharge - 1.40 cms



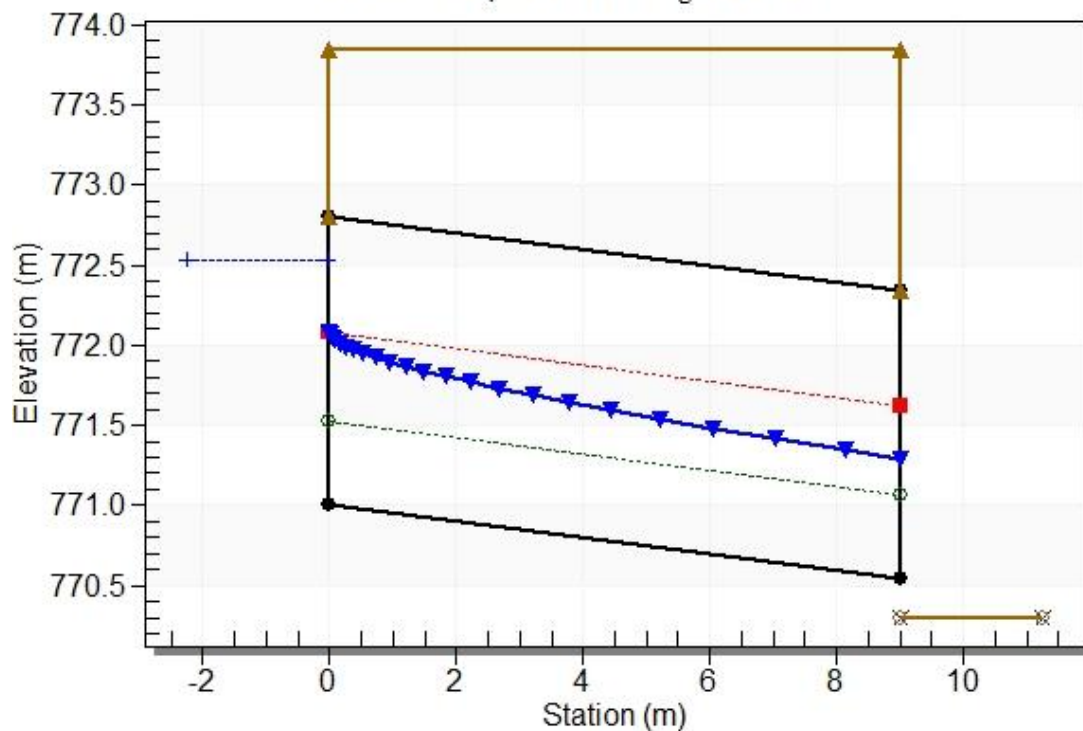
Crossing - OPERA 6, Design Discharge - 9.62 cms

Culvert - ARCO-SCAT 3x3.5, Culvert Discharge - 9.62 cms

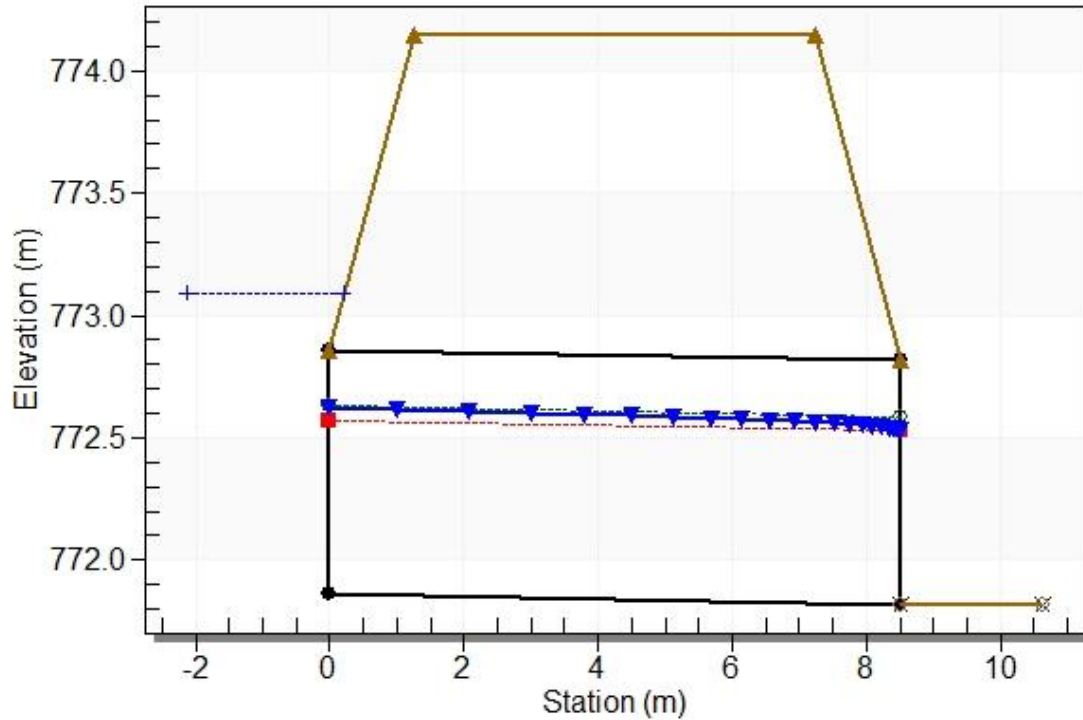


Crossing - OPERA 7, Design Discharge - 4.76 cms

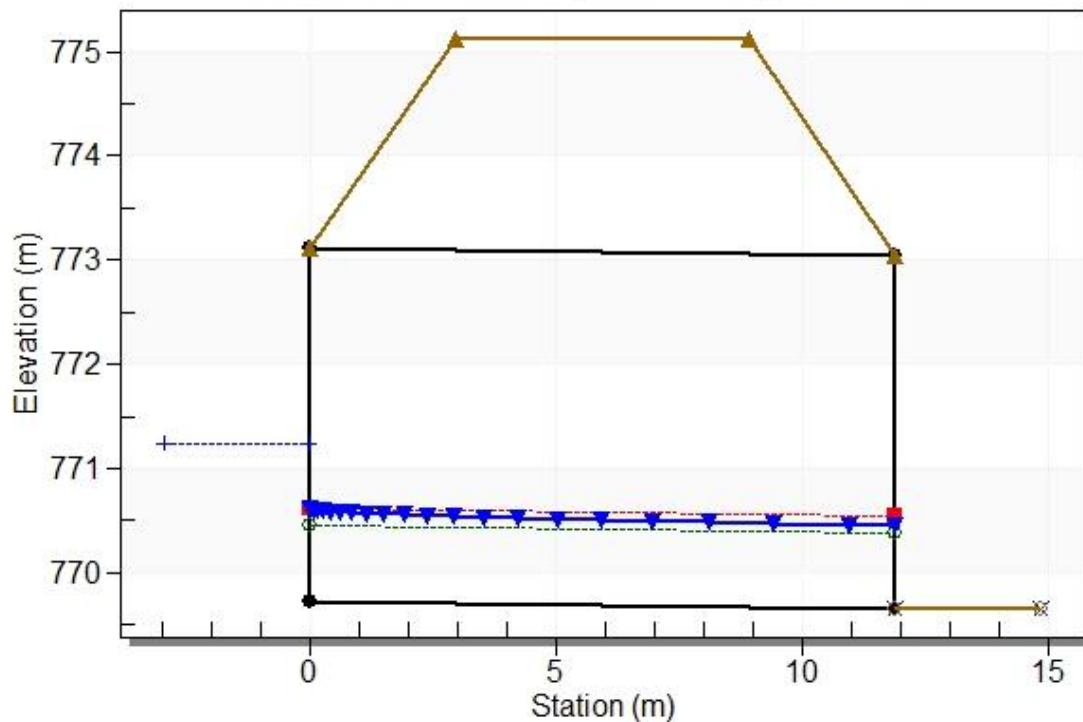
Culvert - 1800, Culvert Discharge - 4.76 cms



Crossing - OPERA 7A, Design Discharge - 2.19 cms
 Culvert - SCAT 0.8x1.50, Culvert Discharge - 2.19 cms

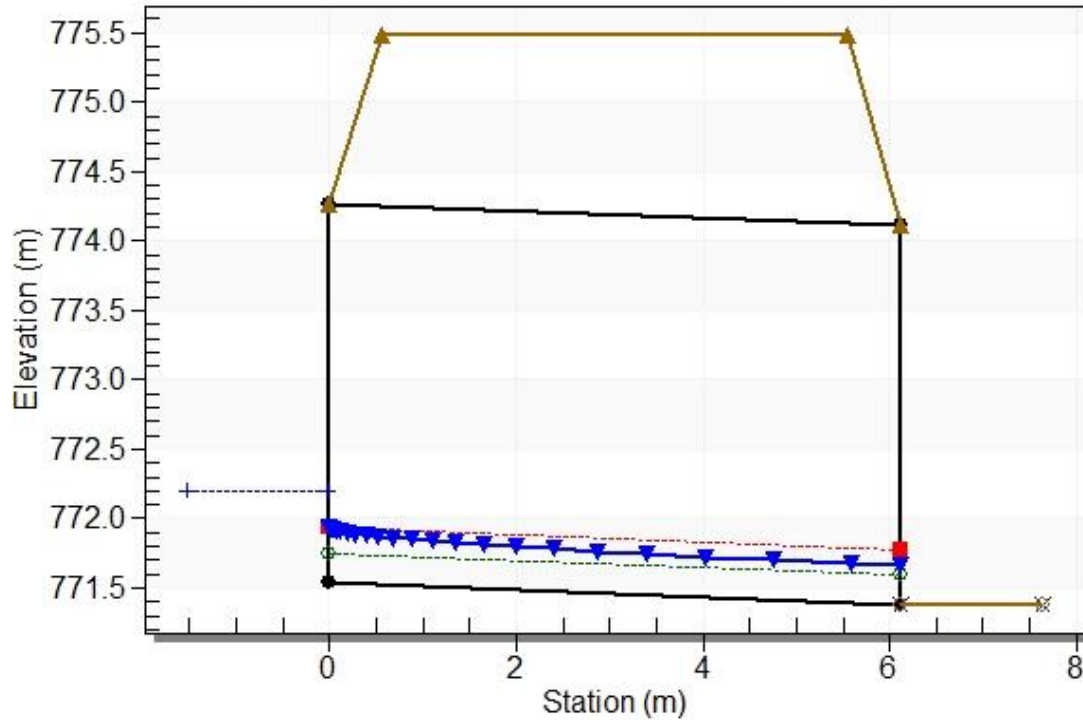


Crossing - OPERA 9, Design Discharge - 8.84 cms
 Culvert - ARCO - SCAT 4x4, Culvert Discharge - 8.84 cms



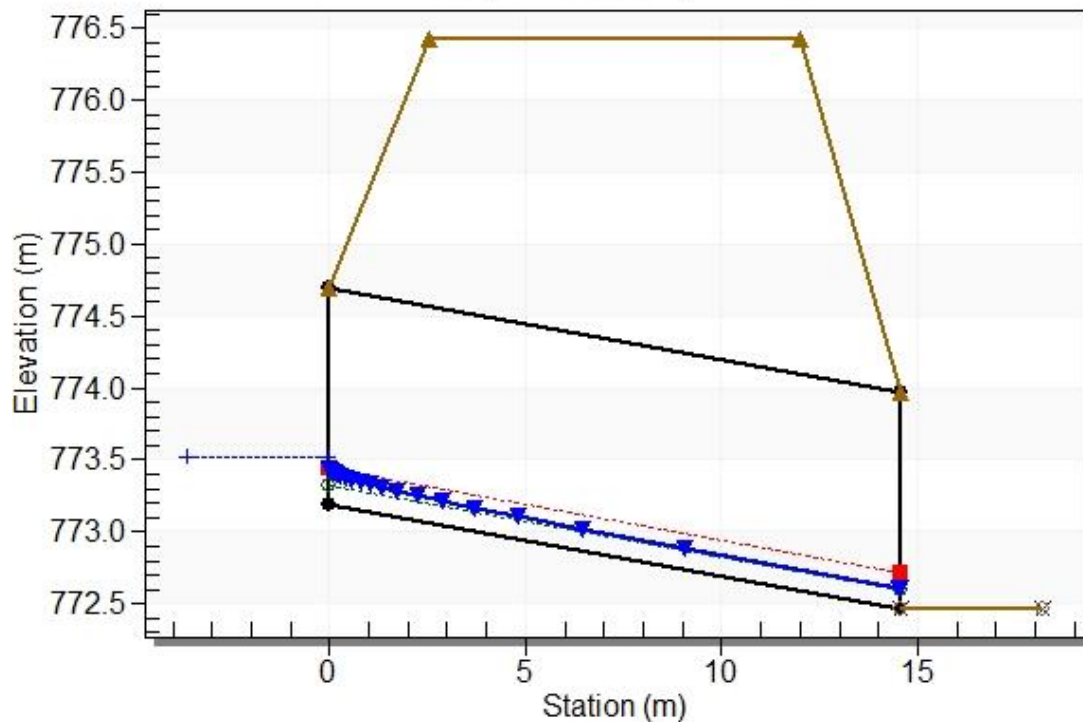
Crossing - OPERA 10, Design Discharge - 1.17 cms

Culvert - ARCO - SCAT 1.5x2.9, Culvert Discharge - 1.17 cms

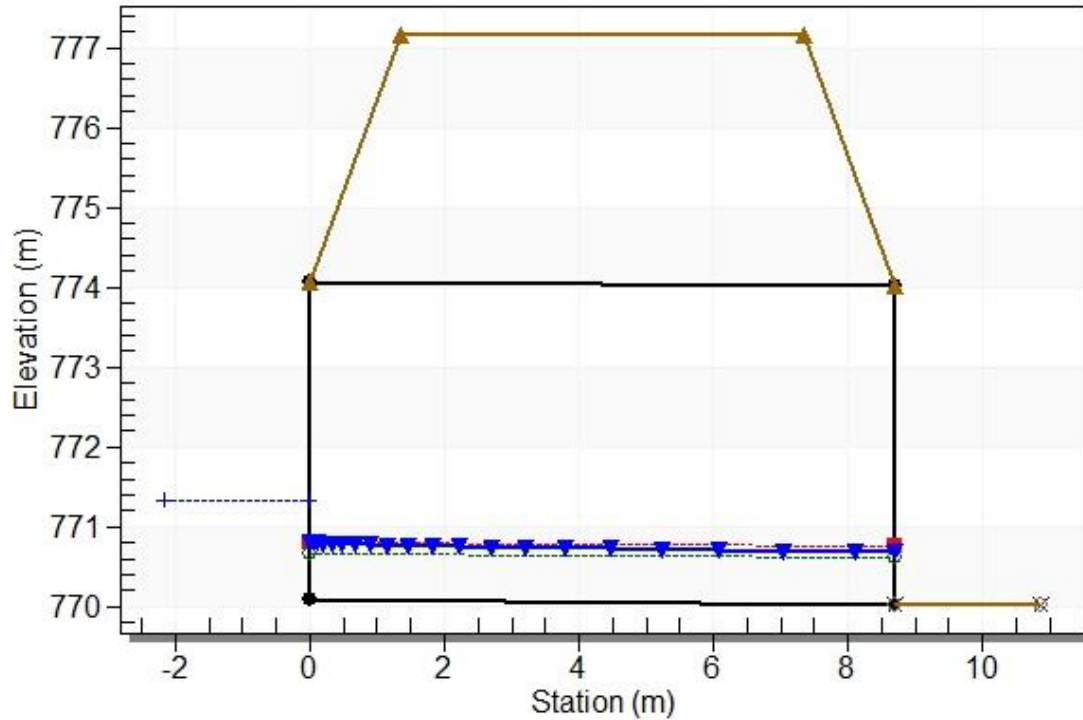


Crossing - OPERA 11A, Design Discharge - 0.25 cms

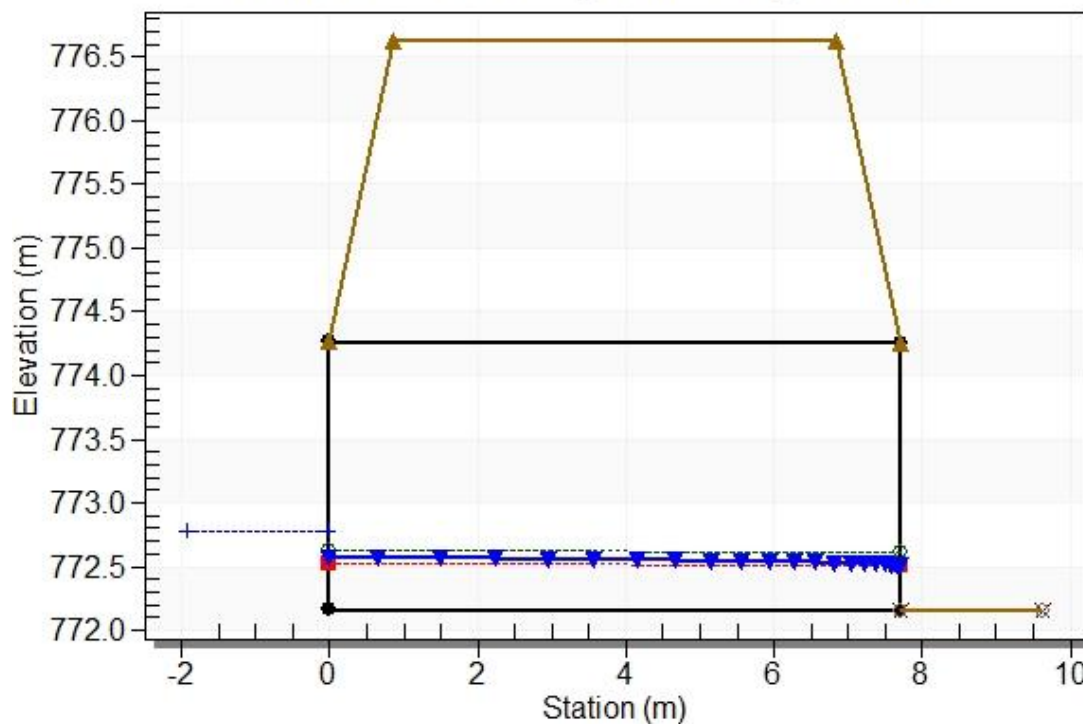
Culvert - 1500, Culvert Discharge - 0.25 cms



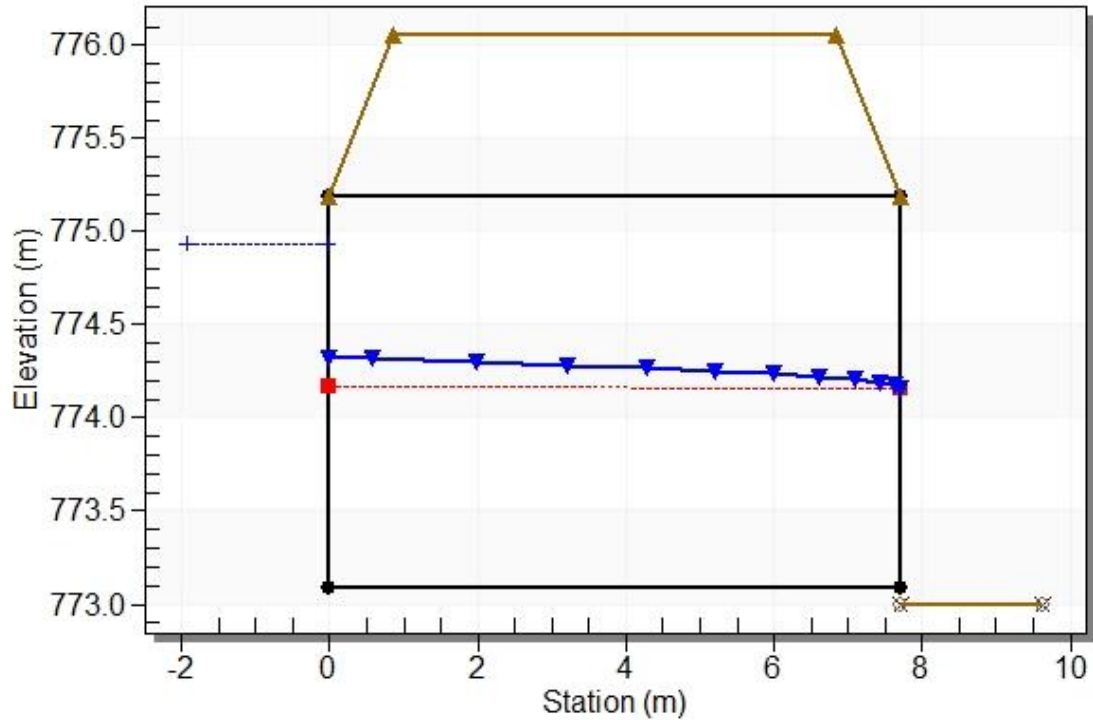
Crossing - OPERA 12, Design Discharge - 7.75 cms
 Culvert - ARCO - SCAT 4x4.2, Culvert Discharge - 7.75 cms



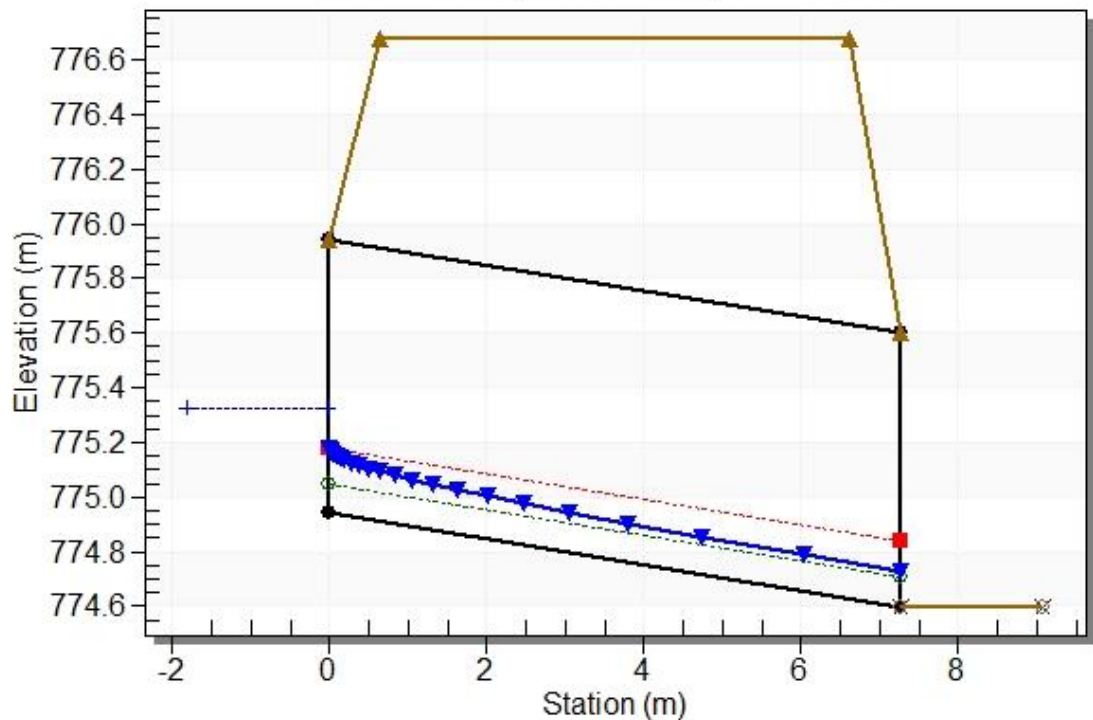
Crossing - OPERA 14, Design Discharge - 1.29 cms
 Culvert - ARCO - SCAT 2x2.7, Culvert Discharge - 1.29 cms



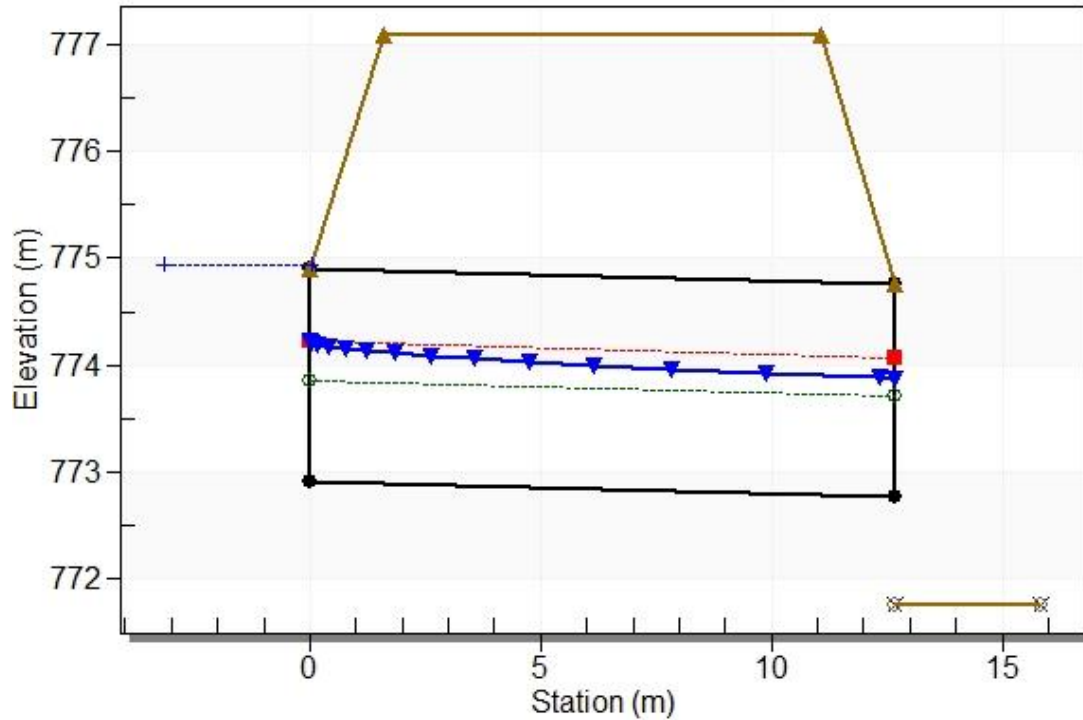
Crossing - OPERA 15, Design Discharge - 6.99 cms
 Culvert - ARCO - SCAT 2x2.7, Culvert Discharge - 6.99 cms



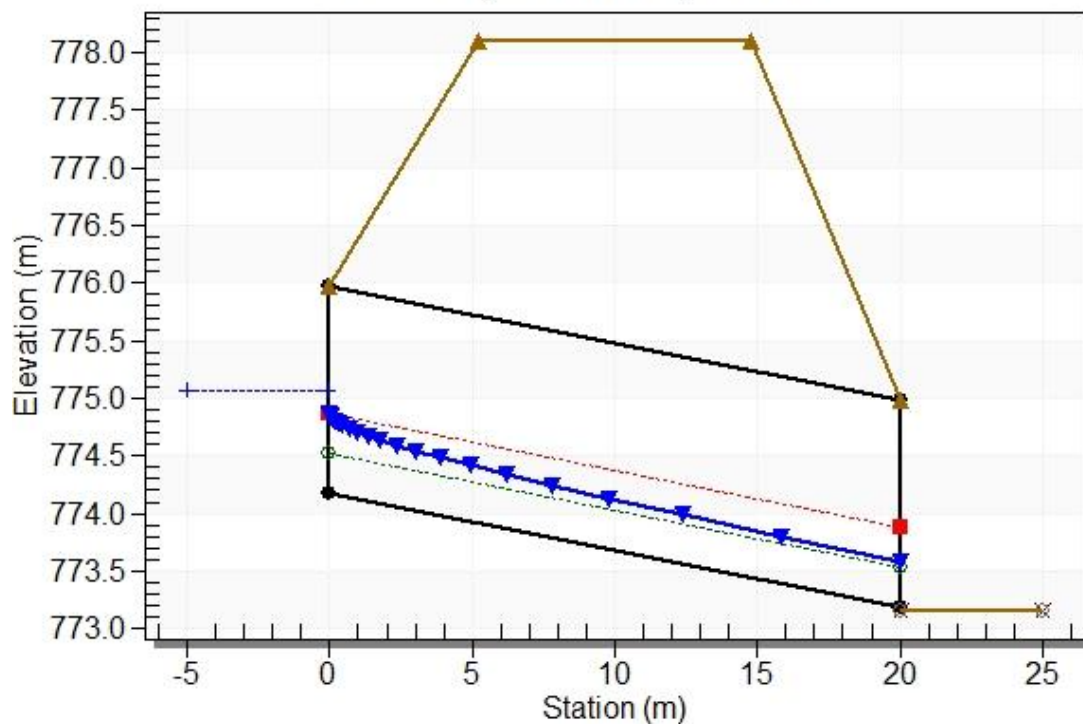
Crossing - OPERA 16, Design Discharge - 0.36 cms
 Culvert - SCAT 1x1, Culvert Discharge - 0.36 cms



Crossing - OPERA 17, Design Discharge - 9.43 cms
 Culvert - SCAT 2x2, Culvert Discharge - 9.43 cms

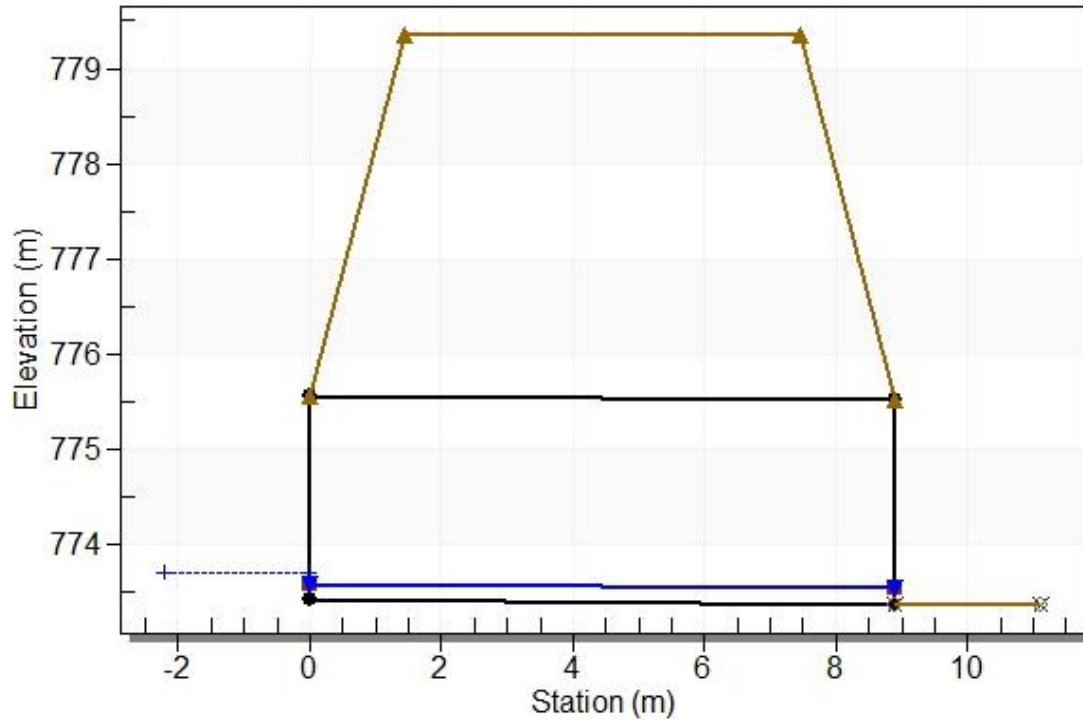


Crossing - OPERA 18, Design Discharge - 2.02 cms
 Culvert - 1800, Culvert Discharge - 2.02 cms



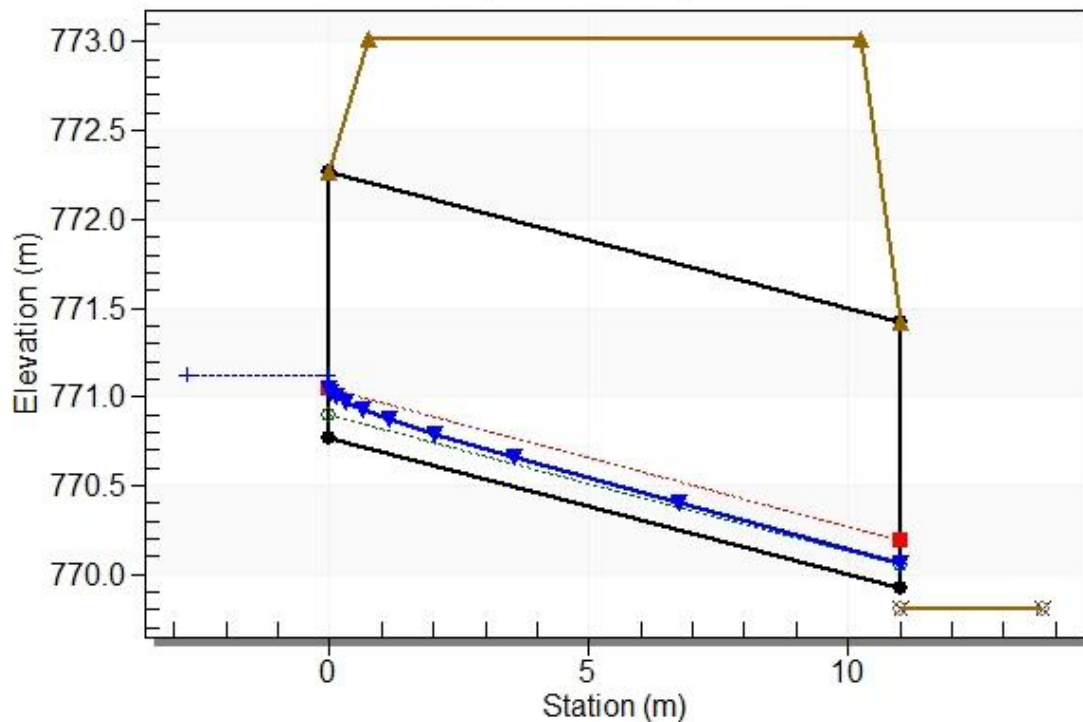
Crossing - OPERA 19, Design Discharge - 0.30 cms

Culvert - ARCO - SCAT 1.4x2.3, Culvert Discharge - 0.30 cms



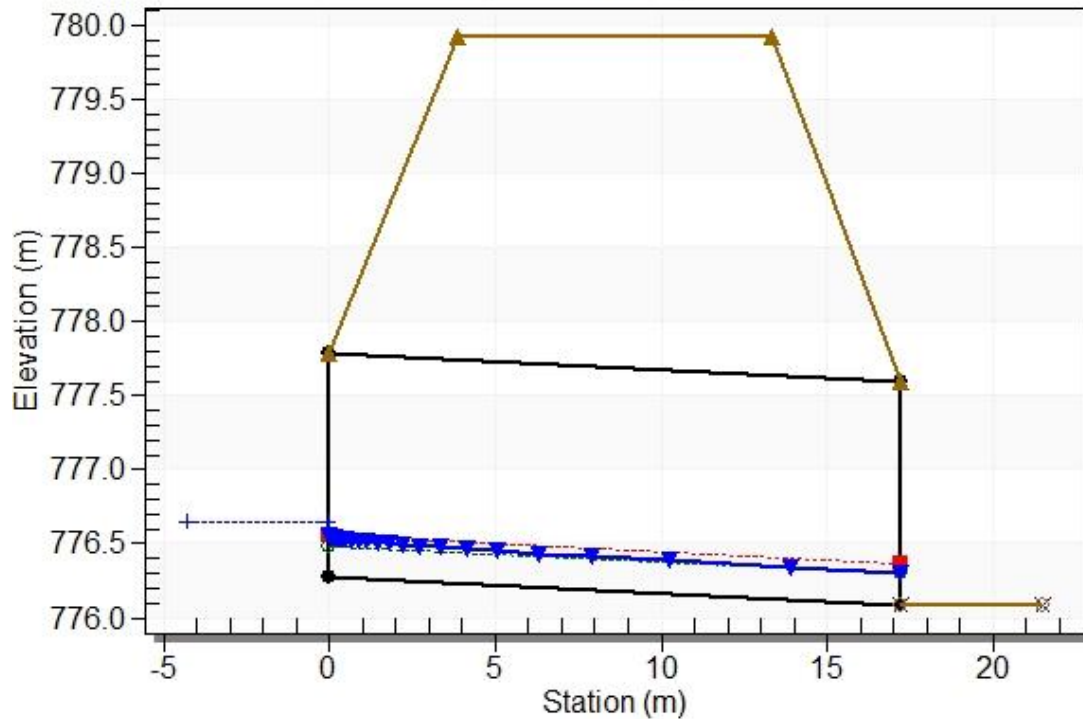
Crossing - OPERA 20, Design Discharge - 0.30 cms

Culvert - 1500, Culvert Discharge - 0.30 cms



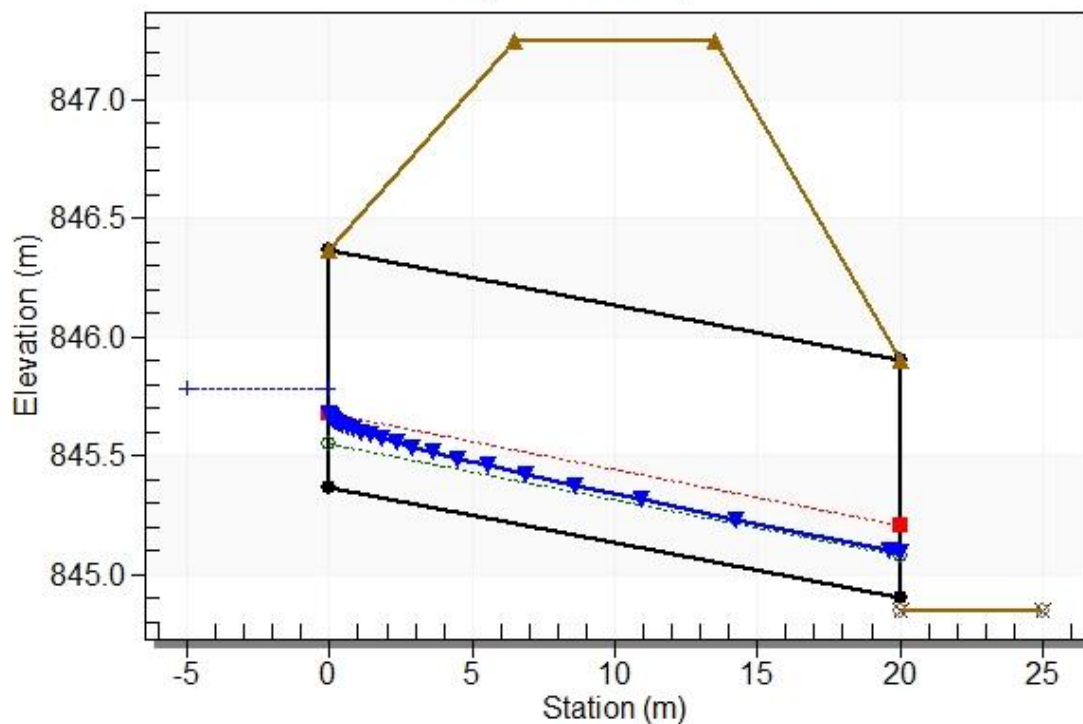
Crossing - OPERA 21, Design Discharge - 0.30 cms

Culvert - 1500, Culvert Discharge - 0.30 cms

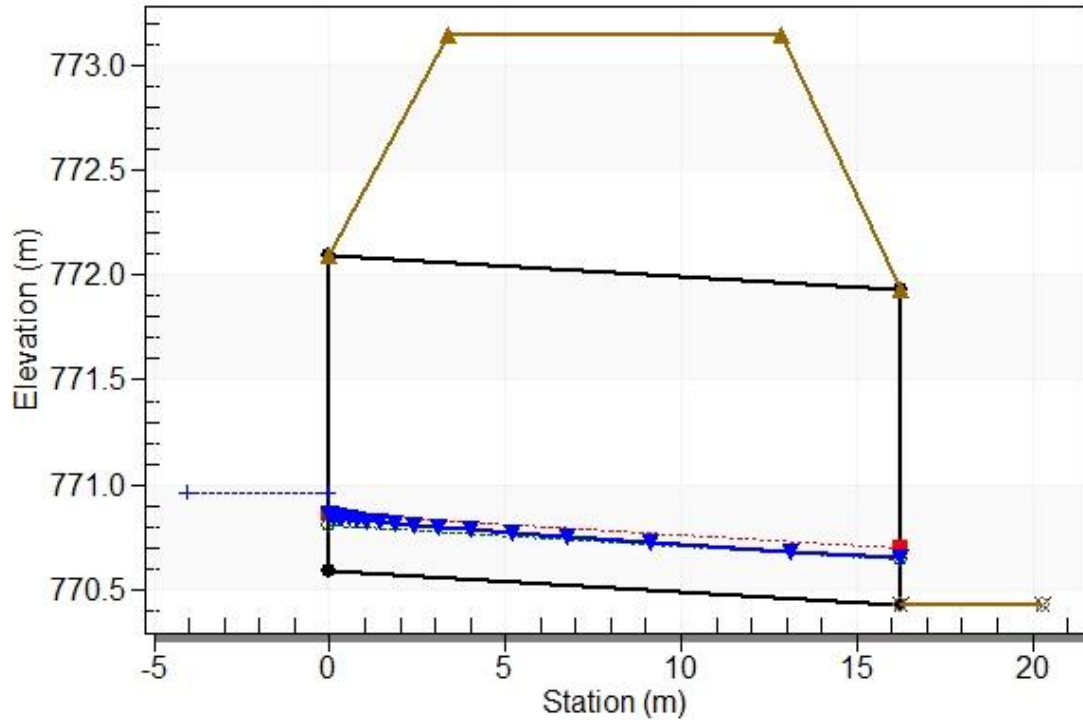


Crossing - OPERA 21B, Design Discharge - 0.30 cms

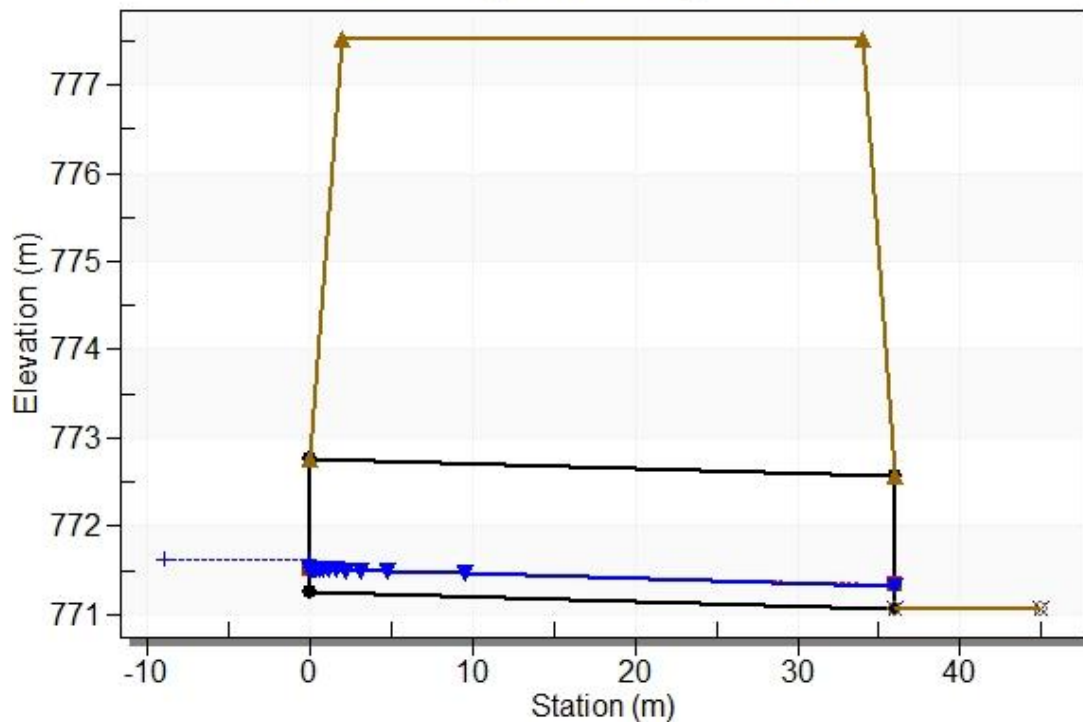
Culvert - 1000, Culvert Discharge - 0.30 cms



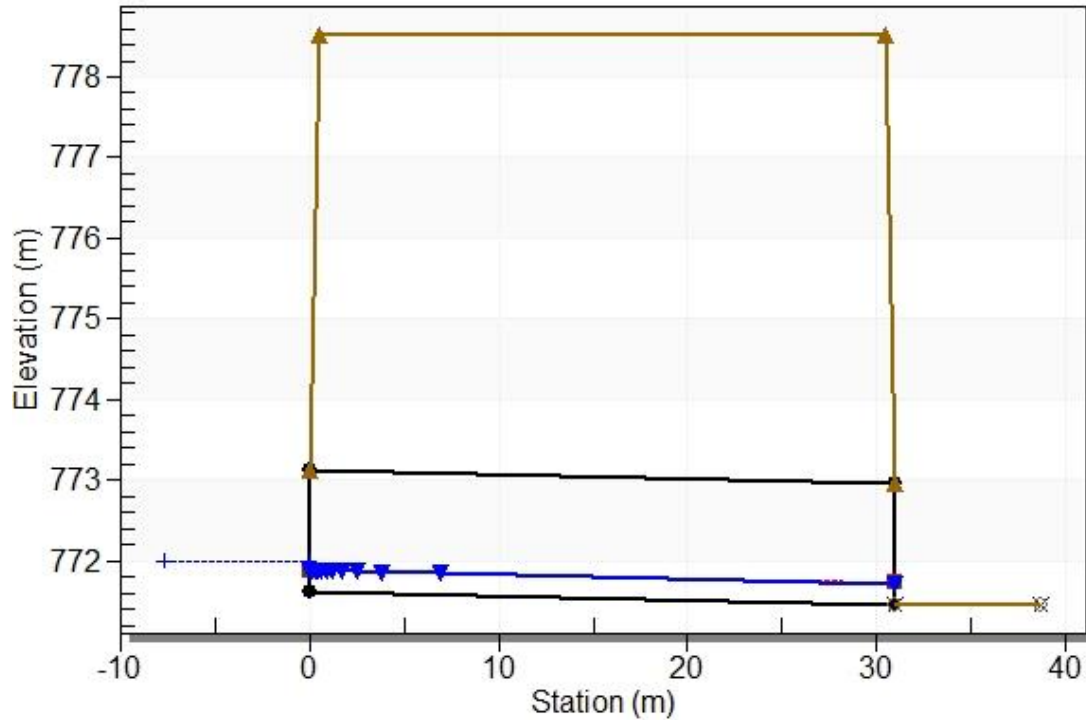
Crossing - OPERA 22, Design Discharge - 0.30 cms
 Culvert - 1500, Culvert Discharge - 0.30 cms



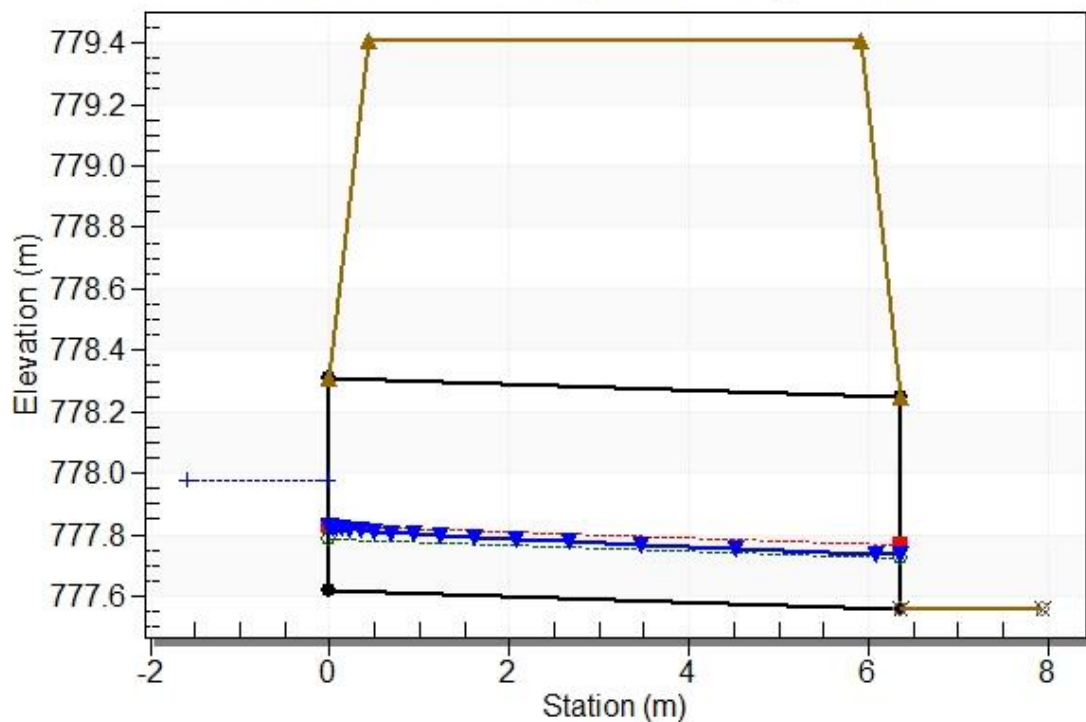
Crossing - OPERA 23, Design Discharge - 0.30 cms
 Culvert - 1500, Culvert Discharge - 0.30 cms



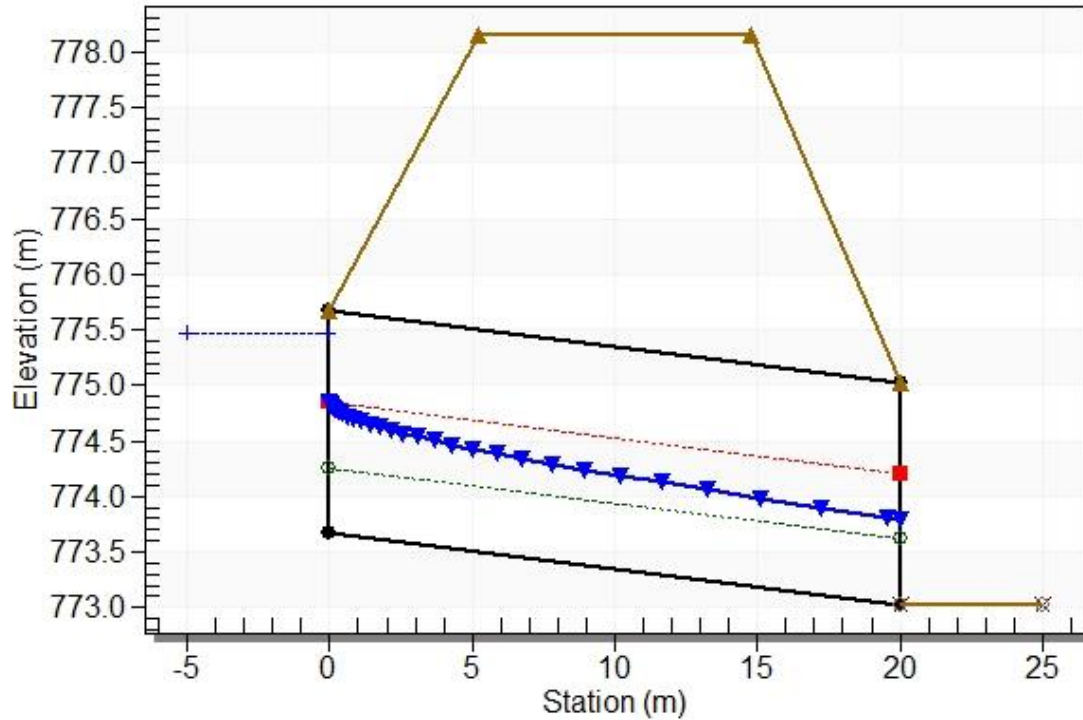
Crossing - OPERA 24, Design Discharge - 0.30 cms
 Culvert - 1500, Culvert Discharge - 0.30 cms



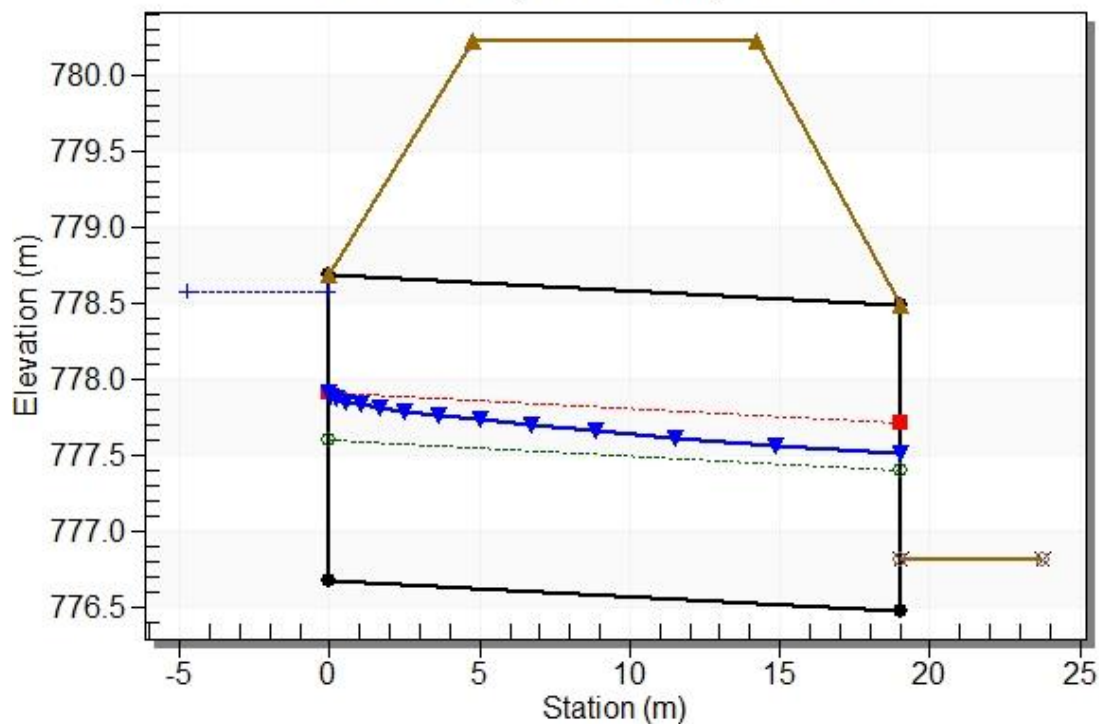
Crossing - OPERA 25, Design Discharge - 0.30 cms
 Culvert - ARCO - SCAT 1x0.8, Culvert Discharge - 0.30 cms



Crossing - OPERA 25A, Design Discharge - 8.01 cms
Culvert - SCAT 2x2, Culvert Discharge - 8.01 cms

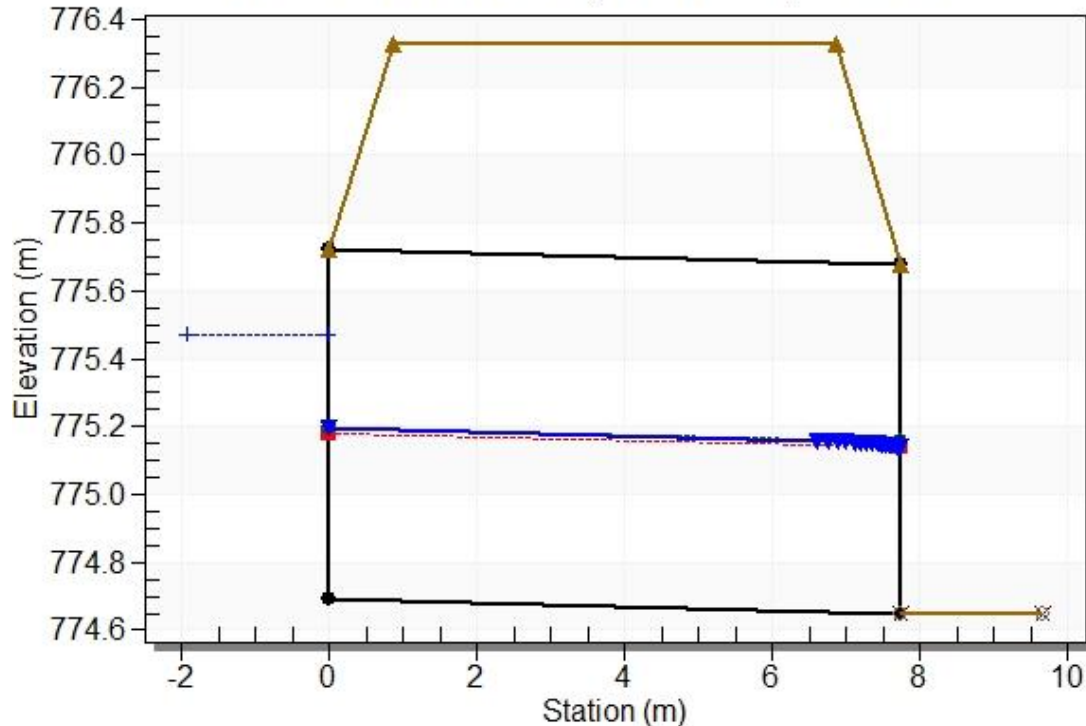


Crossing - OPERA 26, Design Discharge - 8.51 cms
Culvert - SCAT 2x2, Culvert Discharge - 8.51 cms



Crossing - OPERA 27, Design Discharge - 1.07 cms

Culvert - ARCO - SCAT 1x1.15, Culvert Discharge - 1.07 cms



Crossing - ARROCCAMENTO, Design Discharge - 3.71 cms

Culvert - 1500, Culvert Discharge - 3.71 cms

