

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**UTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

**Riqualificazione Ambientale Val Lemme
Relazione idraulica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing.G.Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R I	D P 0 4 0 0	0 0 2	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Foltran	19/10/2012	Panizza	19/10/2012	E. Pagani	19/10/2012	

n. Elab.:

File: IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00.DOC

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 2 di 112

INDICE

1.	Premessa	4
2.	IL SITO DI INTERVENTO	8
2.1	Inquadramento geografico	8
2.2	Topografia del sito	9
2.3	Disposizione di progetto deposito di smarino	10
3.	Caratterizzazione idrologica	13
3.1	Caratteristiche morfometriche del bacino	13
3.2	Portate di progetto	14
4.	ANALISI IDRAULICA STATO ATTUALE T. LEMME	15
4.1	Simulazione dello stato attuale	15
5.	ANALISI IDRAULICA STATO DI PROGETTO T. LEMME	21
5.1	Simulazione dello stato di progetto	21
5.2	Opere di protezione in massi naturali	22
5.3	Erosione in alveo	23
6.	DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI	24
6.1	Descrizione	24
6.2	Analisi idrologica reti di drenaggio	25
6.3	Analisi idraulica reti di drenaggio	27
6.3.1	Analisi idraulica canalette	27
6.3.2	Analisi idraulica compluvi principali	28
6.3.3	Franchi idraulici	29
6.4	Sistema compluvio centrale	29
6.4.1	Descrizione generale	29
6.4.2	Dimensionamento canalette lungo banche	33
6.4.3	Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio centrale	35
6.5	Sistema compluvio nord	43
6.5.1	Descrizione generale	43
6.5.2	Dimensionamento canalette lungo banche	46
6.5.3	Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio nord	48
6.6	Sistema compluvio sud	55
6.6.1	Descrizione generale	55
6.6.2	Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio sud	58
7.	DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUBORIZZONTALI BANCHE	65
7.1	Dreni sub orizzontali	65
7.1.1	Descrizione	65
7.1.2	Analisi idrologica e idraulica	66
7.2	Trincee drenanti realizzate con la tecnologia tipo Gabbiodren	70
7.2.1	Descrizione sistema di drenaggio tipo Gabbiodren	70
7.2.2	Analisi idrologica e idraulica	72
7.2.3	Descrizione modalità di impiego del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren	72
7.3	Canali collettori principali	85
7.3.1	Descrizione linee di drenaggio principali del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren	85
7.3.2	Franchi idraulici	96
7.3.3	Dimensionamento linee di drenaggio principali	96
7.3.3.1	Dimensionamento linea di drenaggio principale ovest - P1 - P15	96

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 3 di 112

	7.3.3.2 Dimensionamento linea di drenaggio principale nord - P16 – vasca di sedimentazione	102
8.	DIMENSIONAMENTO DRENAGGI DI FONDO	108
8.1	Descrizione drenaggio di fondo	108
8.2	Analisi idrologica e idraulica	109
9.	Opere provvisionali in alveo	110

ALLEGATI

Allegato 1: Descrizione del codice di calcolo monodimensionale

Allegato 2: Risultati modello monodimensionale – Stato di fatto

Allegato 3: Risultati modello monodimensionale – Stato di progetto

Allegato 4: Risultati modello monodimensionale – Opere provvisionali in alveo – Stato di fatto e stato di progetto

Allegato 5: Piogge di durata inferiore all'ora – Stazione pluviometrica di Gavi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 4 di 112

1. PREMESSA

I lavori di riqualificazione ambientale Cementir, nell'ambito della realizzazione della tratta A.V./A.C. Milano – Genova Terzo Valico dei Giovi, prevedono il deposito in sponda sinistra al torrente Lemme del materiale proveniente dallo smarino della nuova galleria dell'Alta Velocità.

Tale deposito si sviluppa alla base del fronte di cava esistente ed è contenuto al piede da una struttura in terra rinforzata, la quale verrà protetta dall'azione idrodinamica delle acque del Torrente Lemme tramite una scogliera in massi di cava di lunghezza pari a 417 m, collocata in sponda sinistra ad esterno curva, nel tratto in cui il t. Lemme maggiormente si avvicina al fronte di abbancamento.

Il materiale di smarino è sistemato in banche della larghezza di 3 m, alternate a scarpate aventi pendenza di 22.5° e altezza di 4.14 m, a formare un accumulo degradante in direzione Nord.

Oggetto della presente relazione è:

- la definizione dei livelli idrici del torrente Lemme necessari al dimensionamento della difesa spondale in sponda sinistra al t. Lemme;
- l'analisi dei fenomeni di erosione della difesa spondale;
- la definizione delle opere provvisoriale in alveo per la realizzazione della scogliera;
- il dimensionamento idraulico dei sistemi di drenaggio superficiale e profondo.

Si riporta una rapida descrizione delle principali opere idrauliche presenti, più dettagliatamente descritte nel seguito e nella relazione generale.

Il sistema di drenaggio del deposito è organizzato in drenaggi superficiali e drenaggi di profondità.

Il sistema di raccolta delle acque di precipitazione che insistono sul deposito in progetto, denominato *drenaggio superficiale*, è costituito da

- fossi di guardia che intercettano e convogliano le acque provenienti dalla parte alta del fronte di cava;
- canalette in legname di forma rettangolare poste al piede delle scarpate delle singole banche del deposito, con scorrimento in direzione longitudinale all'ammasso, da Sud verso Nord;
- tre linee di drenaggio principali, trasversali all'ammasso, definite "compluvio centrale", "compluvio nord" e "compluvio sud", che veicolano le acque verso il recettore finale, il t. Lemme;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p>	<p>Foglio 5 di 112</p>

- vasca di sedimentazione di valle, di raccolta e calma anche delle acque di drenaggio suborizzontale e di fondo, posta immediatamente a monte dello scarico nel recettore finale, t. Lemme.

Il compluvio nord si sviluppa all'altezza dell'estremo nord dell'ammasso e raccoglie le acque provenienti dalle canalette lungo le banche, dal compluvio centrale (prog. 336.80) fino al fronte nord del deposito, scaricandole nel pozzetto di confluenza Vn0. In corrispondenza del pozzetto Vn0 (pozzetto di salto) l'acqua sottopassa le terre rinforzate di contenimento del deposito tramite un canale interrato che si sviluppa fino al pozzetto Vv, collocato a piano campagna; da lì le acque superficiali vengono trasferite alla vasca terminale di sedimentazione e, a valle di essa, al canale di scarico in T.Lemme.

Il compluvio centrale si trova all'altezza della sezione 9 di progetto, alla progressiva 336.80 m, e raccoglie le acque provenienti dalle canalette a Sud di esso, dalla prog. 0 alla 336.80 stessa; all'altezza della banca più bassa (banca 0), l'acqua viene veicolata verso Nord lungo la banca 0 attraverso due porzioni di canale ad U in c.a. con grigliato carrabile superiormente e da un tratto a sezione trapezia in legname e pietrame, fino al pozzetto di confluenza Vn0.

Al compluvio centrale ed al compluvio nord afferiscono anche le acque provenienti dai fossi di guardia in testa al deposito, i quali raccolgono le acque che ruscellano lungo il fronte di cava.

All'estremo sud dell'ammasso, è presente un terzo sistema di raccolta, denominato compluvio sud, che ha il compito di drenare le acque del fronte di cava provenienti da Sud e Sud-Ovest, prima che intercettino il deposito in progetto, e di smaltire le acque a monte della viabilità di accesso in progetto. Il compluvio presenta quindi, da monte verso valle, canali trapezi in legname e pietrame, canali a U in c.a. rivestiti in massi, tubazioni di sottopasso alla viabilità di accesso, a veicolare le acque verso un canale terminale trapezio che scarica l'acqua in golena sinistra del T. Lemme.

I compluvi ed i fossi di guardia sono realizzati in legname e pietrame, secondo le tecniche a minimo impatto ambientale dell'ingegneria naturalistica, riportate nel manuale di Ingegneria Naturalistica della Regione Piemonte; i canali terminali di scarico nel t. Lemme sono rivestiti in massi cementati; i tratti di canale ad U saranno realizzati in c.a. coperti da un grigliato carrabile tipo Orsogrill. Le parti in c.a. esposte saranno rivestite in massi.

Tutte le dimensioni e caratteristiche dei singoli tratti verranno analizzate e descritte dettagliatamente nei singoli capitoli dedicati.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 6 di 112

Al fine di trattenere le frazioni fini in sospensione, veicolate dal sistema di drenaggio superficiale, saranno previsti:

- pozzetti di decantazione in c.a. posizionati lungo le canalette ad U delle banche, immediatamente a monte dello scarico nei compluvi;
- vasche di sedimentazione in c.a. gettate in opera e rivestite in massi cementati lungo i compluvi ed al termine delle linee di drenaggio;
- vasca di sedimentazione di valle, a monte dello scarico nel t. Lemme.

Le vasche di calma, localizzate lungo i compluvi all'intersezione con le banche, agiscono, inoltre, da dissipatori di energia e provocano il rallentamento della corrente lungo di essi.

I drenaggi di profondità fanno capo a due sistemi di drenaggio distinti:

- drenaggio delle acque di infiltrazione del deposito;
- drenaggio profondo del fondo cava.

Il *drenaggio delle acque d'infiltrazione dal fronte del deposito di progetto* è realizzato mediante drenaggi suborizzontali microfessurati disposti perpendicolarmente a ciascuna berma, all'altezza del piede di ciascun versante, con scarico diretto nelle trincee drenanti di alloggiamento di sistemi tipo Gabbiodren, disposti longitudinalmente lungo le singole banche. I dreni avranno le caratteristiche seguenti:

- diametro di perforazione = 300 mm;
- lunghezza = 50 m;
- interasse = 10 m;
- tubo drenante in HDPE diametro 200 mm microfessurato con struttura a doppia parete e piede d'appoggio corrugato all'esterno e liscio internamente avvolto con calza di telo geotessile in polipropilene di peso 140 gr/mq.

Le trincee drenanti tipo Gabbiodren sono posate longitudinalmente a ciascuna banca, trasversalmente ad una distanza di 1 metro dal ciglio del versante.

Il sistema tipo Gabbiodren è realizzato con pannelli prefabbricati ad alte prestazioni idraulico-meccaniche, costituiti da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da "ciottoli" di polistirolo non riciclato, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque, reso impermeabile alla base

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 7 di 112

da una membrana occhiellaia in polietilene LD. La trincea presenta al suo interno, preassemblato, un tubo microforato del diametro di 160mm.

Il *drenaggio di fondo* verrà realizzato mediante la posa di uno strato drenante in ghiaia confinato entro un geotessile con funzione di separazione e filtrazione.

All'interno di questo strato di ghiaia, che verrà posato sul profilo del terreno attuale dal piede del versante all'opera di contenimento lato Lemme, saranno collocate più linee di tubazioni drenanti; queste ultime percorreranno i punti più depressi della topografia attuale e, dal momento che la zona più depressa si trova nella zona centrale della cava, a valle di questa zona i dreni verranno collocati in trincea (rispetto al piano campagna attuale) per defluire a gravità nel t. Lemme.

A partire da monte, verrà realizzata una prima linea di drenaggio (tubazione singola 600 mm), che raccoglierà le acque di infiltrazione del versante dalla sezione 1 alla 8, per poi confluire nella linea centrale di drenaggio prima della sezione 9. La linea centrale di drenaggio parte dalla sezione 3 con una tubazione singola (600 mm), percorrendo il compluvio attuale fino alla successiva sezione 4, dove la tubazione viene raddoppiata fino alla sezione di sbocco nella vasca di sedimentazione che precede lo scarico nel t. Lemme. Le tubazioni attraversano il versante dell'abbancamento sotto il piano di fondazione, e rimangono in trincea fino allo sbocco nella vasca di sedimentazione.

L'assenza di materiale di natura organica esclude l'utilizzo di vasche di biofiltrazione.

La realizzazione della scogliera al piede del deposito avverrà previa realizzazione in alveo di una pista provvisoria di altezza 50 cm che consenta il transito dei mezzi e l'esecuzione dei lavori in condizioni asciutte. I dettagli esecutivi delle opere provvisorie previste sono riportati per fasi successive nella tavola specifica.

Le verifiche idrauliche del torrente Lemme sono condotte attraverso il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente nella configurazione attuale dell'alveo e nello stato di progetto.

Lo studio idraulico di riferimento è il Sottoprogetto SP 1.4 – Attività di Pianificazione del Bacino del Fiume Po – Rete idrografica minore naturale e artificiale – Monografia del Torrente Lemme, redatto nell'ottobre 2002 dall'Autorità di Bacino del Fiume Po; la portata di progetto utilizzata è quella della stazione di Voltaggio, posta a valle del deposito, pari a 276 m³/s per tempo di ritorno 500 anni.

2. IL SITO DI INTERVENTO

2.1 Inquadramento geografico

Il sito di intervento è posto in Comune di Voltaggio, Provincia di Alessandria, sul Torrente Lemme, come rappresentato nella figura seguente su base CTR della Regione Piemonte e nella successiva ripresa aerofotografica relativa all'area di deposito del materiale.

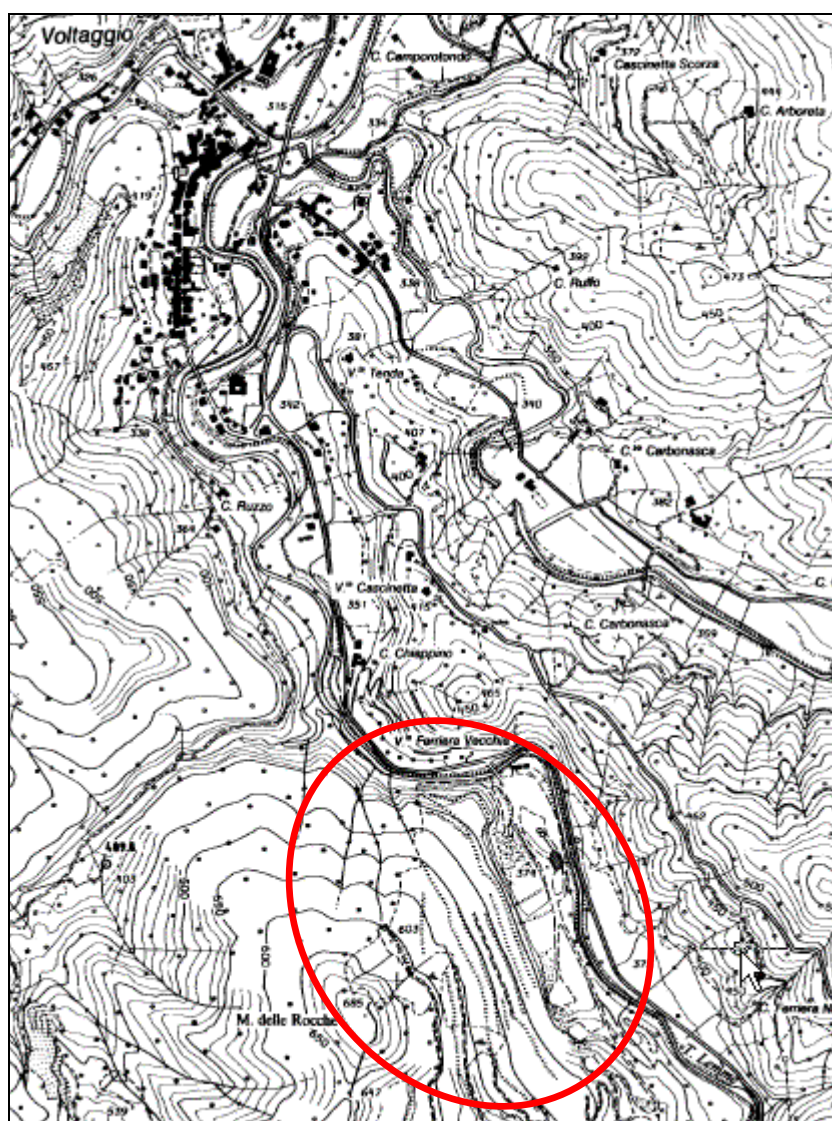


Figura 1 – Localizzazione del sito di intervento su base CTR della Regione Piemonte



Figura 2 – Ripresa aerofotografica dell'area di deposito del materiale

2.2 Topografia del sito

La topografia del sito è nota a mezzo di un accurato rilievo di dettaglio effettuato appositamente per il progetto che ha consentito di rilevare un congruo numero di punti quotati.

Operando su tali dati di base e con il supporto delle informazioni deducibili dalla Carta Tecnica Regionale e dai sopralluoghi in sito, è stata ricostruita la geometria complessiva (DEM) del terreno per mezzo di una modellazione tridimensionale su supporto informatico; dal modello digitale del terreno sono state ricavate le sezioni trasversali necessarie per l'implementazione del modello idraulico monodimensionale, come è illustrato nei capitoli successivi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 10 di 112

Nella **Figura 3** è riportato il modello digitale del terreno ricostruito dal rilievo appoggiato sulla CTR.

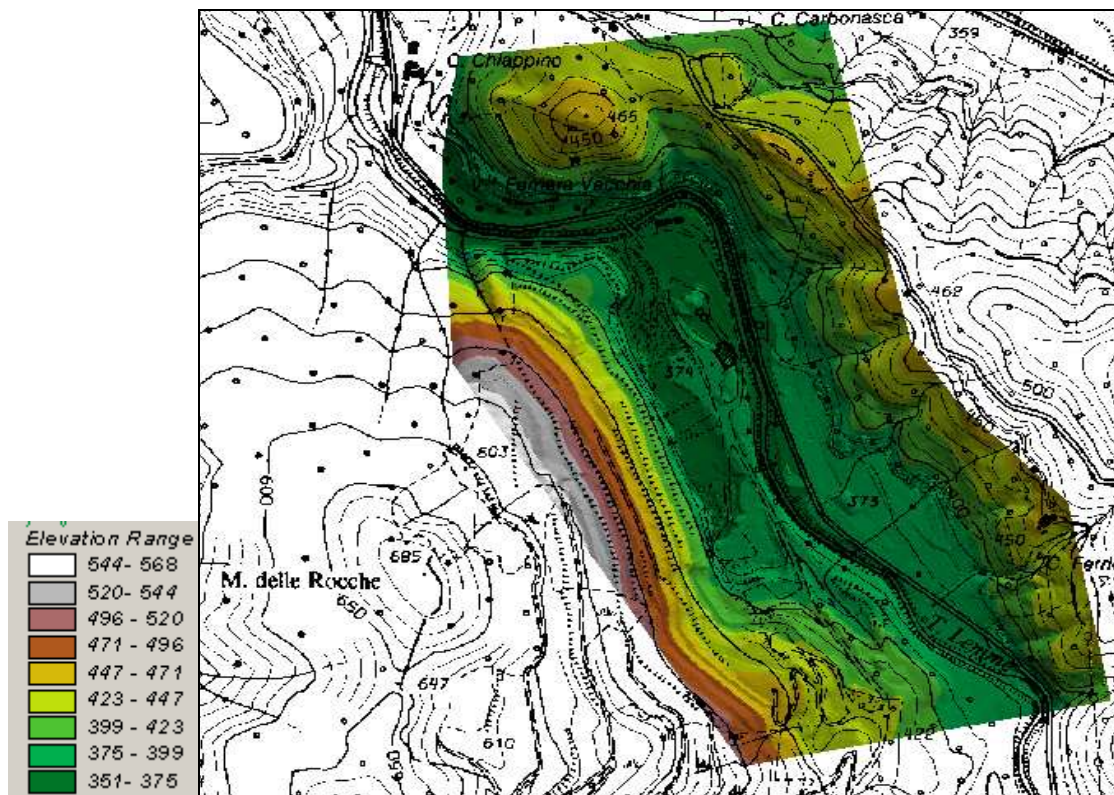


Figura 3 – Modello digitale del terreno sovrapposto su base CTR georeferenziata

2.3 Disposizione di progetto deposito di smarino

Il deposito in sponda sinistra al torrente Lemme del materiale proveniente dallo smarino della nuova galleria dell'alta velocità sarà disposto in modo da riprodurre quanto più possibile la sistemazione originaria del versante, precedente alla realizzazione della cava.

La **Figura 4** riporta la carta IGM in scala 1:25000 del 1955 relativa all'area di deposito (in rosso le sezioni della modellazione idraulica); la figura 5 riporta la sistemazione di progetto del deposito. È possibile osservare la similarità tra la disposizione di progetto e quella naturale del 1955, anche in termini di riproduzione dei compluvi principali nord, centrale e sud.

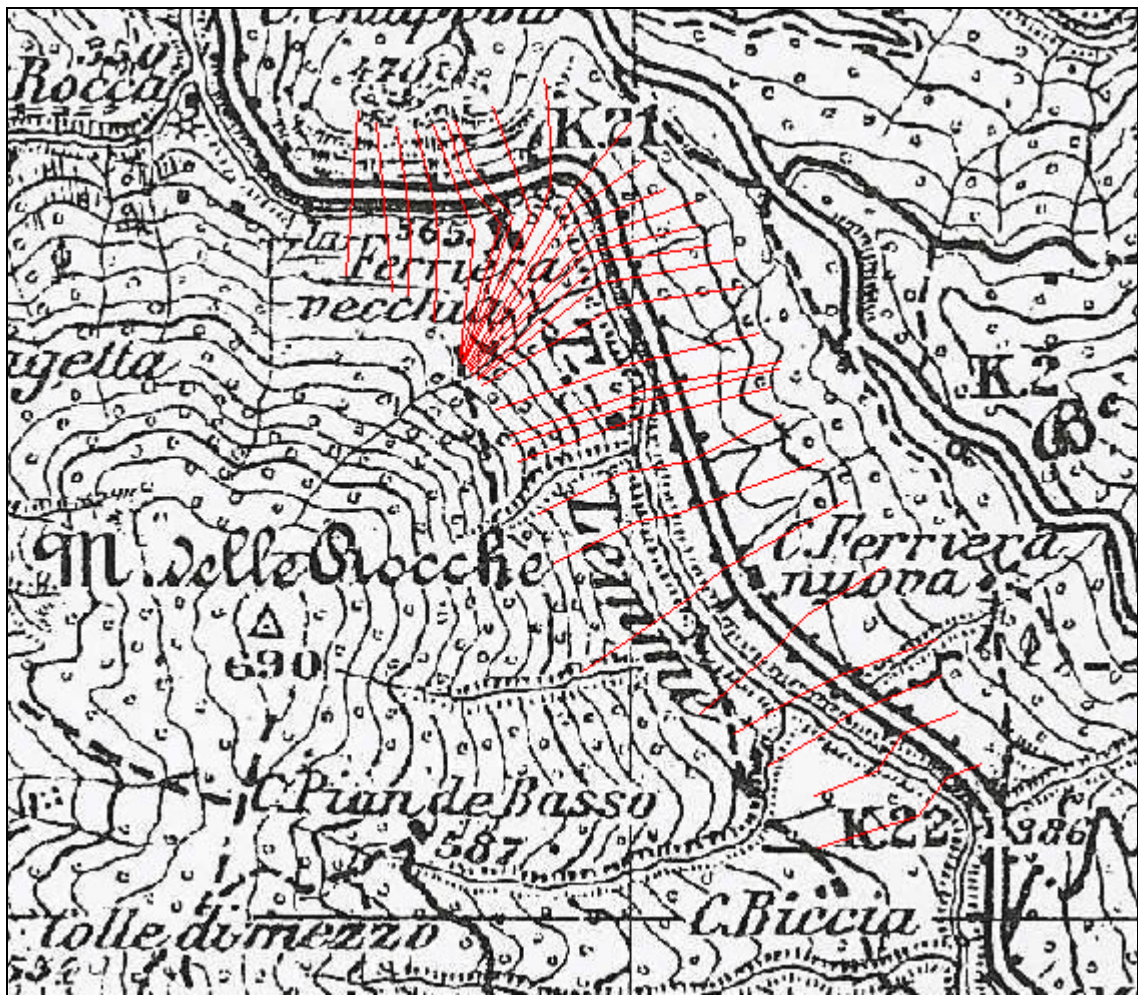


Figura 4 – Carta IGM scala 1:25000. Disposizione originaria versante

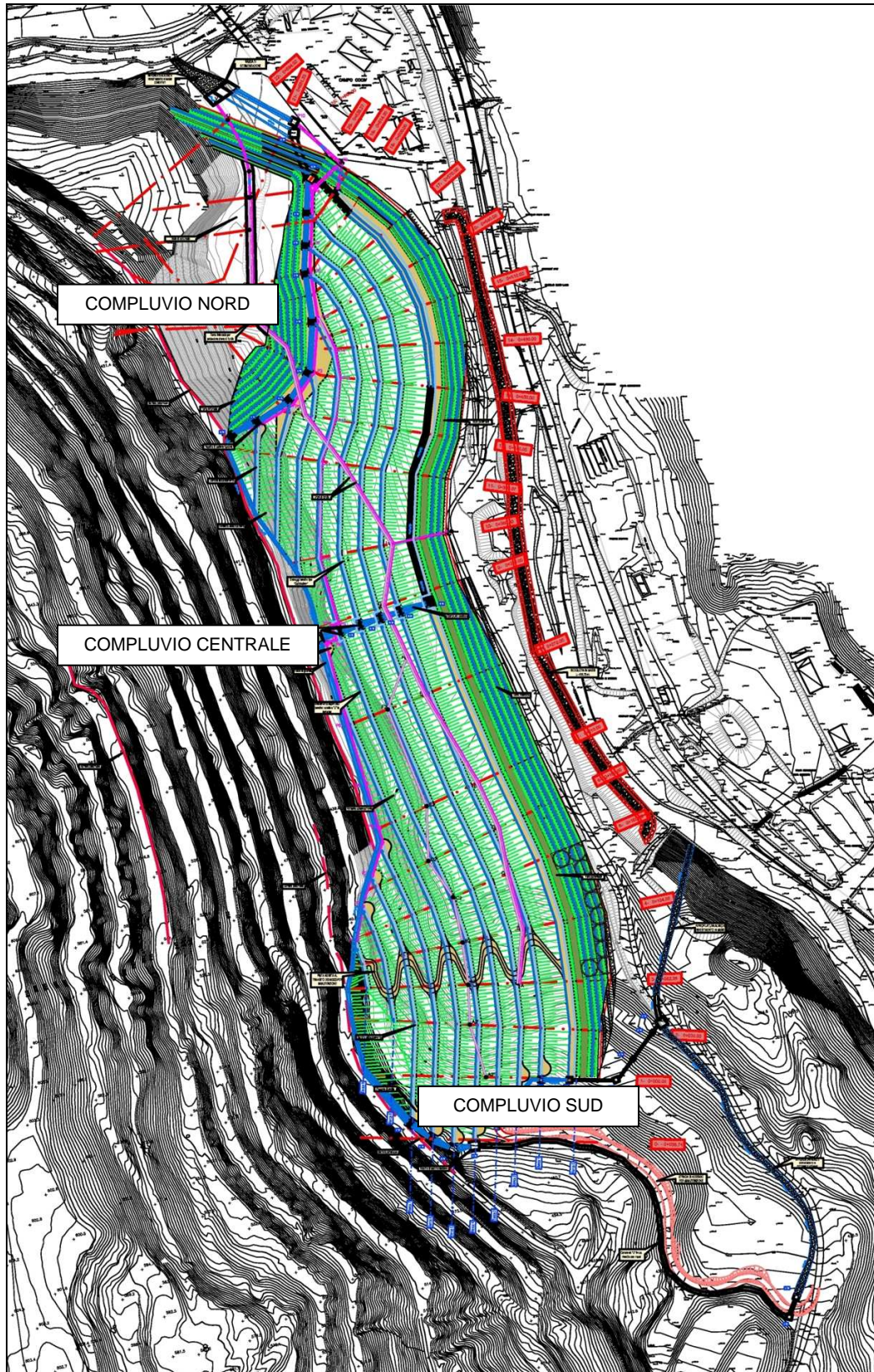


Figura 5 – Disposizione di progetto deposito di smarino

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 13 di 112

3. CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA

3.1 Caratteristiche morfometriche del bacino

Il bacino imbrifero del Torrente Lemme, con sezione di chiusura in prossimità di V.la Ferriera Vecchia, si estende per una superficie di 18.60 km²; l'asse del bacino è orientato in direzione Sud Est - Nord Ovest; lo spartiacque dei tributari di destra orografica tocca in successione il P.so La Bocchetta, il M. Poggio, il M. Calvo, il M. Cavetti, l'abitato di Fraconalto, il Bric Albergorosso. Lo spartiacque degli affluenti di sinistra tocca il M. Lecco, il M. Taccone, il M. delle Figne, il Bric Tavolin, il Bric della Croce e il M. delle Rocche.

Il bacino, scarsamente urbanizzato, è delimitato ad Ovest dal bacino del torrente Gorzente, ad Est dal bacino del torrente Scrivia e a Sud dal bacino del torrente Verde, appartenente al versante tirrenico.

Il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori situati principalmente sulla sponda sinistra; fra questi il principale risulta essere il rio Lavagetta.

La lunghezza dell'asta principale è di circa 6.1 km e la pendenza media è 0.065, la pendenza media dei versanti è pari al 55% circa. L'altitudine massima è di 1172 m. s.l.m., la sezione di chiusura è a 357.73 m s.l.m. e l'altezza media del bacino è di 615 m s.l.m.

Il tratto del torrente Lemme oggetto di verifica risulta caratterizzato dalla presenza, in sponda destra, della viabilità rappresentata dalla strada provinciale SP160 di Val Lemme e dal cantiere operativo COP 1 - Finestra Val Lemme, in sponda sinistra da un'area golenale di larghezza variabile che costituisce il piede della cava Cementir.

Le sezioni del corso d'acqua sono di forma sostanzialmente regolare con larghezze al fondo variabili tra 10 m e 15 m circa.

La pendenza media del fondo alveo nel tratto in esame è pari a circa 2.0%.

Il fondo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni, con scarsa vegetazione arborea e arbustiva e risulta sgombro da grossi depositi nella parte a monte, mentre è contraddistinto dalla presenza di cumuli di materiale nel tratto terminale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 14 di 112

3.2 Portate di progetto

Lo studio di riferimento per il tratto oggetto di intervento, come pure del resto dell'asta, è il Sottoprogetto SP 1.4 – Attività di Pianificazione del Bacino del Fiume Po – Rete idrografica minore naturale e artificiale – Monografia del Torrente Lemme, redatto nell'ottobre 2002 dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Lo studio SP1.4 valuta, utilizzando diverse metodologie idrologiche di correlazione afflussi-deflussi, le portate in corrispondenza di quattro sezioni di chiusura: immediatamente a monte dell'abitato di Voltaggio (sez.64 di riferimento SP1.4), a valle di Gavi (sez.26), a Francavilla Bisio (sez.9) ed in immissione in Orba (sez.1).

La sezione di Voltaggio, pur trovandosi molto a valle rispetto all'area oggetto di intervento, è da considerarsi come sezione di riferimento; il valore di portata risulterà cautelativo, a favore di sicurezza.

Dopo una serie di valutazioni, lo studio riporta (in Tabella 16) i valori delle portate al colmo di piena di riferimento per assegnato tempo di ritorno; la sezione 64 è quella relativa a Voltaggio.

Portata [m ³ /s]	Sezioni di Chiusura			
	1	9	26	64
Q(20)	513	408	370	152
Q(100)	747	592	532	217
Q(200)	839	666	599	244
Q(500)	949	753	676	276

Tabella 1 – Portate al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno (Tabella 16-SP1.4)

Per la sezione di Voltaggio le portate di riferimento sono: 152 m³/s per tempo di ritorno 20 anni, 217 m³/s per tempo di ritorno 100 anni, 244 m³/s per tempo di ritorno 200 anni, 276 m³/s per tempo di ritorno 500 anni.

La modellazione idraulica è stata sviluppata utilizzando, come portata di riferimento, la portata cinquecentennale, indicata dallo studio SP 1.4, pari a 276 m³/s.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p>	<p>Foglio 15 di 112</p>

4. ANALISI IDRAULICA STATO ATTUALE T. LEMME

Al fine di effettuare un completo ed esauriente studio modellistico del comportamento idraulico del corpo idrico nel tratto in esame si è scelto di condurre un'analisi monodimensionale del deflusso.

Il codice di calcolo HEC-RAS descritto in allegato, permette di ricavare informazioni accurate sui livelli che si instaurano in corrispondenza di determinate sezioni trasversali.

4.1 Simulazione dello stato attuale

Il torrente Lemme è stato schematizzato nella zona di interesse utilizzando il modello digitale del terreno ricavato dal rilievo topografico.

Come già descritto, dal DEM sono state estratte 32 sezioni trasversali sufficienti a schematizzare adeguatamente la geometria del sistema, come mostra la figura seguente.

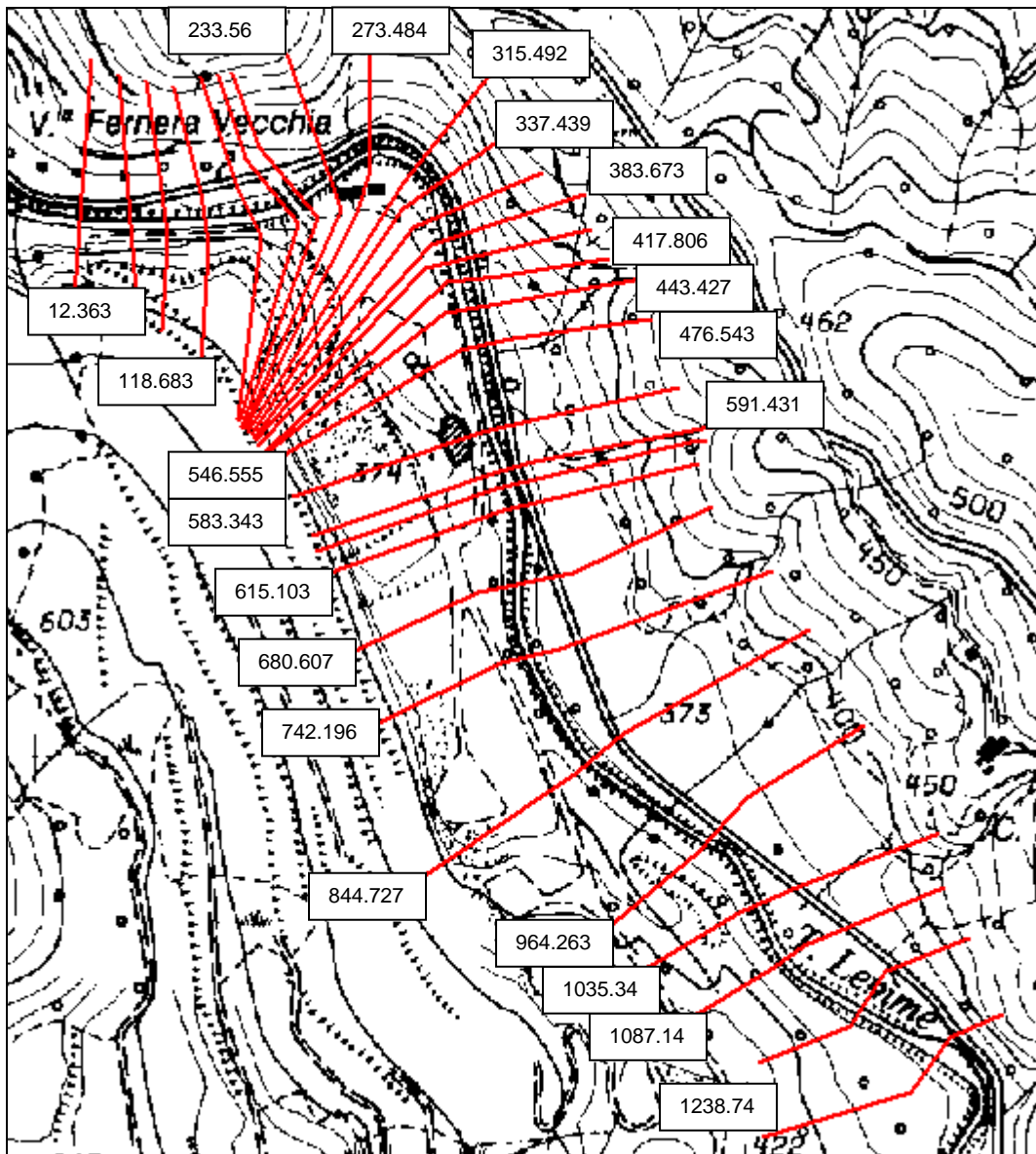


Figura 6 – Sezioni trasversali modello

Si è utilizzato un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il fondo alveo e pari a $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le sponde e le golene.

Tali scabrezze sono motivate dal grado di cautela ricercato dai progettisti nel dimensionamento della scogliera in progetto. Si è, inoltre, voluto tenere in conto, per mezzo della scabrezza, del contributo, in termini di incremento di livelli liquidi, dei fenomeni di trasporto solido e di flottante, significativi per eventi estremi quali quelli oggetto di modellazione.

Risulta infine evidente che l'impegno complessivo della geometria del canale, dal punto di vista delle scabrezze, risulta considerevole per portate di questa entità.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 17 di 112

Sono stati inseriti nel modello anche la struttura del ponte di accesso al cantiere TAV alla sezione 196, come schematizzato nella figura che segue, e la soglia di fondo alla sezione 591.93.

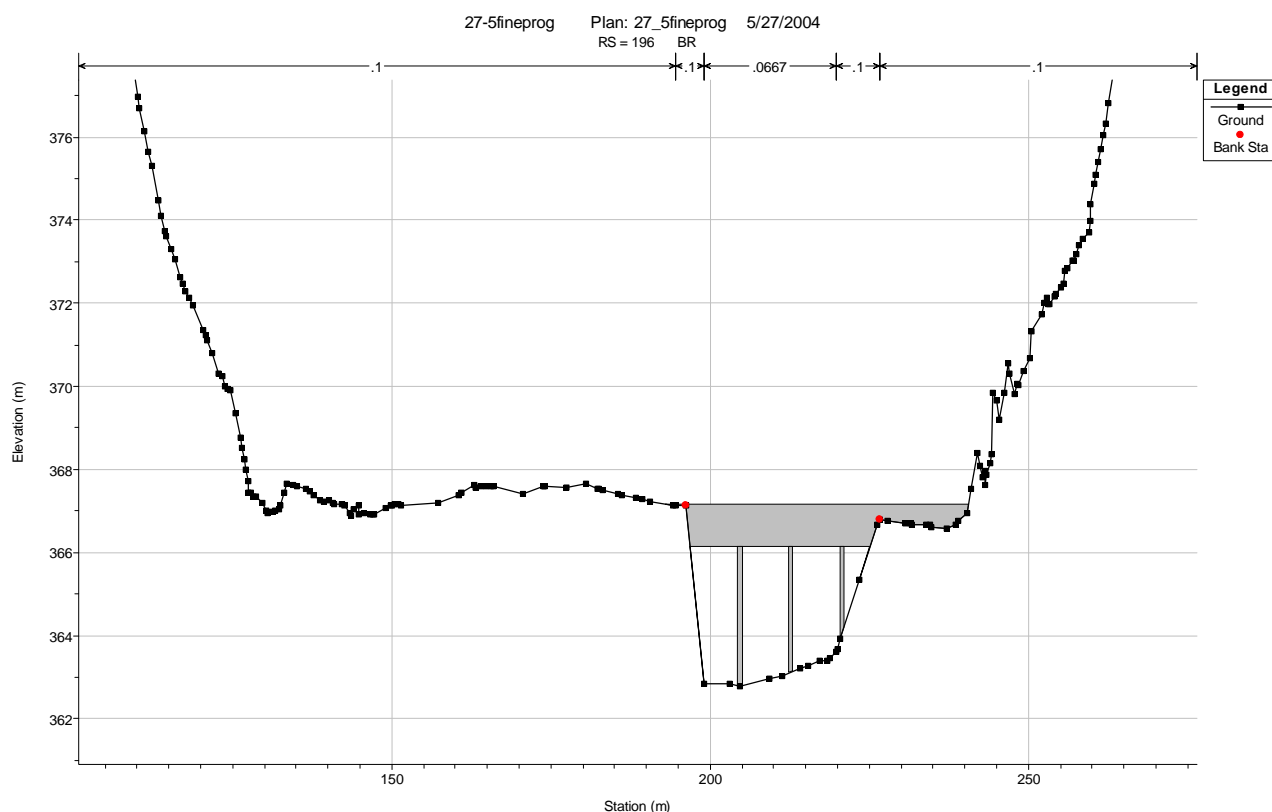


Figura 7 – Ponte di accesso al cantiere TAV, inserito nel modello monodimensionale

La simulazione è stata realizzata in moto stazionario per tempo di ritorno 500 anni.

Come condizione al contorno è stata imposta la pendenza di fondo.

Di seguito vengono riportati, in tabella, i risultati della simulazione, in planimetria, l'andamento dei tiranti d'acqua lungo l'alveo, per il tratto oggetto di simulazione, e i profili longitudinali. La planimetria riporta anche la localizzazione del cantiere operativo TAV COP1 – Finestra Val Lemme in sponda destra al Lemme. Tutte le simulazioni condotte mostrano che il cantiere TAV non è coinvolto da fenomeni alluvionali dovuti alle piene del torrente Lemme.

Si rimanda agli allegati per la visualizzazione dei risultati mediante le sezioni trasversali.

-IEC-RAS Plan: 00 River: lemme Reach: lemme Profile: TR500 SP14

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
lemme	1238.742	TR500 SP14	276.00	378.80	382.13	381.58	382.77	0.018286	3.54	77.92	31.79	0.72
lemme	1163.789	TR500 SP14	276.00	378.07	381.16	380.51	381.55	0.013051	2.77	99.76	47.70	0.61
lemme	1087.149	TR500 SP14	276.00	376.59	380.45	379.40	380.72	0.008388	2.32	119.04	52.78	0.49
lemme	1035.341	TR500 SP14	276.00	375.52	379.82	378.73	380.23	0.010291	2.83	97.46	36.52	0.55
lemme	964.263	TR500 SP14	276.00	374.39	378.58	377.74	379.29	0.016084	3.74	73.81	23.75	0.68
lemme	844.727	TR500 SP14	276.00	372.07	376.73	376.05	377.30	0.016589	3.33	82.93	33.66	0.68
lemme	742.196	TR500 SP14	276.00	371.55	374.87	374.30	375.51	0.018170	3.56	77.58	30.92	0.72
lemme	680.607	TR500 SP14	276.00	370.13	374.35	373.14	374.71	0.008127	2.72	111.37	48.43	0.49
lemme	615.103	TR500 SP14	276.00	369.26	373.82	372.28	374.21	0.007249	2.75	103.81	34.73	0.47
lemme	596.430	TR500 SP14	276.00	369.25	373.52	372.27	374.03	0.010229	3.21	90.39	30.44	0.55
lemme	591.93		Inl Struct									
lemme	591.431	TR500 SP14	276.00	367.23	372.10	370.66	372.66	0.010883	3.31	83.27	22.01	0.54
lemme	583.343	TR500 SP14	276.00	366.50	372.07	370.36	372.56	0.009136	3.12	88.58	21.64	0.49
lemme	546.555	TR500 SP14	276.00	366.54	371.34	370.31	372.10	0.015416	3.87	71.63	21.30	0.65
lemme	476.543	TR500 SP14	276.00	365.81	371.02	370.28	371.33	0.006085	2.76	154.98	88.76	0.43
lemme	443.427	TR500 SP14	276.00	365.61	370.67	369.55	371.08	0.008133	3.10	138.33	106.03	0.49
lemme	417.806	TR500 SP14	276.00	365.76	370.27	369.59	370.82	0.012213	3.47	112.41	97.46	0.58
lemme	402.166	TR500 SP14	276.00	365.63	370.15	369.41	370.62	0.010529	3.25	124.27	106.30	0.55
lemme	383.673	TR500 SP14	276.00	365.20	370.02	368.81	370.43	0.008664	3.06	131.36	103.54	0.50
lemme	362.700	TR500 SP14	276.00	364.82	369.73	368.76	370.23	0.010229	3.34	124.25	112.96	0.55
lemme	337.439	TR500 SP14	276.00	364.73	369.11	368.39	369.88	0.016654	3.97	85.81	103.13	0.69
lemme	315.492	TR500 SP14	276.00	364.84	368.10	368.07	369.33	0.034393	4.92	56.26	23.42	0.98
lemme	273.484	TR500 SP14	276.00	364.03	368.29	366.77	368.56	0.005698	2.32	119.33	41.99	0.41
lemme	233.560	TR500 SP14	276.00	362.93	367.63	366.38	368.21	0.011656	3.38	82.42	29.29	0.57
lemme	209.689	TR500 SP14	276.00	362.82	367.59	365.96	367.94	0.006463	2.65	108.32	38.33	0.45
lemme	199.689	TR500 SP14	276.00	362.78	367.59	365.79	367.86	0.004987	2.36	129.14	59.30	0.40
lemme	196		Bridge									
lemme	193.69	TR500 SP14	276.00	362.67	366.54	365.74	367.16	0.015077	3.49	78.98	28.07	0.67
lemme	178.689	TR500 SP14	276.00	362.39	366.02	365.69	366.86	0.023950	4.07	67.87	27.88	0.83
lemme	158.118	TR500 SP14	276.00	362.00	365.81	365.05	366.40	0.014963	3.40	81.06	29.71	0.66
lemme	118.683	TR500 SP14	276.00	361.10	364.79	364.42	365.65	0.023015	4.10	67.33	25.85	0.81
lemme	84.832	TR500 SP14	276.00	360.19	363.81	363.62	364.76	0.029506	4.32	63.83	27.38	0.90
lemme	55.661	TR500 SP14	276.00	358.42	363.02	362.77	363.92	0.027167	4.20	65.74	27.38	0.86
lemme	12.363	TR500 SP14	276.00	357.73	362.34	361.63	362.94	0.015958	3.45	80.10	29.59	0.67

Tabella 2 – Modello RAS - Stato attuale – TR=500 anni - Tabella risultati

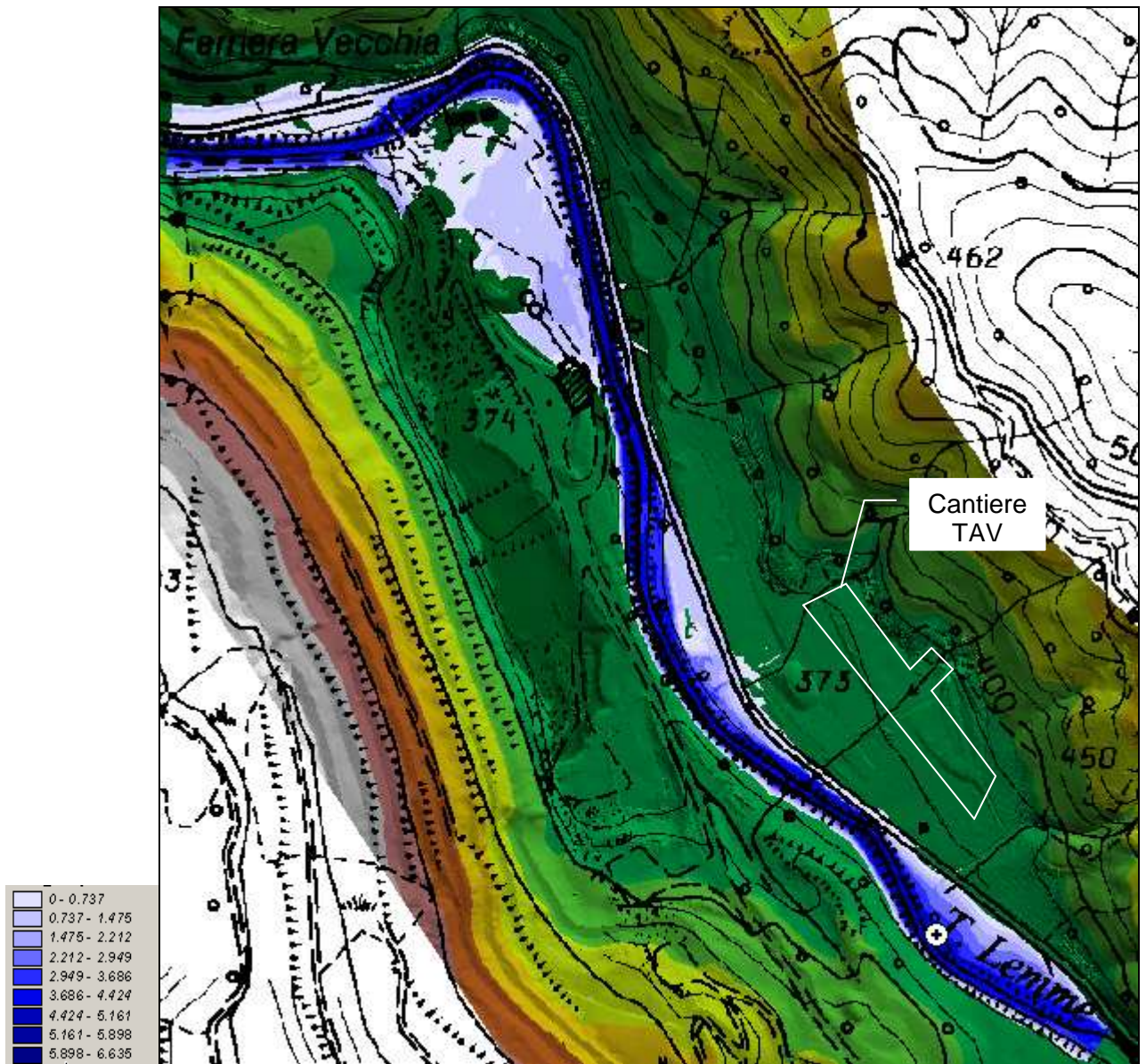


Figura 8 – Stato attuale - TR=500 anni - Carta dei tiranti (m)

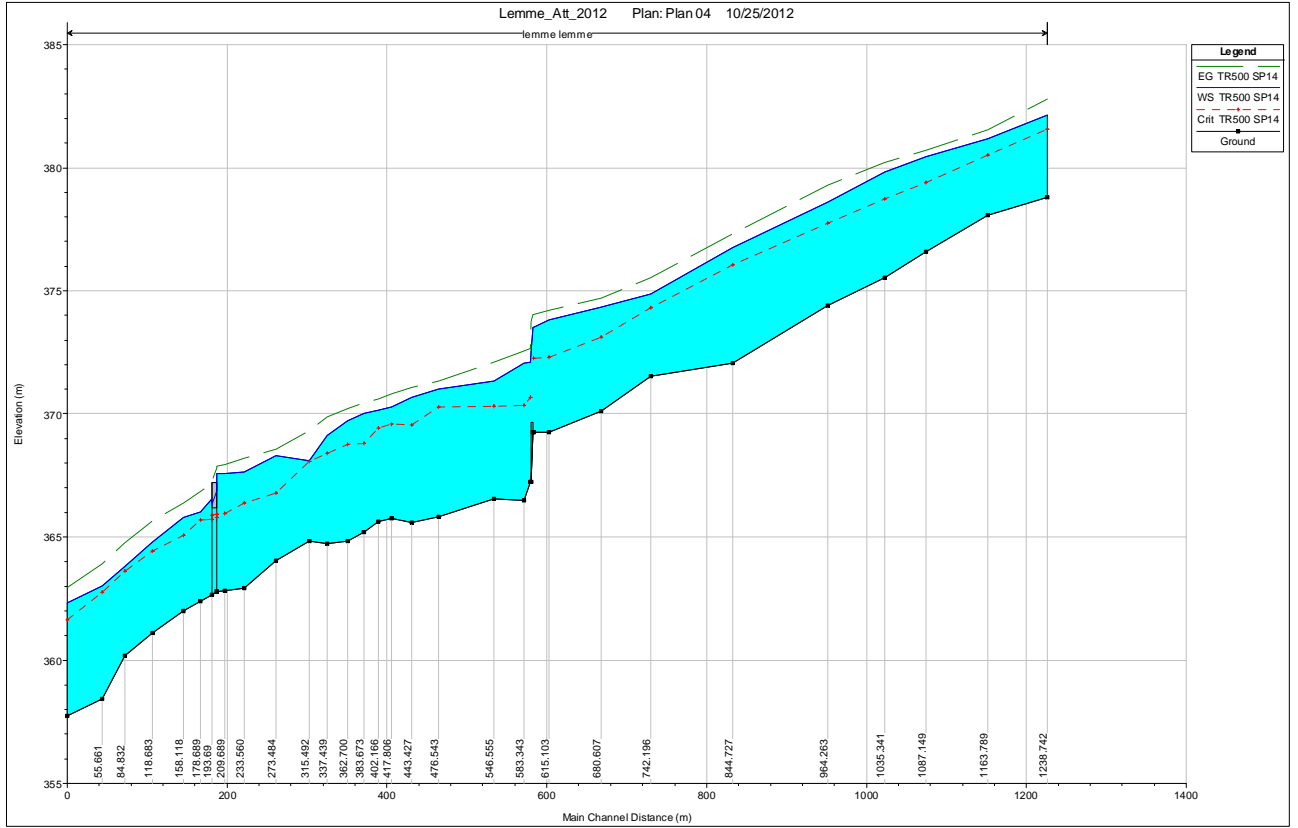


Figura 9 – Modello RAS – Stato attuale – TR=500 anni - Profilo longitudinale

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	
Foglio 21 di 112	

5. ANALISI IDRAULICA STATO DI PROGETTO T. LEMME

5.1 Simulazione dello stato di progetto

Lo stato di progetto prevede la realizzazione della difesa spondale in massi di cava in sponda sinistra, in progetto, senza modifica alla quota di fondo alveo e quindi al profilo di fondo del t. Lemme.

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: lemme Reach: lemme Profile: TR500 SP14

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W. S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E. G. Elev (m)	E. G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
lemme	1238.742	TR500 SP14	276.00	378.80	382.13	381.58	382.77	0.018286	3.54	77.92	31.79	0.72
lemme	1163.789	TR500 SP14	276.00	378.07	381.16	380.51	381.55	0.013051	2.77	99.76	47.70	0.61
lemme	1087.149	TR500 SP14	276.00	376.59	380.45	379.40	380.72	0.008388	2.32	119.04	52.78	0.49
lemme	1035.341	TR500 SP14	276.00	375.52	379.82	378.73	380.23	0.010291	2.83	97.46	36.52	0.55
lemme	964.263	TR500 SP14	276.00	374.39	378.58	377.74	379.29	0.016084	3.74	73.81	23.75	0.68
lemme	844.727	TR500 SP14	276.00	372.07	376.73	376.05	377.30	0.016589	3.33	82.93	33.66	0.68
lemme	742.196	TR500 SP14	276.00	371.55	374.87	374.30	375.51	0.018170	3.56	77.58	30.92	0.72
lemme	680.607	TR500 SP14	276.00	370.13	374.35	373.14	374.71	0.008126	2.72	111.38	48.43	0.49
lemme	615.103	TR500 SP14	276.00	369.26	373.82	372.28	374.21	0.007249	2.75	103.81	34.73	0.47
lemme	596.430	TR500 SP14	276.00	369.25	373.52	372.27	374.03	0.010229	3.21	90.39	30.44	0.55
lemme	591.93			Inl Struct								
lemme	591.431	TR500 SP14	276.00	367.23	372.18	370.65	372.71	0.010288	3.25	84.94	22.14	0.53
lemme	583.343	TR500 SP14	276.00	366.50	372.14	370.36	372.62	0.008637	3.06	90.27	22.15	0.48
lemme	546.555	TR500 SP14	276.00	366.54	371.51	370.31	372.21	0.013418	3.69	75.60	26.12	0.61
lemme	476.543	TR500 SP14	276.00	365.81	370.91	369.98	371.39	0.008855	3.26	109.56	51.26	0.52
lemme	443.427	TR500 SP14	276.00	365.61	370.62	369.55	371.09	0.009109	3.25	121.59	80.31	0.51
lemme	417.806	TR500 SP14	276.00	365.76	370.28	369.59	370.82	0.012039	3.45	111.44	86.03	0.58
lemme	402.166	TR500 SP14	276.00	365.63	370.14	369.41	370.62	0.010599	3.25	122.22	99.33	0.55
lemme	383.673	TR500 SP14	276.00	365.20	370.02	368.81	370.43	0.008664	3.06	131.36	103.54	0.50
lemme	362.700	TR500 SP14	276.00	364.82	369.73	368.76	370.23	0.010229	3.34	124.25	112.96	0.55
lemme	337.439	TR500 SP14	276.00	364.73	369.11	368.39	369.88	0.016654	3.97	85.81	103.13	0.69
lemme	315.492	TR500 SP14	276.00	364.84	368.10	368.07	369.33	0.034393	4.92	56.26	23.42	0.98
lemme	273.484	TR500 SP14	276.00	364.03	368.29	366.77	368.56	0.005698	2.32	119.33	41.99	0.41
lemme	233.560	TR500 SP14	276.00	362.93	367.63	366.38	368.21	0.011656	3.38	82.42	29.29	0.57
lemme	209.689	TR500 SP14	276.00	362.82	367.59	365.96	367.94	0.006463	2.65	108.32	38.33	0.45
lemme	199.689	TR500 SP14	276.00	362.78	367.59	365.79	367.86	0.004987	2.36	129.14	59.30	0.40
lemme	196			Bridge								
lemme	193.69	TR500 SP14	276.00	362.67	366.54	365.74	367.16	0.015077	3.49	78.98	28.07	0.67
lemme	178.689	TR500 SP14	276.00	362.39	366.02	365.69	366.86	0.023950	4.07	67.87	27.88	0.83
lemme	158.118	TR500 SP14	276.00	362.00	365.81	365.05	366.40	0.014963	3.40	81.06	29.71	0.66
lemme	118.683	TR500 SP14	276.00	361.10	364.79	364.42	365.65	0.023015	4.10	67.33	25.85	0.81
lemme	84.832	TR500 SP14	276.00	360.19	363.81	363.62	364.76	0.029506	4.32	63.83	27.38	0.90
lemme	55.661	TR500 SP14	276.00	358.42	363.02	362.77	363.92	0.027167	4.20	65.74	27.38	0.86
lemme	12.363	TR500 SP14	276.00	357.73	362.34	361.63	362.94	0.015958	3.45	80.10	29.59	0.67

Tabella 3 – Modello RAS - Stato di progetto –Tabella risultati

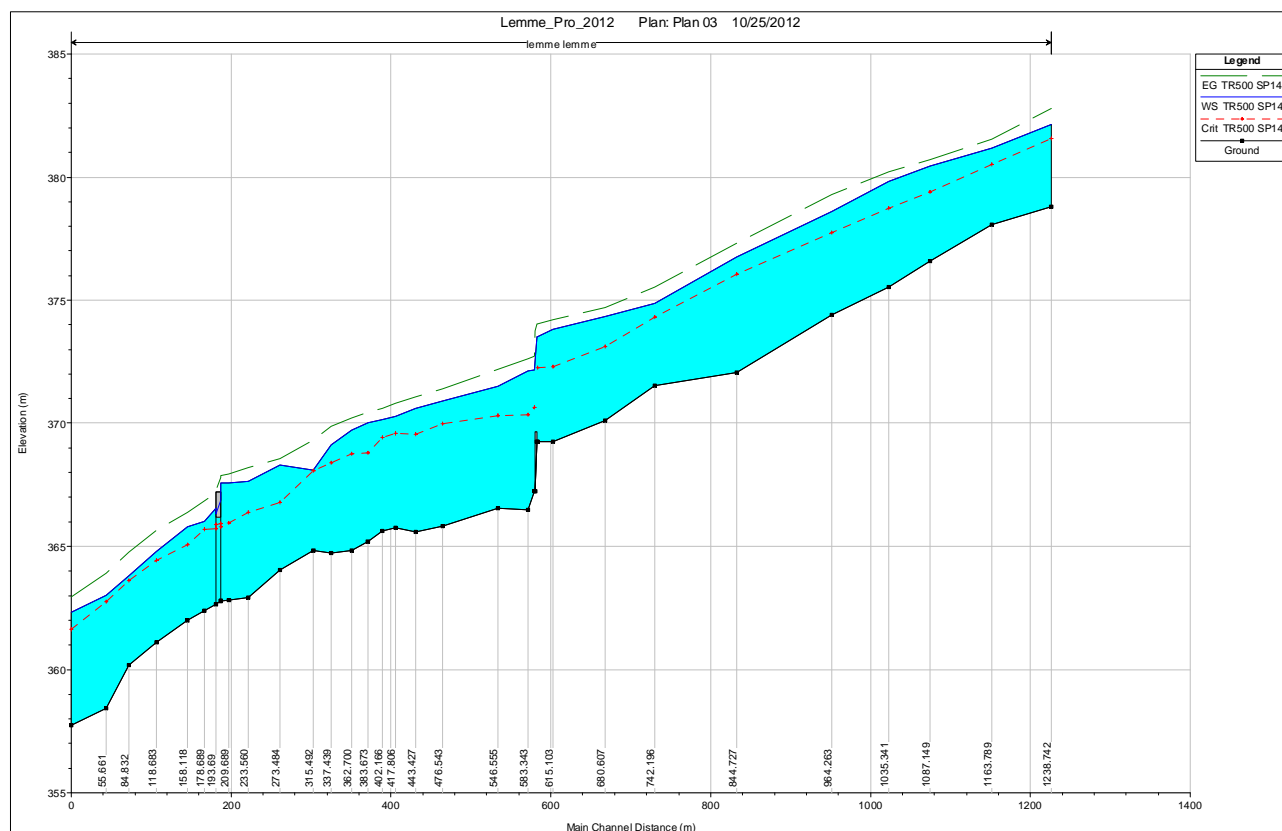


Figura 10 – Modello RAS - Stato di progetto - Profilo longitudinale

5.2 Opere di protezione in massi naturali

Nei casi in cui sia necessario realizzare delle opere di protezione delle sponde o del fondo di un corso d'acqua con strutture permeabili, deformabili e isolate, quali le scogliere in pietrame sciolto, occorre determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento.

Si tratta cioè di determinare le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media v .

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente d della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 23 di 112

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e d in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale¹ si assume per $k=5$.

Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo d , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

Assumendo cautelativamente un valore della velocità critica pari alla velocità media della corrente, pari a circa 5 m/s, come risulta dalla simulazione di progetto per $Tr = 500$ anni, si ottiene un peso minimo del singolo masso di circa 1.5 tonnellate.

5.3 Erosione in alveo

Ai fini della valutazione dell'erosione in alveo dovuta alla presenza di elementi rigidi (platee, fondazioni di argini, briglie ecc.) si fa riferimento al caso più significativo del deflusso attraverso una soglia a stramazzo (o briglia).

Per la determinazione della massima profondità di erosione al piede si è fatto riferimento alla formula di Schoklitsch², alla base di tutti i successivi studi di settore, espressa nella seguente forma

$$y_s = 4.75 \cdot H^{0.2} \cdot q^{0.57} \cdot d_{90}^{-0.32} - y_0$$

¹ L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

² A.Schoklitsch: Kolkbildung unter Überfallstrahlen, Die Wassewirtschaft (1932)

A. Schoklitsch: Stauraumverlandung und Kolkabwehr, Julius Springer, Wien (1935)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 24 di 112

dove $H[m]$ è la differenza fra i peli liberi a monte e a valle della briglia, $q[m^2/s]$ è la portata per unità di larghezza della briglia, $d_{90}[mm]$ è il diametro del vaglio che consente il passaggio del 90% in peso del materiale che costituisce il fondo e $y_o[m]$ è la profondità della corrente a valle della briglia.

La tabella seguente riporta i valori di calcolo per la simulazione di progetto con $Tr = 500$ anni, da cui risulta una massima erosione del fondo in corrispondenza della protezione spondale di 0.71 m; il livello di estradosso della fondazione della scogliera posto a un metro di profondità rispetto al fondo alveo risulta quindi sufficientemente cautelativo.

H	(m)	0.78
q	(m^2/s)	30
d_{90}	(mm)	150
y_o	(m)	5.61
y_s	(m)	0.71

Tabella 4 – Scalzamento difesa spondale

6. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI

6.1 Descrizione

Il drenaggio superficiale del deposito è affidato a tre sistemi di smaltimento chiamati compluvi principali, finalizzati al collettamento dell'acqua meteorica ruscellante sull'abbancamento stesso e lungo il fronte di cava a monte.

I tre compluvi sono posizionati all'estremo sud dell'abbancamento (Sistema sud), al centro di esso, nei pressi della sezione 9 di progetto (Compluvio centrale), e all'estremo nord di esso (Compluvio nord).

Il sistema di drenaggio superficiale risulta composto dalle seguenti tipologie di manufatti:

- i fossi di guardia, in legname e pietrame, disposti in testa al deposito di smarino e destinati a raccogliere le acque meteoriche scolanti lungo il fronte di cava;
- le vasche di sedimentazione, in c.a. gettate in opera e rivestite per le parti esterne esposte da massi, che regolano l'immissione delle acque scaricate dai fossi di guardia all'interno dei

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p>	<p>Foglio 25 di 112</p>

compluvi, con abbattimento della velocità della corrente e deposizione del materiale in sospensione;

- le canalette, in legname a sezione rettangolare, disposte lungo le banche, con pendenza longitudinale pari alla pendenza della banca, dimensionate per raccogliere le acque meteoriche scolanti lungo la singola banca e la successiva scarpata del deposito;
- i canali con manufatto scatolare ad U in c.a. gettato in opera e grigliato superiore carrabile, utilizzati in condizioni di difficoltosa percorribilità delle banche per insufficiente spazio trasversale tra il canale longitudinale e la scarpata di valle;
- i pozzetti di decantazione in c.a. prefabbricati, disposti immediatamente a monte dello scarico delle canalette in legname nei compluvi;
- le vasche di calma, in c.a. gettate in opera e rivestite per le parti esterne esposte da massi, localizzate lungo i compluvi all'intersezione con le banche, che agiscono da vasca di salto e dissipatore di energia e provocano il rallentamento della corrente lungo il compluvio. La continuità della viabilità è garantita da grigliati tipo Orso grill carrabili e rimovibili per manutenzione;
- la vasca di sedimentazione di valle, posizionata allo scarico dei compluvi nord e intermedio, immediatamente a monte del torrente Lemme, da realizzarsi in c.a. gettata in opera e rivestita per le parti esterne esposte da massi, con setti trasversali alla direzione della corrente per il contenimento e deposito del materiale in sospensione, costituente l'ultimo presidio a garantire la sedimentazione.

Nei successivi paragrafi si descriveranno nel dettaglio tutte le reti di drenaggio previste, suddivise per compluvio.

Si analizzeranno le condizioni di afflusso dei singoli tratti, le loro caratteristiche, le soluzioni progettuali previste per lo smaltimento, i materiali costituenti, le tecniche realizzative, il dimensionamento delle opere.

Si rimanda a tali paragrafi per ogni approfondimento, oltre che alle tavole progettuali relative ai drenaggi superficiali.

6.2 Analisi idrologica reti di drenaggio

L'analisi idrologica dei drenaggi superficiali è condotta utilizzando, come precipitazione di riferimento, le piogge di forte intensità e breve durata (inferiore all'ora) della stazione pluviometrica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 26 di 112

di Gavi, in quanto i tempi di corrivazione delle canalette, dei fossi di guardia e dei compluvi risultano essere frazioni di ora.

Il numero di registrazioni riportate dagli Annali Idrologici alla Tabella V per la stazione di Gavi dal 1951 al 1991 è di 6 per piogge di durata 10 minuti, di 9 per 15 minuti, di 7 per 30 minuti e di 4 per 45 minuti.

Stazioni pluviometriche prossime alla stazione di Gavi (Lavezze, Lavagnina) hanno un numero di registrazioni di poco superiore a Gavi ma comunque insufficiente a costituire un campione rappresentativo su cui impostare una trattazione probabilistica.

Si è comunque condotta una elaborazione delle registrazioni di Gavi con trattazione probabilistica secondo il metodo di Gumbel, come riportato in allegato.

I parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per piogge di durata inferiore all'ora così ottenuti risultano, per le ragioni appena discusse, di scarsa attendibilità.

Nella seguente tabella si riportano tali parametri confrontati con quelli per piogge di durata superiore all'ora forniti dal P.A.I., per il tempo di ritorno di 20 anni. Si osserva che il parametro a non è coincidente e che il parametro n per durate inferiori all'ora è minore di quello per durate orarie.

	<i>Piogge di durata inferiore all'ora</i>	<i>Piogge di durata superiore all'ora</i>
	<i>Gumbel</i>	<i>PAI</i>
<i>a</i>	43.31	63.48
<i>n</i>	0.316	0.401

Tabella 5 – Confronto parametri a e n per $Tr = 20$ anni

Si è allora proceduto riportando su grafico bilogaritmico $h - t$ (altezza di pioggia – durata) le registrazioni delle piogge di forte intensità e breve durata della stazione di Gavi. Si è poi costruita la retta che passa per l'altezza di pioggia $a = 63.48$ mm e durata di un'ora (PAI per $Tr = 20$ anni) e che risulta superiore alle registrazioni di pioggia riportate. I parametri della curva di possibilità pluviometrica per piogge di forte intensità e breve durata con $Tr = 20$ anni così ottenuti sono:

$$a = 63.48 \text{ mm}$$

$$n = 0.5779$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 27 di 112

La determinazione delle portate al colmo, insistenti sui vari tratti della rete di drenaggio in progetto, è stata effettuata mediante il metodo cinematico, secondo la formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

S = superficie del bacino (km²);

c = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8;

h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La valutazione del tempo di corrivazione viene effettuata utilizzando le seguenti formule empiriche:

Ventura:
$$t_c = 0.0053 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Pasini:
$$t_c = \frac{0.0045}{\sqrt{i}} \sqrt[3]{SL}$$

Pezzoli:
$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}}$$

con:

i = pendenza media asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale (Km);

S = superficie del bacino (km²);

t_c = tempo di corrivazione (giorni).

Il tempo di corrivazione adottato è quello medio fornito dalle tre formule empiriche.

6.3 Analisi idraulica reti di drenaggio

6.3.1 Analisi idraulica canalette

Date le condizioni di sezione rettangolare costante e pendenza del fondo variabile con gradualità, il

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 28 di 112

deflusso lungo le canalette di raccolta posizionate longitudinalmente alle banche è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

k_s = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

Le canalette previste sono completamente in legno, pertanto è stato assunto un coefficiente di scabrezza pari a $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

6.3.2 Analisi idraulica compluvi principali

Al fine di realizzare una corretta progettazione dei tre sistemi di smaltimento principali sud, centrale e nord, è stato costruito per ciascuno di essi un modello idraulico in moto permanente col software HEC-RAS, al fine di simulare realisticamente le condizioni idrauliche di lavoro.

I tre sistemi sono stati modellati secondo le loro effettive caratteristiche geometriche e costruttive (materiali di progetto), in tre distinte geometrie RAS.

Le portate entranti sono state inserite lungo lo sviluppo dei vari rami previsti, secondo le effettive caratteristiche di afferenza in essi.

Come condizioni al contorno, è stata imposta, a monte e valle, la pendenza motrice, come corrispondente alla pendenza del fondo.

I coefficienti di scabrezza utilizzati per le varie tipologie previste sono:

- Canale in legname e pietrame: $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Canale rivestito con massi intasati/cementati: $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Canale in c.a. rivestito in pietra: $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Canale in c.a.: $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Tombinatura in c.a.: $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 29 di 112

6.3.3 Franchi idraulici

Tutti i sistemi di drenaggio previsti sono stati progettati considerando un franco idraulico minimo di 10 cm, rispetto al livello relativo alla portata con tempo di ritorno 20 anni, in linea con quanto previsto nel Progetto Definitivo.

6.4 Sistema compluvio centrale

6.4.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio associato al compluvio centrale è evidenziato in **Figura 11**.

Un sistema di canalette ad U in legname longitudinali a ciascuna banca (in azzurro), collocate al piede di ogni scarpata compresa fra una banca e l'altra, ha la funzione di drenare le acque piovane che insistono sull'abbancamento, per la porzione a sud del compluvio in oggetto; le canalette hanno base 40 cm ed altezza 35 cm, dalla banca 0 alla banca 6; mentre hanno base 30 cm ed altezza 30 cm dalla banca 7 alla 9, in quanto convoglianti le acque di un bacino di minore estensione. Il drenaggio avviene in direzione Sud-Nord, seguendo la pendenza delle banche.

Immediatamente a monte dello scarico in compluvio centrale, è previsto un pozzetto di decantazione in c.a. prefabbricato, a base quadrata di lato 80 cm.

Due fossi di guardia a sezione trapezia, in legname e pietrame (in arancione e magenta), posti immediatamente a monte dell'abbancamento e al suo estremo ovest, drenano, per la porzione di bacino che su di loro insiste, i contributi di ruscellamento provenienti dal versante, prima che raggiungano l'abbancamento.

Il fosso proveniente da nord (arancione) è lungo circa 85 m ed ha sezione trapezia, con base minore 100 cm, base maggiore 200 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Il fosso proveniente da Sud (magenta) è lungo circa 271 m ed ha sezione trapezia, con base minore 110 cm, base maggiore 220 cm, altezza 110 cm e pendenza sponde 2/1, (tratto tra la sezione di progetto 1 e la 17); a valle della sezione 17 il fosso di guardia ha base minore 110 cm, base maggiore 230 cm, altezza 120 cm e pendenza sponde 2/1.

I due fossi di guardia confluiscono nella vasca Vi5, da cui diparte il compluvio centrale (in rosso), trasversalmente all'abbancamento, a raccoglie le acque provenienti dalle canalette.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 30 di 112

Lungo il compluvio, in corrispondenza di ogni banca è presente una vasca, in c.a. gettata in opera rivestita in massi, che assume funzione di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso e quindi la velocità della corrente, e di sedimentazione.

Le vasche denominate Vi4, Vi3, Vi2 hanno dimensione interna 200 cm x 450 cm (esterna 300x550); la vasca Vi1 ha dimensione interna 200 cm x 500 cm (esterna 300x600). Il salto coperto all'interno della vasca Vi1 è di 3.1 m, mentre è di 2.5 m in corrispondenza delle altre vasche.

La vasca finale Vi0, collocata sulla banca più bassa (banca 0), ha dimensioni interne 400 cm x 450 cm (esterna 500x550) e raccorda il canale trapezio discendente dalle banche con il canale ad U in c.a. di scarico che si sviluppa lungo la stessa banca, in direzione Nord.

Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione.

Il compluvio centrale è quindi costituito da canali di collegamento fra i pozzetti dal Vi5 al Vi0 realizzati in legname e pietrame, di sezione trasversale trapezia con pendenza sponde 2.5/1 ed altezza variabile.

Il canale in entrata alle vasche Vi4-Vi3-Vi2 ha base minore 100 cm, base maggiore 210 cm, altezza 110 cm. Il canale in entrata alla vasca Vi1 ha base minore 100 cm, base maggiore 246 cm, altezza 182 cm. Il canale in entrata alla vasca Vi0 ha base minore 110 cm, base maggiore 254 cm, altezza 180 cm. infine i canali in entrata alla vasca Vi5 presentano, quello sud, base minore 110 cm, base maggiore 264 cm, altezza 193 cm mentre quello nord base minore 110 cm, base maggiore 238 cm, altezza 173 cm.

Il canale in uscita dalle vasche Vi4-Vi3-Vi2 ha base minore 100 cm, base maggiore 450 cm, altezza 350 cm. Il canale in uscita dalla vasca Vi1 ha base minore 100 cm, base maggiore 500 cm, altezza 482 cm. Il canale ad U in uscita dalla vasca Vi0 presenta sezione rettangolare di base 250 cm ed altezza 180 cm. infine il canale in uscita dalla vasca Vi5 ha base minore 100 cm, base maggiore 450 cm, altezza 423 cm.

A valle della vasca Vi0, lungo la banca più bassa, per 136 m, si sviluppa un canale ad U in c.a. gettato in opera, con base 250 cm ed altezza 150 cm, coperto da un grigliato carrabile tipo Orsogrill sorretto da profilati rimuovibili per esigenza manutentive (in verde in figura).

A valle di esso, per 123 m, si sviluppa un canale di sezione trapezia in legname e pietrame (in blu) con base minore 200 cm, base maggiore minima 350 cm e altezza minima 150 cm, pendenza

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p>	<p>Foglio 31 di 112</p>

sponde 2/1.

Due tratti di raccordo, lunghi 10 m collegano il fosso trapezio all'uscita dal canale a U ed all'entrata nel successivo tratto di canale; la sezione in testata ai canali ha base minore 150 cm, base maggiore 400 e altezza minima 150 cm, pendenza sponde 2/1.

A valle del canale trapezio si diparte nuovamente un canale ad U in c.a., con base 250 cm ed altezza 150 cm, in c.a., coperto da un grigliato carrabile (in verde in figura), che si sviluppa fino al pozzetto di confluenza e salto Vn0.

Dal pozzetto Vn0 l'acqua viene veicolata verso il recettore finale attraverso un canale che verrà descritto in § 6.5.

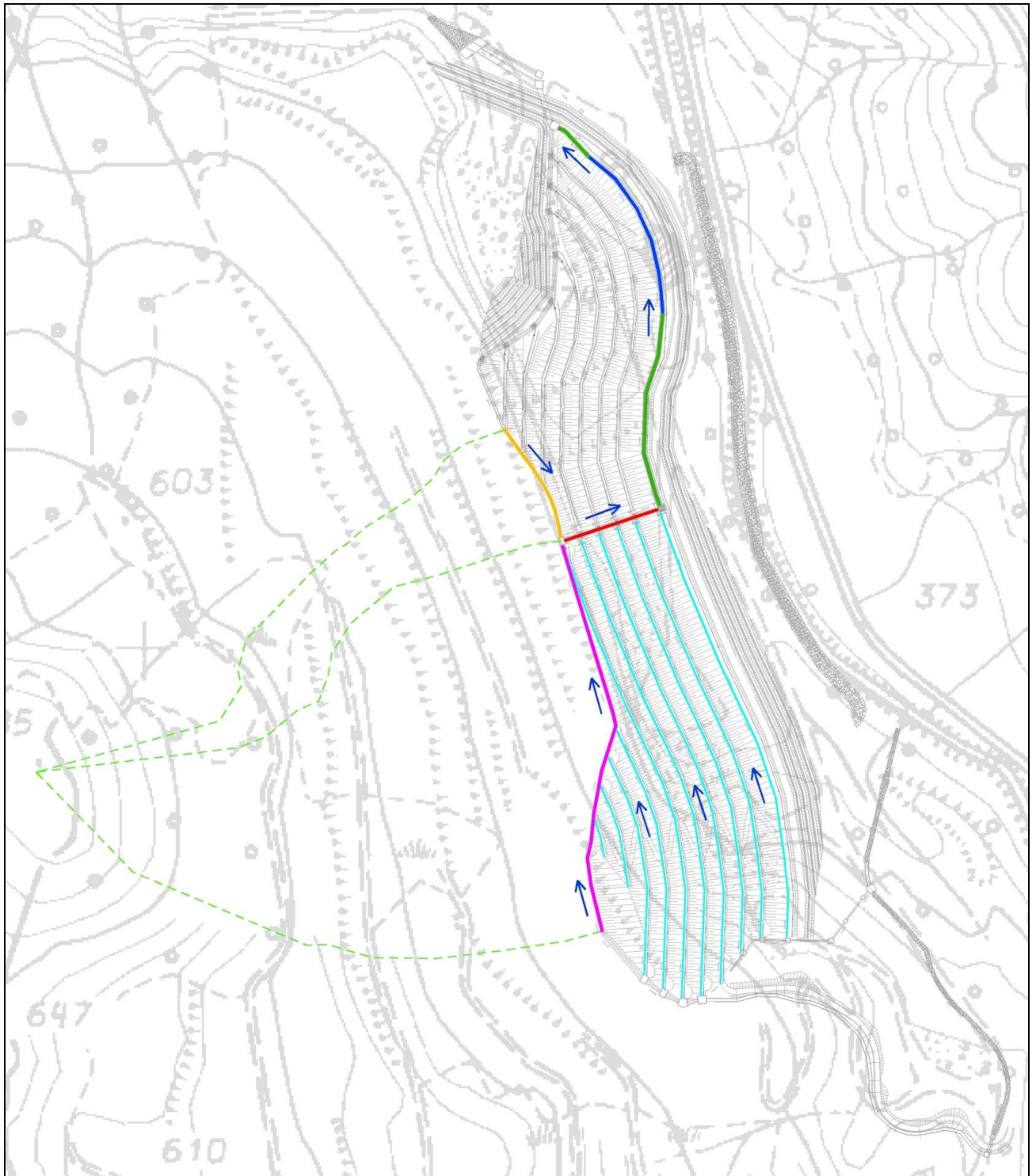


Figura 11 – Compluvio centrale – Schema drenaggio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 33 di 112

6.4.2 Dimensionamento canalette lungo banche

Le canalette lungo le banche sono state dimensionate in moto uniforme secondo quanto descritto in §6.3.1.

Il calcolo è stato eseguito, a favore di sicurezza, considerando le canalette che drenano la banca 7, come rappresentativa delle banche corte, e la banca 0, come rappresentativa delle banche lunghe, e introducendo nel calcolo come valore di pendenza quello minimo di tutto il tratto.

Afflussi Banca 7			
Dati			
S [km²]	0.002	L [km]	0.145
T [anni]	20	i (-)	0.14
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
	Tc		h pioggia
Formulazioni	[ore]	Q[m³/s]	[mm]
<i>Ventura</i>	0.015	0.17	5.65
<i>Pasini</i>	0.019	0.15	6.45
<i>Pezzoli</i>	0.021	0.14	6.87
Portata media affl.		0.15	m³/s

Deflusso Canaletta Banca 7

Base rettangolo 0.30 m
 Altezza rettangolo 0.30 m
 Coefficiente di scabrezza: 65 m^{1/3}/s
 Pendenza del fondo: 5.7 %

Tirante idraulico [m]	Sezione bagnata [m²]	Perimetro bagnato [m]	Velocità [m/s]	Portata [m³/s]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.01	0.36	1.33	0.01
0.06	0.02	0.42	1.90	0.03
0.09	0.03	0.48	2.28	0.06
0.12	0.04	0.54	2.55	0.09
0.15	0.05	0.60	2.76	0.12
0.18	0.05	0.66	2.92	0.16
0.21	0.06	0.72	3.06	0.19
0.24	0.07	0.78	3.17	0.23
0.27	0.08	0.84	3.26	0.26
0.30	0.09	0.90	3.34	0.30

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 34 di 112

La portata di competenza della banca 7 defluisce con franco 13 cm lungo la canaletta 30 cm x 30 cm e con velocità 2.90 m/s.

Afflussi Banca 0					
Dati					
S [km²]	0.00562	L [km]	0.325	i (-)	0.14
T [anni]	20				
Parametri pluviometrici					
a	63.48	n	0.5779		
c	0.8				
Formulazioni	Tc [ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]		
<i>Ventura</i>	0.025	0.37	7.61		
<i>Pasini</i>	0.035	0.33	9.19		
<i>Pezzoli</i>	0.048	0.29	10.95		
Portata media affl.	0.32 m³/s				

Deflusso Canaletta Banca 0

Base rettangolo (D): 0.40 m

Altezza rettangolo (H): 0.35 m

Coefficiente di scabrezza: 65 m^{1/3}/s

Pendenza del fondo: 4.4 %

Tirante idraulico [m]	Sezione bagnata [m²]	Perimetro bagnato [m]	Velocità [m/s]	Portata [m³/s]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.01	0.47	1.31	0.02
0.07	0.03	0.54	1.90	0.05
0.11	0.04	0.61	2.29	0.10
0.14	0.06	0.68	2.58	0.14
0.18	0.07	0.75	2.81	0.20
0.21	0.08	0.82	2.99	0.25
0.25	0.10	0.89	3.13	0.32
0.28	0.11	0.96	3.26	0.36
0.32	0.13	1.03	3.36	0.42
0.35	0.14	1.10	3.46	0.48

La portata di competenza della banca 0 defluisce con franco 10 cm lungo la canaletta 40 cm x 35 cm e con una velocità di 3.36 m/s.

6.4.3 Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio centrale

Per il dimensionamento della linea di drenaggio principale, comprendente i due fossi di guardia ad ovest dell'abbancamento, il compluvio centrale discendente da esso e il canale terminale lungo la banca 0, si è sviluppato un modello idraulico monodimensionale avente la geometria di progetto, come descritto in § 6.4.1 e nelle tavole dedicate, facendo ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS. La geometria schematica RAS è riportata in **Figura 12**.

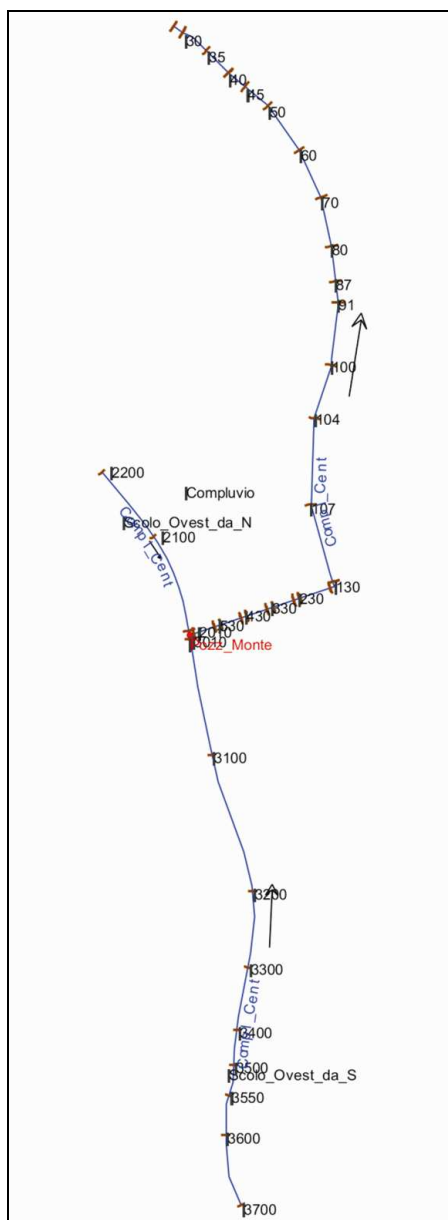


Figura 12 – Compluvio centrale – Geometria RAS

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme
	Foglio 36 di 112

Lungo i tratti corrispondenti ai fossi di guardia sono state interpolate sezioni ogni 3 m, non riportate in figura per chiarezza.

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio del ramo sud e del ramo nord.

I bacini di competenza dei due fossi di guardia a Ovest dell'abbancamento sono stati riportati in **Figura 11** (in verde chiaro tratteggiato).

Afflussi Fosso di guardia proveniente da Nord			
Dati			
S [km²]	0.01653	L [km]	0.4
T [anni]	20	i (-)	0.5
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
Formulazioni	Tc [ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.023	1.14	7.20
<i>Pasini</i>	0.029	1.04	8.15
<i>Pezzoli</i>	0.031	1.01	8.54
Portata media affl.		1.07	m³/s

Afflussi Fosso di guardia proveniente da Sud – Sez.1-7			
Dati			
S [km²]	0.03725	L [km]	0.4
T [anni]	20	i (-)	0.5
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
Formulazioni	Tc [ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.035	2.17	9.10
<i>Pasini</i>	0.038	2.10	9.53
<i>Pezzoli</i>	0.031	2.27	8.54
Portata media affl.		2.51	m³/s

**Afflussi Fosso di guardia proveniente da Sud – Sez.7-9****Dati**S [km²] 0.063 L [km] 0.4 i (-) 0.5

T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 n 0.5779

c 0.8

Formulazioni Tc [ore] Q[m³/s] h pioggia [mm]*Ventura* 0.045 3.29 10.60*Pasini* 0.045 3.30 10.55*Pezzoli* 0.031 3.84 8.54**Portata media affl. 3.81 m³/s****Afflussi Compluvio centrale trasversale abbancamento****Dati**S [km²] 0.113 L [km] 0.42 i (-) 0.55

T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 n 0.5779

c 0.8

Formulazioni Tc [ore] Q[m³/s] h pioggia [mm]*Ventura* 0.058 5.32 12.20*Pasini* 0.053 5.52 11.59*Pezzoli* 0.031 6.89 8.55**Portata media affl. 5.91 m³/s****Afflussi da banca 0 verso canale a valle vasca Vi0****Dati**S [km²] 0.0061 L [km] 0.275 i (-) 0.05

T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 n 0.5779

c 0.8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 38 di 112

Formulazioni	Tc [ore]	Q[m ³ /s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.044	0.32	10.50
<i>Pasini</i>	0.057	0.29	12.17
<i>Pezzoli</i>	0.068	0.27	13.38
Portata media affl.		0.29	m³/s

In testa al fosso di guardia proveniente da Nord, verso la vasca Vi5, la portata utilizzata è pari a 1.07 m³/s.

In testa al fosso di guardia proveniente da Sud, verso il pozzetto Vi5, la portata utilizzata è pari a 2.51 m³/s, fino alla sezione 7 di progetto, e 3.81 m³/s, a valle di essa.

Nel tratto di compluvio centrale fra i pozzetti Vi5 e Vi0, la portata utilizzata è pari a 5.91 m³/s; a valle del pozzetto Vi0, lungo il canale, fino al pozzetto Vn0, la portata è pari a 6.20 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in **Tabella 6** ed i profili da **Figura 13** a **Figura 15**; le velocità sono contenute entro i 4.60 m/s, in corrispondenza dei tratti più pendenti, compatibilmente con le soluzioni progettuali previste; il franco idraulico rispetto alle sponde, è 10 cm minimo.

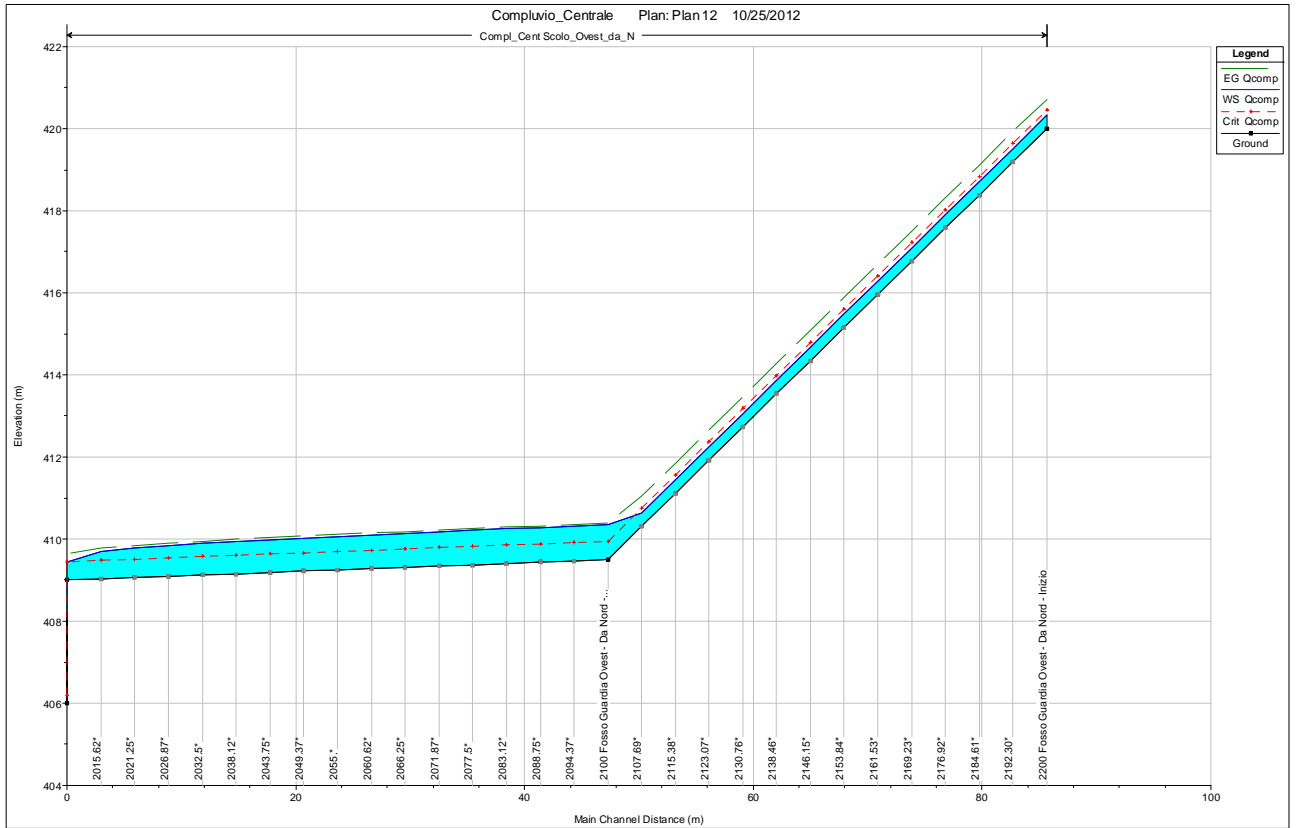


Figura 13 – Fosso guardia da Nord – Profilo RAS



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Scolo_Ovest_da_S	3160.87*	Ocomp	3.81	417.40	418.46	418.31	418.71	0.053696	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3156.52*	Ocomp	3.81	417.24	418.31	418.16	418.55	0.053664	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3152.17*	Ocomp	3.81	417.08	418.15	418.00	418.39	0.053728	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3147.82*	Ocomp	3.81	416.93	417.99	417.85	418.24	0.053729	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3143.47*	Ocomp	3.81	416.77	417.84	417.69	418.08	0.053729	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3139.13*	Ocomp	3.81	416.62	417.68	417.53	417.93	0.053729	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3134.78*	Ocomp	3.81	416.46	417.52	417.38	417.77	0.053710	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3130.43*	Ocomp	3.81	416.30	417.37	417.22	417.61	0.053703	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3126.08*	Ocomp	3.81	416.15	417.21	417.07	417.46	0.053789	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3121.73*	Ocomp	3.81	415.99	417.06	416.91	417.30	0.053513	2.19	1.74	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3117.38*	Ocomp	3.81	415.83	416.90	416.75	417.15	0.053278	2.19	1.75	2.17	0.78
Scolo_Ovest_da_S	3113.04*	Ocomp	3.81	415.68	416.75	416.60	416.99	0.052657	2.17	1.75	2.17	0.77
Scolo_Ovest_da_S	3108.69*	Ocomp	3.81	415.52	416.60	416.44	416.84	0.051336	2.15	1.77	2.18	0.76
Scolo_Ovest_da_S	3104.34*	Ocomp	3.81	415.37	416.46	416.29	416.69	0.048289	2.10	1.81	2.20	0.74
Scolo_Ovest_da_S	3100	Ocomp	3.81	415.21	416.13	416.13	416.49	0.089649	2.66	1.43	2.02	1.01
Scolo_Ovest_da_S	3095.26*	Ocomp	3.81	414.87	415.70	415.79	416.17	0.127501	3.03	1.26	1.93	1.20
Scolo_Ovest_da_S	3090.52*	Ocomp	3.81	414.54	415.41	415.45	415.82	0.105510	2.82	1.35	1.98	1.09
Scolo_Ovest_da_S	3085.79*	Ocomp	3.81	414.20	415.05	415.12	415.49	0.118246	2.95	1.29	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3081.05*	Ocomp	3.81	413.86	414.72	414.78	415.15	0.111946	2.89	1.32	1.96	1.12
Scolo_Ovest_da_S	3076.31*	Ocomp	3.81	413.52	414.37	414.44	414.81	0.117769	2.94	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3071.57*	Ocomp	3.81	413.19	414.04	414.11	414.47	0.115539	2.92	1.30	1.95	1.14
Scolo_Ovest_da_S	3066.84*	Ocomp	3.81	412.85	413.70	413.77	414.14	0.117014	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3062.10*	Ocomp	3.81	412.51	413.36	413.43	413.80	0.116791	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3057.36*	Ocomp	3.81	412.17	413.03	413.09	413.46	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3052.63*	Ocomp	3.81	411.84	412.69	412.76	413.13	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3047.89*	Ocomp	3.81	411.50	412.35	412.42	412.79	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3043.15*	Ocomp	3.81	411.16	412.01	412.08	412.45	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3038.42*	Ocomp	3.81	410.82	411.68	411.74	412.11	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3033.68*	Ocomp	3.81	410.49	411.34	411.41	411.78	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3028.94*	Ocomp	3.81	410.15	411.00	411.07	411.44	0.116766	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3024.21*	Ocomp	3.81	409.81	410.66	410.73	411.10	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3019.47*	Ocomp	3.81	409.49	410.33	410.39	410.76	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3014.73*	Ocomp	3.81	409.14	409.99	410.06	410.43	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3010	Ocomp	3.81	408.80	409.65	409.72	410.09	0.116769	2.93	1.30	1.95	1.15
Scolo_Ovest_da_S	3005	Ocomp	3.81	408.00	408.22	406.45	408.23	0.000763	0.43	8.89	4.00	0.09
Compluvio	610	Ocomp	5.91	406.00	408.20	406.61	408.22	0.001880	0.67	8.81	4.00	0.14
Compluvio	600	Ocomp	5.91	406.50	407.73	407.73	408.18	0.092046	2.98	1.98	2.23	1.01
Compluvio	530	Ocomp	5.91	404.81	405.73	406.11	406.71	0.254244	4.38	1.35	1.92	1.67
Compluvio	520	Ocomp	5.91	401.91	404.12	402.47	404.14	0.001356	0.59	9.95	4.50	0.13
Compluvio	510	Ocomp	5.91	401.91	404.12	402.47	404.14	0.001362	0.60	9.93	4.50	0.13
Compluvio	500	Ocomp	5.91	402.41	403.64	403.64	404.09	0.091944	2.98	1.99	2.23	1.01
Compluvio	430	Ocomp	5.91	400.67	401.58	401.96	402.59	0.266340	4.46	1.33	1.91	1.71
Compluvio	420	Ocomp	5.91	397.77	399.98	398.33	400.00	0.001356	0.59	9.95	4.50	0.13
Compluvio	410	Ocomp	5.91	397.77	399.98	398.33	399.99	0.001363	0.60	9.93	4.50	0.13
Compluvio	400	Ocomp	5.91	398.27	399.50	399.50	399.95	0.092045	2.98	1.98	2.23	1.01
Compluvio	330	Ocomp	5.91	396.52	397.43	397.82	398.45	0.268709	4.47	1.32	1.91	1.71
Compluvio	320	Ocomp	5.91	393.62	395.83	394.18	395.85	0.001356	0.59	9.95	4.50	0.13
Compluvio	310	Ocomp	5.91	393.62	395.83	394.18	395.84	0.001363	0.60	9.93	4.50	0.13
Compluvio	300	Ocomp	5.91	394.12	395.35	395.35	395.80	0.090892	2.96	1.99	2.23	1.00
Compluvio	230	Ocomp	5.91	392.38	393.29	393.67	394.30	0.266340	4.46	1.33	1.91	1.71
Compluvio	220	Ocomp	5.91	388.99	391.09	389.50	391.11	0.001162	0.56	10.56	5.00	0.12
Compluvio	210	Ocomp	5.91	388.99	391.09	389.50	391.10	0.001167	0.56	10.54	5.00	0.12
Compluvio	200	Ocomp	5.91	389.38	390.61	390.61	391.06	0.091892	2.98	1.99	2.23	1.01
Compluvio	130	Ocomp	5.91	386.88	387.73	388.11	388.78	0.280494	4.55	1.30	1.95	1.78
Compluvio	120	Ocomp	5.91	385.88	387.78	386.44	387.80	0.000184	0.69	8.55	4.50	0.16
Compluvio	110	Ocomp	5.91	385.88	387.71	386.71	387.80	0.000990	1.29	4.58	2.50	0.30
Compluvio	109	Ocomp	5.91	386.38	387.59	387.21	387.79	0.002911	1.95	3.03	2.50	0.57
Compluvio	107	Ocomp	5.91	386.30	387.45	387.13	387.67	0.003331	2.05	2.88	2.50	0.61
Compluvio	104	Ocomp	5.91	386.20	387.25	387.03	387.51	0.004245	2.24	2.63	2.50	0.70
Compluvio	100	Ocomp	5.91	386.10	386.93	386.93	387.34	0.008322	2.86	2.06	2.50	1.01
Compluvio	91	Ocomp	5.91	385.08	385.63	385.91	386.57	0.296127	4.30	1.37	2.50	1.85
Compluvio	90	Ocomp	6.20	385.08	385.59	385.89	386.56	0.297339	4.36	1.42	3.02	2.03
Compluvio	87	Ocomp	6.20	384.76	385.96	385.67	386.16	0.030249	1.99	3.12	3.20	0.64
Compluvio	80	Ocomp	6.20	384.25	385.42	385.16	385.64	0.032644	2.05	3.03	3.17	0.67
Compluvio	70	Ocomp	6.20	383.52	384.84	384.43	385.00	0.022127	1.77	3.50	3.32	0.55
Compluvio	60	Ocomp	6.20	382.77	383.68	383.68	384.07	0.074352	2.76	2.24	2.91	1.00
Compluvio	50	Ocomp	6.20	379.32	379.95	380.23	380.86	0.244798	4.23	1.47	2.63	1.81
Compluvio	45	Ocomp	6.20	378.56	379.47	379.47	379.86	0.074618	2.77	2.24	2.91	1.01
Compluvio	40	Ocomp	6.20	378.01	379.17	378.82	379.32	0.021896	1.74	3.56	3.66	0.56
Compluvio	39	Ocomp	6.20	378.01	378.86	378.86	379.29	0.008363	2.91	2.13	2.50	1.00
Compluvio	35	Ocomp	6.20	376.55	376.95	377.40	378.87	0.072976	6.13	1.01	2.50	3.08
Compluvio	30	Ocomp	6.20	376.50	377.08	377.35	378.01	0.025141	4.28	1.45	2.50	1.79
Compluvio	29	Ocomp	6.20	370.05	370.18	370.67	377.38	0.929423	11.88	0.52	4.00	10.51
Compluvio	25	Ocomp	6.20	370.05	370.23	370.67	373.84	0.303835	8.41	0.74	4.00	6.26
Compluvio	24	Ocomp	6.20	370.05	370.23	370.67	373.84	0.303440	8.41	0.74	4.00	6.25

Tabella 6 – Compluvio centrale – Tabella RAS

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 43 di 112

6.5 Sistema compluvio nord

6.5.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio associato al compluvio nord è evidenziato planimetricamente in Figura 16. Un sistema di canalette ad U in legname (in azzurro), collocate al piede di ogni scarpata compresa fra una banca e l'altra, ha la funzione di drenare le acque piovane che insistono sull'abbancamento, nella porzione a sud del compluvio in oggetto; le canalette hanno base 50 cm ed altezza 35 cm. Il drenaggio avviene in direzione Sud-Nord, seguendo la pendenza delle banche. Immediatamente a monte dello scarico nel compluvio nord, è prevista la disposizione di un pozzetto di sedimentazione in c.a. prefabbricato, a base quadrata di lato 80 cm.

Un fosso di guardia in legname e pietrame (in arancione), posto immediatamente a monte dell'abbancamento, al suo estremo ovest, drena, per la porzione che su di esso insiste, i contributi di ruscellamento provenienti dal versante, prima che raggiungano l'abbancamento.

Il fosso è lungo circa 50 m ed ha sezione trapezia, con base minore 100 cm, base maggiore 200 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Il fosso affluisce nel pozzetto Vn8, da cui si diparte il compluvio nord (in rosso).

Tale compluvio discende lungo l'estremo nord dell'abbancamento, seguendone l'andamento e raccoglie le acque provenienti dalle canalette.

In corrispondenza di ogni banca è presente una vasca in c.a. gettata in opera con rivestimento in pietrame delle parti esposte, che assume funzione di pozzetto di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso e quindi la velocità, e di sedimentazione.

I pozzetti, dal Vn1 al Vn8, hanno dimensione interna 300 cm x 400 cm (esterne 400x500). Il salto coperto all'interno del pozzetto varia tra 52 e 140 cm. Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione. A fine linea l'acqua affluisce nel pozzetto di salto Vn0.

Lungo il compluvio nord, i canali di collegamento fra i pozzetti dal Vn8 al Vn0 sono realizzati in legname e pietrame ed hanno sezione trapezia con base minore 90 cm, base maggiore 290 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 1/1.

Il pozzetto Vn0 è un pozzetto in c.a. gettato in opera, finalizzato a coprire il salto fra la quota della

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p>	<p>Foglio 44 di 112</p>

banca 0 e il piano campagna a Nord delle terre armate in progetto. Esso ha dimensioni interne 500 cm x 500 cm ed è alto 1090 cm.

Dal suo fondo, si diparte un canale chiuso in c.a. gettato in opera (in verde) a sezione rettangolare di dimensioni interne 300 cm x 180 cm, che si sviluppa per 25 m circa, sottopassando le terre rinforzate, a veicolare le acque fino al vasca Vv; quest'ultima, in c.a gettata in opera, ha dimensioni di base interne 300 cm x 340 cm e altezza 362 cm. La vasca è rivestita con massi cementati ed è dotata di parapetto ringhiera di protezione.

Da esso si diparte un canale (in blu) rivestito in massi cementati che si sviluppa per 43 m circa, di sezione trapezia, avente base minore 300 cm, base maggiore minima 460 cm, altezza minima 160 cm, pendenza sponde 2/1; l'altezza è variabile in funzione della posizione del fondo rispetto al p.c.

Tale canale entra nella vasca di sedimentazione finale, dalla quale si diparte il canale terminale, rivestito in massi cementati, di scarico verso il recettore finale, Torrente Lemme.

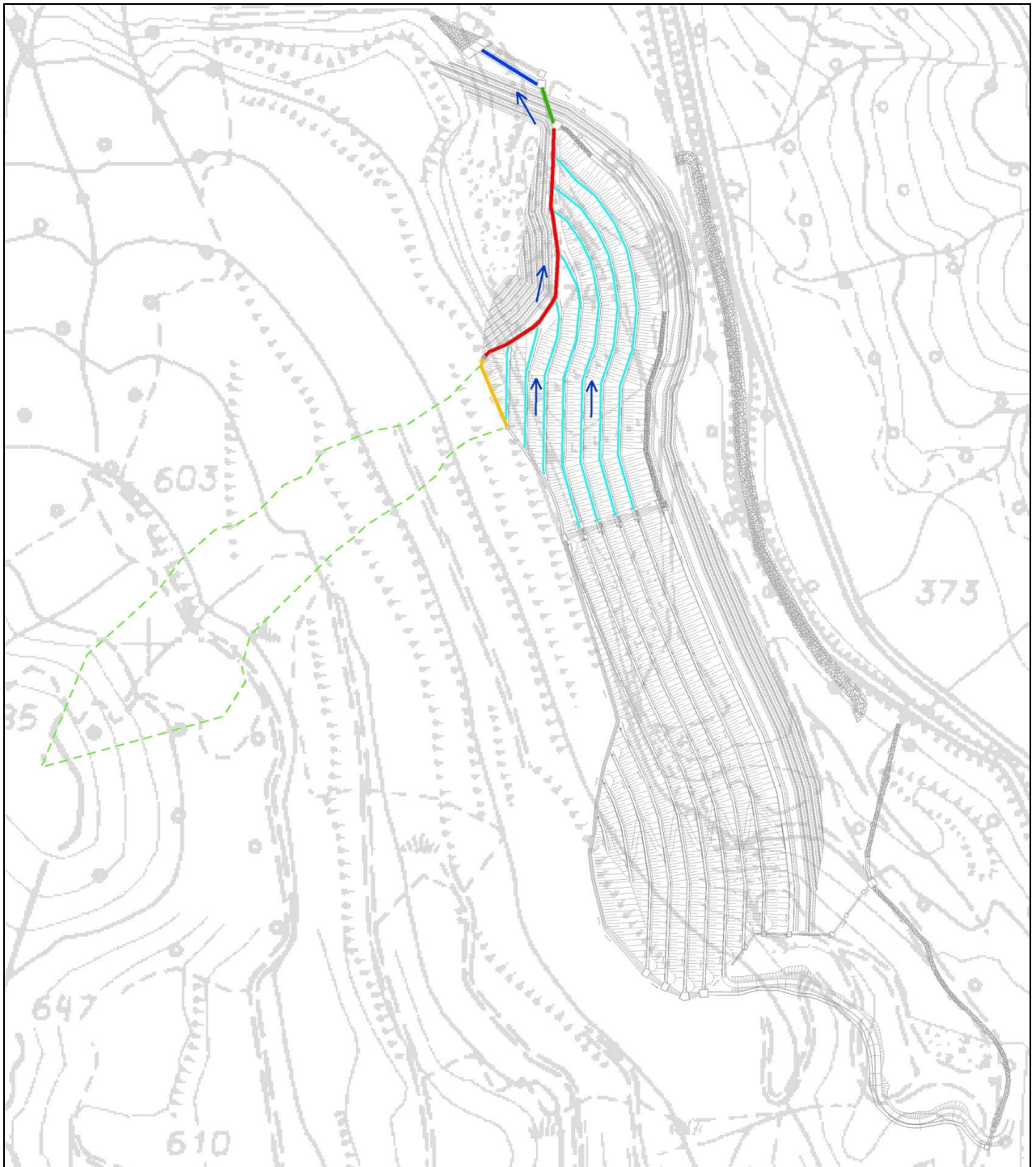


Figura 16 – Compluvio nord – Schema drenaggio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme
	Foglio 46 di 112

6.5.2 Dimensionamento canalette lungo banche

Le canalette lungo le banche sono state dimensionate ipotizzando condizioni di moto uniforme, secondo quanto descritto in §6.3.1.

Il calcolo è stato eseguito, a favore di sicurezza, considerando le canalette che drenano la banca 1, come rappresentativa delle banche corte, e la banca 5, come rappresentativa delle banche lunghe; è stato introdotto cautelativamente nel calcolo il valore di pendenza minimo di tutto il tratto.

Afflussi Banca 5			
Dati			
S [km²]	0.00124	L [km]	0.113
i (-)			0.064
T [anni]	20		
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
Tc			
Formulazioni	[ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.018	0.10	6.17
<i>Pasini</i>	0.022	0.09	7.03
<i>Pezzoli</i>	0.025	0.08	7.45
Portata media affl.	0.09 m³/s		

Afflussi Banca 1			
Dati			
S [km²]	0.002	L [km]	0.29
i (-)			0.062
T [anni]	20		
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
Tc			
Formulazioni	[ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.023	0.14	7.15
<i>Pasini</i>	0.036	0.11	9.32
<i>Pezzoli</i>	0.064	0.09	12.97
Portata media affl.	0.10 m³/s		

Deflusso Canaletta

Base rettangolo (D): 0.50 m

Altezza rettangolo (H): 0.35 m

Coefficiente di
scabrezza: 65 $m^{1/3}/s$

Pendenza del fondo: 0.25 %

Tirante idraulico [m]	Sezione bagnata [m ²]	Perimetro bagnato [m]	Velocità [m/s]	Portata [m ³ /s]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.02	0.57	0.32	0.01
0.07	0.04	0.64	0.47	0.02
0.11	0.05	0.71	0.57	0.03
0.14	0.07	0.78	0.65	0.05
0.18	0.09	0.85	0.71	0.06
0.21	0.11	0.92	0.76	0.08
0.25	0.12	0.99	0.81	0.10
0.28	0.14	1.06	0.84	0.12
0.32	0.16	1.13	0.87	0.14
0.35	0.18	1.20	0.90	0.16

La portata di competenza della banche considerate defluisce con franco 10 cm lungo la canaletta 50 cm x 35 cm e con una velocità di 0.81 m/s.

6.5.3 Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio nord

Per il dimensionamento della linea di drenaggio principale, comprendente il fosso di guardia ad ovest dell'abbancamento, il compluvio nord discendente da esso, al suo estremo nord, ed il canale terminale fino alla vasca di sedimentazione finale, si è ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS.

La geometria schematica RAS è riportata in Figura 17.

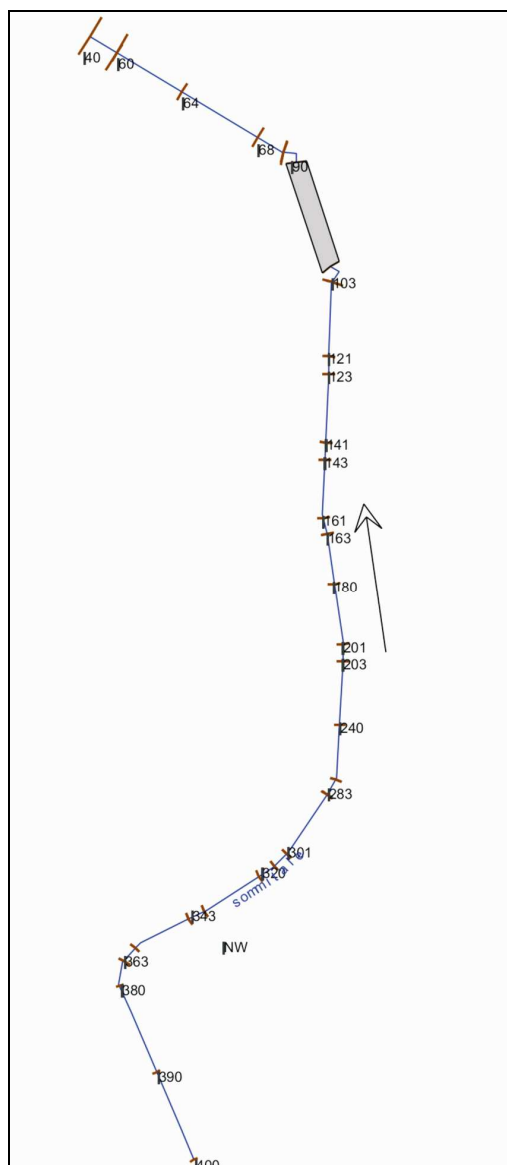


Figura 17 – Compluvio nord – Geometria RAS

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di ogni tratto.

Il bacino di competenza del fosso di guardia a Ovest dell'abbancamento è stato riportato in Figura 16 (in verde chiaro tratteggiato).

Afflussi Vasca Vn8			
Dati			
S [km²]	0.02264	L [km]	0.4
T [anni]	20	i (-)	0.66
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
Formulazioni	Tc [ore]	Q[m ³ /s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.024	1.55	7.28
<i>Pasini</i>	0.028	1.45	7.99
<i>Pezzoli</i>	0.027	1.46	7.89
Portata media affl.		1.49	m³/s

Afflussi Vasca Vn7			
Dati			
S [km²]	0.02324	L [km]	0.41
T [anni]	20	i (-)	0.65
Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
Formulazioni	Tc [ore]	Q[m ³ /s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.024	1.58	7.36
<i>Pasini</i>	0.028	1.47	8.11
<i>Pezzoli</i>	0.028	1.48	8.03
Portata media affl.		1.51	m³/s

Afflussi Vasca Vn6			
Dati			
S [km²]	0.02452	L [km]	0.425
T [anni]	20	i (-)	0.64



<i>Pezzoli</i>	0.031	1.74	8.56
----------------	-------	------	------

Portata media affl.	1.77 m³/s
----------------------------	-----------------------------

Afflussi Vasca Vn3**Dati**

S [km²]	0.03154	L [km]	0.464	i (-)	0.63
---------------------------	---------	---------------	-------	--------------	------

T [anni]	20
-----------------	----

Parametri pluviometrici

a	63.48	n	0.5779
c	0.8		

Formulazioni	Tc [ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.028	2.00	8.12
<i>Pasini</i>	0.033	1.87	8.88
<i>Pezzoli</i>	0.032	1.90	8.71

Portata media affl.	1.92 m³/s
----------------------------	-----------------------------

Afflussi Vasca Vn2**Dati**

S [km²]	0.0347	L [km]	0.477	i (-)	0.62
---------------------------	--------	---------------	-------	--------------	------

T [anni]	20
-----------------	----

Parametri pluviometrici

a	63.48	n	0.5779
c	0.8		

Formulazioni	Tc [ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.030	2.15	8.38
<i>Pasini</i>	0.035	2.02	9.14
<i>Pezzoli</i>	0.033	2.06	8.89

Portata media affl.	2.07 m³/s
----------------------------	-----------------------------

Afflussi Vasca Vn1**Dati**

S [km²]	0.03812	L [km]	0.477	i (-)	0.62
---------------------------	---------	---------------	-------	--------------	------

T [anni]	20
-----------------	----

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 52 di 112

Parametri pluviometrici			
a	63.48	n	0.5779
c	0.8		
	Tc		
Formulazioni	[ore]	Q[m³/s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.032	2.31	8.61
<i>Pasini</i>	0.036	2.19	9.31
<i>Pezzoli</i>	0.033	2.26	8.89
Portata media affl.		2.25	m³/s

In testa al fosso di guardia proveniente da Sud, verso la vasca Vn8, la portata utilizzata è pari a 1.49 m³/s.

Nel tratto di compluvio nord fra le vasche Vn8 e Vn0, la portata utilizzata incrementa fino a 2.25 m³/s.

Nel tratto finale, tra la vasca di confluenza Vn0 e la vasca di sedimentazione finale, la portata utilizzata è pari a 8.45 m³/s considerando il contributo del canale di scarico lungo la banca 0 proveniente dal compluvio centrale.

Il modello restituisce i risultati riportati in Tabella 7 ed i profili; le velocità sono contenute entro i 4.5 m/s, nei tratti più pendenti, compatibilmente con le soluzioni progettuali previste; il franco idraulico rispetto alle sponde è 10 cm minimo.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Compluvio_Nord	400	Qcomp	1.49	421.00	421.55	421.55	421.78	0.093697	2.13	0.70	1.55	1.01
Compluvio_Nord	390	Qcomp	1.49	419.00	419.88	419.55	419.95	0.019154	1.18	1.27	1.88	0.46
Compluvio_Nord	380	Qcomp	1.49	418.46	419.05	419.02	419.26	0.082978	2.03	0.73	1.49	0.93
Compluvio_Nord	363	Qcomp	1.49	418.05	418.58	418.58	418.78	0.079369	1.96	0.76	1.96	1.01
Compluvio_Nord	362	Qcomp	1.49	417.03	418.27	417.32	418.28	0.001187	0.40	3.73	3.00	0.11
Compluvio_Nord	361	Qcomp	1.49	417.03	418.27	417.32	418.28	0.001199	0.40	3.71	3.00	0.12
Compluvio_Nord	360	Qcomp	1.49	417.53	418.06	418.06	418.26	0.079494	1.96	0.76	1.96	1.01
Compluvio_Nord	343	Qcomp	1.49	415.54	415.96	416.07	416.33	0.185840	2.68	0.56	1.74	1.51
Compluvio_Nord	342	Qcomp	1.49	414.51	415.76	414.80	415.77	0.001173	0.40	3.74	3.00	0.11
Compluvio_Nord	341	Qcomp	1.51	414.51	415.75	414.80	415.76	0.001218	0.41	3.73	3.00	0.12
Compluvio_Nord	340	Qcomp	1.51	415.01	415.54	415.54	415.74	0.079247	1.97	0.77	1.97	1.01
Compluvio_Nord	320	Qcomp	1.51	412.92	413.34	413.45	413.71	0.186392	2.69	0.56	1.75	1.52
Compluvio_Nord	303	Qcomp	1.51	412.13	412.56	412.66	412.92	0.184633	2.68	0.56	1.75	1.51
Compluvio_Nord	302	Qcomp	1.51	410.70	411.96	410.99	411.97	0.001164	0.40	3.79	3.00	0.11
Compluvio_Nord	301	Qcomp	1.57	410.70	411.96	411.00	411.97	0.001274	0.42	3.77	3.00	0.12
Compluvio_Nord	300	Qcomp	1.57	411.20	411.75	411.75	411.95	0.079291	1.99	0.79	1.99	1.01
Compluvio_Nord	283	Qcomp	1.57	406.85	407.20	407.40	407.86	0.406936	3.60	0.44	1.60	2.20
Compluvio_Nord	282	Qcomp	1.57	405.43	406.71	405.73	406.72	0.001211	0.41	3.84	3.00	0.12
Compluvio_Nord	281	Qcomp	1.64	405.43	406.71	405.74	406.71	0.001339	0.43	3.83	3.00	0.12
Compluvio_Nord	280	Qcomp	1.64	405.93	406.49	406.49	406.69	0.078753	2.01	0.82	2.02	1.01
Compluvio_Nord	240	Qcomp	1.64	403.44	403.84	404.00	404.35	0.280003	3.19	0.51	1.69	1.85
Compluvio_Nord	203	Qcomp	1.64	401.62	402.18	402.18	402.39	0.078911	2.01	0.82	2.02	1.01
Compluvio_Nord	202	Qcomp	1.64	399.72	401.03	400.03	401.04	0.001235	0.42	3.94	3.00	0.12
Compluvio_Nord	201	Qcomp	1.77	399.72	401.03	400.05	401.04	0.001460	0.45	3.92	3.00	0.13
Compluvio_Nord	200	Qcomp	1.77	400.22	400.80	400.80	401.02	0.078185	2.04	0.87	2.07	1.01
Compluvio_Nord	180	Qcomp	1.77	395.54	395.89	396.12	396.72	0.509817	4.04	0.44	1.60	2.47
Compluvio_Nord	163	Qcomp	1.77	391.77	392.21	392.35	392.67	0.224949	3.01	0.59	1.78	1.67
Compluvio_Nord	162	Qcomp	1.77	390.05	391.40	390.38	391.41	0.001340	0.44	4.05	3.00	0.12
Compluvio_Nord	161	Qcomp	1.92	390.05	391.39	390.40	391.40	0.001602	0.48	4.02	3.00	0.13
Compluvio_Nord	160	Qcomp	1.92	390.55	391.16	391.16	391.38	0.077783	2.08	0.92	2.12	1.01
Compluvio_Nord	143	Qcomp	1.92	387.15	387.55	387.76	388.25	0.378617	3.72	0.52	1.70	2.15
Compluvio_Nord	142	Qcomp	1.92	385.62	387.00	385.97	387.01	0.001476	0.46	4.15	3.00	0.13
Compluvio_Nord	141	Qcomp	2.07	385.62	386.99	385.98	387.01	0.001744	0.50	4.12	3.00	0.14
Compluvio_Nord	140	Qcomp	2.07	386.12	386.76	386.76	386.98	0.077036	2.12	0.98	2.17	1.01
Compluvio_Nord	123	Qcomp	2.07	381.62	382.02	382.26	382.83	0.435497	3.99	0.52	1.70	2.31
Compluvio_Nord	122	Qcomp	2.07	380.23	381.65	380.59	381.66	0.001593	0.49	4.26	3.00	0.13
Compluvio_Nord	121	Qcomp	2.25	380.23	381.64	380.62	381.66	0.001917	0.53	4.23	3.00	0.14
Compluvio_Nord	120	Qcomp	2.25	380.73	381.40	381.40	381.63	0.076309	2.16	1.04	2.23	1.01
Compluvio_Nord	103	Qcomp	2.25	377.00	377.45	377.67	378.14	0.323119	3.66	0.61	1.81	2.01
Compluvio_Nord	102	Qcomp	2.25	367.10	368.70	367.37	368.71	0.000033	0.28	8.01	5.00	0.07
Compluvio_Nord	101	Qcomp	8.45	367.10	368.64	367.76	368.70	0.000515	1.10	7.69	5.00	0.28
Compluvio_Nord	95			Culvert								
Compluvio_Nord	90	Qcomp	8.45	366.45	367.79	367.11	367.87	0.000762	1.26	6.70	5.00	0.35
Compluvio_Nord	80	Qcomp	8.45	366.45	367.79	367.11	367.87	0.000770	1.27	6.68	5.00	0.35
Compluvio_Nord	70	Qcomp	8.45	366.45	367.67	367.33	367.86	0.003281	1.92	4.40	4.22	0.60
Compluvio_Nord	68	Qcomp	8.45	366.44	367.64	367.32	367.83	0.003404	1.95	4.34	4.21	0.61
Compluvio_Nord	64	Qcomp	8.45	366.39	367.53	367.28	367.75	0.004079	2.08	4.07	4.14	0.67
Compluvio_Nord	60	Qcomp	8.45	366.36	367.24	367.24	367.64	0.009365	2.78	3.03	3.89	1.01
Compluvio_Nord	50	Qcomp	8.45	365.46	366.98	365.88	367.00	0.000100	0.55	15.25	10.00	0.14
Compluvio_Nord	40	Qcomp	8.45	365.46	366.98	365.88	367.00	0.000100	0.55	15.24	10.00	0.14

Tabella 7 – Compluvio nord – Tabella RAS

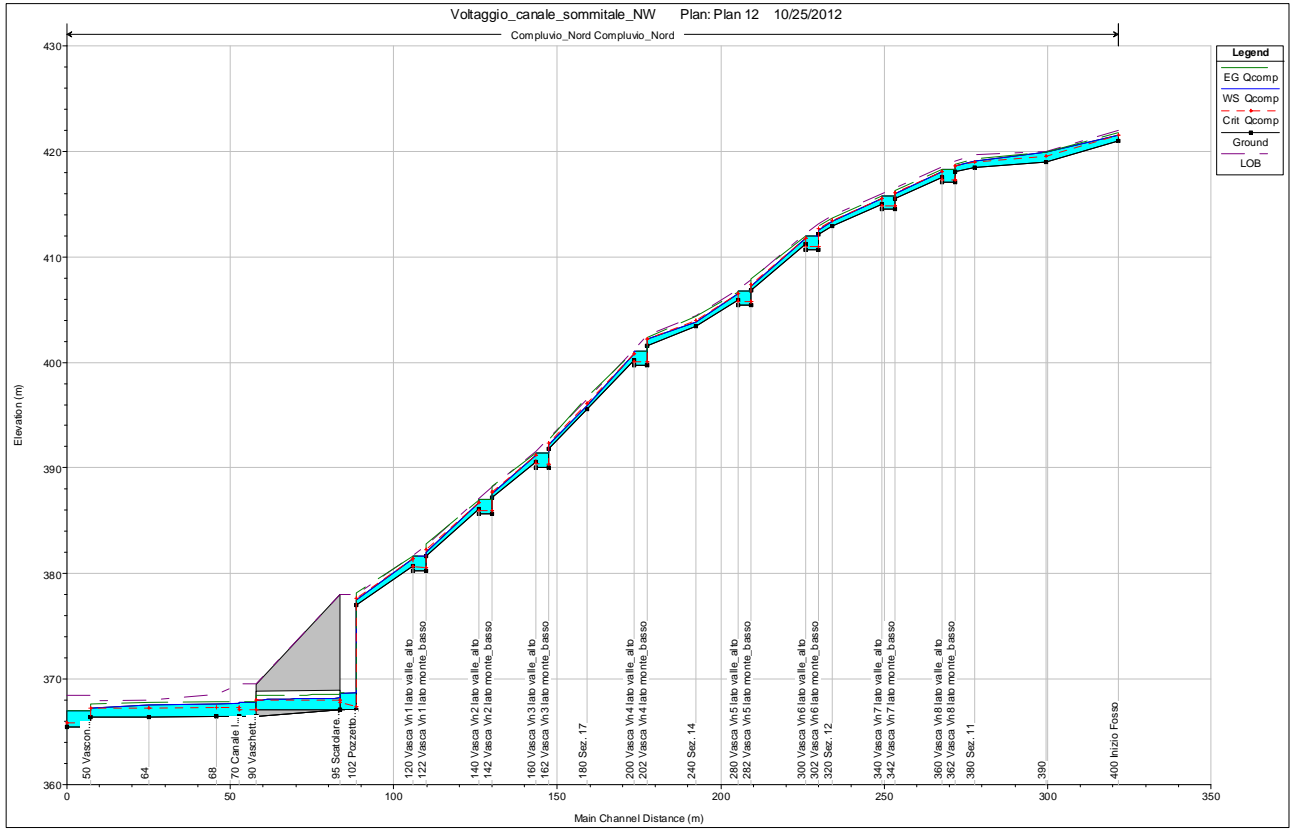


Figura 18 – Compluvio nord – Profilo RAS

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 55 di 112

6.6 Sistema compluvio sud

6.6.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio associato al compluvio sud è evidenziato in Figura 19.

Il fosso di guardia (in arancione), posto immediatamente a monte dell'abbancamento, al suo estremo sud-ovest, drena, per la porzione che su di esso insiste, i contributi di ruscellamento provenienti dal versante, prima che raggiungano l'abbancamento.

Esso è realizzato in legname e pietrame, secondo le tecniche di ingegneria naturalistica.

Il fosso è lungo circa 40 m ed ha sezione trapezia, con base minore 100 cm, base maggiore 400 cm, altezza 150 cm e pendenza sponde 1/1.

Il fosso affluisce nella vasca Vs7, da cui si diparte un canale discendente lungo il versante che si sviluppa in tre salti, fino alla vasca Vs4 (in rosso).

Tale canale segue l'andamento dell'abbancamento, lungo il suo estremo sud, tra le banche 7 e 4. In corrispondenza di ogni banca è presente una vasca, in c.a. gettata in opera e rivestita in massi, che assume funzione di pozzetto di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso e la velocità della corrente, oltre a consentire la sedimentazione al suo interno.

Le vasche Vs7, Vs6, Vs5 e Vs4 hanno larghezza interna 500 cm (esterna 600) e lunghezza variabile. Il salto coperto all'interno dei pozzetti varia tra 130 e 250 cm.

Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione.

Il canale in entrata da Vs7 ha base minore 100 cm, base maggiore 440 cm, altezza 170 cm e pendenza sponde 1/1. Il canale in uscita da Vs7 ha base minore 100 cm, base maggiore 400 cm, altezza 300 cm e pendenza sponde 2/1.

Il canale in uscita da Vs5 e Vs6 hanno base minore 100 cm, base maggiore 450 cm, altezza 350 cm e pendenza sponde 2/1.

I canali in entrata in Vs6, Vs5 e Vs4 hanno base minore 100 cm, base maggiore 200 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Dalla vasca Vs4, si diparte un canale a U in c.a. (in blu), rivestito in pietra, largo alla base 180 cm e con altezza variabile.

Il canale si sviluppa, per 252 m, lungo il lato di monte della strada di accesso per manutenzione e raccoglie le acque di versante che su di esso insistono, e termina nel pozzetto in c.a. Vs8, avente

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 56 di 112

dimensioni interne 300 cm x 300 cm.

Dal pozzetto Vs8, una tubazione Di1400 in c.a.v. (in viola) sottopassa la viabilità e conduce le acque nel pozzetto Vs11, avente le stesse caratteristiche del pozzetto Vs8.

Dal pozzetto Vs8 e fino al pozzetto Vs12, si sviluppa un canale in legname e pietrame avente sezione variabile, con sezione minima di base minore 200 cm, base maggiore 300 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Separatamente da questa linea di drenaggio, se ne sviluppa un'altra che raccoglie le acque meteoriche ruscellanti al di sotto della banca 3, fra il rilevato della viabilità di servizio e l'abbancamento (in magenta).

Il tratto di monte è costituito da un canale che segue l'andamento del deposito, lungo il suo estremo sud, tra le banche 3 e 0. In corrispondenza di ogni banca è presente una vasca in c.a., che assume funzione di pozzetto di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso, e di consentire la sedimentazione.

Le vasche Vs3, Vs2 e Vs1 hanno forma quadrata in pianta, con larghezza interna 300 cm (esterna 400). Il salto coperto all'interno dei pozzetti Vs3 e Vs2 è pari a 150 cm.

Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione.

I canali di collegamento fra i pozzetti sono realizzati in legname e pietrame ed hanno sezione trapezia: i canali in entrata ai pozzetti hanno base minore 50 cm, base maggiore 120 cm, altezza 70 cm e pendenza sponde 2/1; i canali in uscita da Vs3 e Vs2 hanno base minore 50 cm, base maggiore 270 cm, altezza 220 cm e pendenza sponde 2/1. Dal pozzetto di salto Vs1 si sviluppa una tubazione Di800 in c.a.v. che affluisce nella vasca Vs12 (in magenta tratteggiato), a base quadrata 500 cm x 500 cm, a raccogliere le acque provenienti dal canale proveniente da Sud e dalla tubazione Di800, da Ovest.

Da esso un manufatto scatolare in c.a., con base 200 cm ed altezza 130 cm (in marrone), si sviluppa per circa 16 m al di sotto della viabilità esistente, fino a scaricare in golena sinistra del Torrente Lemme con un canale trapezio (in azzurro), rivestito in massi cementati, di lunghezza pari a circa 94 m. La sezione corrente minima ha base minore 200 cm, base maggiore 300 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

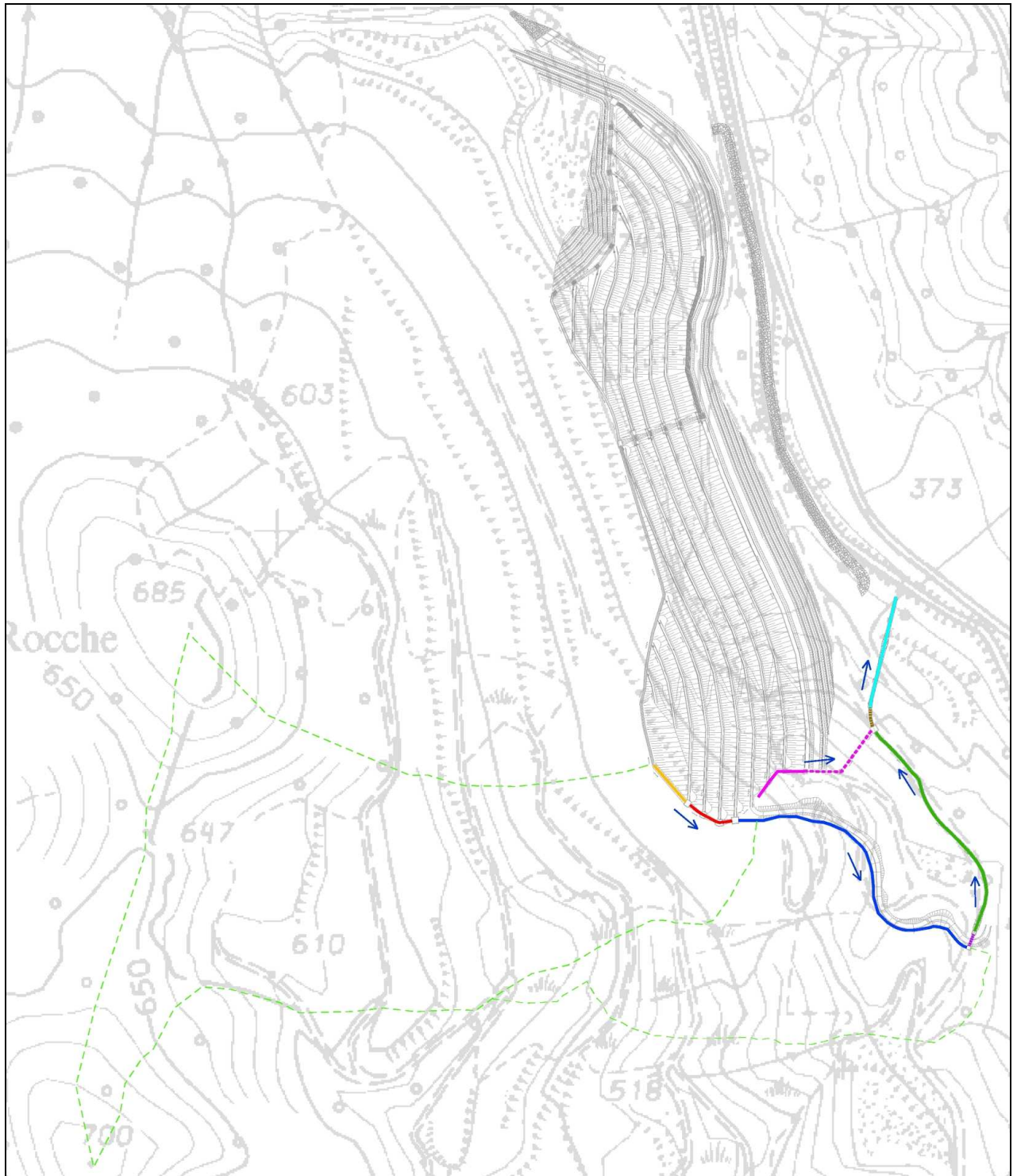


Figura 19 – Sistema compluvio sud – Schema drenaggio

6.6.2 Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio sud

La geometria schematica RAS è riportata in Figura 20.

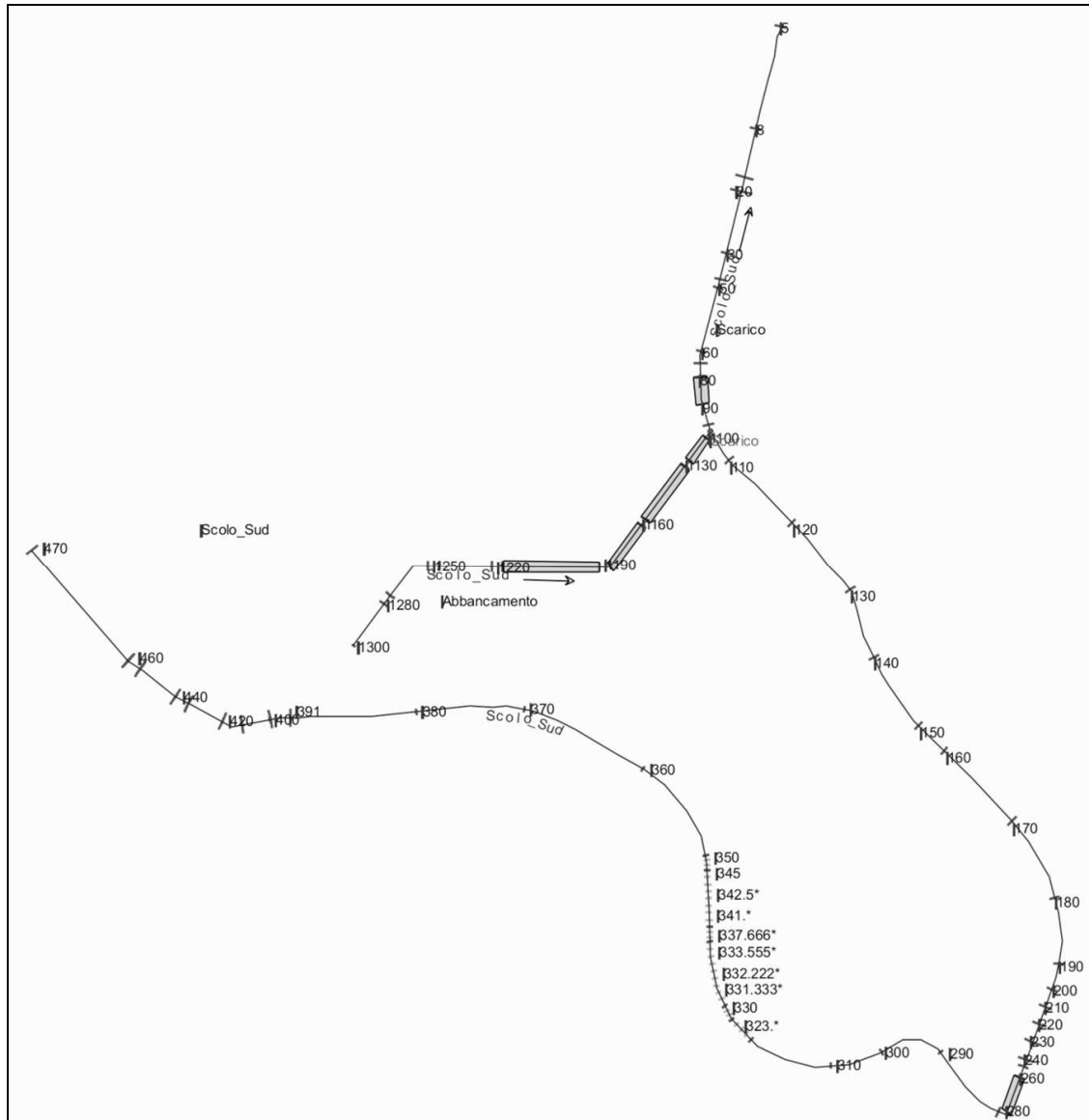


Figura 20 – Sistema compluvio sud – Geometria RAS

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di ogni tratto.

Il bacino di competenza del fosso di guardia dell'abbancamento e del canale a monte della strada di accesso sono stati riportati in **Figura 19** (in verde chiaro tratteggiato).

Afflussi - Tratto fosso di guardia e compluvio discendente banche alte
Dati

S [km²] 0.09814 **L [km]** 0.58 **i (-)** 0.41
T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 **n** 0.5779
c 0.8

Formulazioni Tc [ore] Q[m³/s] h pioggia [mm]

Ventura 0.062 4.47 12.76
Pasini 0.065 4.39 13.07
Pezzoli 0.050 4.91 11.22

Portata media affl. 4.59 m³/s

Afflussi - Tratto monte viabilità di accesso
Dati

S [km²] 0.138 **L [km]** 0.7 **i (-)** 0.35
T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 **n** 0.5779
c 0.8

Formulazioni Tc [ore] Q[m³/s] h pioggia [mm]

Ventura 0.080 5.66 14.73
Pasini 0.084 5.54 15.14
Pezzoli 0.065 6.17 13.09

Portata media affl. 5.79 m³/s

Afflussi - Tratto valle viabilità di accesso
Dati

S [km²] 0.1544 **L [km]** 0.8 **i (-)** 0.36
T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 **n** 0.5779
c 0.8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 60 di 112

Formulazioni	Tc [ore]	Q[m ³ /s]	h pioggia [mm]
<i>Ventura</i>	0.083	6.22	15.10
<i>Pasini</i>	0.090	6.03	15.75
<i>Pezzoli</i>	0.073	6.56	14.02
Portata media affl.		6.27 m³/s	

Afflussi – Ramo discendente banche basse					
Dati					
S [km ²]	0.0060	L [km]	0.2	i (-)	0.19
T [anni]	20				
Parametri pluviometrici					
	a	63.48	n	0.5779	
	c	0.8			
Formulazioni	Tc [ore]	Q[m ³ /s]	h pioggia [mm]		
<i>Ventura</i>	0.023	0.42	7.10		
<i>Pasini</i>	0.026	0.39	7.76		
<i>Pezzoli</i>	0.025	0.40	7.57		
Portata media affl.		0.40 m³/s			

In testa al fosso di guardia proveniente da Nord, fino al pozzetto Vs4, la portata utilizzata è pari a 4.6 m³/s; nel tratto fra i pozzetti Vs4 e Vs8, la portata utilizzata è 5.8 m³/s; nel tratto tra i pozzetti Vs3 e Vs12, la portata utilizzata è 0.40 m³/s. Nel tratto finale, tra il pozzetto di confluenza Vs8 e lo scarico finale, la portata utilizzata è pari a 6.3 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in Tabella 8 ed i profili che seguono; le velocità nel tratto in legname pietrame sono contenute entro i 4.6 m/s, nei tratti più pendenti, compatibilmente con le soluzioni progettuali previste. Nel canale ad U rivestito in massi cementati le velocità arrivano a 7 m/s, mentre nel tratto terminale di scarico nel t. Lemme le velocità arrivano a 10 m/s.

Scolo_Sud	180	Q20	6.30	420.85	421.72	421.77	422.17	0.088589	2.96	2.13	2.87	1.10
Scolo_Sud	170	Q20	6.30	417.25	417.89	418.17	418.81	0.248222	4.27	1.48	2.64	1.82
Scolo_Sud	160	Q20	6.30	413.61	414.47	414.53	414.93	0.092851	3.01	2.09	2.86	1.12
Scolo_Sud	150	Q20	6.30	412.72	413.59	413.64	414.04	0.089109	2.96	2.13	2.87	1.10
Scolo_Sud	140	Q20	6.30	410.59	411.42	411.51	411.92	0.105660	3.15	2.00	2.83	1.20
Scolo_Sud	130	Q20	6.30	408.04	408.77	408.96	409.44	0.156040	3.62	1.74	2.73	1.45
Scolo_Sud	120	Q20	6.30	404.89	405.70	405.81	406.23	0.112875	3.23	1.95	2.81	1.24
Scolo_Sud	110	Q20	6.30	402.22	403.03	403.14	403.56	0.112044	3.22	1.96	2.81	1.23
Scanco	100	Q20	6.30	400.51	401.21	401.43	401.96	0.181632	3.82	1.65	2.70	1.56
Scanco	90	Q20	6.30	399.30	400.70	400.22	400.84	0.018375	1.66	3.79	3.40	0.50
Scanco	85			Bridge								
Scanco	80	Q20	6.30	398.30	398.80	399.22	400.40	0.076834	5.61	1.12	2.50	2.67
Scanco	70	Q20	6.30	398.14	398.67	399.06	400.09	0.064863	5.29	1.19	2.53	2.46
Scanco	60	Q20	6.30	398.00	398.54	398.92	399.87	0.058484	5.11	1.23	2.54	2.34
Scanco	50	Q20	6.30	391.00	391.27	391.92	397.16	0.530571	10.75	0.59	2.27	6.76
Scanco	40	Q20	6.30	390.00	390.28	390.92	395.80	0.480551	10.41	0.61	2.28	6.45
Scanco	30	Q20	6.30	389.00	389.35	389.92	392.93	0.251027	8.39	0.75	2.35	4.73
Scanco	20	Q20	6.30	388.50	389.03	389.42	390.42	0.062379	5.22	1.21	2.53	2.42
Scanco	10	Q20	6.30	388.38	388.95	389.30	390.15	0.050215	4.84	1.30	2.57	2.17
Scanco	8	Q20	6.30	388.00	388.65	388.92	389.53	0.032637	4.17	1.51	2.65	1.76
Scanco	5	Q20	6.30	374.00	374.92	374.92	375.31	0.010488	2.78	2.27	2.92	1.01

Tabella 8 – Sistema compluvio sud – Tabella RAS

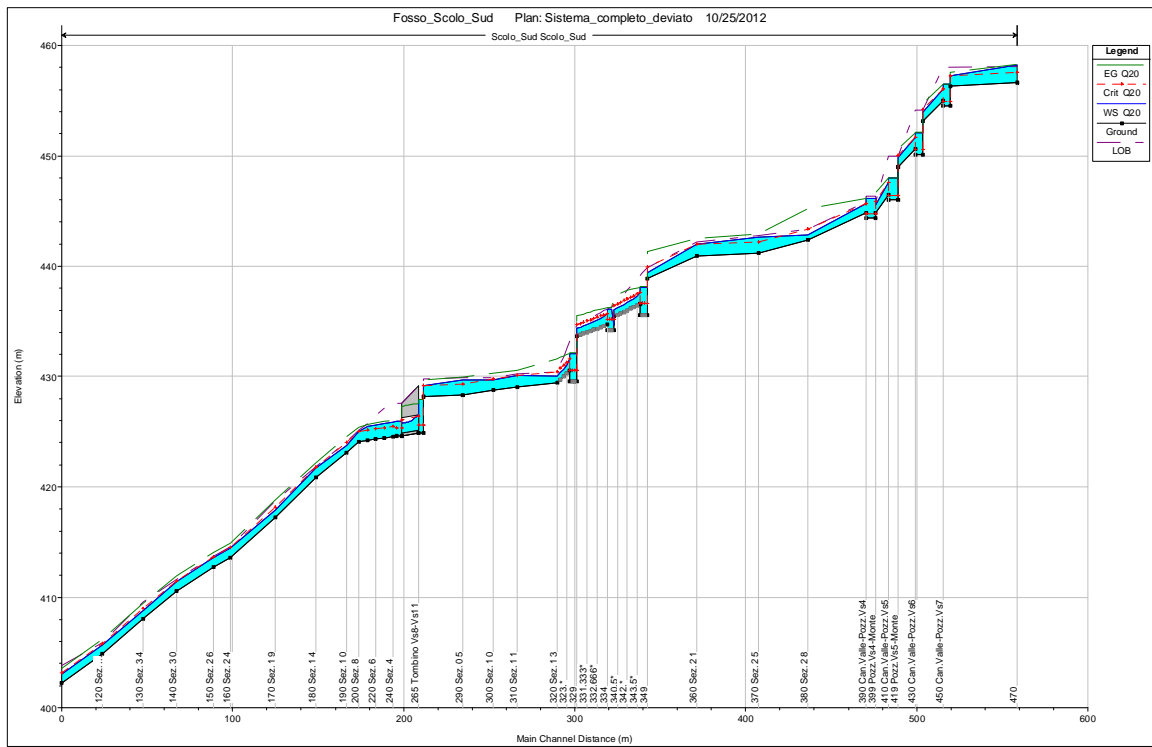


Figura 21 – Sistema compluvio sud - Scolo da versante fino al canale ad U – Profilo RAS

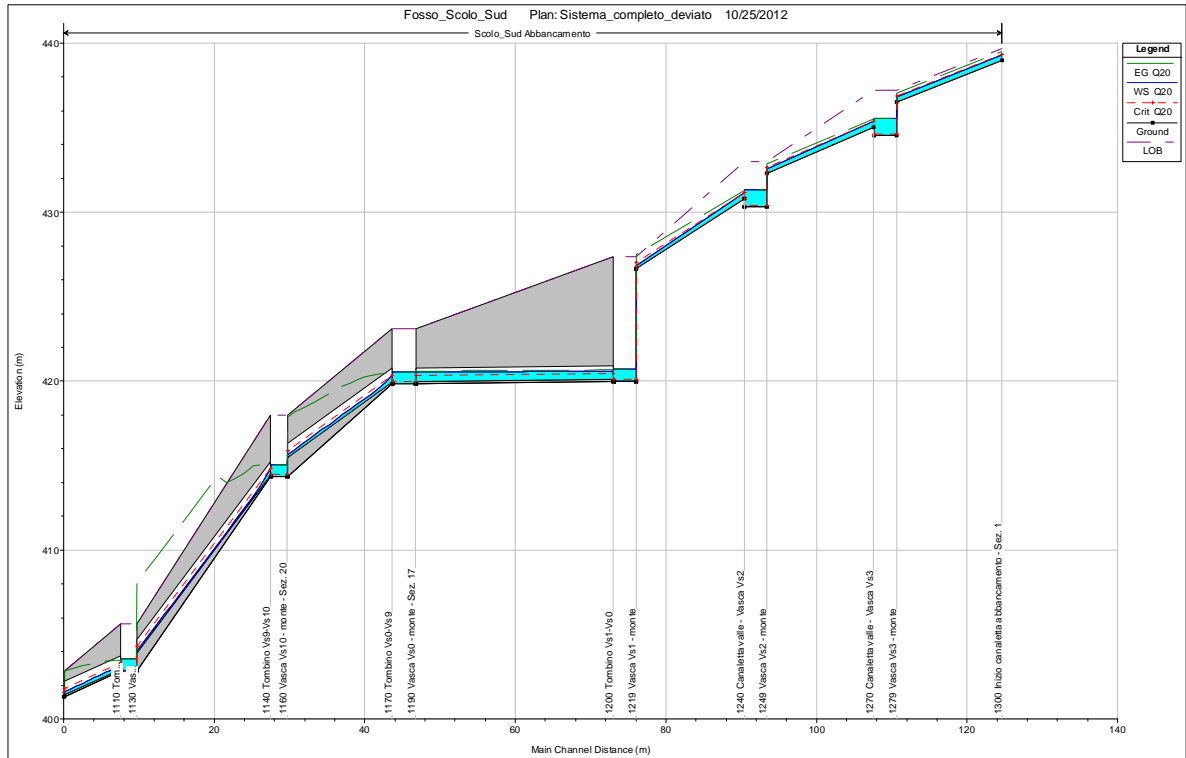


Figura 22 – Sistema compluvio sud - Scolo da Abbancamento – Profilo RAS

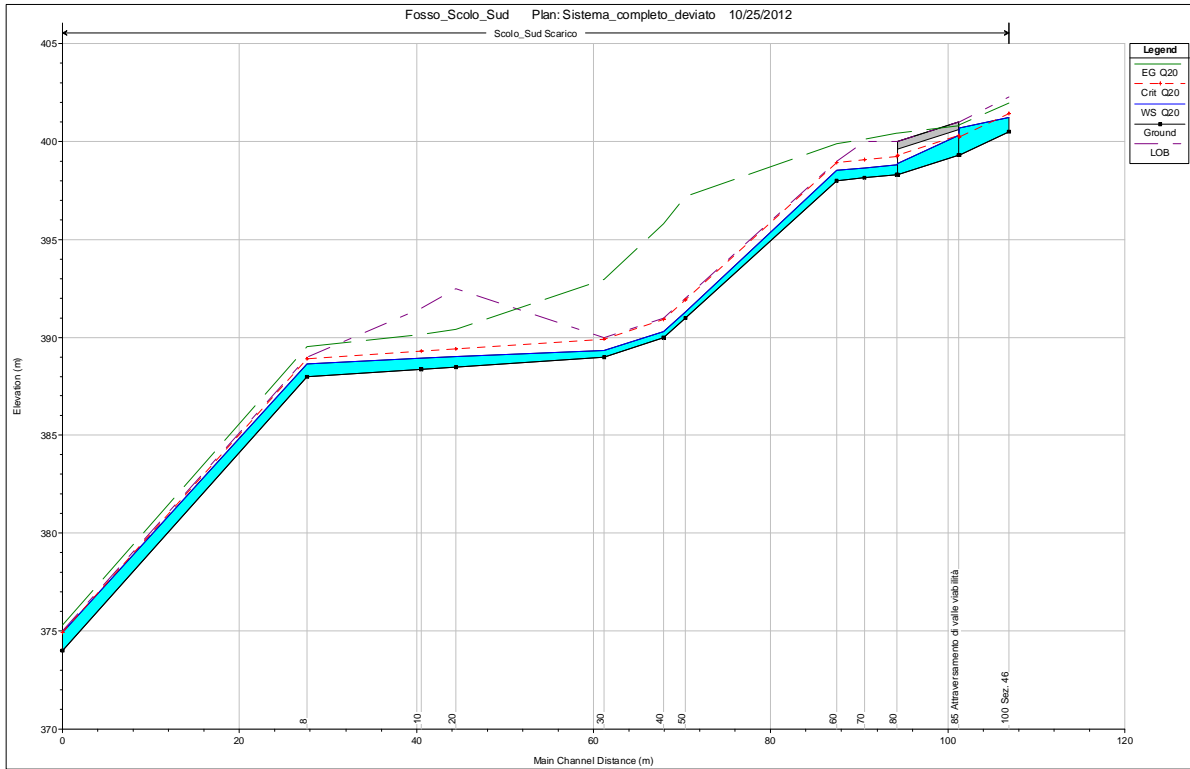


Figura 23 – Sistema compluvio sud – Scarico finale – Profilo RAS

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 65 di 112

7. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUBORIZZONTALI BANCHE

7.1 Dreni sub orizzontali

7.1.1 Descrizione

Il drenaggio delle acque d'infiltrazione dal fronte della sistemazione di rilevato è previsto mediante drenaggi suborizzontali disposti in corrispondenza di ogni berma, con scarico diretto all'interno delle trincee drenanti tipo Gabbiodren.

I dreni presentano le caratteristiche seguenti:

- diametro di perforazione = 300 mm;
- lunghezza = 50 m;
- interasse = 10 m;
- tubo drenante in HDPE diametro 200 mm microfessurato con struttura a doppia parete e piede d'appoggio corrugato all'esterno e liscio internamente, avvolto con calza di telo geotessile in polipropilene di peso 140 gr/mq.

La verifica idraulica dei dreni è condotta nelle condizioni più gravose, corrispondenti alla fase di realizzazione dell'abbancamento, durante la quale i dreni sono disposti lungo la banca ma non ancora interrati e quindi soggetti all'azione diretta di un evento meteorico ipotizzato con tempo di ritorno 20 anni; per tale evento essi devono essere in grado di smaltire l'acqua meteorica scolante sulla propria area di competenza.

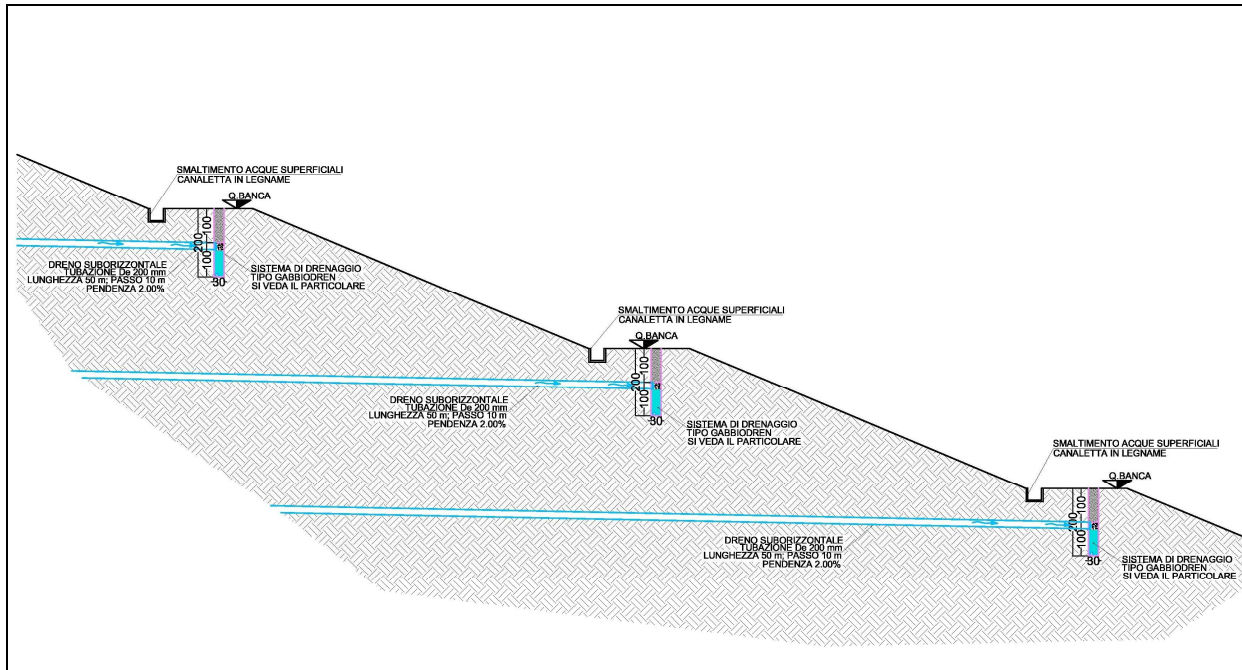


Figura 24 – Disposizione dreni suborizzontali

In fase di esercizio le condizioni idrauliche dei dreni sono meno impegnative, in quanto il materiale risulta abbancato e i dreni ricoperti; la permeabilità del materiale di smarino proveniente dallo scavo della galleria risulta molto bassa, e quindi l'infiltrazione delle acque all'interno dell'ammasso è molto lenta, non significativa per la determinazione di diametro e interasse dei dreni.

7.1.2 Analisi idrologica e idraulica

L'analisi idrologica dei drenaggi suborizzontali è condotta in analogia a quanto già descritto per i drenaggi superficiali.

I parametri della curva di possibilità pluviometrica utilizzati per l'analisi idrologica con $T_r = 20$ anni sono pertanto i seguenti:

$$a = 63.48 \text{ mm}$$

$$n = 0.5779$$

La determinazione delle portate al colmo, insistenti sui vari tratti della rete di drenaggio in progetto, è stata effettuata mediante il metodo cinematico, secondo la formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 67 di 112

dove:

- S = superficie del bacino (km^2);
- c = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8;
- h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La valutazione del tempo di corrivazione viene effettuata utilizzando le seguenti formule empiriche:

Ventura:
$$t_c = 0.0053 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Pasini:
$$t_c = \frac{0.0045}{\sqrt{i}} \sqrt[3]{SL}$$

Giandotti
$$t_c = \frac{4 * (S^{0.5} + 1.5 * L)}{(0.8 * (H_{media} - H_{chiusura})^{0.5}}$$

Puglisi:
$$t_c = 6 * L^{0.67} * (H_{max} - H_{chiusura})^{-0.33}$$

Metodo L/v
$$t_c = L/v_{compluvio} + L_{versante}/v_{versante}$$

con:

S = superficie bacino;

i = pendenza media asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale;

H_{max} = quota massima del bacino;

H_{medio} = quota media del bacino;

$H_{chiusura}$ = quota alla sezione di chiusura;

$L_{versante}$ = lunghezza del versante;

$v_{compluvio}$ = velocità del compluvio assunta pari a 2 m/s;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 68 di 112

V_{versante} = velocità lungo il versante assunta pari a 1 m/s.

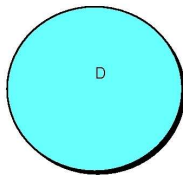
Il tempo di corrivazione adottato è quello medio fornito dalle cinque formule empiriche.

Analisi idrologica			
Dati			
S (km ²)	0.0005	L (km)	0.050 i (-) 0.020
T (anni)	20		
Parametri pluviometrici	a	63.48	n 0.5779
Coefficiente di deflusso	c	0.80	
Formulazioni	tc (ore)	Q (m ³ /s)	
Ventura	0.006	0.06	
Pasini	0.007	0.06	
Puglisi	0.22	0.01	
Giandotti	0.04	0.03	
L/V	0.01	0.05	
	media	0.042	

Tabella 9 - Analisi idrologica dreni suborizzontali banche.

TUBAZIONE DRENI SUBORIZZONATALI DN200

Portata Q (l/s)	42
Pendenza tubazione i	0.02
Coefficiente di scabrezza ks (m ^{1/3} /s)	90
D tubazione (m)	0.2000
grado di riempimento y/D	0.656
velocità corrente v (m/s)	1.904



Grado di riempimento	Tirante (m)	Area bagnata (m ²)	Perimetro bagnato (m)	Raggio idraulico (m)	Velocità (m/s)	Portata (l/s)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.01	0.001	0.090	0.007	0.444	0.261
0.10	0.02	0.002	0.129	0.013	0.693	1.133
0.15	0.03	0.003	0.159	0.019	0.893	2.638
0.20	0.04	0.004	0.185	0.024	1.062	4.752
0.25	0.05	0.006	0.209	0.029	1.210	7.434
0.30	0.06	0.008	0.232	0.034	1.341	10.628
0.35	0.07	0.010	0.253	0.039	1.456	14.270
0.40	0.08	0.012	0.274	0.043	1.558	18.288
0.45	0.09	0.014	0.294	0.047	1.649	22.605
0.50	0.10	0.016	0.314	0.050	1.727	27.135
0.55	0.11	0.018	0.334	0.053	1.795	31.786
0.60	0.12	0.020	0.354	0.056	1.853	36.460
0.65	0.13	0.022	0.375	0.058	1.899	41.050
0.70	0.14	0.023	0.396	0.059	1.934	45.436
0.75	0.15	0.025	0.419	0.060	1.958	49.487
0.80	0.16	0.027	0.443	0.061	1.969	53.046
0.85	0.17	0.028	0.469	0.061	1.965	55.921
0.90	0.18	0.030	0.500	0.060	1.942	57.840
0.95	0.19	0.031	0.538	0.057	1.892	58.313
1.00	0.20	0.031	0.628	0.050	1.727	54.269

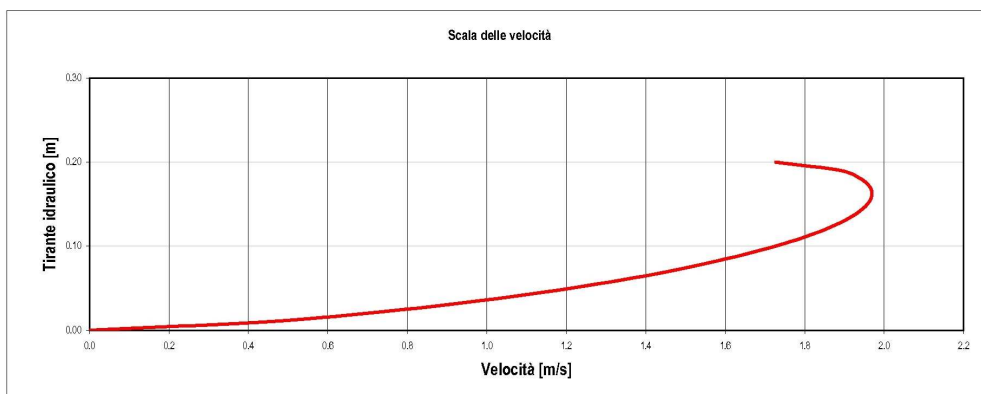
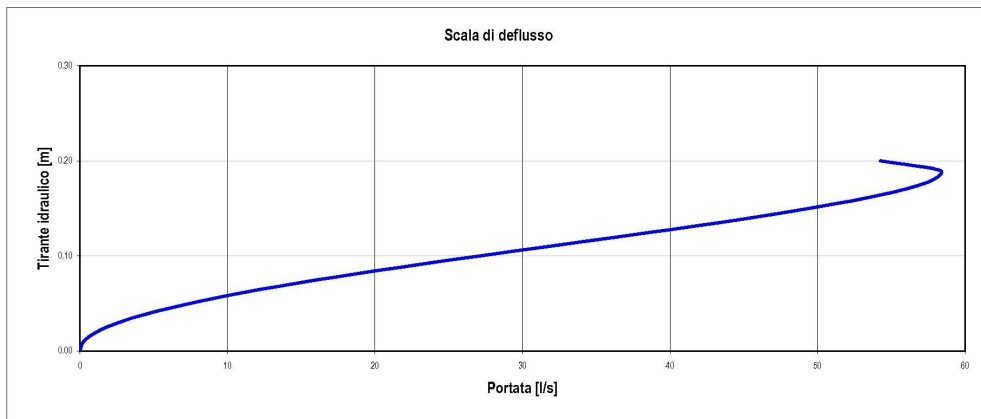


Figura 25 – Verifica dreno suborizzontale banche De 200

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 70 di 112

7.2 Trincee drenanti realizzate con la tecnologia tipo Gabbiodren

7.2.1 Descrizione sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

Il sistema di drenaggio tipo GABBIODREN consiste nella realizzazione di trincee drenanti realizzate mediante pannelli prefabbricati ad alte prestazioni idraulico-meccaniche. Il pannello drenante è costituito da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da "ciottoli" di polistirolo non riciclato, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque. La trincea presenta al suo interno, preassemblato, un tubo microforato del diametro di 160 mm.

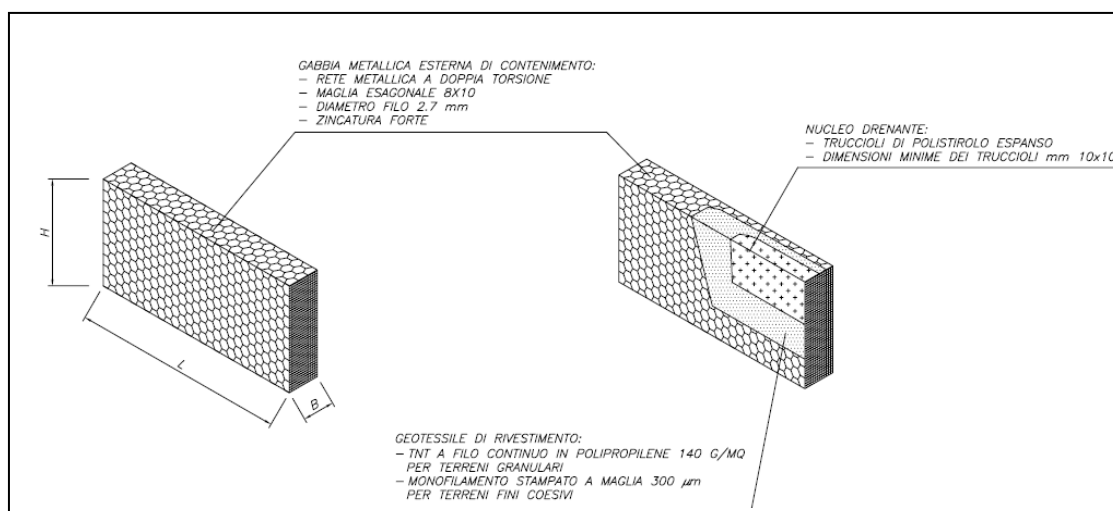


Figura 26 – Sistema di drenaggio tipo Gabbiodren - realizzazione

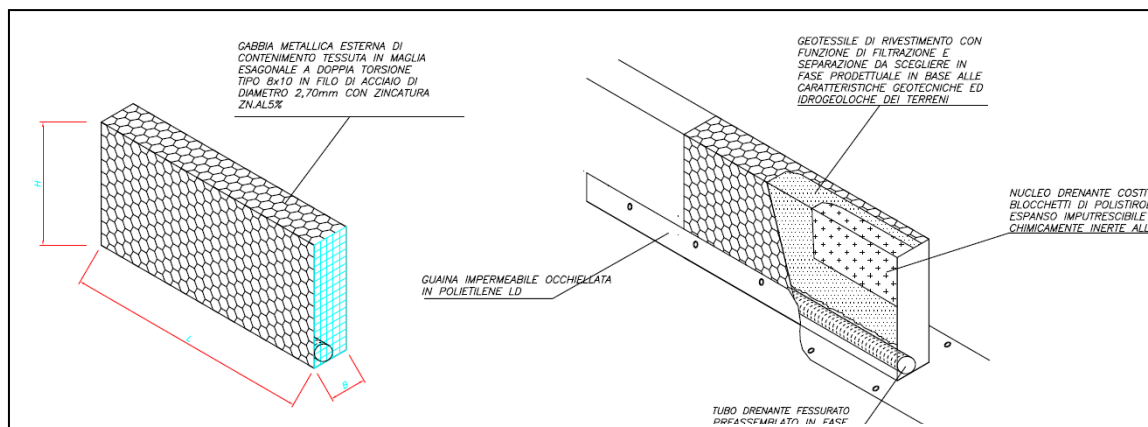


Figura 27 – Sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – posa in opera

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 71 di 112

L'inserimento nel terreno di una trincea drenante permette di realizzare una linea a forte permeabilità data dalle differenza di pressione esistente tra quella presente all'interno del corpo del dreno (pressione atmosferica) e la sovrappressione dell'acqua che si trova all'interno dei pori del terreno stesso. In virtù della differenza di permeabilità che si verifica all'interfaccia tra trincea drenante e mezzo geologico in posto, si innesca un moto di filtrazione che porta all'abbattimento della falda freatica ed alla diminuzione del tenore di acqua nel terreno. Il relativo abbattimento delle pressioni interstiziali (pressioni neutre u) porta ad un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Il sistema di drenaggio tipo Gabbiodren presenta i seguenti vantaggi applicativi e realizzativi rispetto ai sistemi tradizionali:

- maggiore sicurezza: i pannelli drenanti prefabbricati si assemblano a bordo scavo e vengono successivamente calati nella trincea dall'esterno. Pertanto le operazioni che possono portare le maestranze in scavo sono ridotte al minimo o quasi nulle;
- grande facilità di movimentazione: ogni pannello Gabbiodren presenta dimensioni 2.0 x 1.0 x 0.30 m e pesa circa 15 kg e pertanto può essere movimentato facilmente;
- gestione di cantiere: i materiali preassemblati consentono di avere aree di cantiere pulite e sgombrare da grandi quantità di inerti, questo consente di fare a meno di aree di stoccaggio, carico e scarico materiali inerti e terrigeni;
- ridurre sensibilmente i volumi di scavo: tale opportunità è un aspetto che presenta un risvolto fondamentale per la sicurezza e la velocità dei lavori;
- alleggerimento del versante: la riduzione dei volumi e dei pesi consente di ridurre i carichi transitanti sulle aree fragili e instabili del cantiere; si realizza inoltre un alleggerimento dei versanti in dissesto, infatti 1.0 m³ di pannello prefabbricato tipo Gabbiodren pesano circa 30 kg contro i circa 1900 kg dell'inerte tradizionale per una pari volumetria;
- maggiore velocità di posa: i pannelli drenanti prefabbricati possono essere posati, nella maggior parte delle condizioni di terreno e di scavo, alla medesima velocità di avanzamento dell'escavatore nell'apertura della trincea;
- ottimizzazione volume drenante: questo aspetto è particolarmente importante nei confronti della valutazione funzionale comparata con la tipologia di dreno tradizionale costituito da pietrame, geotessile e tubo. La necessità di realizzare degli scavi in sicurezza per costruire una trincea tradizionale (si lavora sempre con maestranze all'interno dello scavo) implica anche un utilizzo molto consistente in termini di volumi di materiale drenante (pietrame).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 72 di 112

Spesso quindi si realizzano dei drenaggi con una volumetria di pietrame fortemente ingiustificata rispetto all'effettiva quantità di portata idraulica da smaltire;

- geotessile di rivestimento: un punto importante da rimarcare, che risulta di primaria importanza, è relativo ad un aspetto geotecnico tanto fondamentale quanto trascurato: spesso accade, nella realizzazione di drenaggi realizzati classicamente, che il geotessile non riceve adeguata specifica se non quella generica del peso o grammatura minima. In realtà tale caratteristica non ha alcuna valenza tecnica e funzionale. La caratteristica più importante per un geotessile di filtrazione e separazione è la porometria o apertura caratteristica media dei pori. Questa dote permette di identificare il tipo idoneo di tessuto non tessuto per uno specifico tipo di terreno. Se non vengono attuate le scelte tecnicamente idonee ed oculate relative al tessuto non tessuto si può andare incontro a grossi problemi di resistenza meccanica che comportano strappi frequenti del tessuto (tessuto a filo continuo agugliato e termo-calandrato contro tessuto a fiocco) e durata funzionale delle trincee.

7.2.2 Analisi idrologica e idraulica

La verifica idraulica del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren, in corrispondenza delle banche, è condotta con tempo di ritorno di 20 anni (stazione pluviometrica di Gavi, piogge di forte intensità e durata inferiore all'ora) e coefficiente di deflusso c pari a 0.80.

7.2.3 Descrizione modalità di impiego del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

La struttura del pannello tipo Gabbiodren risulta parzialmente deformabile, per cui la sua capacità drenante è funzione della profondità di installazione e delle caratteristiche geotecniche del terreno che tende a comprimerlo.

Ciascuna trincea si sviluppa lungo le banche ad una distanza asse trincea - ciglio banca di 1.00 m secondo una linea di base di altezza pari ad 1 m e di larghezza 0.30 m con pannello drenante di dimensioni 2.00X1.00X0.30. Il pannello di base presenta al suo interno un tubo dreno fessurato preassemblato per l'allontanamento delle acque avente diametro esterno 160 mm ed interno 140mm. Il pannello sarà posto ad una profondità media di 2,0 metri dal piano compagna.

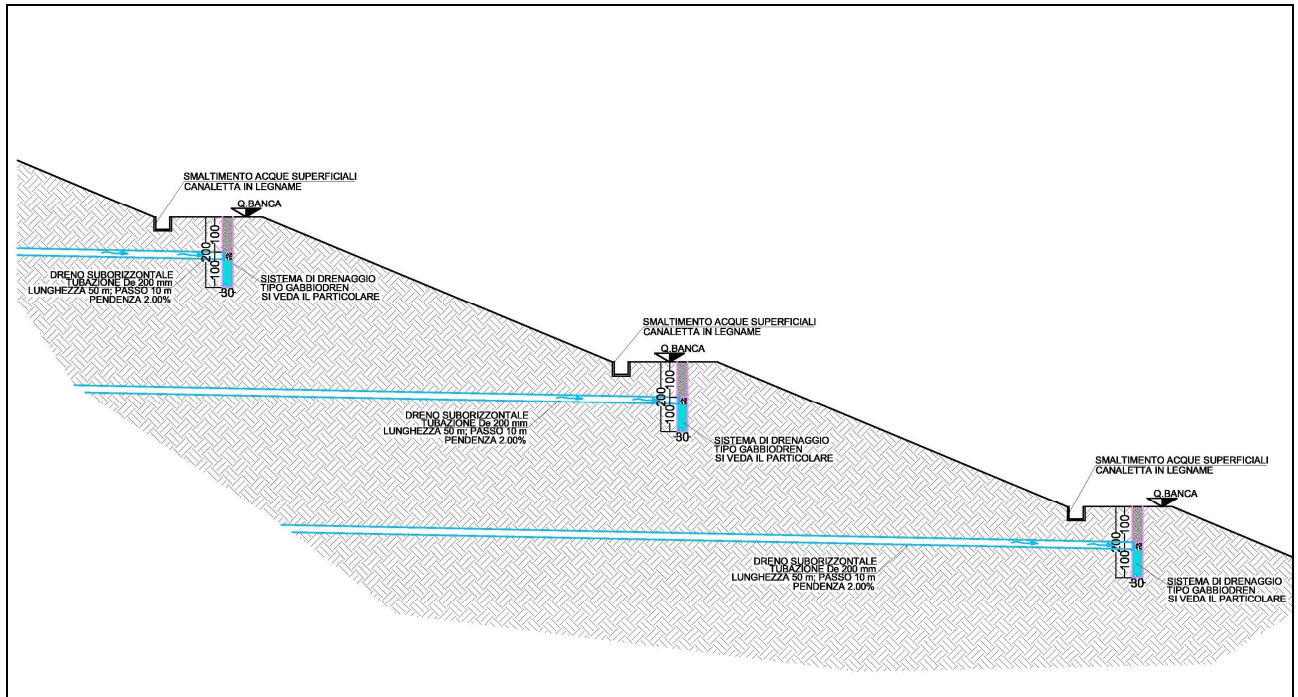


Figura 28 – Particolare posa trincee drenanti tipo Gabbiodren

Per evitare dispersioni delle acque raccolte e per migliorare la capacità di intercettazione della lama d'acqua in movimento laminare da monte verso valle, si utilizzerà una guaina impermeabile occhiellata fissata direttamente al pannello in fase di costruzione del dren.

Il sistema drenante ha una capacità di intercettazione delle acque valutata pari a $0,008 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ (8,0lt/sec per metro di lunghezza della linea drenante); se si considera questa aliquota unitamente alla capacità di smaltimento della tubazione di diametro 160 mm (cautelativamente posto in esercizio per un riempimento massimo del 60%) alla base del pannello si arriva a 8 litri/sec/m + 4.5 litri/sec/m pari ad un totale di 12.5 litri/sec/m ($0,0125 \text{ mc}/\text{sec}$), come garantito da analisi di laboratorio.

Si riportano di seguito le verifiche idrauliche relative alle trincee drenanti previste in progetto. In particolare nelle verifiche si è assunto un Fattore di Sicurezza pari a 3.

Vista la distribuzione regolare del drenaggio nel sito in esame (una linea per ogni bancata) e la lunghezza complessiva dei drenaggi in progetto, che supera in maniera significativa il valore minimo richiesto, si ritiene soddisfatta, per ogni banca, la verifica idraulica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	
Foglio 74 di 112	

Analisi idrologica bacino banca 0 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.03015	L max percorso (km)	0.603	Pendenza media	0.082	Lunghezza versante (km)	0.05
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	402.76
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	378.05
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	427.47
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrvazione T (ore)							
Giandotti	0.40						
Ventura	0.08						
Pasini	0.10						
Puglisi	1.18						
T = L/v	0.10						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.37				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.62					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.25					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.13					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.40					
	Qmax L/V (mc/s)	1.14					
	Qmax (mc/s)	0.91					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	2.723						
Lunghezza minima (m)	217.8						
Lunghezza banca (m)	603.0						

Tabella 10 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 0

Analisi idrologica bacino banca 1 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.02835	L max percorso (km)	0.567	Pendenza media	0.089	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	407.58
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	382.18
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	432.97
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrvazione T (ore)							
Giandotti	0.38						
Ventura	0.07						
Pasini	0.09						
Puglisi	1.12						
T = L/v	0.08						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.35				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.60					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.22					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.10					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.38					
	Qmax L/V (mc/s)	1.15					
	Qmax (mc/s)	0.89					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	2.666						
Lunghezza minima (m)	213.308						
Lunghezza banca (m)	567.0						

Tabella 11 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 1

Analisi idrologica bacino banca 2 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.028	L max percorso (km)	0.560	Pendenza media	0.089	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	412.31
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	387.21
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	437.4
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.38						
Ventura	0.07						
Pasini	0.09						
Puglisi	1.12						
T = L/v	0.08						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.35				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.60					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.20					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.09					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.38					
	Qmax L/V (mc/s)	1.14					
	Qmax (mc/s)	0.88					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	2.642						
Lunghezza minima (m)	211.360						
Lunghezza banca (m)	560.0						

Tabella 12 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 2

Analisi idrologica bacino banca 3 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.02805	L max percorso (km)	0.561	Pendenza media	0.088	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	416.72
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	391.93
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	441.5
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.38						
Ventura	0.07						
Pasini	0.09						
Puglisi	1.12						
T = L/v	0.08						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.35				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.60					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.20					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.09					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.38					
	Qmax L/V (mc/s)	1.14					
	Qmax (mc/s)	0.88					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	2.641						
Lunghezza minima (m)	211.255						
Lunghezza banca (m)	561.0						

Tabella 13 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 3

Analisi idrologica bacino banca 4 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.02725	L max percorso (km)	0.545	Pendenza media	0.079	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	424.23
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	402.62
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	445.83
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrvazione T (ore)							
Giandotti	0.40						
Ventura	0.07						
Pasini	0.09						
Puglisi	1.15						
T = L/v	0.08						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.36				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.57					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.15					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.04					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.36					
	Qmax L/V (mc/s)	1.12					
	Qmax (mc/s)	0.85					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	2.543						
Lunghezza minima (m)	203.465						
Lunghezza banca (m)	545.0						

Tabella 14 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 4

Analisi idrologica bacino banca 5 monte e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.0167	L max percorso (km)	0.334	Pendenza media	0.11	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	430.57
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	411.14
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	450
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi_{I\text{tot}}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.29						
Ventura	0.05						
Pasini	0.06						
Puglisi	0.86						
T = L/v	0.05						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.26				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.40					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.84					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.78					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.25					
	Qmax L/V (mc/s)	0.83					
	Qmax (mc/s)	0.62					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	1.863						
Lunghezza minima (m)	149.037						
Lunghezza banca (m)	334.0						

Tabella 15 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 5 monte

Analisi idrologica bacino banca 5 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.0065	L max percorso (km)	0.130	Pendenza media	0.023	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	408.49
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	406.98
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	410
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi_{I\text{tot}}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.53						
Ventura	0.07						
Pasini	0.07						
Puglisi	1.06						
T = L/v	0.02						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.35				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.12					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.29					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.29					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.09					
	Qmax L/V (mc/s)	0.46					
	Qmax (mc/s)	0.25					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	0.746						
Lunghezza minima (m)	59.696						
Lunghezza banca (m)	130.0						

Tabella 16 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 5 valle

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme		Foglio 78 di 112

Analisi idrologica bacino banca 6 monte e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.009675	L max percorso (km)	0.215	Pendenza media	0.14	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	438.96
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	423.86
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	454.06
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrvazione T (ore)							
Giandotti	0.23						
Ventura	0.03						
Pasini	0.04						
Puglisi	0.70						
T = L/v	0.03						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.21				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.25					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.57					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.55					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.16					
	Qmax L/V (mc/s)	0.57					
	Qmax (mc/s)	0.42					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	1.264						
Lunghezza minima (m)	101.145						
Lunghezza banca (m)	215.0						

Tabella 17 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 6 monte

Analisi idrologica bacino banca 6 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.00405	L max percorso (km)	0.090	Pendenza media	0.021	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	413.29
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	412.34
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	414.23
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrvazione T (ore)							
Giandotti	0.50						
Ventura	0.06						
Pasini	0.05						
Puglisi	0.97						
T = L/v	0.02						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.32				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.08					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.19					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.20					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.06					
	Qmax L/V (mc/s)	0.33					
	Qmax (mc/s)	0.17					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	0.510						
Lunghezza minima (m)	40.826						
Lunghezza banca (m)	90.0						

Tabella 18 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 6 valle

Analisi idrologica bacino banca 7 monte e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.00595	L max percorso (km)	0.170	Pendenza media	0.16	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	444.42
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	430.86
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	457.97
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.19						
Ventura	0.02						
Pasini	0.03						
Puglisi	0.62						
T = L/v	0.03						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.18				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.17					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.40					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.38					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.10					
	Qmax L/V (mc/s)	0.38					
	Qmax (mc/s)	0.29					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	0.865						
Lunghezza minima (m)	69.205						
Lunghezza banca (m)	170.0						

Tabella 19 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 7 monte

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	
Foglio 80 di 112	

Analisi idrologica bacino banca 7 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.001925	L max percorso (km)	0.055	Pendenza media	0.05	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	417.61
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	416.21
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	419
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.27						
Ventura	0.02						
Pasini	0.02						
Puglisi	0.61						
T = L/v	0.01						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.19				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.05					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.13					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.13					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.03					
	Qmax L/V (mc/s)	0.18					
	Qmax (mc/s)	0.10					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	0.314						
Lunghezza minima (m)	25.125						
Lunghezza banca (m)	55.0						

Tabella 20 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 7 valle

Analisi idrologica bacino banca 8 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.00135	L max percorso (km)	0.075	Pendenza media	0.25	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	446.04
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	436.67
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	455.4
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.11						
Ventura	0.01						
Pasini	0.01						
Puglisi	0.40						
T = L/v	0.01						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.11				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.05					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.14					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.13					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.03					
	Qmax L/V (mc/s)	0.12					
	Qmax (mc/s)	0.09					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	0.277						
Lunghezza minima (m)	22.163						
Lunghezza banca (m)	75.0						

Tabella 21 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme
	Foglio 81 di 112

Analisi idrologica bacino banca 9 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.00028	L max percorso (km)	0.028	Pendenza media	0.38	Lunghezza versante (km)	0.013
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	447.29
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	441.99
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	452.58
ϕ 1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ 1tot	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.06						
Ventura	0.00						
Pasini	0.00						
Puglisi	0.25						
T = L/v	0.01						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.06				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.01					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.04					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.04					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.01					
	Qmax L/V (mc/s)	0.03					
	Qmax (mc/s)	0.03					
Verifica Gabbiodrain							
Portata smatita (l/sm)	12.5						
Fattore di sicurezza	3.000						
Portata smatita (l/sm)	0.082						
Lunghezza minima (m)	6,599						
Lunghezza banca (m)	28.0						

Tabella 22 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 9

Le trincee drenanti lungo le banche 5, 6, 7, 8 e 9, a monte del compluvio centrale, convogliano le acque all'interno della linea ovest di drenaggio principale realizzata con tubazioni in CLS. La descrizione della linea ovest di drenaggio principale è riportata nel paragrafo dedicato.

Le trincee delle porzioni di valle, in corrispondenza delle banche 5, 6 e 7, e le trincee delle banche 0, 1, 2, 3 e 4 convogliano le acque nella linea nord di drenaggio principale realizzata con tubazioni in CLS (linea P16-P23). Anche in questo caso la descrizione della linea è riportata nel paragrafo dedicato.

Lungo le linee di trincee drenanti previste, ad intervallo di circa 100 m, sono posati idonei pozzetti prefabbricati di ispezione in CLS con dimensioni interne 80x80.

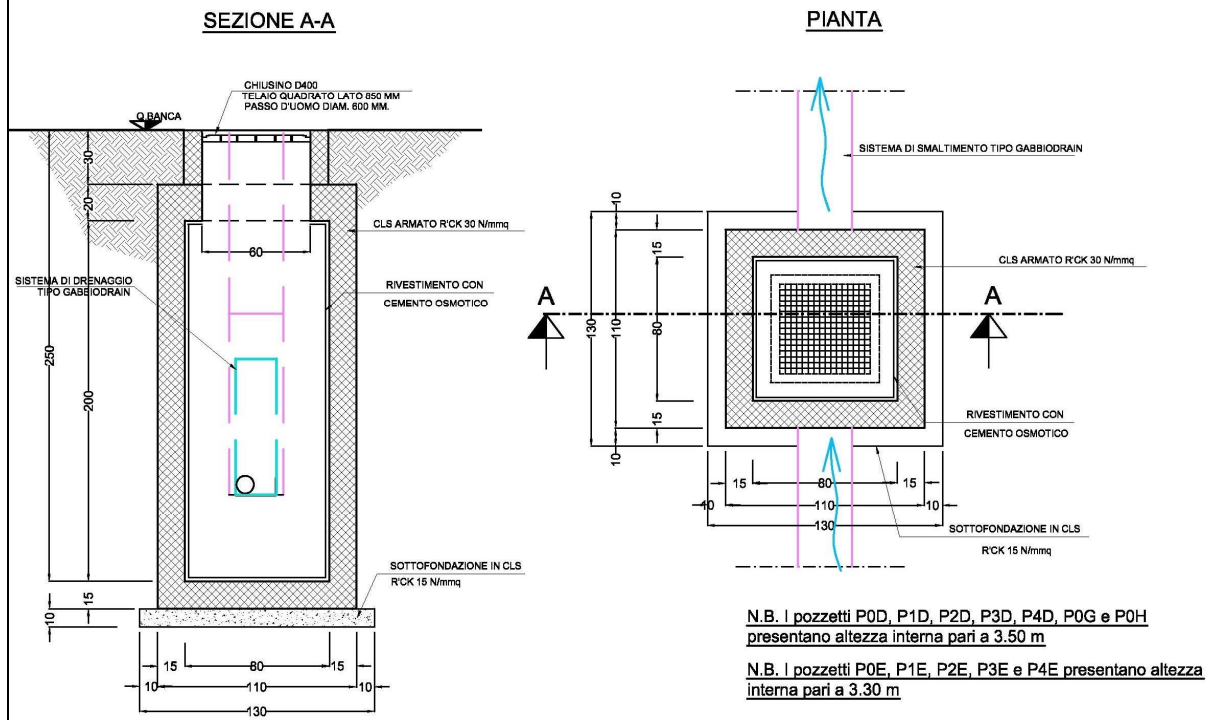
POZZETTO PREFABBRICATO 80X80 H = 2.50 m
SISTEMA DI DRENAGGIO TIPO GABBIODREN


Figura 29 – Pozzetto di ispezione sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

In corrispondenza delle vasche Vi0, Vi1, Vi2, Vi3, Vi4 e Vi5, lungo il compluvio centrale, si prevede di deviare le trincee drenanti di circa 2.50 m lato scarpata. La continuità è garantita dalla posa di una tubazione in CLS di diametro interno 300 mm. In corrispondenza della deviazione sono posati idonei pozzetti prefabbricati in CLS di dimensioni interne 100x100 cm.

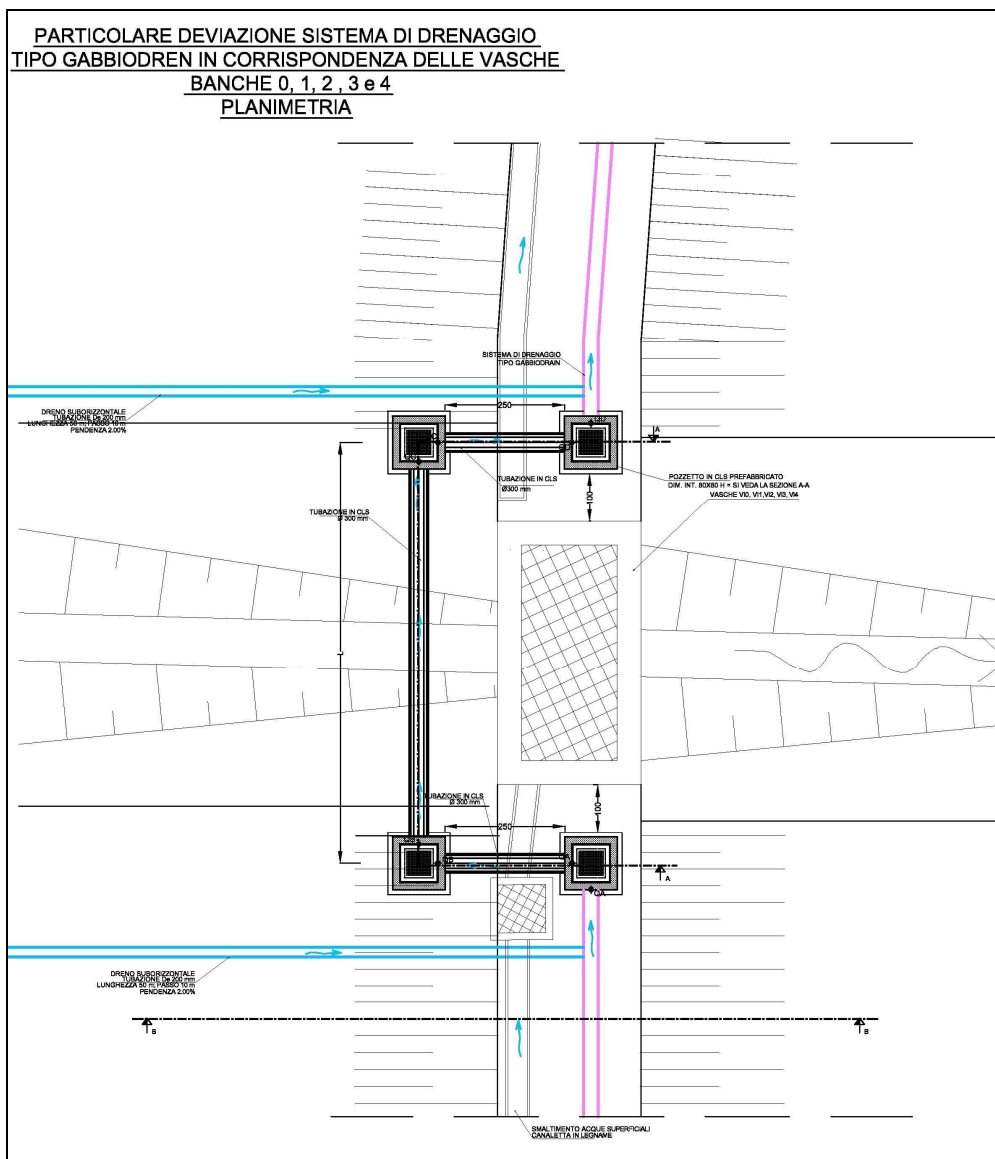
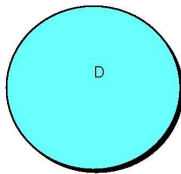


Figura 30 – Particolare deviazione del sistema tipo Gabbiodren in corrispondenza delle vasche lungo il compluvio centrale

Si riporta la verifica della tubazione di continuità in CLS di diametro interno 300 mm.

TUBAZIONE DI CONTINUITA' TRINCEE DRENANTI IN CLS DI300

Portata Q (l/s)	12.5
Pendenza tubazione i	0.06
Coefficiente di scabrezza ks (m ^{1/3} /s)	60
D tubazione (m)	0.3000
grado di riempimento y/D	0.176
velocità corrente v (m/s)	1.490



Grado di riempimento	Tirante (m)	Area bagnata (m ²)	Perimetro bagnato (m)	Raggio idraulico (m)	Velocità (m/s)	Portata (l/s)
0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.02	0.001	0.135	0.010	0.671	0.887
0.10	0.03	0.004	0.193	0.019	1.049	3.857
0.15	0.05	0.007	0.239	0.028	1.351	8.981
0.20	0.06	0.010	0.278	0.036	1.608	16.179
0.25	0.08	0.014	0.314	0.044	1.831	25.308
0.30	0.09	0.018	0.348	0.051	2.029	36.181
0.35	0.11	0.022	0.380	0.058	2.203	48.580
0.40	0.12	0.026	0.411	0.064	2.358	62.261
0.45	0.14	0.031	0.441	0.070	2.495	76.957
0.50	0.15	0.035	0.471	0.075	2.614	92.378
0.55	0.17	0.040	0.501	0.079	2.717	108.214
0.60	0.18	0.044	0.532	0.083	2.803	124.127
0.65	0.20	0.049	0.563	0.086	2.873	139.751
0.70	0.21	0.053	0.595	0.089	2.927	154.685
0.75	0.23	0.057	0.628	0.091	2.963	168.475
0.80	0.24	0.061	0.664	0.091	2.979	180.594
0.85	0.26	0.064	0.704	0.091	2.973	190.381
0.90	0.27	0.067	0.749	0.089	2.939	196.913
0.95	0.29	0.069	0.807	0.086	2.862	198.524
1.00	0.30	0.071	0.942	0.075	2.614	184.757

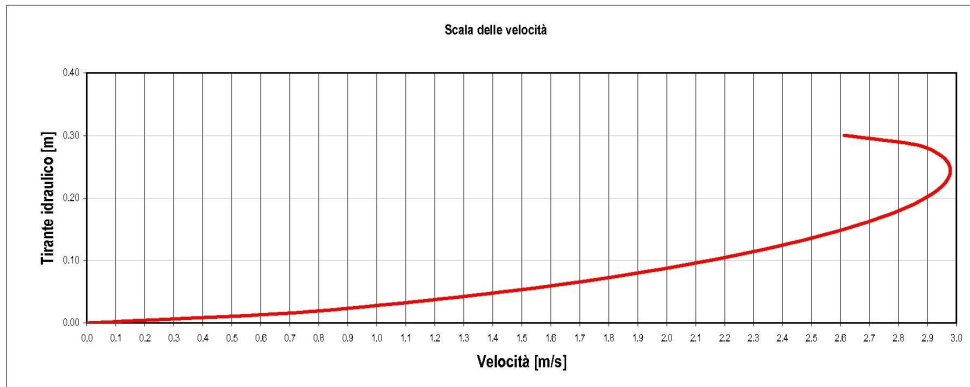


Figura 31 – Verifica tubazione di continuità trincea drenante in CLS diametro interno 300 mm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme	Foglio 85 di 112

7.3 Canali collettori principali

7.3.1 Descrizione linee di drenaggio principali del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

Come descritto in precedenza le singole trincee drenanti scaricano all'interno di due linee di drenaggio principali indicate, in seguito, come linea sud e linea nord.

La linea di drenaggio sud si sviluppa dal pozzetto P1 al P15. Nel tratto compreso tra i pozzetti P1 - e P7, la tubazione in CLS, è posata in testa all'abbancamento. Il diametro interno della tubazione è 500 mm tra i pozzetti P1 e P4/1 e 600 mm tra P4/1 e P7. In questo tratto la linea riceve il contributo delle trincee drenanti posate lungo le banche 5, 6, 7, 8 e 9 a monte del compluvio centrale.

In corrispondenza del pozzetto P7 la tubazione scende lungo la scarpata della banca 5 e corre parallela alla vasca dei drenaggi superficiali Vi4 (pozzetti P8-P8/1). In corrispondenza del pozzetto P9 raggiunge la banca 4. L'ultimo tratto di tubazione si sviluppa lungo la quarta banca, parallelamente alla trincea drenante, sino allo scarico al pozzetto P15. Il diametro interno della tubazione dal pozzetto P7 al pozzetto P9 è 600 mm. L'ultimo tratto di linea, dal pozzetto P9 al P15, è realizzato con tubazioni in CLS di diametro interno 800 mm.

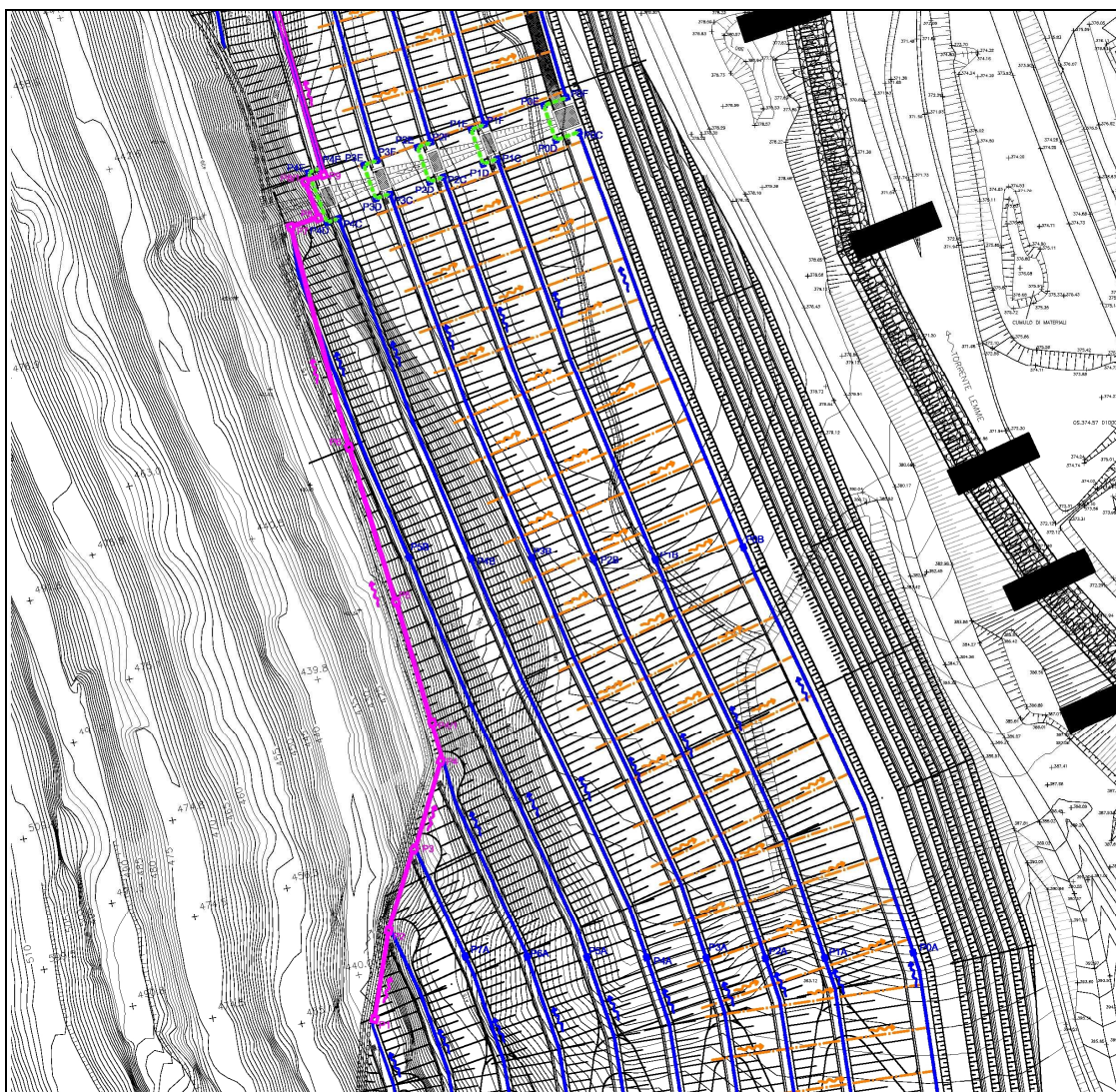


Figura 32 – Linea di drenaggio principale sud – primo tratto

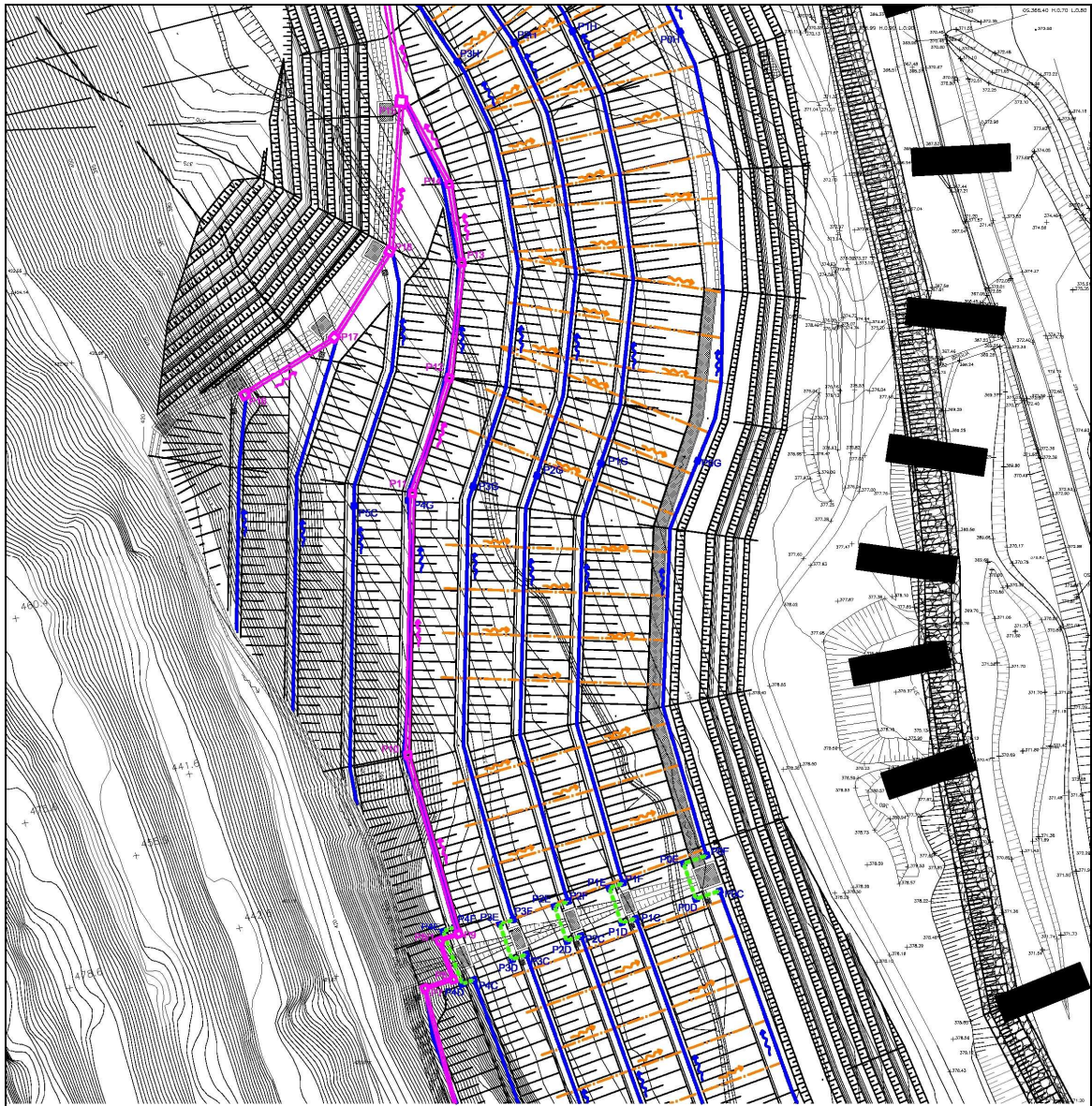


Figura 33 – Linea di drenaggio principale sud – secondo tratto

Lungo la linea, in corrispondenza degli scarichi della trincea drenante, dei cambi di direzione e dei cambi di diametro, sono presenti pozzetti in CLS prefabbricati e gettati in opera.

In particolare nel primo tratto (da P1 a P8/1) i pozzetti risultano prefabbricati con dimensioni interne 100x100 cm.

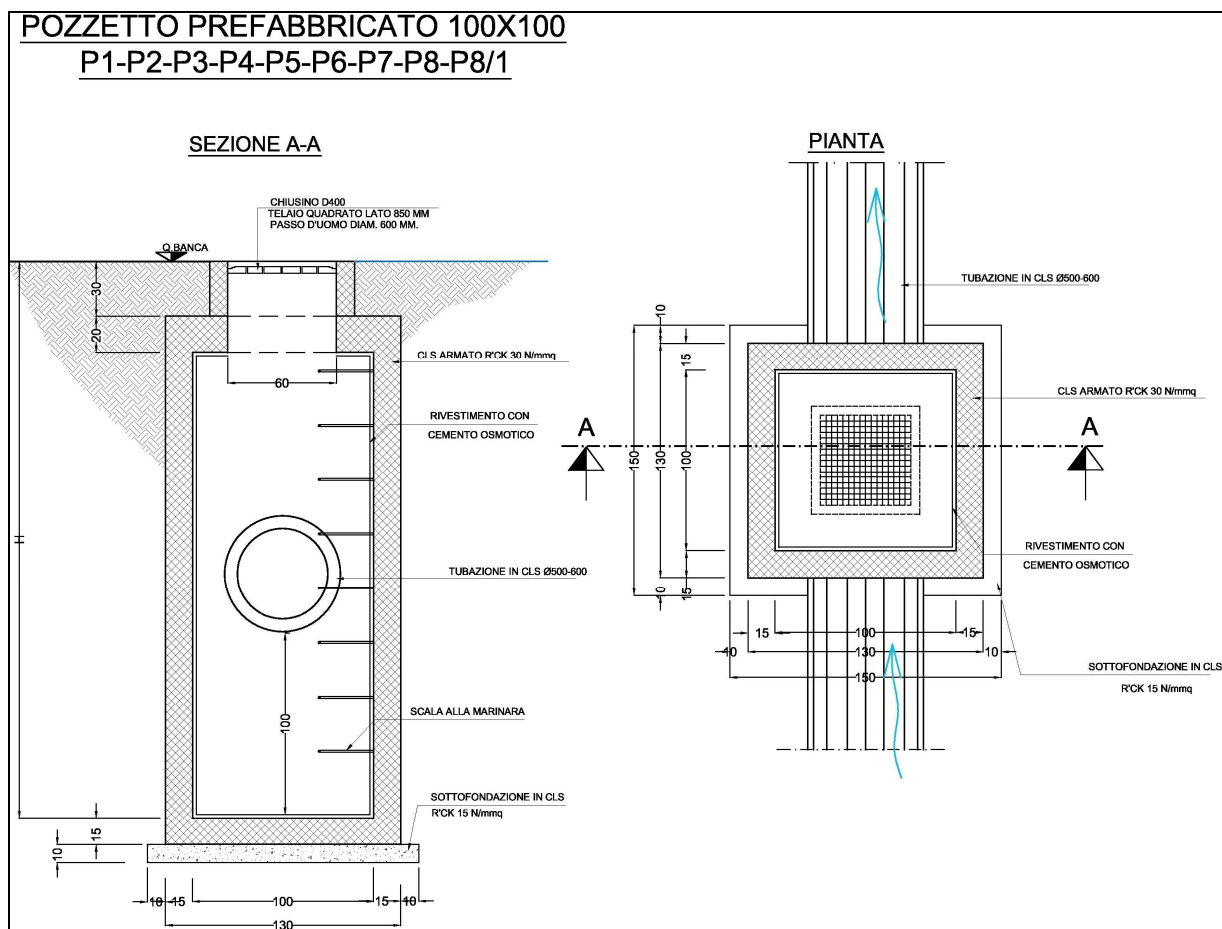


Figura 34 – Pozzetti prefabbricati 100x100

Anche il pozzetto P9 risulta prefabbricato con dimensioni interne 150x150 cm. Nel tratto compreso tra i pozzetti P10 al P14 è presente un parallelismo tra la trincea drenante e la tubazione in CLS; pertanto i pozzetti di ispezione sono costituiti da un torrino di accesso di dimensioni interne 80x80 e da una camera sottostante di dimensioni interne 150x150. In corrispondenza di ciascun pozzetto di ispezione la trincea drenante tipo Gabbiodren è deviata di 50 cm verso la base della scarpata.

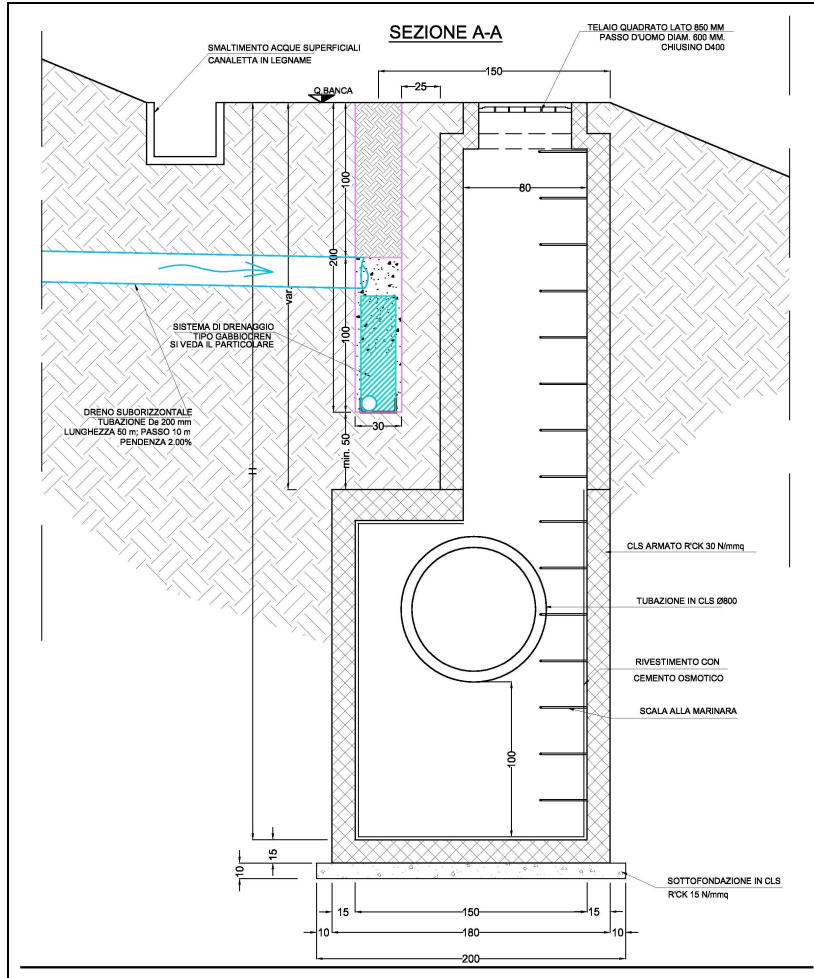


Figura 35 – Pozzetti di ispezione lungo la banca 4.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 90 di 112

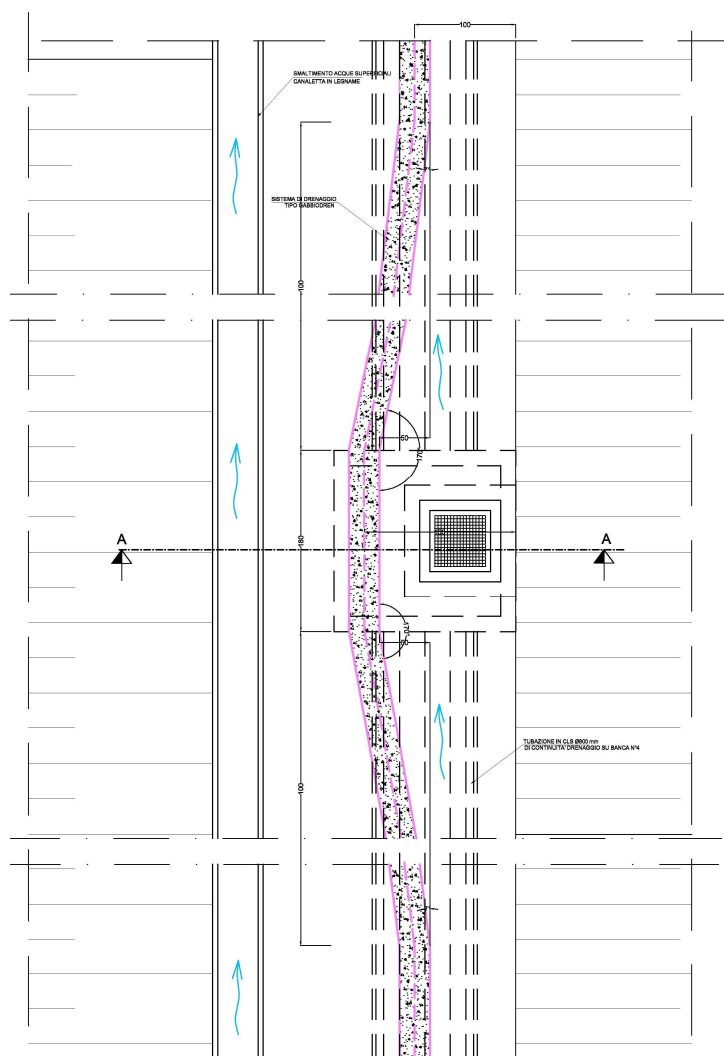


Figura 36 – Deviazione trincea drenante tipo Gabbiodren in corrispondenza dei pozzetti di ispezione lungo la banca 4

Come descritto in precedenza, la linea converge al pozzetto P15, prefabbricato e di dimensioni interne 200x200 cm, di scarico all'interno della seconda linea di drenaggio principale. La quota di arrivo è fissata a 389.99 m s.l.m.

La tubazione in CLS è posata sopra uno strato di sabbia il cui spessore è pari a 15 cm per tubazioni di diametro interno sino a 800 mm e pari a $0.25 * DN + 10$ cm per quelle con diametro superiore. Il rinfiango, realizzato sempre con sabbia, prosegue sino a 30 cm al di sopra della generatrice superiore della tubazione. Sopra lo strato di sabbia, il ricoprimento avviene con il materiale con il quale è realizzato l'abbancamento.

POSA TUBAZIONE CLS Ø500-600-700-800

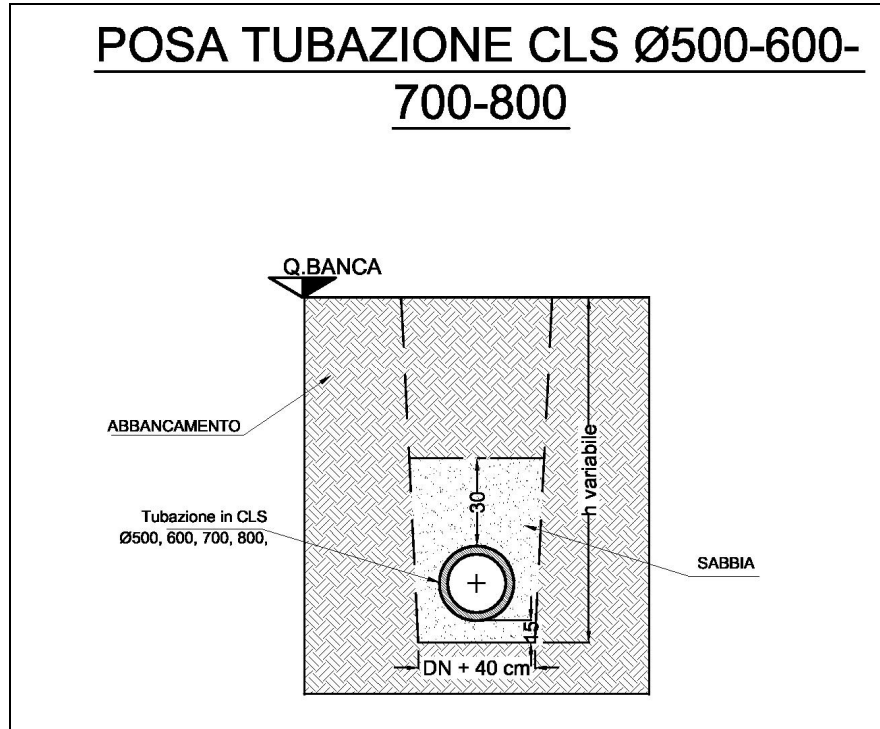


Figura 37 – Posa tubazioni con diametro sino a 800 mm

POSA TUBAZIONE CLS Ø1000-1200

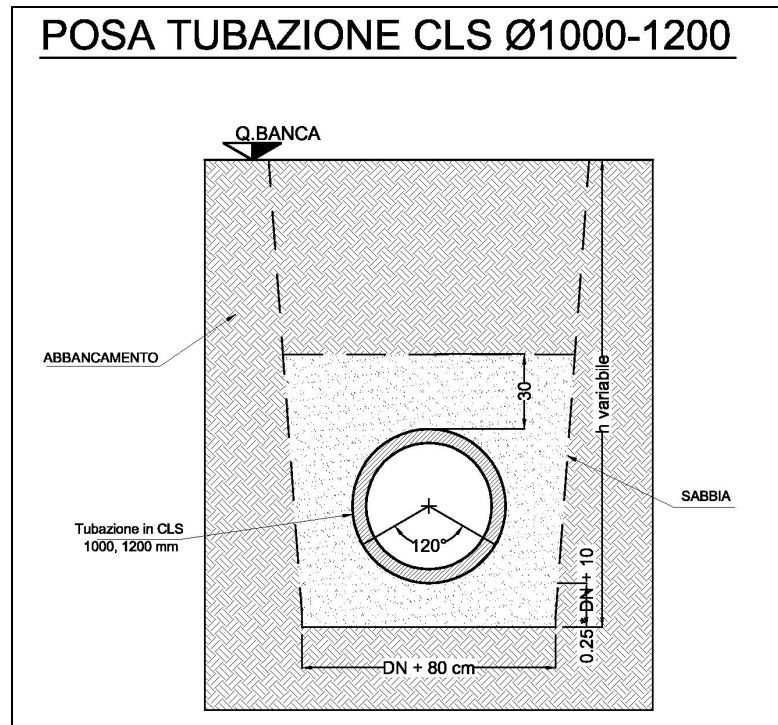


Figura 38 – Posa tubazioni con diametro superiore a 800 mm

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p>	<p>Foglio 92 di 112</p>

La linea nord di drenaggio principale si sviluppa dal pozzetto P16 sino alla vasca di sedimentazione. La tubazione, sempre in CLS, si sviluppa, sino al pozzetto P22, in testa all'abbancamento. In corrispondenza del pozzetto P15 converge la prima linea descritta in precedenza.

Il diametro interno della tubazione è 700 mm tra i pozzetti P16 e P17; dal pozzetto P17 al pozzetto P15 il diametro interno della tubazione è 800 mm. Dal pozzetto P15 al P21 il diametro risulta di 1000 mm; infine tra i pozzetti P21 e P24 il diametro interno è 1200 mm.

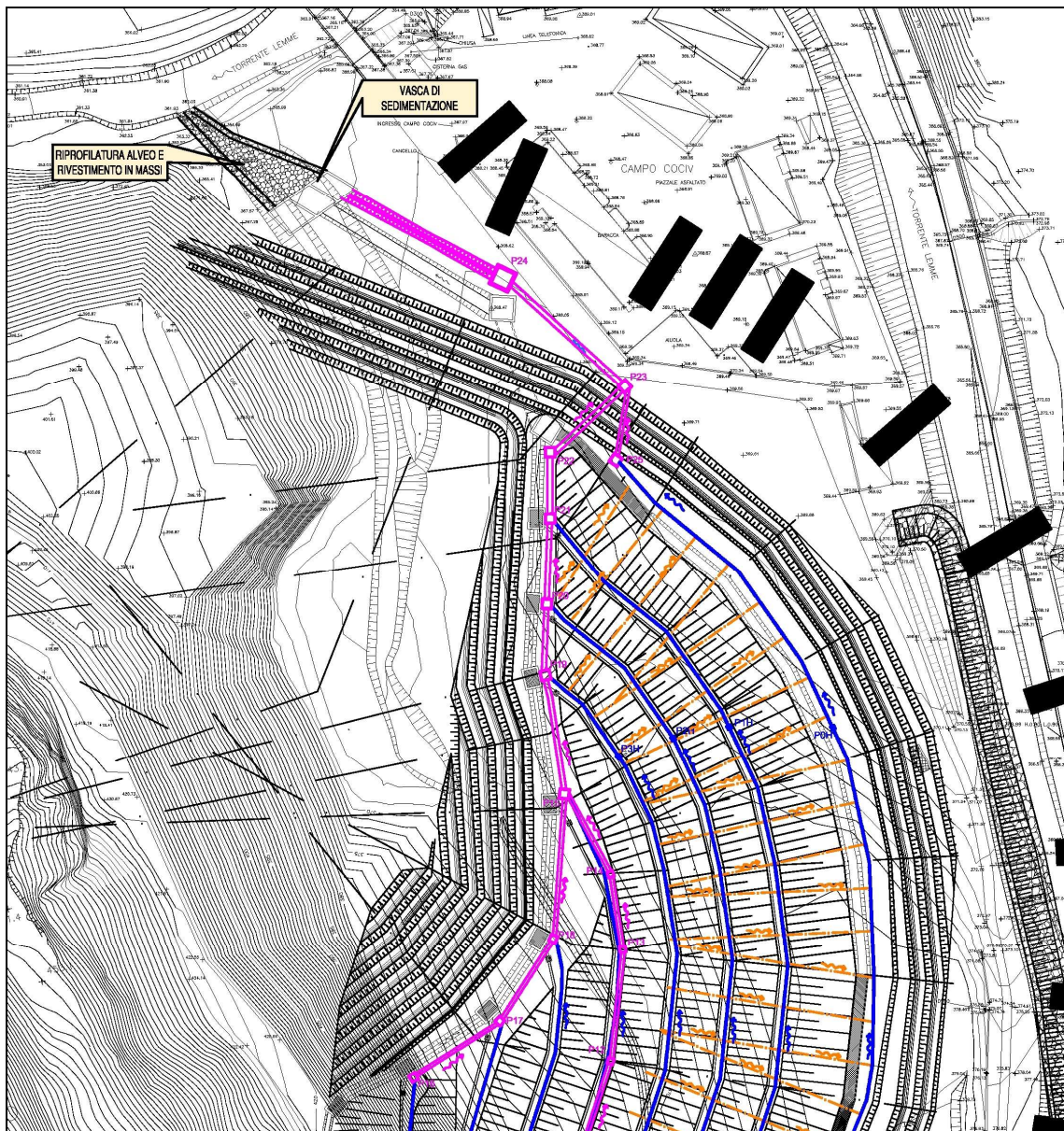


Figura 39 – Linea di drenaggio principale nord

La modalità di posa delle tubazioni è analoga a quanto descritto per la linea di drenaggio ovest. I pozzetti prefabbricati in CLS P16, P17 e P18 presentano dimensioni interne 150x150. I pozzetti P19, P20, P21 e P23, anch'essi prefabbricati, presentano dimensioni interne 200x200. Il pozzetto di salto P22, di dimensioni interne 200x200 cm, presenta altezza interna di 9.90 m; tale pozzetto è previsto gettato in opera. Il salto è necessario per consentire alla tubazione di drenaggio di raggiungere, in corrispondenza del pozzetto P24, la quota di piano campagna attuale.

In uscita dal pozzetto P24 si sviluppa il fosso di scarico in massi cementati a sezione trapezia di base 60 cm e sponde inclinate 2/1. Il fosso convoglia le acque nella vasca di sedimentazione di valle descritta in precedenza.

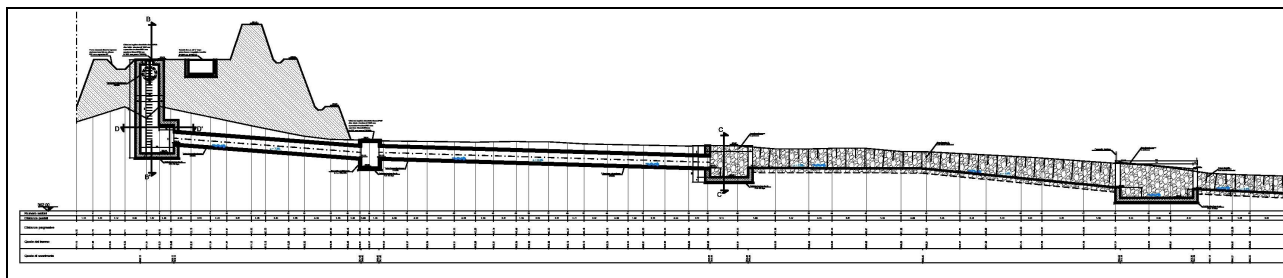


Figura 40 – Tratto finale linea di drenaggio principale nord

Infine, la trincea drenante in corrispondenza della banca 0 scarica all'interno del pozzetto si salto P25. Anche il pozzetto di salto P25 risulta in c.a. gettato in opera. Dal pozzetto, un breve tratto di tubazione in CLS di diametro interno 800 mm convoglia le acque all'interno del pozzetto P23 descritto in precedenza.

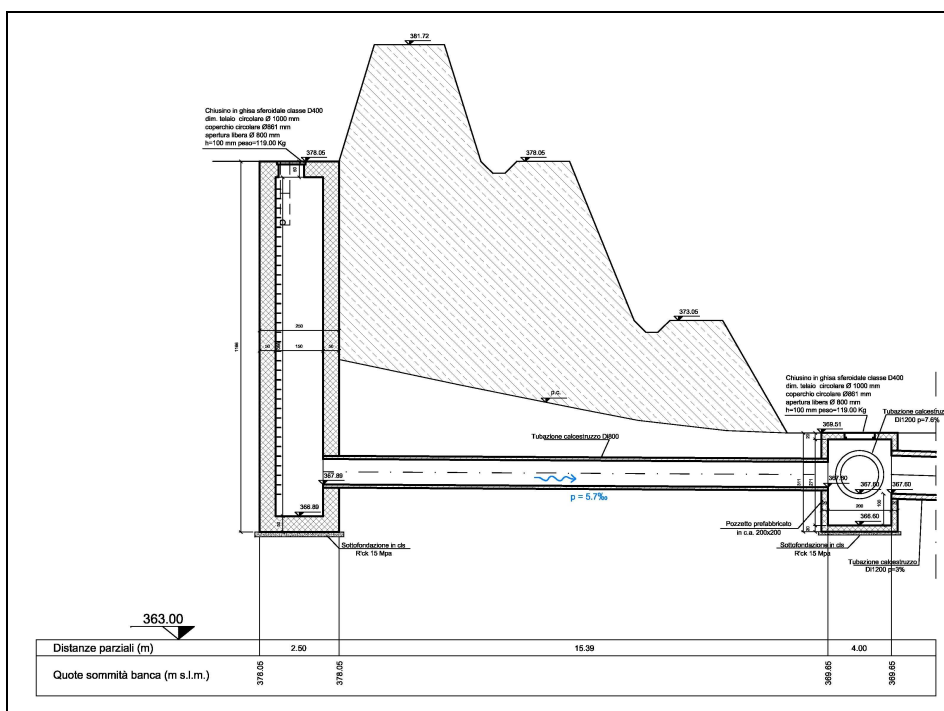
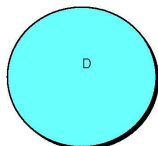


Figura 41 – Pozzetto di salto P25

Si riporta la verifica idraulica del tratto di tubazione compreso tra i pozzetti P25-P23.

TUBAZIONE TRATTO P25-P23 DN800

Portata Q (l/s)	494.68
Pendenza tubazione i	0.0057
Coefficiente di scabrezza ks (m ^{1/3} /s)	60
D tubazione (m)	0.8000
grado di riempimento y/D	0.579
velocità corrente v (m/s)	1.641



Grado di riempimento	Tirante (m)	Area bagnata (m ²)	Perimetro bagnato (m)	Raggio idraulico (m)	Velocità (m/s)	Portata (l/s)
0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.04	0.009	0.361	0.026	0.398	3.739
0.10	0.08	0.026	0.515	0.051	0.621	16.258
0.15	0.12	0.047	0.636	0.074	0.801	37.853
0.20	0.16	0.072	0.742	0.096	0.953	68.193
0.25	0.20	0.098	0.838	0.117	1.085	106.670
0.30	0.24	0.127	0.927	0.137	1.202	152.497
0.35	0.28	0.157	1.013	0.155	1.306	204.755
0.40	0.32	0.188	1.096	0.171	1.398	262.417
0.45	0.36	0.219	1.177	0.186	1.479	324.358
0.50	0.40	0.251	1.257	0.200	1.549	389.357
0.55	0.44	0.283	1.337	0.212	1.610	456.102
0.60	0.48	0.315	1.418	0.222	1.661	523.172
0.65	0.52	0.346	1.500	0.231	1.703	589.027
0.70	0.56	0.376	1.586	0.237	1.735	651.970
0.75	0.60	0.404	1.676	0.241	1.756	710.093
0.80	0.64	0.431	1.771	0.243	1.766	761.168
0.85	0.68	0.455	1.877	0.243	1.762	802.419
0.90	0.72	0.476	1.998	0.238	1.742	829.952
0.95	0.76	0.493	2.152	0.229	1.696	836.741
1.00	0.80	0.503	2.513	0.200	1.549	778.715

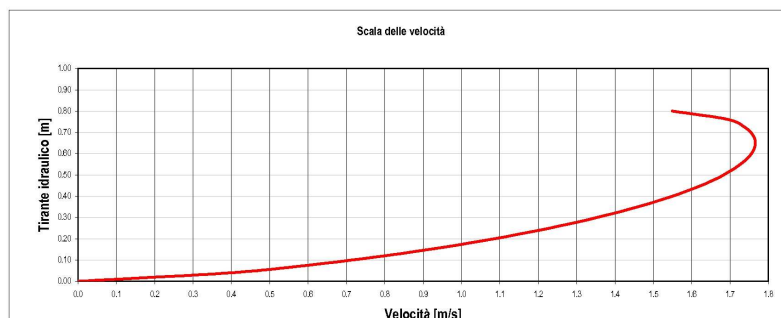
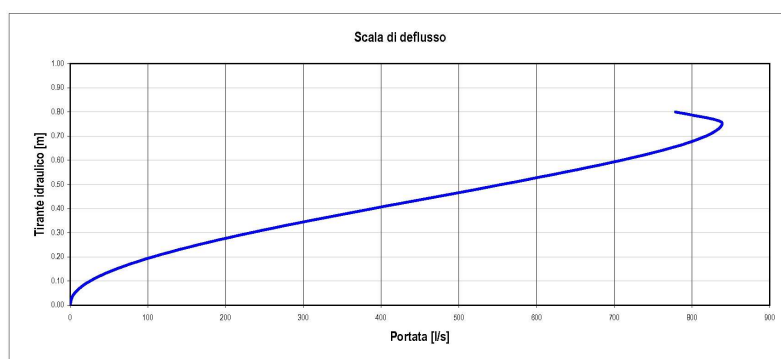


Figura 42 – Verifica tubazione P25-P23

Al fine di realizzare una progettazione corretta dei due collettori principali di drenaggio, è stato utilizzato il modello idraulico HEC-RAS. I due sistemi sono stati modellati secondo le loro effettive

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 96 di 112

caratteristiche geometriche e costruttive (materiali), in due distinte geometrie RAS.

Le portate entranti sono state inserite lungo lo sviluppo dei due tratti di tubazione, secondo le effettive caratteristiche di afferenza in essi.

La simulazione è stata condotta in regime di moto permanente. Come condizioni al contorno, è stata imposta, a monte e valle, la pendenza motrice, come corrispondente alla pendenza del fondo.

I coefficienti di scabrezza utilizzati per le varie tipologie previste sono:

- Canale in c.a. rivestito in pietra: $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Pozzetti in c.a. $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Tubazioni in CLS: $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

7.3.2 Franchi idraulici

Tutti i sistemi di drenaggio previsti sono stati progettati considerando, per i canali, un franco idraulico minimo di 10 cm, mentre per le tubazioni un grado di riempimento massimo pari a 80% rispetto al livello relativo alla portata con tempo di ritorno 20 anni.

7.3.3 Dimensionamento linee di drenaggio principali

7.3.3.1 *Dimensionamento linea di drenaggio principale ovest - P1 - P15*

Per il dimensionamento della linea ovest di drenaggio principale (linea P1-P15) si è ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS.

La geometria schematica RAS relativa alla prima linea è riportata in Figura 43.

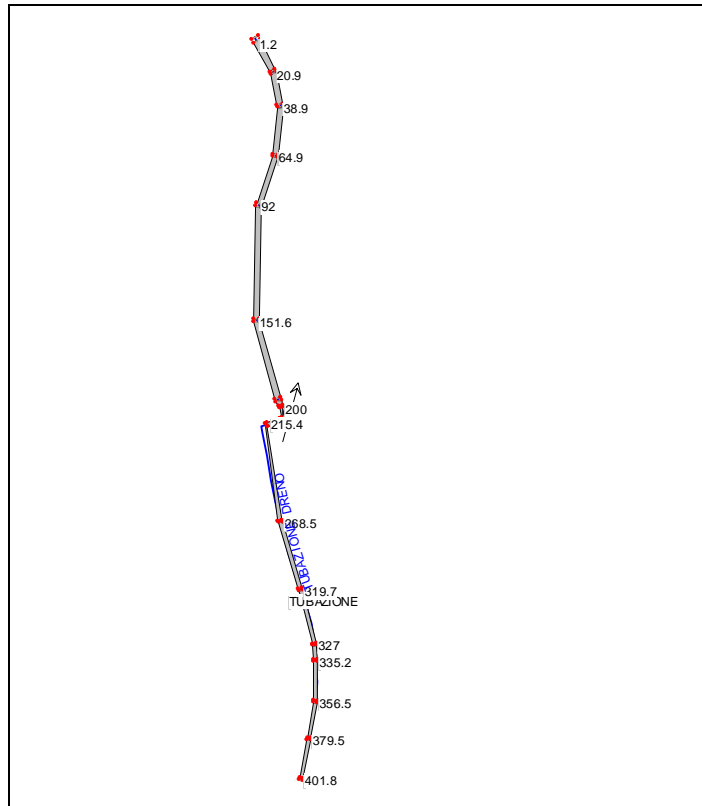


Figura 43 – Linea Sud (P1-P15) – Geometria RAS

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di essi. Si riportano le tabelle per la determinazione delle portate di afferenza alla linea oggetto di studio.

Analisi idrologica bacino monte P3							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.0044	L max percorso (km)	0.150	Pendenza media	0.19	Lunghezza versante (km)	0.05
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	444.48
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	430.86
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.17						
Ventura	0.02						
Pasini	0.02						
Puglisi	0.57						
T = L/v	0.03						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.16				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.13					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.33					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.31					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.08					
	Qmax L/V (mc/s)	0.26					
	Qmax (mc/s)	0.22					

Tabella 23 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P3

Analisi idrologica bacino monte P4							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.00695	L max percorso (km)	0.180	Pendenza media	0.19	Lunghezza versante (km)	0.6
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	440.98
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	423.86
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.18						
Ventura	0.02						
Pasini	0.03						
Puglisi	0.59						
T = L/v	0.19						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.20				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.20					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.47					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.45					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.12					
	Qmax L/V (mc/s)	0.20					
	Qmax (mc/s)	0.29					

Tabella 24 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P4

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 99 di 112

Analisi idrologica bacino monte P7							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.01069	L max percorso (km)	0.320	Pendenza media	0.16	Lunghezza versante (km)	0.7
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	431.55
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	405
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi_{I tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.22						
Ventura	0.03						
Pasini	0.04						
Puglisi	0.75						
T = L/V	0.24						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.26				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.29					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.64					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.58					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.17					
	Qmax L/V (mc/s)	0.28					
	Qmax (mc/s)	0.39					

Tabella 25 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P7

Pertanto le portate immesse nel modello Hec in corrispondenza dei pozzetti P3, P4 e P7 risultano rispettivamente 0.22 m³/s, 0.29 m³/s e 0.39 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in **Tabella 26** ed i profili.

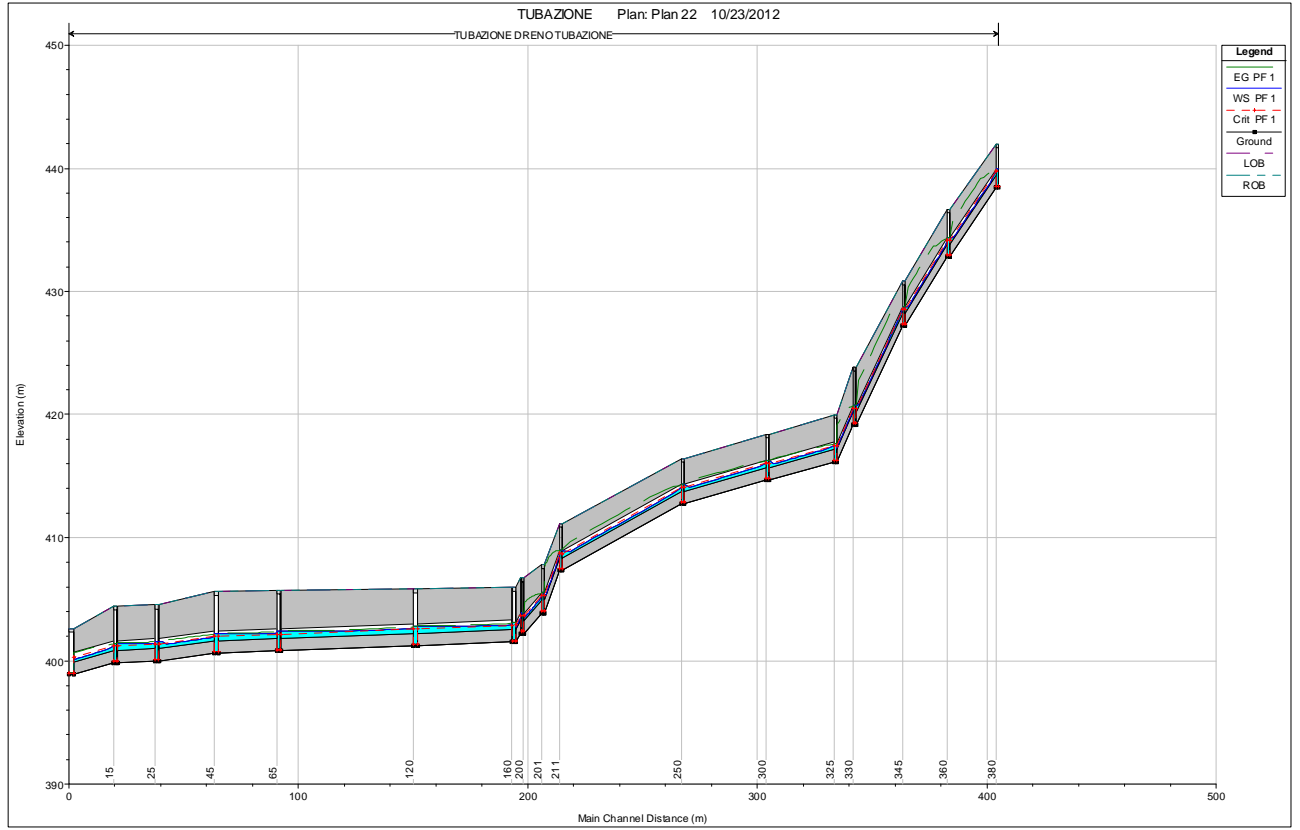


Figura 44 – Linea P1-P15 – Profilo RAS

HEC-RAS Plan: Plan 22 River: TUBAZIONE DRENO Reach: TUBAZIONE Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TUBAZIONE	401.8	PF 1	0.22	438.43	439.96	438.54	439.96	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	400.8	PF 1	0.22	438.43	439.96	438.54	439.96	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	380		Culvert									
TUBAZIONE	379.5	PF 1	0.22	432.84	434.37	432.95	434.37	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	378.5	PF 1	0.22	432.84	434.37	432.95	434.37	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	360		Culvert									
TUBAZIONE	356.5	PF 1	0.22	427.23	428.76	427.34	428.76	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	355.5	PF 1	0.22	427.23	428.76	427.34	428.76	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	345		Culvert									
TUBAZIONE	335.2	PF 1	0.22	419.20	420.73	419.31	420.73	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	334.2	PF 1	0.22	419.20	420.73	419.31	420.73	0.000003	0.07	3.06	2.00	0.02
TUBAZIONE	330		Culvert									
TUBAZIONE	327	PF 1	0.22	416.17	417.65	416.28	417.65	0.000003	0.07	2.97	2.00	0.02
TUBAZIONE	326	PF 1	0.22	416.17	417.65	416.28	417.65	0.000003	0.07	2.97	2.00	0.02
TUBAZIONE	325		Culvert									
TUBAZIONE	319.7	PF 1	0.29	414.70	416.27	414.83	416.27	0.000005	0.09	3.14	2.00	0.02
TUBAZIONE	318.7	PF 1	0.29	414.70	416.27	414.83	416.27	0.000005	0.09	3.14	2.00	0.02
TUBAZIONE	300		Culvert									
TUBAZIONE	268.5	PF 1	0.29	412.76	414.33	412.89	414.33	0.000005	0.09	3.14	2.00	0.02
TUBAZIONE	267.5	PF 1	0.29	412.76	414.33	412.89	414.33	0.000005	0.09	3.14	2.00	0.02
TUBAZIONE	250		Culvert									
TUBAZIONE	215.4	PF 1	0.39	407.35	409.02	407.51	409.02	0.000007	0.12	3.35	2.00	0.03
TUBAZIONE	214.5	PF 1	0.39	407.35	409.02	407.51	409.02	0.000007	0.12	3.35	2.00	0.03
TUBAZIONE	211		Culvert									
TUBAZIONE	202.4	PF 1	0.39	403.89	405.57	404.05	405.57	0.000007	0.12	3.37	2.00	0.03
TUBAZIONE	201.4	PF 1	0.39	403.89	405.57	404.05	405.57	0.000007	0.12	3.37	2.00	0.03
TUBAZIONE	201		Culvert									
TUBAZIONE	200	PF 1	0.39	402.24	403.92	402.40	403.92	0.000007	0.12	3.37	2.00	0.03
TUBAZIONE	198	PF 1	0.39	402.24	403.92	402.40	403.92	0.000007	0.12	3.37	2.00	0.03
TUBAZIONE	195		Culvert									
TUBAZIONE	194.6	PF 1	0.39	401.52	403.11	401.64	403.11	0.000003	0.08	4.76	3.00	0.02
TUBAZIONE	193.4	PF 1	0.39	401.52	403.11	401.64	403.11	0.000003	0.08	4.76	3.00	0.02
TUBAZIONE	160		Culvert									
TUBAZIONE	151.6	PF 1	0.39	401.22	402.81	401.34	402.81	0.000003	0.08	4.76	3.00	0.02
TUBAZIONE	150.4	PF 1	0.39	401.22	402.81	401.34	402.81	0.000003	0.08	4.76	3.00	0.02
TUBAZIONE	120		Culvert									
TUBAZIONE	92	PF 1	0.39	400.80	402.39	400.92	402.39	0.000003	0.08	4.76	3.00	0.02
TUBAZIONE	90.8	PF 1	0.39	400.80	402.39	400.92	402.39	0.000003	0.08	4.76	3.00	0.02
TUBAZIONE	65		Culvert									
TUBAZIONE	64.9	PF 1	0.39	400.62	402.21	400.74	402.21	0.000003	0.08	4.78	3.00	0.02
TUBAZIONE	63.7	PF 1	0.39	400.62	402.21	400.74	402.21	0.000003	0.08	4.78	3.00	0.02
TUBAZIONE	45		Culvert									
TUBAZIONE	38.9	PF 1	0.39	400.00	401.58	400.12	401.58	0.000003	0.08	4.75	3.00	0.02
TUBAZIONE	37.7	PF 1	0.39	400.00	401.58	400.12	401.58	0.000003	0.08	4.75	3.00	0.02
TUBAZIONE	25		Culvert									
TUBAZIONE	20.9	PF 1	0.39	399.84	401.43	399.96	401.43	0.000003	0.08	4.78	3.00	0.02
TUBAZIONE	19.7	PF 1	0.39	399.84	401.43	399.96	401.43	0.000003	0.08	4.78	3.00	0.02
TUBAZIONE	15		Culvert									
TUBAZIONE	1.2	PF 1	0.39	398.89	399.02	398.99	399.05	0.002606	0.74	0.52	4.00	0.65
TUBAZIONE	0	PF 1	0.39	398.89	398.99	398.99	399.04	0.006848	1.00	0.39	4.00	1.02

Tabella 26 – Linea P1-P15 – Tabella RAS

HEC-RAS Plan: Plan 22 River: TUBAZIONE DRENO Reach: TUBAZIONE Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	E.G. US. (m)	W.S. US. (m)	E.G. IC (m)	E.G. OC (m)	Min El Weir Flow (m)	Q Culv Group (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Delta WS (m)	Culv Vel US (m/s)	Culv Vel DS (m/s)
TUBAZIONE	380	Culvert #1	PF 1	439.96	439.96	439.86	439.96	441.98	0.22	5.59	1.65	1.12
TUBAZIONE	360	Culvert #1	PF 1	434.37	434.37	434.26	434.37	436.67	0.22	5.61	1.65	1.12
TUBAZIONE	345	Culvert #1	PF 1	428.76	428.76	428.62	428.76	430.86	0.22	8.03	1.65	1.12
TUBAZIONE	330	Culvert #1	PF 1	420.73	420.73	420.58	420.73	423.86	0.22	3.08	1.65	5.96
TUBAZIONE	325	Culvert #1	PF 1	417.65	417.65	417.60	417.65	420.00	0.22	1.38	1.53	0.79
TUBAZIONE	300	Culvert #1	PF 1	416.27	416.27	416.21	416.27	418.40	0.29	1.94	1.69	1.05
TUBAZIONE	250	Culvert #1	PF 1	414.33	414.33	414.26	414.33	416.41	0.29	5.30	1.69	1.03
TUBAZIONE	211	Culvert #1	PF 1	409.02	409.02	408.81	409.02	411.14	0.39	3.45	1.90	1.38
TUBAZIONE	201	Culvert #1	PF 1	405.57	405.57	405.48	405.57	407.80	0.39	1.65	1.90	1.38
TUBAZIONE	195	Culvert #1	PF 1	403.92	403.92	403.79	403.92	406.74	0.39	0.82	1.90	4.44
TUBAZIONE	160	Culvert #1	PF 1	403.11	403.11	403.06	403.11	405.95	0.39	0.30	1.60	0.99
TUBAZIONE	120	Culvert #1	PF 1	402.81	402.81	402.76	402.81	405.83	0.39	0.42	1.60	0.99
TUBAZIONE	65	Culvert #1	PF 1	402.39	402.39	402.34	402.39	405.74	0.39	0.17	1.35	0.98
TUBAZIONE	45	Culvert #1	PF 1	402.21	402.21	402.15	402.21	405.64	0.39	0.63	1.69	0.99
TUBAZIONE	25	Culvert #1	PF 1	401.58	401.58	401.54	401.58	404.60	0.39	0.15	1.41	0.98
TUBAZIONE	15	Culvert #1	PF 1	401.43	401.43	401.36	401.43	404.44	0.39	2.41	1.69	3.28

Tabella 27 – Linea P1-P15 – Tabella RAS tubazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 102 di 112

7.3.3.2 Dimensionamento linea di drenaggio principale nord - P16 – vasca di sedimentazione

Anche per il dimensionamento della seconda linea di drenaggio principale, linea NORD (P16-vasca di sedimentazione), si è ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS, la cui geometria schematica è riportata in **Figura 45**.

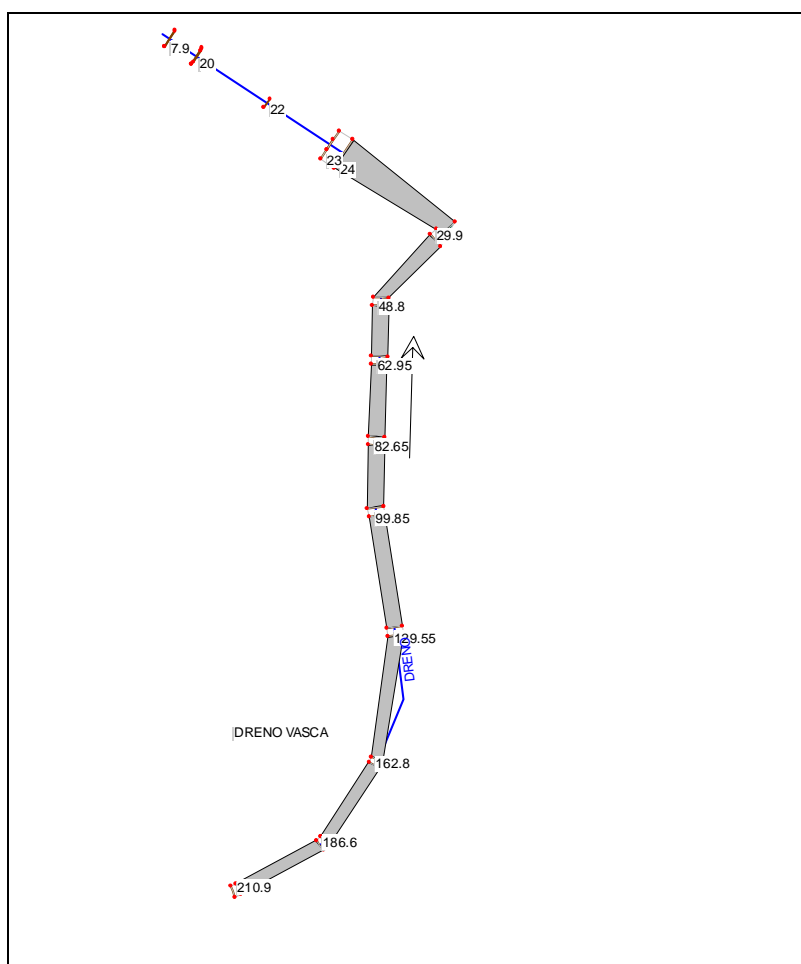


Figura 45 – Linea P16-P24 – Geometria RAS

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme
	Foglio 103 di 112

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di essi. Si riportano le tabelle per la determinazione delle portate di afferenza alla linea oggetto di studio.

Analisi idrologica bacino monte P15							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.00945	L max percorso (km)	0.130	Pendenza media	0.10	Lunghezza versante (km)	0.04
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	409.41
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	402.62
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	416.2
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.28						
Ventura	0.04						
Pasini	0.04						
Puglisi	0.65						
T = L/v	0.03						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.21				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.23					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.52					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.54					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.16					
	Qmax L/V (mc/s)	0.59					
	Qmax (mc/s)	0.41					

Tabella 28 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P15

Analisi idrologica bacino valle P15							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.02014	L max percorso (km)	0.525	Pendenza media	0.11	Lunghezza versante (km)	0.06
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	430.36
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	402.62
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	ϕ_{1tot}	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.32						
Ventura	0.05						
Pasini	0.07						
Puglisi	1.04						
T = L/v	0.09						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.31				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.46					
	Qmax Ventura (mc/s)	0.97					
	Qmax Pasini (mc/s)	0.86					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.28					
	Qmax L/V (mc/s)	0.79					
	Qmax (mc/s)	0.67					

Tabella 29 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P15

Analisi idrologica bacino monte P19							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.02743	L max percorso (km)	0.550	Pendenza media	0.12	Lunghezza versante (km)	0.09
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	425.02
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	391.93
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi_{I\text{tot}}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.32						
Ventura	0.06						
Pasini	0.08						
Puglisi	1.01						
T = L/v	0.10						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.31				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.62					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.26					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.14					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.39					
	Qmax L/V (mc/s)	1.02					
	Qmax (mc/s)	0.89					

Tabella 30 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P19

Analisi idrologica bacino monte P20							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.03483	L max percorso (km)	0.550	Pendenza media	0.13	Lunghezza versante (km)	0.1
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	422.66
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	387.21
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
ϕ_1	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi_{I\text{tot}}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.33						
Ventura	0.07						
Pasini	0.08						
Puglisi	0.99						
T = L/v	0.10						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.31				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.78					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.55					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.43					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.49					
	Qmax L/V (mc/s)	1.28					
	Qmax (mc/s)	1.11					

Tabella 31 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P20

Analisi idrologica bacino monte P21							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.04213	L max percorso (km)	0.560	Pendenza media	0.14	Lunghezza versante (km)	0.12
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	420.14
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	382.18
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.34						
Ventura	0.07						
Pasini	0.08						
Puglisi	0.97						
T = L/v	0.11						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.32				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	0.94					
	Qmax Ventura (mc/s)	1.83					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.70					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.60					
	Qmax L/V (mc/s)	1.50					
	Qmax (mc/s)	1.31					

Tabella 32 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P21

Analisi idrologica bacino monte P23							
Dati							
Area bacino (kmq)	0.05631	L max percorso (km)	0.580	Pendenza media	0.085	Lunghezza versante (km)	0.14
T (anni)	20					H media bacino sotteso (m s.m.m.)	418.08
Parametri pluviometrici	a	63.48	n	0.578		H sezione di chiusura (m s.m.m.)	378.05
Coefficiente di afflusso						Altitudine max (m s.m.m.)	458.1
$\phi 1$	Tipologia	A/Atot				λ Giandotti	166
0.5	terreni coltivati	0.00				Velocità compluvio(m/s)	2
0.8	boschi	1.00				Velocità versante (m/s)	1
0.5	quartieri con fabbricati	0.00					
0.9	superfici pavimentate	0.00					
	$\phi 1_{tot}$	0.80	ϕ	0.80			
Tempo di corrivazione T (ore)							
Giandotti	0.36						
Ventura	0.10						
Pasini	0.12						
Puglisi	0.98						
T = L/v	0.12						
Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T		T (ore)	0.34				
Portata max (mc/s)							
	Qmax Giandotti (mc/s)	1.22					
	Qmax Ventura (mc/s)	2.07					
	Qmax Pasini (mc/s)	1.95					
	Qmax Puglisi (mc/s)	0.80					
	Qmax L/V (mc/s)	1.95					
	Qmax (mc/s)	1.60					

Tabella 33 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P23

Pertanto le portate immesse nel modello Hec in corrispondenza dei pozzetti P16, P15, P19, P20 e P23 risultano rispettivamente 0.41 m³/s, 0.67 m³/s, 0.89 m³/s, 1.11 m³/s, 1.31 m³/s e 1.60 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in **Tabella 34** ed i profili.

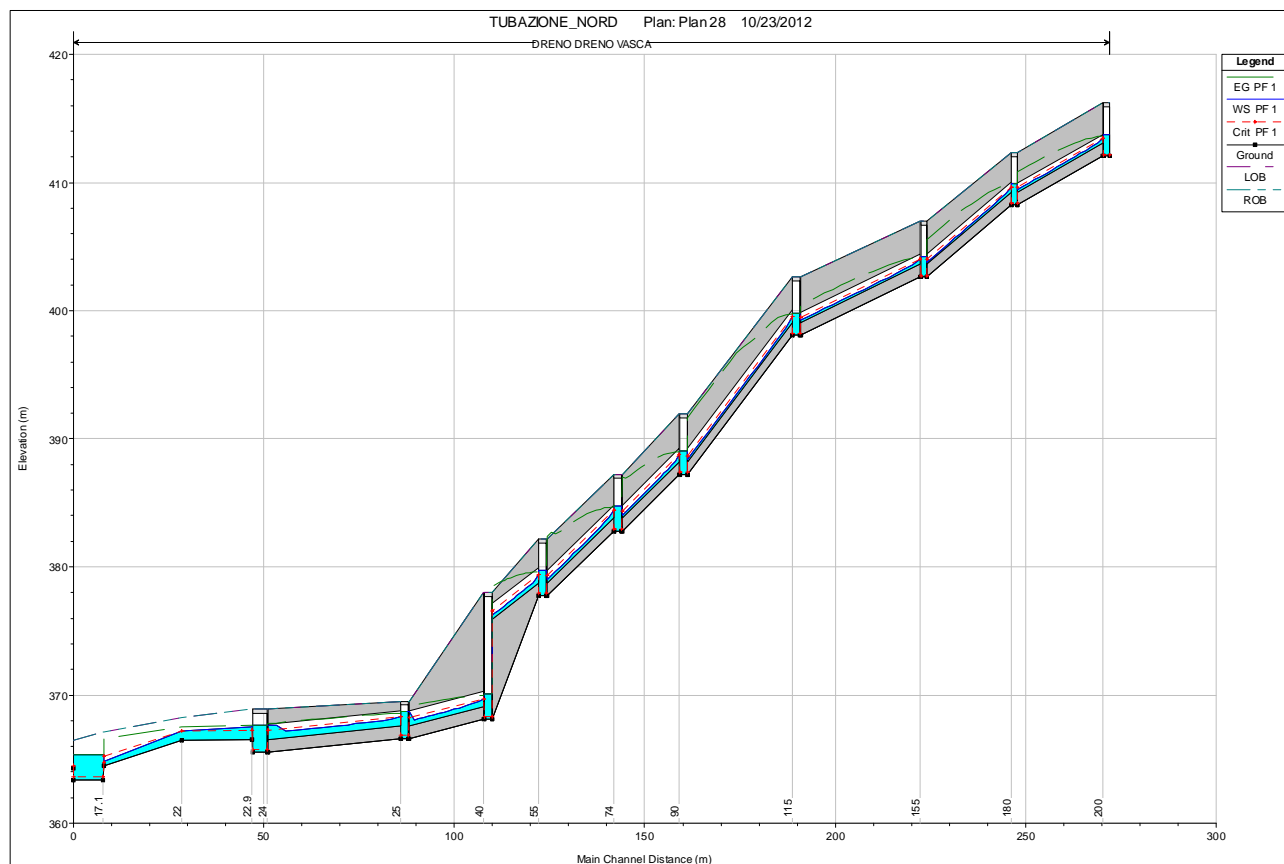


Figura 46 – Linea P16 - vasca di sedimentazione – Profilo RAS

HEC-RAS Plan: Plan 21 River: DRENO Reach: DRENO VASCA Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
DRENO VASCA	210.9	PF 1	0.41	412.05	413.70	412.17	413.70	0.000003	0.08	4.94	3.00	0.02
DRENO VASCA	209.7	PF 1	0.41	412.05	413.70	412.17	413.70	0.000003	0.08	4.94	3.00	0.02
DRENO VASCA	200		Culvert									
DRENO VASCA	186.6	PF 1	0.41	408.26	409.87	408.38	409.87	0.000003	0.08	4.83	3.00	0.02
DRENO VASCA	185.4	PF 1	0.41	408.26	409.87	408.38	409.87	0.000003	0.08	4.83	3.00	0.02
DRENO VASCA	180		Culvert									
DRENO VASCA	162.8	PF 1	0.41	402.61	404.22	402.73	404.22	0.000003	0.08	4.83	3.00	0.02
DRENO VASCA	161.6	PF 1	0.41	402.61	404.22	402.73	404.22	0.000003	0.08	4.83	3.00	0.02
DRENO VASCA	155		Culvert									
DRENO VASCA	129.55	PF 1	0.67	398.08	399.81	398.22	399.81	0.000003	0.10	6.93	4.00	0.02
DRENO VASCA	128.05	PF 1	0.67	398.08	399.81	398.22	399.81	0.000003	0.10	6.93	4.00	0.02
DRENO VASCA	115		Culvert									
DRENO VASCA	99.85	PF 1	0.89	387.21	389.07	387.38	389.07	0.000004	0.12	7.45	4.00	0.03
DRENO VASCA	98.35	PF 1	0.89	387.21	389.07	387.38	389.07	0.000004	0.12	7.45	4.00	0.03
DRENO VASCA	90		Culvert									
DRENO VASCA	82.65	PF 1	1.11	382.80	384.79	383.00	384.79	0.000006	0.14	7.94	4.00	0.03
DRENO VASCA	81.15	PF 1	1.11	382.80	384.79	383.00	384.79	0.000006	0.14	7.94	4.00	0.03
DRENO VASCA	74		Culvert									
DRENO VASCA	62.95	PF 1	1.31	377.75	379.74	377.97	379.75	0.000008	0.16	7.98	4.00	0.04
DRENO VASCA	61.45	PF 1	1.31	377.75	379.74	377.97	379.75	0.000008	0.16	7.98	4.00	0.04
DRENO VASCA	55		Culvert									
DRENO VASCA	48.8	PF 1	1.31	368.10	370.09	368.32	370.10	0.000008	0.16	7.98	4.00	0.04
DRENO VASCA	46.8	PF 1	1.31	368.10	370.09	368.32	370.10	0.000008	0.16	7.98	4.00	0.04
DRENO VASCA	40		Culvert									
DRENO VASCA	29.9	PF 1	1.60	366.60	368.72	366.86	368.72	0.000010	0.19	8.48	4.00	0.04
DRENO VASCA	26.3	PF 1	1.60	366.60	368.72	366.86	368.72	0.000010	0.19	8.48	4.00	0.04
DRENO VASCA	25		Culvert									
DRENO VASCA	24	PF 1	1.60	365.55	367.67	365.71	367.67	0.000004	0.09	16.95	8.00	0.02
DRENO VASCA	23	PF 1	1.60	365.55	367.67	365.71	367.67	0.000004	0.09	16.95	8.00	0.02
DRENO VASCA	22.9	PF 1	1.60	366.55	367.54	367.28	367.66	0.005069	1.50	1.07	1.55	0.58
DRENO VASCA	22	PF 1	1.60	366.50	367.23	367.23	367.49	0.015205	2.28	0.70	1.33	1.00
DRENO VASCA	20	PF 1	1.60	364.49	364.85	365.22	366.59	0.186659	5.85	0.27	0.94	3.46
DRENO VASCA	17.2	PF 1	1.60	364.49	365.36	364.72	365.37	0.000184	0.40	4.01	4.60	0.14
DRENO VASCA	17.1	PF 1	1.60	363.39	365.37	363.62	365.37	0.000018	0.18	9.09	4.60	0.04
DRENO VASCA	7.9	PF 1	1.60	363.39	365.37	363.62	365.37	0.000018	0.18	9.09	4.60	0.04
DRENO VASCA	0	PF 1	1.60	364.29	365.36	364.52	365.37	0.000100	0.32	4.93	4.60	0.10

Tabella 34 – Linea P16-vasca – Tabella RAS

HEC-RAS Plan: Plan 21 River: DRENO Reach: DRENO VASCA Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	E.G. US (m)	W.S. US (m)	E.G. IC (m)	E.G. OC (m)	Min El Weir Flow (m)	Q Culv Group (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Delta WS (m)	Culv Vel US (m/s)	Culv Vel DS (m/s)	
DRENO VASCA	200	Culvert #1	PF 1	413.70	413.70	413.59	413.70	416.21	0.41		3.83	1.80	5.20
DRENO VASCA	180	Culvert #1	PF 1	409.87	409.87	409.71	409.87	412.34	0.41		5.65	1.71	5.89
DRENO VASCA	155	Culvert #1	PF 1	404.22	404.22	404.11	404.22	406.98	0.41		4.41	1.71	4.83
DRENO VASCA	115	Culvert #1	PF 1	399.81	399.81	399.53	399.81	402.62	0.67		10.74	1.88	7.97
DRENO VASCA	90	Culvert #1	PF 1	389.07	389.07	388.85	389.07	391.93	0.89		4.29	2.06	7.62
DRENO VASCA	74	Culvert #1	PF 1	384.79	384.79	384.57	384.79	387.21	1.11		5.04	2.23	8.14
DRENO VASCA	55	Culvert #1	PF 1	379.75	379.74	379.52	379.75	382.18	1.31		9.65	2.21	6.70
DRENO VASCA	40	Culvert #1	PF 1	370.10	370.09	369.97	370.10	378.00	1.31		1.38	2.21	1.19
DRENO VASCA	25	Culvert #1	PF 1	368.72	368.72	368.62	368.72	369.51	1.60		1.05	2.37	1.46

Tabella 35 – Linea P16-vasca – Tabella RAS tubazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 108 di 112

8. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI DI FONDO

8.1 Descrizione drenaggio di fondo

Il drenaggio di fondo verrà realizzato mediante la posa di uno strato drenante in ghiaia confinato entro un geotessile con funzione di separazione e filtrazione.

All'interno di questo strato di ghiaia, che verrà posato sul profilo del terreno attuale dal piede del versante all'opera di contenimento lato Lemme, saranno collocate più linee di tubazioni drenanti; queste ultime percorreranno i punti più depressi della topografia attuale e, dal momento che la zona più depressa si trova nella zona centrale della cava, a valle di questa zona i dreni verranno collocati in trincea (rispetto al piano campagna attuale) per defluire a gravità nel t. Lemme.

A partire da monte, verrà realizzata una prima linea di drenaggio (tubazione singola 600 mm), che raccoglierà le acque di infiltrazione del versante dalla sezione 1 alla 8, per poi confluire nella linea centrale di drenaggio prima della sezione 9. La linea centrale di drenaggio parte dalla sezione 3 con una tubazione singola (600 mm), percorrendo il compluvio attuale fino alla successiva sezione 4, dove la tubazione viene raddoppiata fino alla sezione di sbocco nella vasca di sedimentazione che precede lo scarico nel t. Lemme. Le tubazioni attraversano il versante dell'abbancamento sotto il piano di fondazione, e rimangono in trincea fino allo sbocco nella vasca di sedimentazione.

L'ultima revisione del progetto esecutivo ha previsto la realizzazione di una vasca di accumulo tra il versante e il rilevato di abbancamento; questa vasca è destinata a contenere l'eventuale volume di frana proveniente dal versante soprastante. Rispetto alla versione precedente, è stato eliminato il parziale riempimento della vasca di accumulo, rendendo così maggiormente vulnerabile il tracciato del sottostante dreno. In caso di schiacciamento di quest'ultimo verrebbe così ad essere totalmente vanificata l'efficienza del sistema di drenaggio profondo: per far fronte a tale eventualità, in corrispondenza dalla sez. 10, è stata prevista una tubazione di riserva che consente di derivare le portate del dreno attraverso le terre armate lato Lemme. Allo stato attuale la derivazione si arresta in un pozzetto di controllo al piede delle terre armate in prossimità della sponda del Lemme, ma, in caso di necessità, il pozzetto potrebbe essere utilizzato per una derivazione verso l'alveo del torrente.

In conseguenza delle modifiche di cui sopra è stata prevista anche una protezione in terra armata sopra il tracciato della trincea del dreno (solo in corrispondenza del vallo destinato ad accogliere il volume di frana).

Inoltre, essendo stata inserita anche una ulteriore terra armata all'estremità Nord del vallo, il tratto terminale del dreno è stato sostituito con una tubazione di c.a.c. del diametro di 80 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme	Foglio 109 di 112

Durante la realizzazione dell'abbancamento del materiale di smarino, nell'intervallo di tempo occorrente al materiale di deposito per raggiungere la quota della testa muro in sponda sinistra al t. Lemme, il drenaggio di fondo rappresenta l'unico canale di scarico delle acque meteoriche insistenti sull'area di cava. L'area scolante in fase di realizzazione risulta esclusivamente quella di fondo cava, escludendo i contributi di precipitazione del versante di cava, raccolti da apposito e temporaneo fosso di guardia, e i contributi del versante a monte dell'intervento progettuale, deviati nel t. Lemme prima di coinvolgere l'abbancamento. Il funzionamento idraulico della trincea drenante come ricettore di scarico delle acque meteoriche è limitato al tempo necessario per realizzare la copertura della trincea col materiale di abbancamento. Successivamente, la bassa permeabilità del materiale di deposito riduce pesantemente gli afflussi idrici alla trincea, mentre la progressiva realizzazione delle banche con i relativi drenaggi orizzontali e superficiali ridurrà conseguentemente la superficie di infiltrazione.

8.2 Analisi idrologica e idraulica

La verifica idraulica è quindi condotta nelle condizioni più sfavorevoli, ossia quelle relative alle prime fasi di lavorazione. La linea di drenaggio principale prevede due tubazioni parallele in pvc di elevato spessore e diametro di 600 mm, avvolte da geotessile e forate superiormente; le tubazioni sono collocate entro uno strato drenante (in parte coadiuvato dalla presenza di una trincea drenante, dove richiesto dalla necessità di scaricare a gravità).

Per il calcolo si utilizza la procedura di calcolo adottata per i dreni suborizzontali delle banche, con un tempo di ritorno $T_r = 20$ anni, come risulta dalle seguenti tabelle.

La superficie netta (S) del compluvio da drenare in fase provvisoria (dalla sez. 5 allo sbocco) è di circa 25.000 m², la lunghezza equivalente (L) del bacino è di 430 m, mentre la pendenza media (in fase di abbancamento) è molto bassa, così come il coefficiente di deflusso, che si assume cautelativamente pari a 0.5.

Dai risultati delle analisi riportati in **Tabella 36** – e **Tabella 37** – si può facilmente evincere che la coppia di tubazioni è sufficiente a smaltire oltre 1.0 m³/s, mentre la portata richiesta è dell'ordine di 0.6 m³/s. Va comunque specificato che, sia lo strato drenante confinato entro i geotessili che la trincea entro la quale si trova il dreno (dalla sezione più depressa del compluvio attuale allo sbocco), contribuiranno allo smaltimento delle acque di infiltrazione.

Dati	
S (km ²)	0.027
L (lunghezza media del bacino, m)	430

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualfica ambientale Val Lemme
	Foglio 110 di 112

i (pendenza media del bacino)	0.05	
T (anni)	20	
Parametri pluviometrici	a	63.48
	n	0.5779
Coefficiente di deflusso	c	0.50
Formulazione Ventura		
tc (ore)	0.093	
Q (m ³ /s)	0.649	
Formulazione Pasini		
tc (ore)	0.109	
Q (m ³ /s)	0.607	

Tabella 36 – Analisi idrologica linea di drenaggio principale

Q (m³/s)	0.8750
ANALISI IDRAULICA	
i_f	0.01
k_s (m ^{1/3} /s)	70
D tubazione (m)	0.60
grado di riempimento (y/D)	80%
$Q_{80\%}$ (m ³ /s)	0.547

Tabella 37 – Analisi idraulica linea di drenaggio principale (tubazione singola)

9. OPERE PROVVISORIALI IN ALVEO

Si prevede la realizzazione di una pista in alveo da realizzarsi con il materiale di sbancamento della sponda sinistra, avente lo scopo di consentire il transito degli automezzi per il trasporto del materiale e di deviare la corrente di magra dall'area di intervento; la pista avrà altezza 50 cm rispetto al fondo alveo e larghezza 3.50 m dalla sponda esistente, larghezza di circa 8 m dalla linea di sponda a seguito di sbancamento. La realizzazione della scogliera avverrà per tratti successivi di 30 m da monte verso valle. L'accesso alla pista in alveo avverrà mediante una rampa che si sviluppa lungo la sponda del t. Lemme a partire da una viabilità esistente. Il raccordo della pista a monte con la viabilità esistente consente la deviazione della corrente di magra. All'interno dell'area di intervento occorrerà comunque allontanare le acque infiltratesi con opportuno pompaggio. In condizioni di piena il cantiere in alveo dovrà essere rimosso tempestivamente.

La successiva tabella riporta il confronto tra i livelli del torrente Lemme in condizioni di piena con tempo di ritorno di 20 anni (portata pari a 152 m³/s) in condizioni attuali e a seguito della realizzazione della pista di cantiere. Si osserva che l'ostruzione in alveo dovuta alla pista non

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00 Riqualifica ambientale Val Lemme
	Foglio 111 di 112

accresce sensibilmente la pericolosità idraulica delle opere in quanto l'incremento di livello è contenuto in un valore medio di 4 cm.

<i>Profili di calcolo torrente Lemme. Tr = 20 anni.</i>			
	<i>Stato attuale</i>	<i>Fase operativa</i>	<i>Confronto</i>
<i>River Sta</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>Delta</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>
1238.742	381.41	381.41	0.00
1163.789	380.39	380.39	0.00
1087.149	379.38	379.38	0.00
1035.341	378.62	378.62	0.00
964.263	377.55	377.6	0.05
844.727	375.81	375.89	0.08
742.196	373.94	373.97	0.03
680.607	373.22	373.26	0.04
615.103	372.7	372.69	-0.01
596.43	372.46	372.46	0.00
591.93			
591.431	370.96	371.01	0.05
583.343	370.94	370.99	0.05
546.555	370.54	370.55	0.01
476.543	369.94	369.94	0.00
443.427	369.63	369.63	0.00
417.806	369.25	369.25	0.00
402.166	369.03	369.03	0.00
383.673	368.84	368.84	0.00
362.7	368.46	368.46	0.00
337.439	368.04	368.04	0.00
315.492	367.16	367.16	0.00
273.484	366.89	366.89	0.00
233.56	366.19	366.19	0.00
209.689	365.98	365.98	0.00
199.689	365.91	365.91	0.00
196			
193.69	365.6	365.6	0.00
178.689	365.08	365.08	0.00
158.118	364.8	364.8	0.00
118.683	363.99	363.99	0.00
84.832	362.96	362.96	0.00
55.661	362.14	362.14	0.00
12.363	361.41	361.41	0.00

Tabella 38 – Confronto livelli idrici di piena nello stato attuale e in presenza della pista provvisoria in alveo.
Tr = 20 anni.

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

IG51 01 E CV RI DP04 00 002_A00
Riqualifica ambientale Val Lemme

Foglio
112 di
112

ALLEGATO 1

Descrizione del codice di calcolo monodimensionale

1.1 Il codice di calcolo utilizzato: HEC-RAS

1.1.1 Caratteristiche generali di HEC-Ras

Il modello matematico-numerico utilizzato per le simulazioni del sistema idraulico oggetto di studio è il codice *HEC-RAS River Analysis System*, sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineering – Hydrologic Engineering Center. La versione del software utilizzata è la 4.1.0, aggiornata al gennaio 2010.

HEC-RAS consente il calcolo idraulico monodimensionale di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere modellati sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiusi o aperti, con l'integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo "misto".

Concluse le operazioni di calcolo è possibile ottenere una serie di elaborati finali per la consultazione dei risultati ottenuti e per la visualizzazione grafica in formati compatibili con i software di disegno automatico o quelli relativi a sistemi informativi territoriali.

1.1.2 Definizione della geometria del sistema

La prima fase necessaria all'implementazione del modello consiste nel creare la geometria del sistema, ossia nel disegnare l'alveo da analizzare, tracciando il sistema dei corsi d'acqua e le loro connessioni, secondo la direzione di scorrimento dell'acqua.

Successivamente si provvede ad inserire le sezioni trasversali, definendo le quote e le distanze progressive dal punto di origine della sezione, convenzionalmente individuato in sponda sinistra, e ad indicare le distanze reciproche procedendo in senso contrario a quello dello scorrimento dell'acqua. Per ogni sezione si identificano, mediante l'inserimento della distanza progressiva specifica, l'alveo e le zone golenali.

L'operazione termina con l'inserimento dei dati di scabrezza dell'alveo e delle sponde, secondo il coefficiente n di *Manning* o il K_s di *Strickler*. In Figura 1 è possibile vedere un esempio di geometria del sistema e in Figura 2 è esemplificata la finestra in cui vengono immessi i dati relativi alle sezioni trasversali.

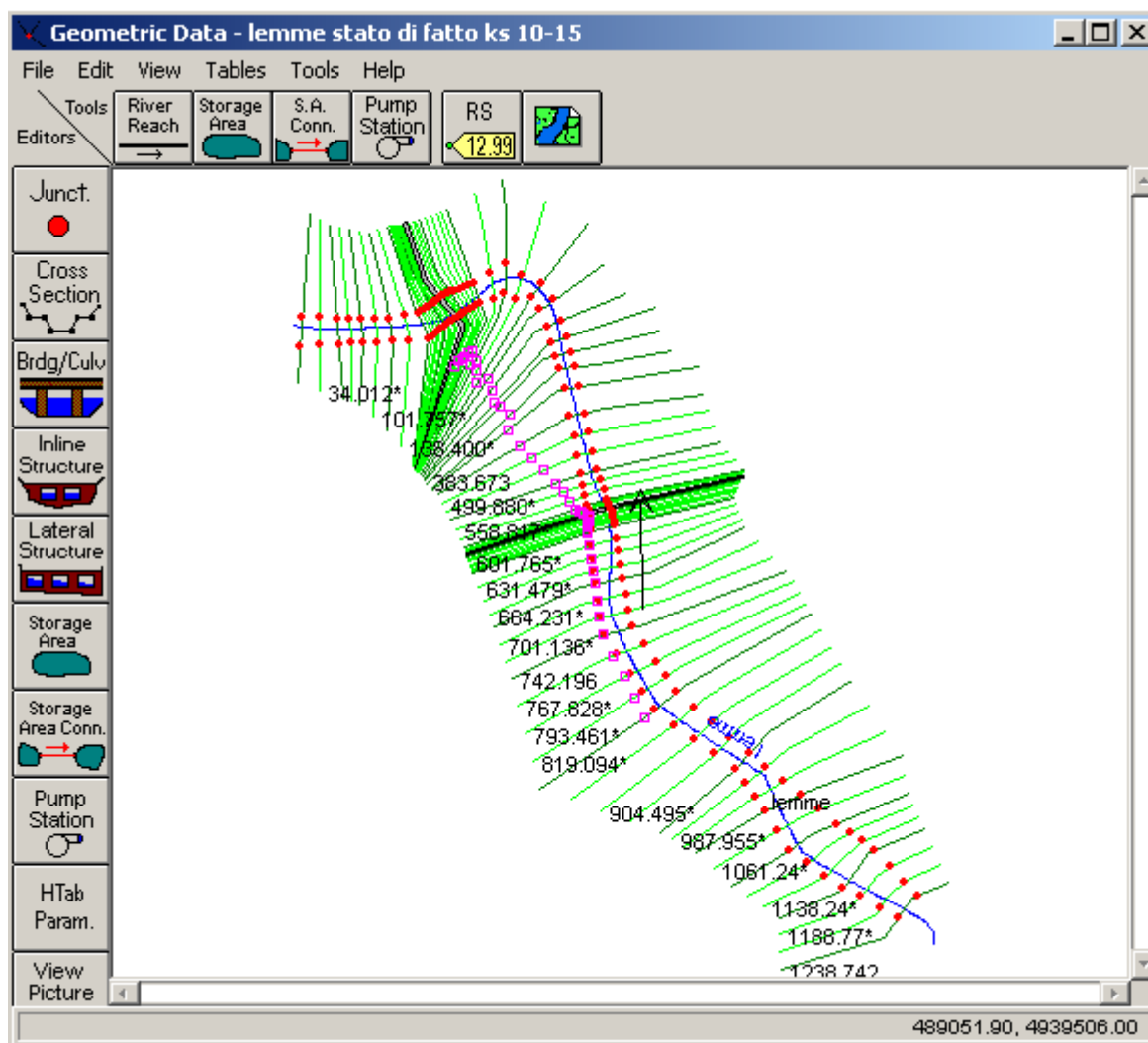


Figura 1 – Definizione della geometria del sistema.

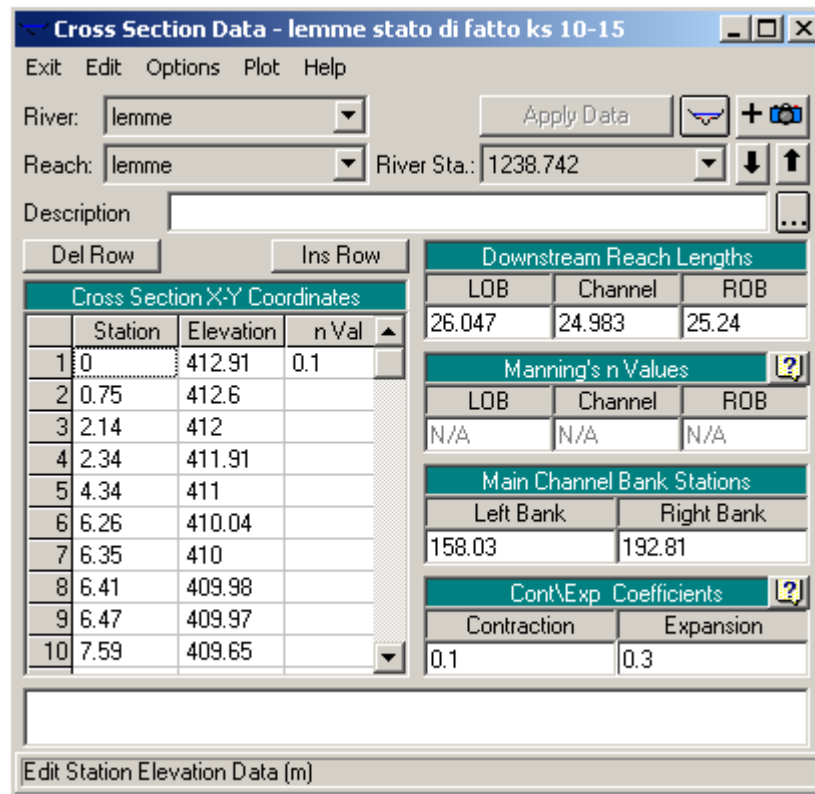


Figura 2 – Editor delle sezioni trasversali.

Il programma, al termine dell'inserimento delle informazioni geometriche, restituisce il grafico delle sezioni e il profilo altimetrico dell'alveo, come si può vedere in Figura 3 e in Figura 4.

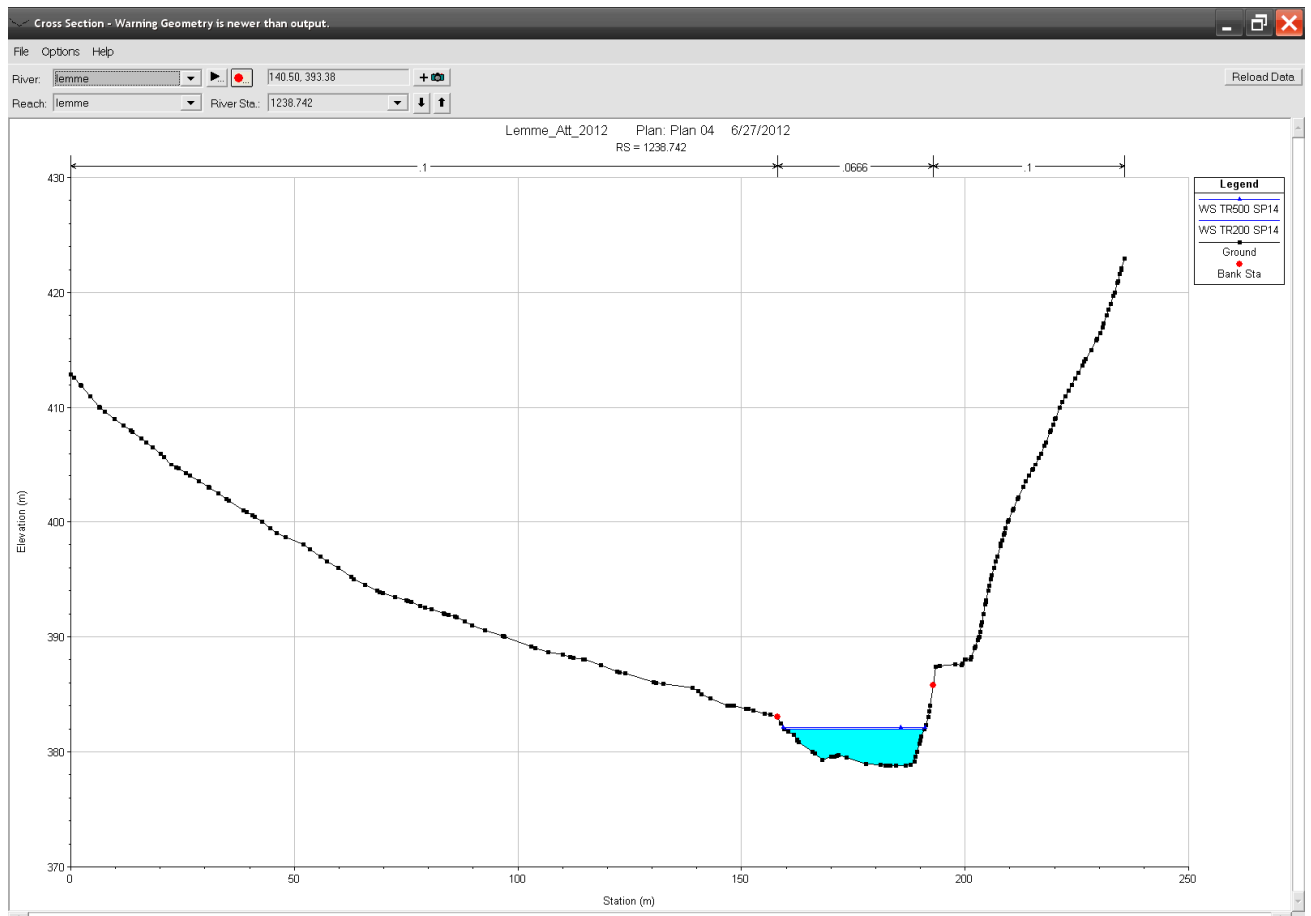


Figura 3 – Visualizzazione grafica delle sezioni trasversali.

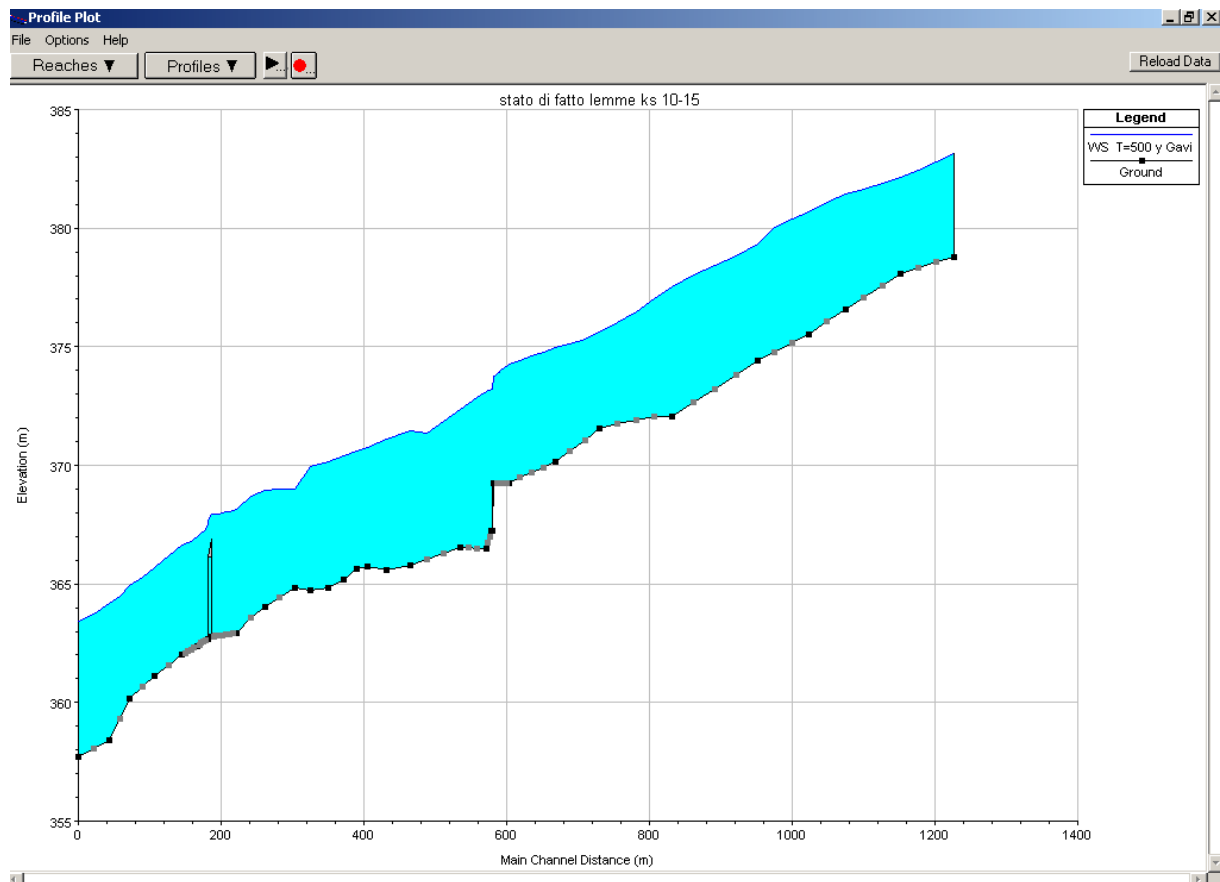


Figura 4 – Visualizzazione grafica del profilo longitudinale.

All'interno della geometria che schematizza il sistema è possibile inserire le strutture presenti lungo il corso d'acqua, come ponti o tombini, o strutture fittizie come gli stramazzi laterali (lateral weir); questi ultimi vengono utilizzati per simulare il sormonto del rilevato arginale da parte della superficie idrica e possono essere o meno collegati a delle aree di immagazzinamento (storage area) in relazione alla configurazione del terreno circostante, adatta o meno a contenere in un'area finita la quantità d'acqua in uscita. Nelle Figure seguenti sono illustrate una sezione caratterizzata dalla presenza di un ponte ed una planimetria che chiarisce il modo di utilizzo di lateral weir e storage area.

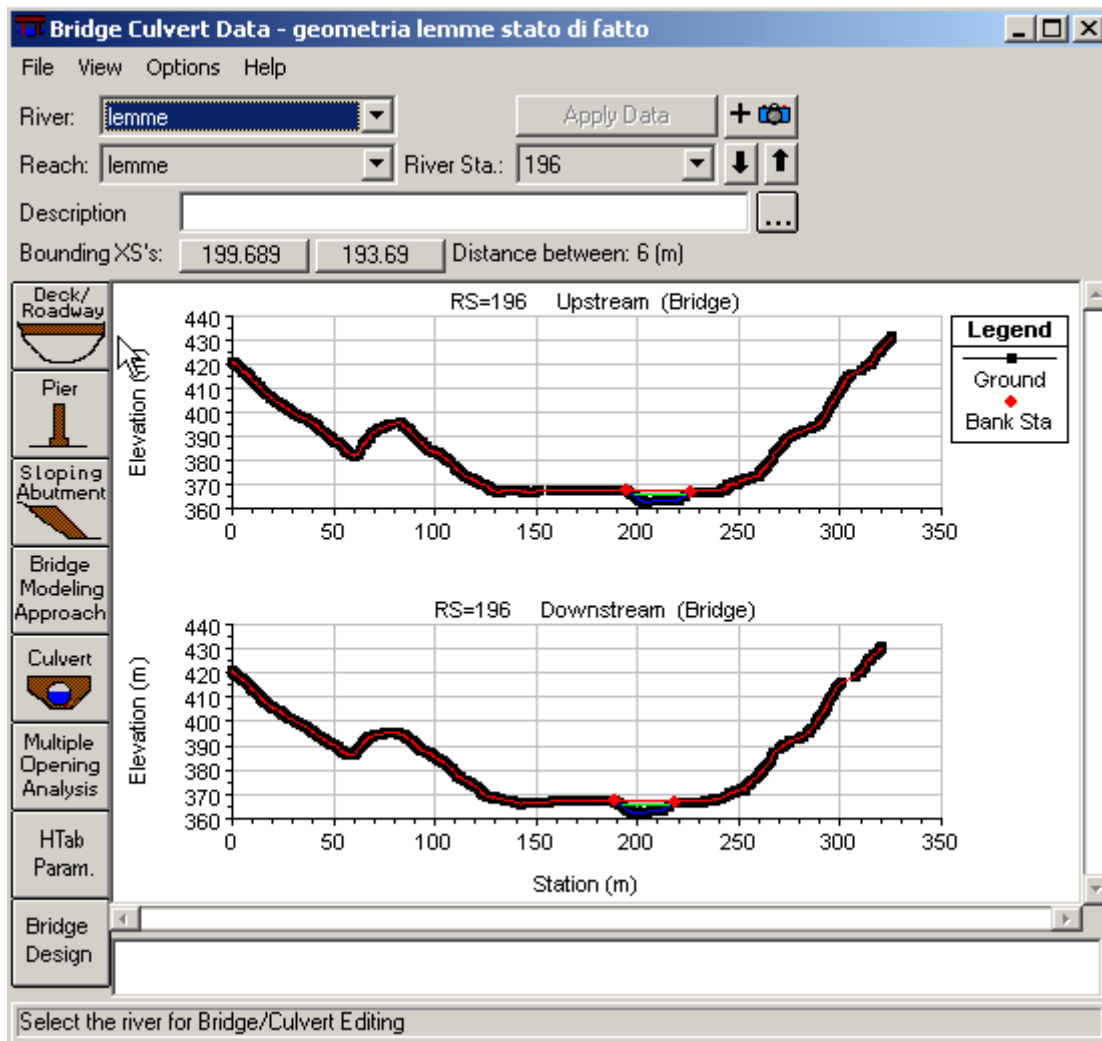


Figura 5 – Visualizzazione grafica di un ponte.

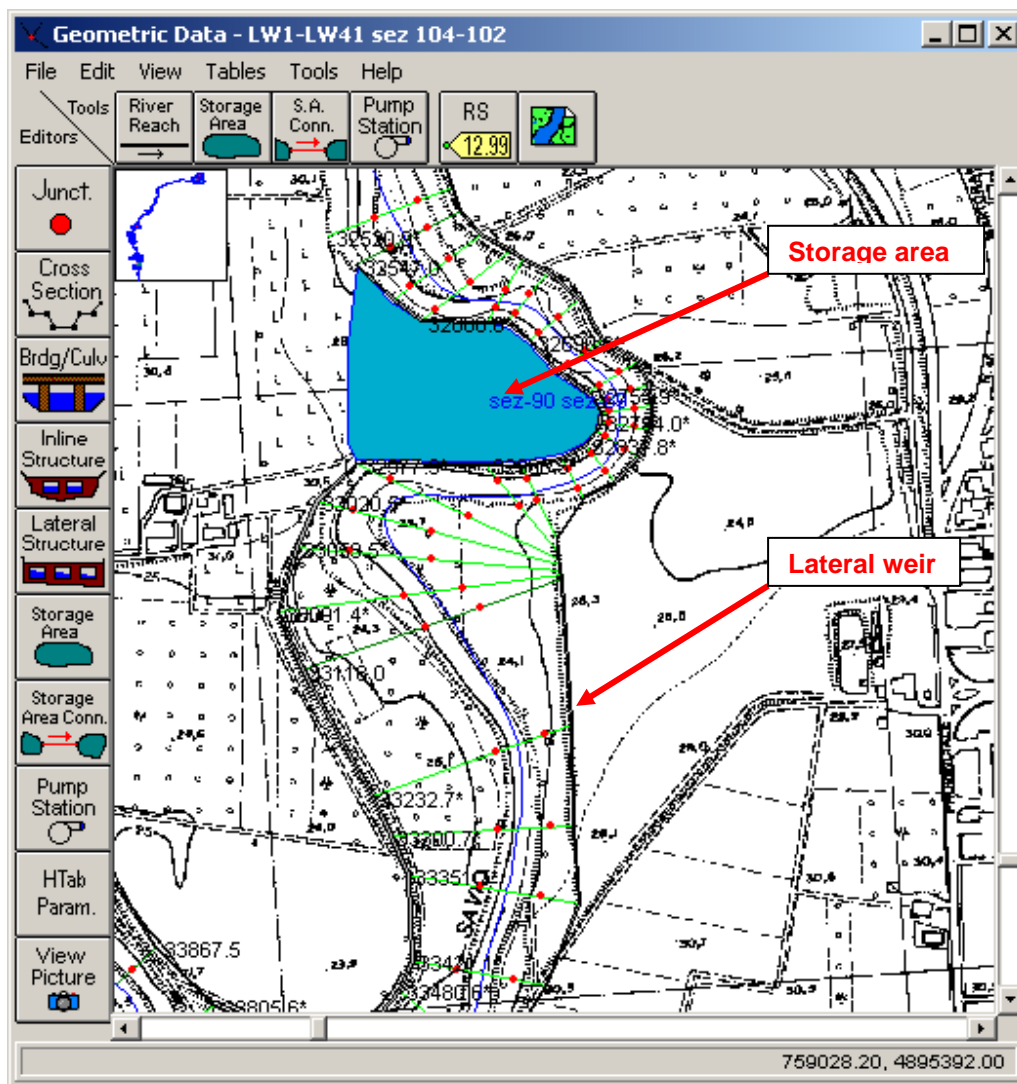


Figura 6 – Particolare planimetrico raffigurante gli stramazzi laterali e un’area di immagazzinamento (storage area).

1.1.3 Calcolo del profilo idraulico a moto permanente

Il calcolo del livello del pelo libero si basa sulla risoluzione dell’equazione monodimensionale dell’energia, valuta le perdite di carico mediante l’equazione di Manning, e tiene conto di perdite localizzate a mezzo di opportuni coefficienti moltiplicativi del carico cinetico. L’equazione del momento è utilizzata ogni volta in cui il profilo del moto subisce brusche variazioni, ad esempio in corrispondenza di ponti, confluenze o risalti idraulici.

L'applicazione del modello si basa sulla divisione del corso d'acqua in esame in tronchi di ampiezza tale da poter approssimare i valori medi della sezione e delle velocità a quelli presenti agli estremi e quindi di eseguire i calcoli su aree il cui flusso è assimilabile a quello del moto uniforme.

L'equazione applicata tra due sezioni consecutive è la seguente:

$$h_{i-1} = h_i + h_e + h_f$$

ovvero:

$$z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_e + h_f$$

dove:

V = velocità media della sezione,

V_{1,2} = velocità medie calcolate,

α_{1,2} = coefficiente di Coriolis,

h_e = perdita di energia relativa alla variazione del corso d'acqua,

h_f = perdita di energia per attrito,

z_{1,2} = termini geodetici agli estremi del tronco in esame.

I valori di h_e e h_f sono così calcolati:

$$h_f = S_f \Delta\chi = \frac{1}{2} (S_{f(i)} - S_{f(i-1)}) \Delta\chi$$

dove:

$$S_f = \frac{V^2}{\chi^2 R} = \frac{V^2}{c^2 R^{\frac{4}{3}}}$$

$$h_e = C_i \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \approx C_i \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}$$

in cui C_i rappresenta un coefficiente relativo alle perdite di carico per espansione e contrazione i cui valori variano tra 0 per alveo prismatico e 0.5 per allargamento a 90° :

Il programma, partendo dalle caratteristiche di una sezione nota, determina il termine geodetico incognito in una sezione successiva attraverso la soluzione iterativa delle tre equazioni elencate in precedenza: viene ipotizzato un livello z_1 del pelo libero della sezione incognita di cui si conoscono solo geometria, distanza e valori di scabrezza, che viene utilizzato per calcolare tutti i parametri necessari ad applicare l'equazione dell'equilibrio energetico. In tale equazione viene considerata come incognita il valore di z_2 , di cui viene calcolato un valore di prima approssimazione z_c . Dal confronto tra i valori z_1 e z_c emerge l'entità dell'errore: se risulta maggiore di 0.003 m la z_1 viene corretta ed il procedimento ripetuto; l'operazione viene reiterata fino a quando non si rientra nei valori di tolleranza definiti ed il risultato viene accettato.

1.1.4 Calcolo del profilo idraulico a moto vario

Le leggi fisiche che governano il flusso in un corso d'acqua sono il principio di conservazione della massa e quello di conservazione del momento; tali leggi sono matematicamente espresse secondo equazioni differenziali.

Equazione di continuità

Si consideri il volume di controllo illustrato in Figura 7. In corrispondenza del punto centrale del volume di controllo la portata e l'area interessata dal deflusso sono indicati rispettivamente come $Q(x,t)$ e AT . La conservazione della massa implica che la variazione del flusso netto che attraversa il volume di controllo deve eguagliare la variazione dell'acqua immagazzinata all'interno del volume stesso.

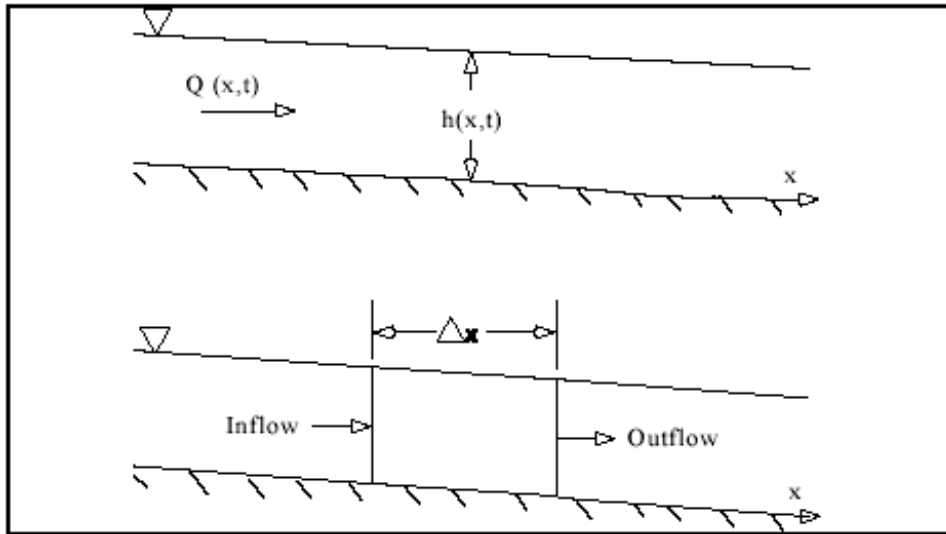


Figura 7 – Volume elementare per l'ottenimento delle equazioni di continuità e del momento.

La variazione di portata in ingresso può essere scritta come:

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

la variazione di portata in uscita è:

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

e la variazione di acqua immagazzinata vale:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x$$

Assumendo il Δx sufficientemente piccolo la variazione della massa all'interno del volume di controllo viene espressa dall'equazione:

$$\rho \frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_l \right]$$

dove Q_l rappresenta il flusso laterale che entra nel volume di controllo e ρ è la densità del fluido. Semplificando e dividendo il tutto per $\rho \Delta x$ si ottiene la forma finale dell'equazione di continuità:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l$$

nella quale q_l costituisce l'apporto di flusso laterale per unità di lunghezza.

Equazione del momento

La conservazione del momento è espressa dalla seconda legge di Newton come:

$$\sum F_x = \frac{d\vec{M}}{dt}$$

Essa implica che la somma della variazione netta del flusso di momento all'interno del volume di controllo e di tutte le forze esterne agenti sul volume deve essere pari alla velocità di immagazzinamento del momento. Le forze esterne considerate sono quelle dovute alla pressione, alla gravità e all'attrito.

- *Flusso del momento*

Il flusso entrante nel volume di controllo può essere scritto come:

$$\rho \left[QV - \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right]$$

mentre quello uscente come:

$$\rho \left[QV + \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right]$$

Quindi il flusso netto di momento relativo al volume di controllo è:

$$-\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x$$

Poiché il momento del fluido nel volume di controllo è pari a $\rho Q \Delta x$, il tasso di accumulo del fluido diventa:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Q \Delta x) = \rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t}$$

e il momento del flusso:

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} - \rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x$$

- *Pressione*

Assumendo che la distribuzione delle forze di pressione sia idrostatica e che la pressione totale sia data dall'integrale del prodotto della pressione per l'area lungo la sezione trasversale, la forza di pressione può essere scritta:

$$F_P = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy$$

in cui h è il tirante idrico, y la distanza dalla linea di Talweg, e $T(y)$ una funzione che collega la larghezza della sezione trasversale alla dal fondo (Cfr. Figura 8)

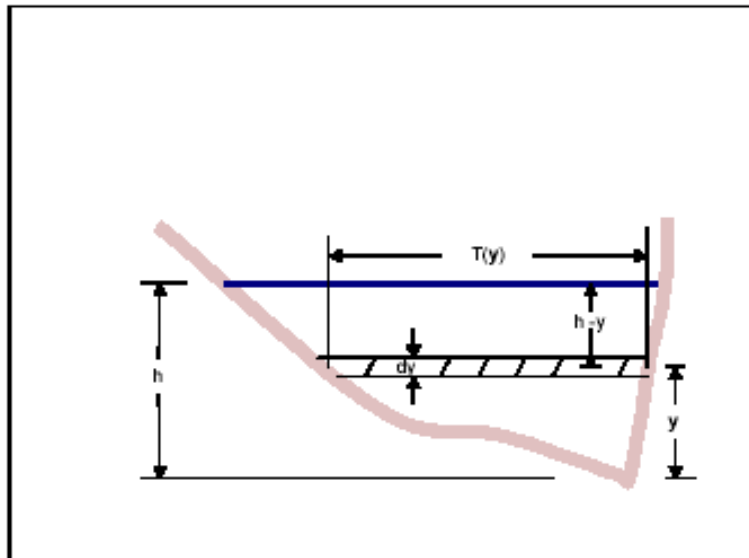


Figura 8 – Definizione delle forze di pressione.

Se con F_P si indica la pressione in direzione x al centro del volume di controllo, la forza a monte può essere espressa come:

$$F_P - \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

mentre quella a valle del volume di controllo risulta essere:

$$F_P + \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

La somma delle forze di pressione che agiscono sul volume di controllo diventa:

$$F_{Pn} = \left| F_P - \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_P + \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B$$

nella quale F_B rappresenta la forza esercitata dalle sponde sul fluido in direzione x .

Semplificando, l'equazione diventa:

$$F_{Pn} = -\frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} + F_B$$

Combinando con la prima equazione scritta:

$$F_{Pn} = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial x} dy \right] + F_B$$

Il primo integrale altro non è che l'area della sezione trasversale, mentre il secondo integrale, moltiplicato per $-\rho g \Delta x$ indica la forza esercitata dal fluido sulle sponde, uguale e contraria a F_B . La pressione netta risulta:

$$F_{Pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x$$

- *Forza gravitazionale*

La forza dovuta all'azione dell'accelerazione di gravità sul volume di controllo, in direzione x è pari a:

$$F_g = \rho g A \sin \theta \Delta x$$

con θ angolo tra l'orizzontale e la linea di pendenza del fondo del corpo idrico. Per fiumi naturali tale angolo è molto piccolo ed il seno diventa approssimabile con la tangente $\tan \theta = -\partial z_0 / \partial x$ con z_0 quota del fondo. L'espressione della forza gravitazionale diventa:

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x$$

- *Forza d'attrito*

Le forze d'attrito tra il canale ed il fluido sono rappresentate dall'equazione:

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x$$

con τ_0 tensione tangenziale media e P perimetro bagnato. Il segno negativo indica che con il flusso nel senso delle x positive la forza agisce in direzione opposta. La tensione tangenziale può essere espressa in termini di coefficiente di resistenza C_D :

$$\tau_0 = \rho C_D V^2$$

C_D può essere correlato al coefficiente di Chezy, C , mediante:

$$C_D = \frac{g}{C^2}$$

Inoltre l'equazione di Chezy può essere scritta come:

$$V = C \sqrt{RS_f}$$

e la forza di attrito diventa:

$$F_f = -\rho g A S_f \Delta x$$

con S_f pendenza e R raggio idraulico. Per porre in relazione la pendenza e la portata viene utilizzata l'equazione di Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} i^{1/2}$$

Tornando all'equazione di conservazione del momento, uguagliando il flusso alla sommatoria delle forze esterne si ottiene:

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} = -\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x - \rho g A S_f \Delta x$$

L'altezza del tirante idrico, z , è pari a z_0+h ; quindi la pendenza della superficie d'acqua risulta:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z_0}{\partial x}$$

Sostituendo nell'equazione precedente e semplificando si ottiene l'equazione finale della conservazione del momento:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

Le equazioni di continuità e di conservazione del momento vengono approssimate alle differenze finite e risolte iterativamente secondo uno schema implicito a quattro punti (box scheme), come illustrato in Figura 9.

Il codice differenzia il flusso nel canale e nelle golene per cui le equazioni, alle differenze finite e non infinitesimali, diventano:

$$\Delta Q + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} \Delta x_c + \frac{\Delta A_g}{\Delta t} \Delta x_g + \frac{\Delta S}{\Delta t} \Delta x_g - \overline{Q}_l = 0$$

$$\frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_g \Delta x_g)}{\Delta t \Delta x_e} + \frac{\Delta(\beta V Q)}{\Delta x_e} + g \overline{A} \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_e} + \overline{S}_f + \overline{S}_h \right) = 0$$

dove il pedice c indica il canale e il pedice g indica la golena, la soprallineatura indica il valore medio nel tratto di integrazione, e:

S area della sezione che invasa ma non contribuisce al flusso;

β coefficiente di Coriolis calcolato come:

$$\beta = \frac{(V_c Q_c + V_g Q_g)}{QV}$$

\overline{S}_h perdite di energia non dovute all'attrito (espansioni, contrazioni, strutture);

Δx_e distanza equivalente calcolata come:

$$\Delta x_e = \frac{\bar{A}_c \Delta x_c + \bar{A}_g \Delta x_g}{\bar{A}}$$

Secondo lo schema adottato i valori delle funzioni e delle derivate utilizzate nelle equazioni vengono valutati in un punto interno alla cella caratterizzante la schematizzazione, $(n+\theta)Dt$ e nei termini delle equazioni entrano i valori calcolati in $(n+1)Dt$. Si ottiene così un sistema di equazioni simultanee, che consente alle informazioni provenienti da tutto il sistema in esame di influenzare la soluzione in ogni punto di calcolo.

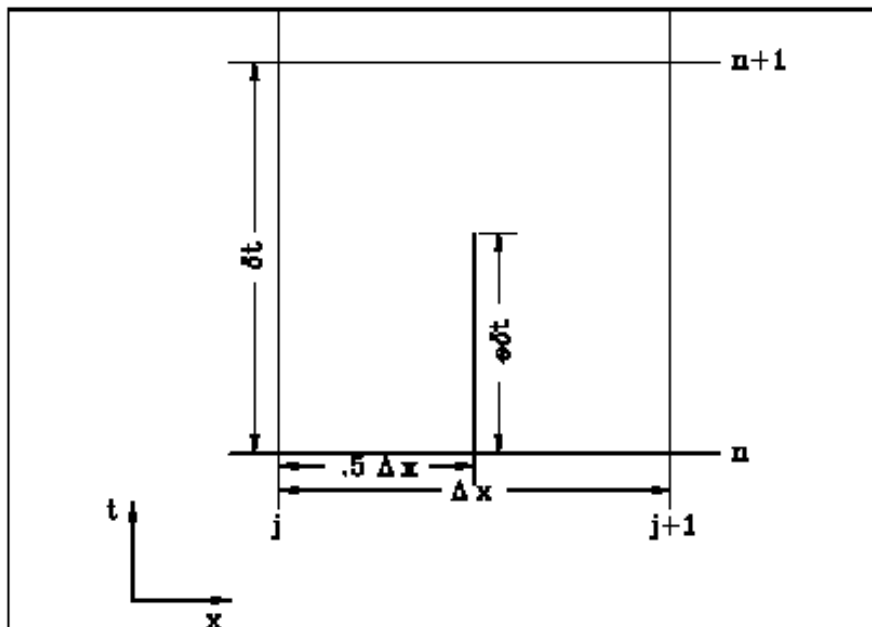


Figura 9 – Elemento caratteristico della schematizzazione alle differenze finite.

1.1.5 Visualizzazione dei risultati

I risultati vengono visualizzati in tabella e graficamente. Esempi del formato con cui vengono restituiti i risultati sono disponibili nelle Figure precedenti. L'ultima tipologia di rappresentazione, riportata nella figura seguente, permette di visualizzare in assonometria l'area in fase di studio.

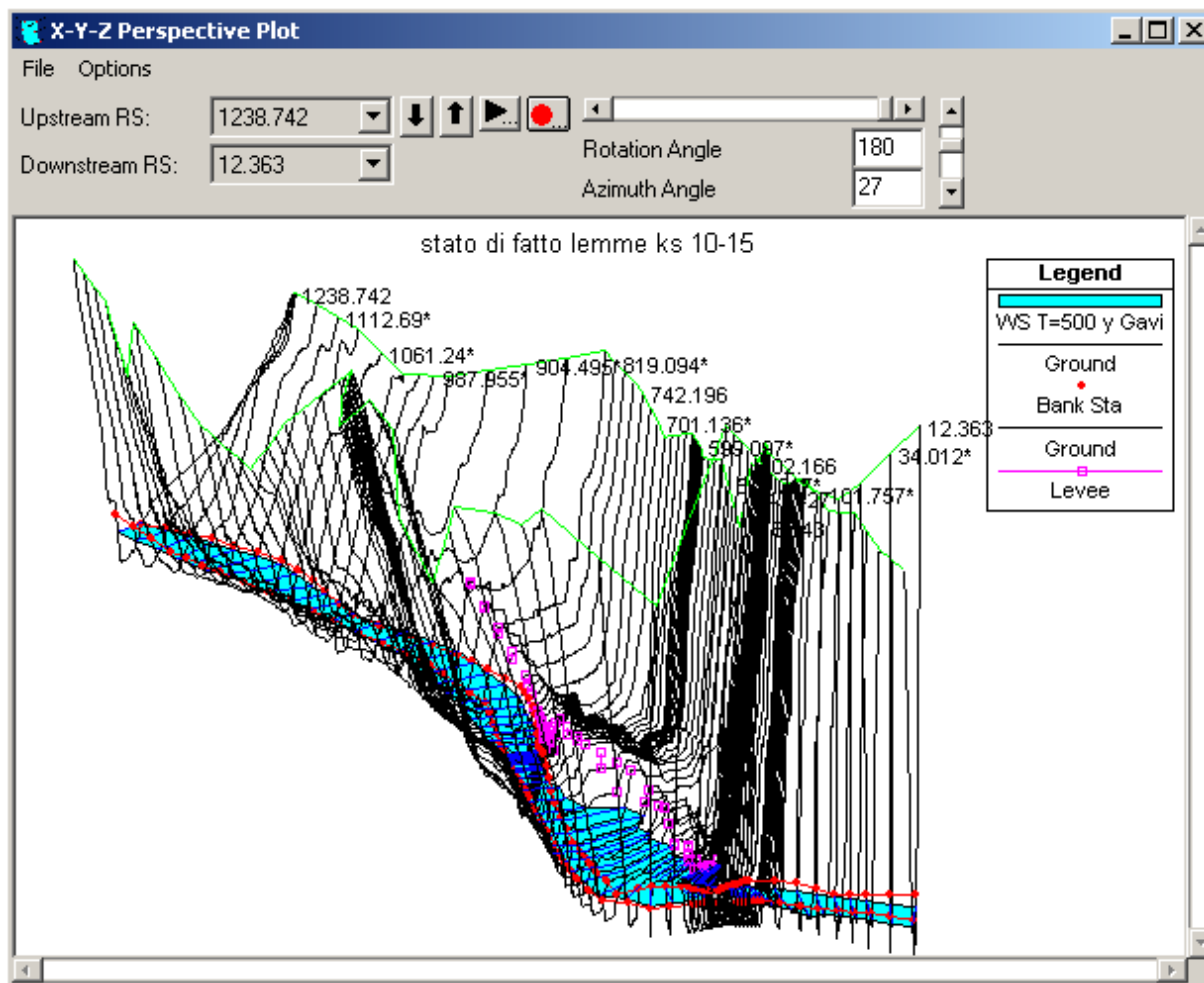


Figura 10 – Rappresentazione tridimensionale dei risultati.

1.2 Costruzione del modello

La schematizzazione del corso d'acqua ricavata mediante le tecniche descritte nel paragrafo precedente va chiaramente integrata con l'inserimento delle strutture presenti. Queste sono costituite dal ponte di accesso al cantiere TAV e da una soglia alla sez. 591.93, immesse nel modello grazie al rilievo.

HEC-RAS calcola le perdite di energia dovute ai ponti secondo tre contributi. Il primo contributo consiste nelle perdite che si verificano immediatamente a valle della struttura dove generalmente si verifica un'espansione del flusso; il secondo termine è costituito dalle perdite dovute alla struttura stessa, che possono essere calcolate con diversi metodi; l'ultimo contributo è dovuto alle perdite che avvengono a monte della

struttura dove il flusso generalmente si contrae per passare attraverso la luce del ponte. Per poter stimare i termini sopra descritti è necessario utilizzare quattro sezioni per ogni struttura, come illustrato in Figura 11.

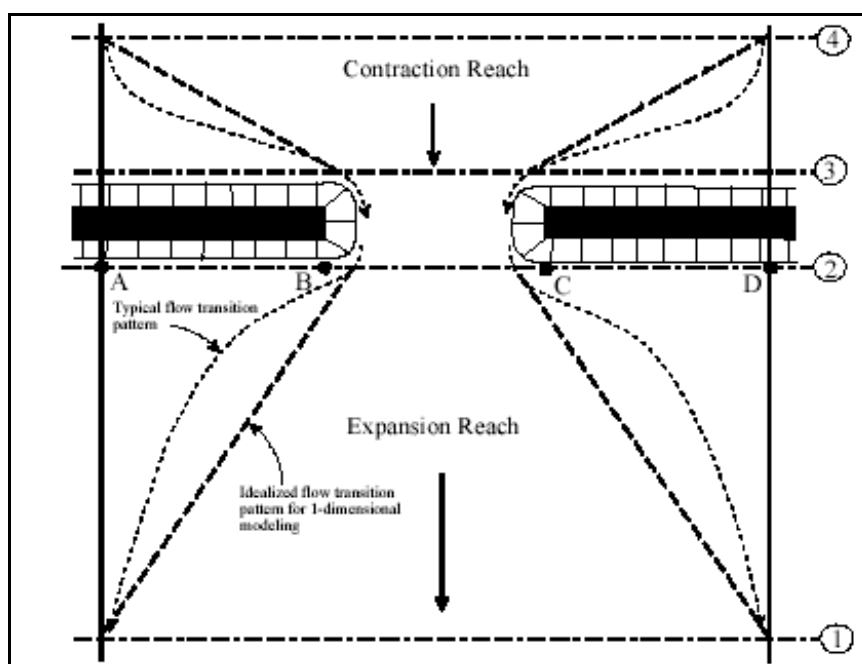


Figura 11 – Posizione delle sezioni trasversali in corrispondenza di un ponte.

La sezione 1 deve essere collocata sufficientemente a valle rispetto alla struttura in modo da non essere influenzata dall'espansione del flusso; analogamente la sezione 4 deve essere collocata a monte del ponte ad una distanza tale da non rientrare nella zona di contrazione del flusso; le sezioni 2 e 3 sono invece poste immediatamente a valle e a monte della struttura. Queste sezioni devono essere tracciate in fase di costruzione della geometria facendo riferimento alla tipologia di attraversamento e quindi all'entità del restringimento rispetto al deflusso indisturbato.

Per quanto concerne il calcolo del profilo idraulico attraverso un ponte il codice di calcolo possono essere scelte diverse formulazioni, in relazione alla natura del deflusso, sia esso libero o in pressione. Nel caso di deflusso libero le perdite di carico attraverso il ponte possono essere calcolate secondo il bilancio dell'energia, il bilancio del momento, l'equazione di Yarnell e il metodo FHWA; quest'ultimo, come quello di Yarnell ma meno noto, è un metodo empirico molto utilizzato negli Stati

Uniti. Per il deflusso in pressione è possibile fare ancora uso del bilancio energetico oppure un altro approccio è quello di utilizzare separatamente le equazioni che regolano il moto in pressione e lo sfioro.

La scelta del metodo di calcolo dipende di volta in volta dalla configurazione geometrica e dalla tipologia di struttura; assume un ruolo di certa importanza la sensibilità e l'esperienza del modellista.

1.3 Il modulo HEC-Georas

HEC-GeoRAS è un'estensione di ArcView sviluppata dall'US Army Corps of Engineers, che permette di generare la geometria di un modello di HEC-RAS a partire da un DEM. Definendo una serie di shape file di ArcView l'estensione genera le sezioni (estraendole dal DEM), calcola le distanze tra una sezione e le successive, nomina le sezioni e i tratti di fiume e dà inoltre la possibilità di assegnare le bank, le ineffective flow area, i levee, storage area e le scabrezze.

Innanzitutto si definisce una linea che rappresenta il fiume (stream) e che indica all'incirca la linea di talweg. Successivamente vengono digitalizzate le tracce delle sezioni da estrarre (xscutlines) e le linee di flusso (flowpath). Queste ultime individuano il percorso dell'acqua nel canale principale e, volendo, nelle due zone golenali. Le distanze tra le sezioni vengono calcolate lungo queste linee.

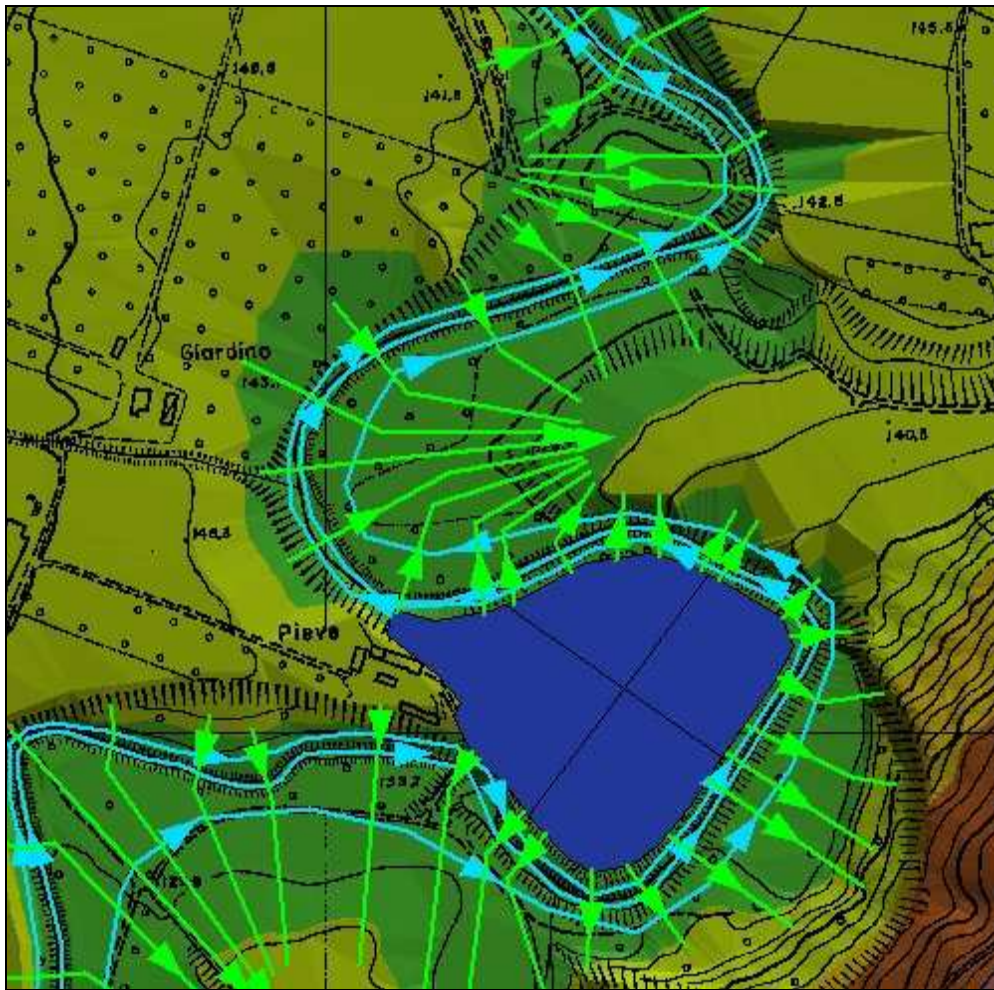


Figura 122 - Esempio di creazione dei file in Georas: sono visibili i file per i flowpath (in azzurro), le sezioni trasversali (in verde, orientate da sinistra a destra) e le storage area (in blu). Sullo sfondo sono riconoscibili la CTR e il DEM.

Nella Figura 122 sono state definite anche delle Storage Area che sono essenzialmente delle zone di accumulo in cui il modello HEC-RAS risolve l'equazione di continuità. In alcuni casi è stato necessario l'introduzione di questo tipo di schematizzazione perché le sole sezioni non erano in grado di ben rappresentare il deflusso della piena. Nell'esempio riportato il passaggio d'acqua attraverso la zona golenale (taglio di meandro) non è rappresentabile in maniera soddisfacente solo mediante sezioni.

HEC-GeoRAS genera un file direttamente importabile in HEC-RAS per la definizione della geometria del modello.

HEC-GeoRAS oltre ad essere un pre-processor di HEC-RAS è anche un post-processor, infatti permette l'importazione dei risultati di HEC-RAS e fornisce una serie di strumenti per la definizione delle aree allagate. Innanzitutto genera un TIN a partire dalle tracce delle sezioni utilizzate nel modello a cui assegna una quota pari al livello raggiunto nel profilo esportato da HEC-RAS. Per la determinazione dei tiranti d'acqua vengono rasterizzati i TIN dei livelli e del terreno e viene effettuata la sottrazione, il risultato è un grid che individua le altezze d'acqua su tutta l'area allagata (Figura 133).

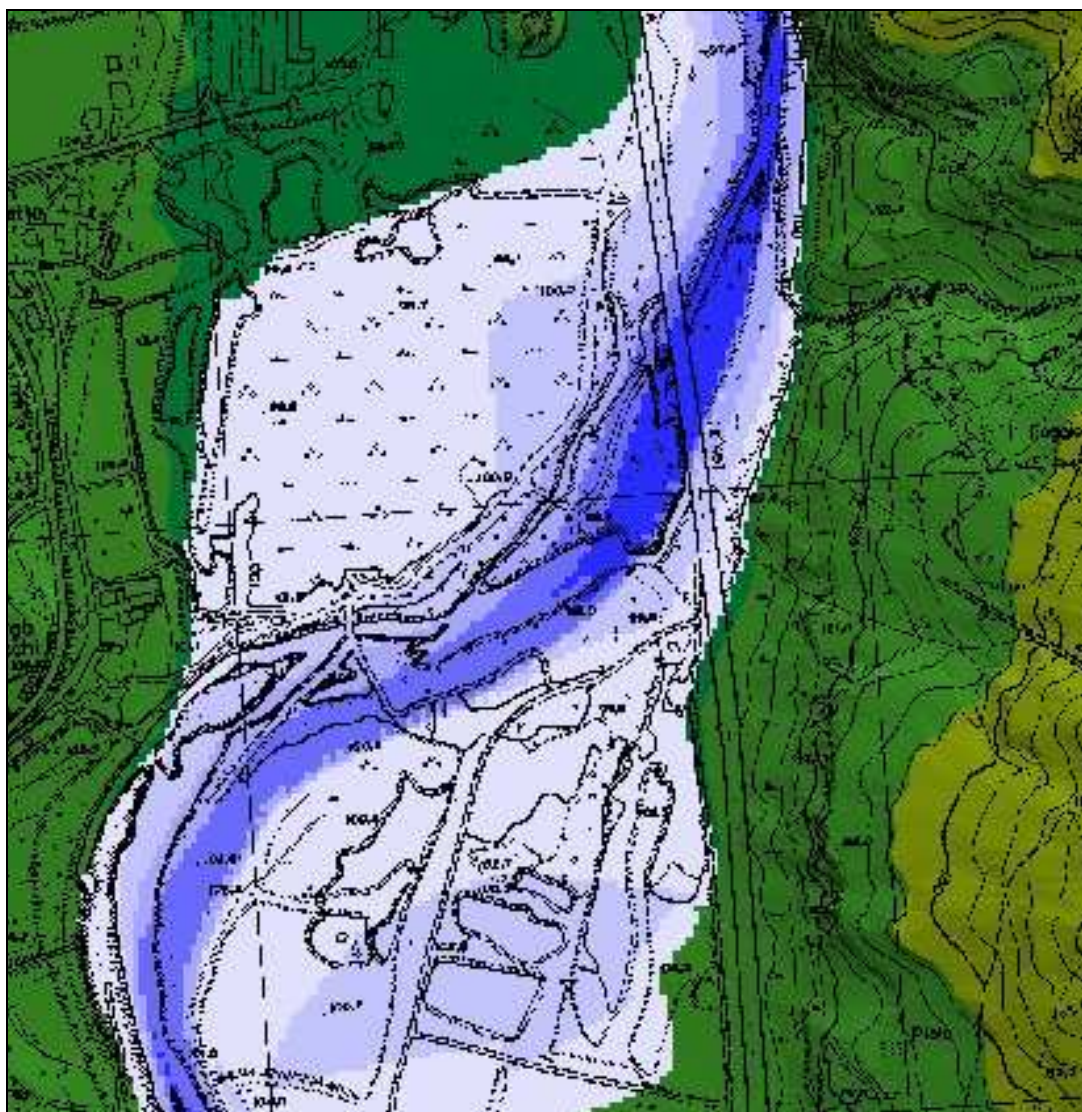


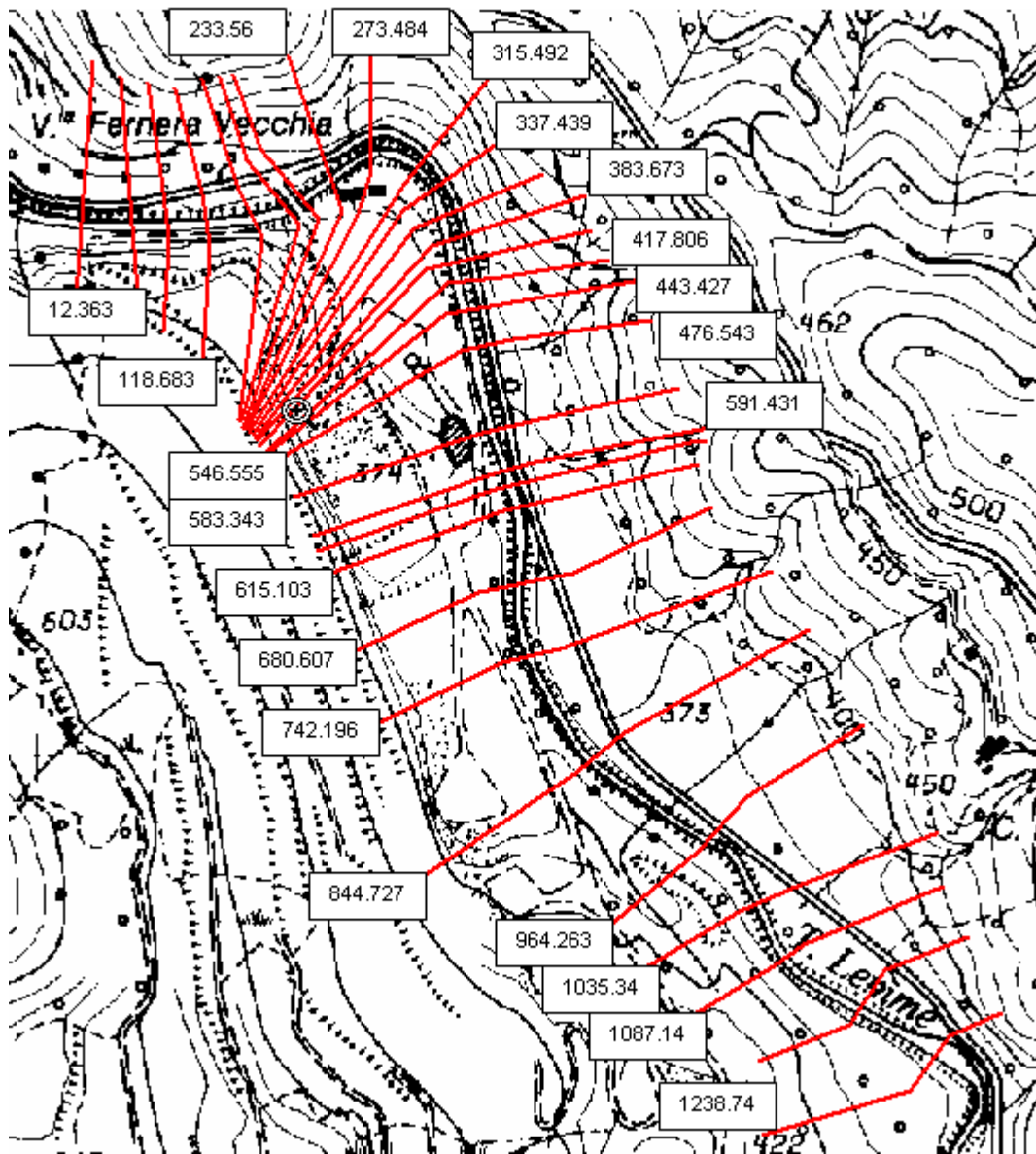
Figura 133 - Esempio di rappresentazione grafica dei risultati con Georas: sono visibili le zone interessate da esondazione e, in tonalità d'azzurro, la profondità del tirante d'acqua.

È possibile importare anche la distribuzione della velocità, il risultato va però preso con molta cautela, infatti in corrispondenza delle sezioni il valore è correttamente quello determinato dal modello idraulico, allontanandosi dalle sezioni il valore perde velocemente significatività.

ALLEGATO 2

Risultati modello monodimensionale

Stato di fatto



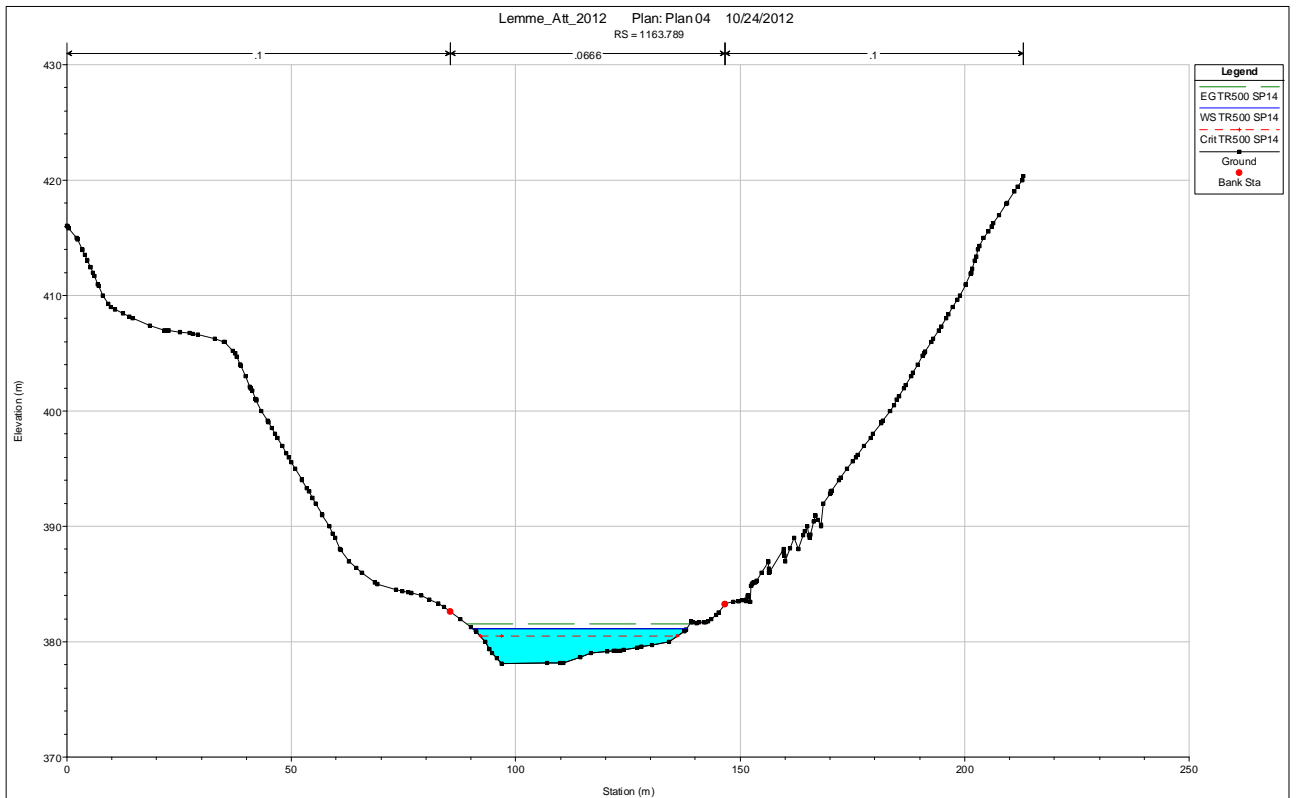
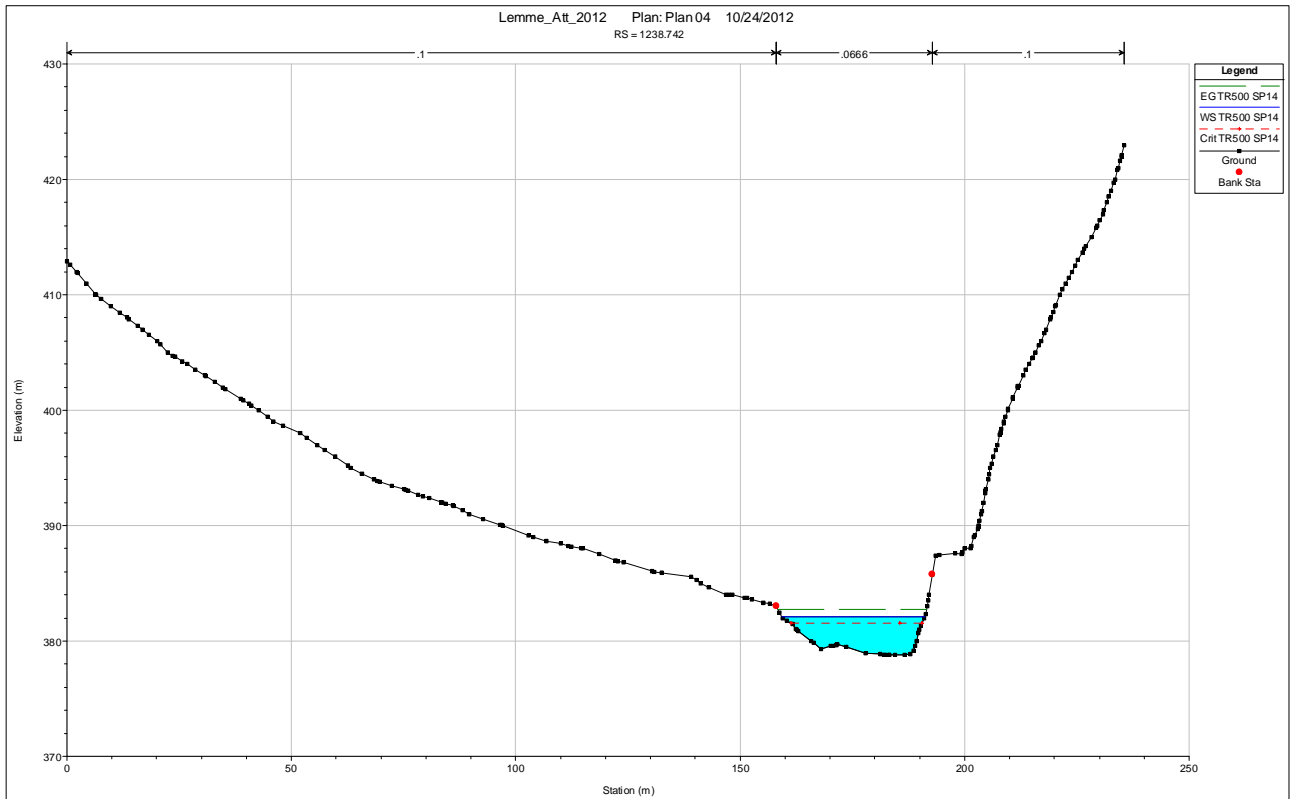
Ubicazione sezioni trasversali

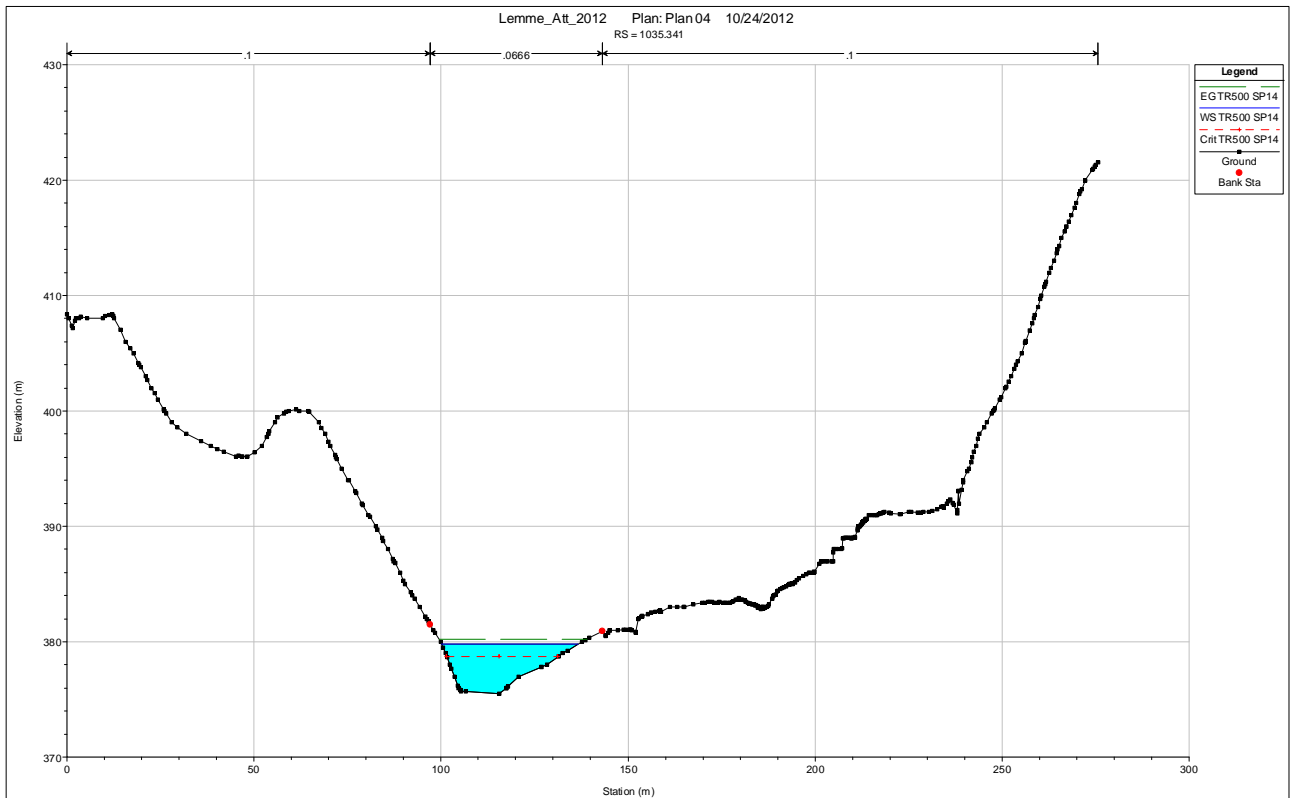
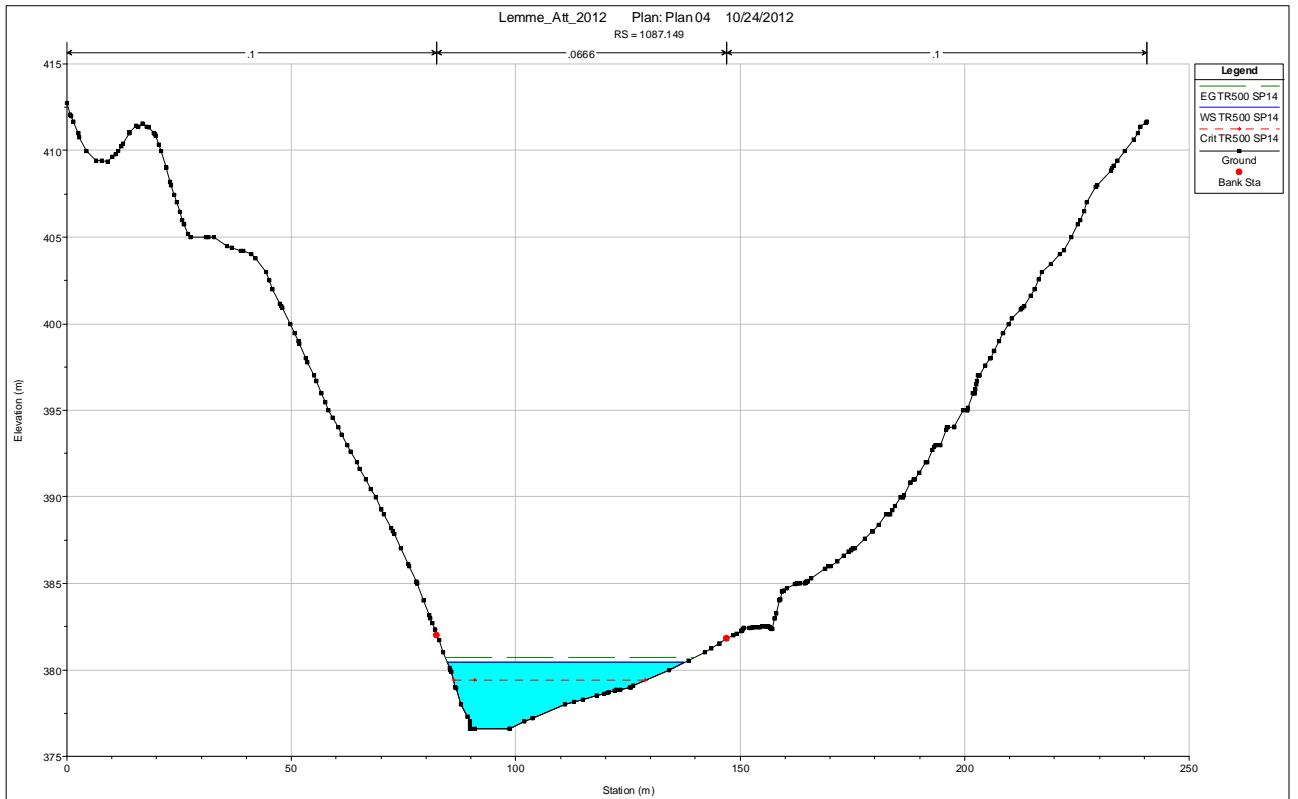
TEMPI DI RITORNO 500 ANNI – Stazione di Voltaggio. Sottoprogetto PAI 1.4

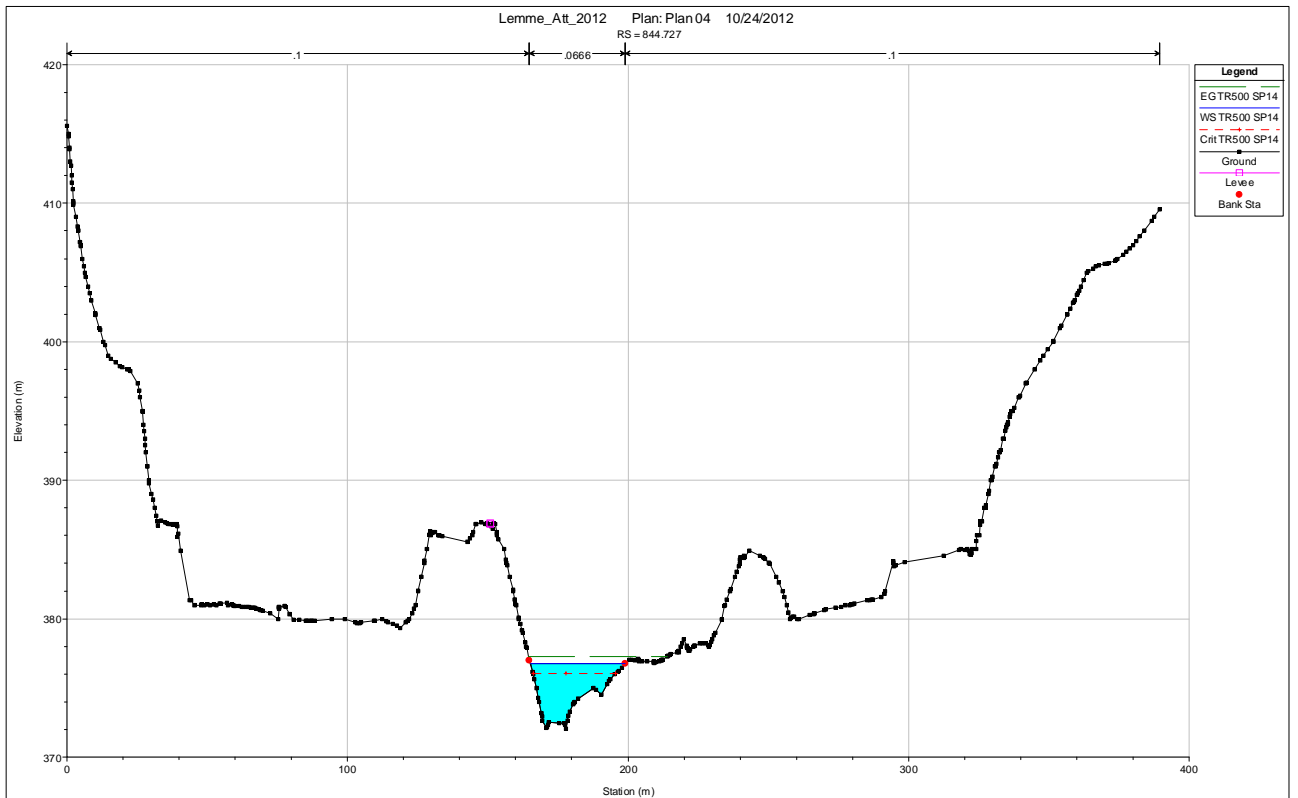
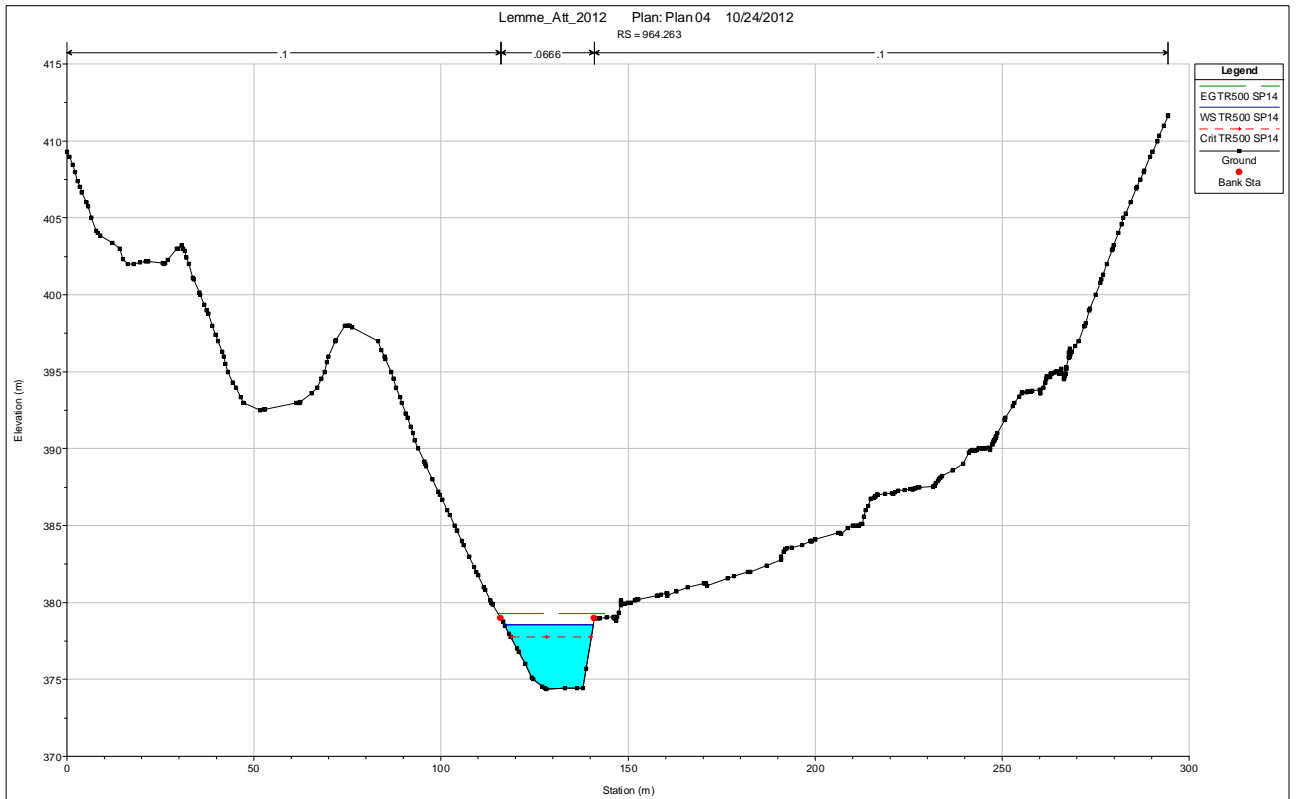
Profilo di calcolo torrente Lemme. Stato attuale

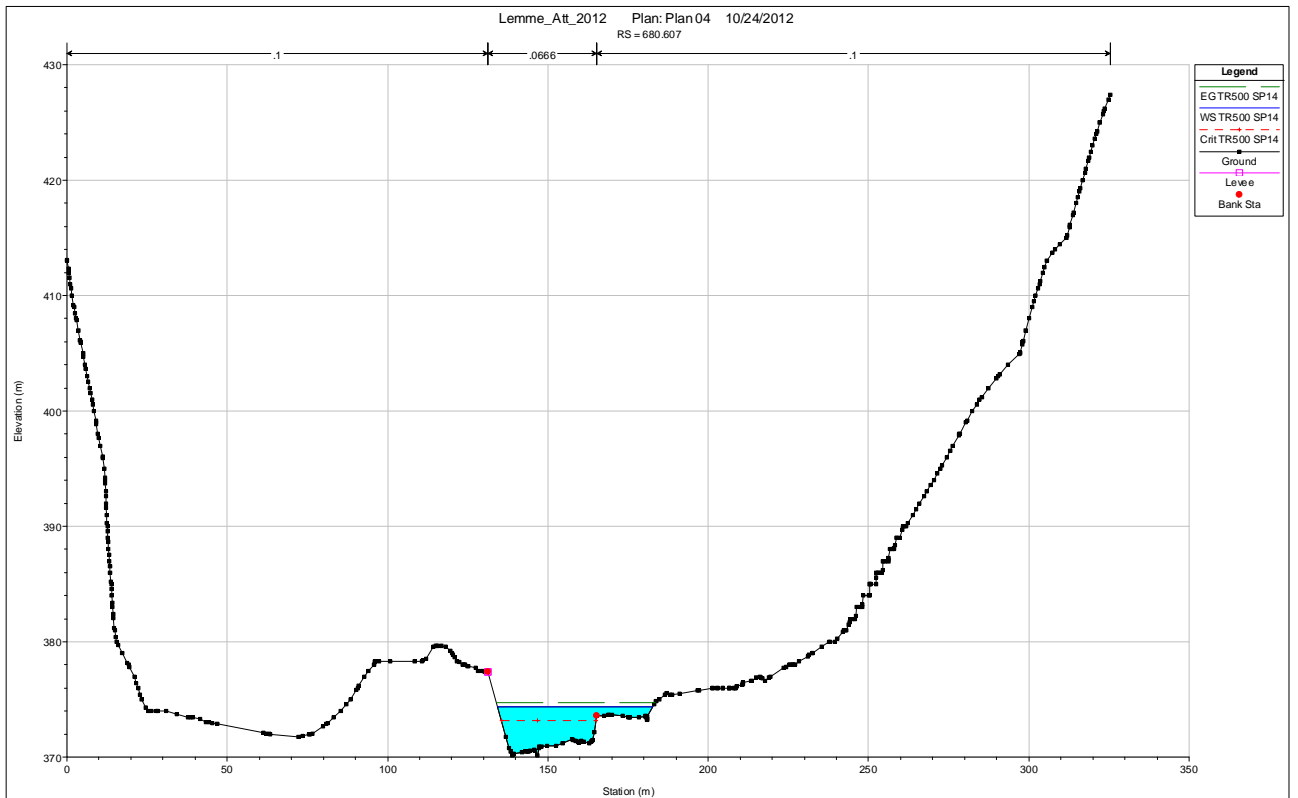
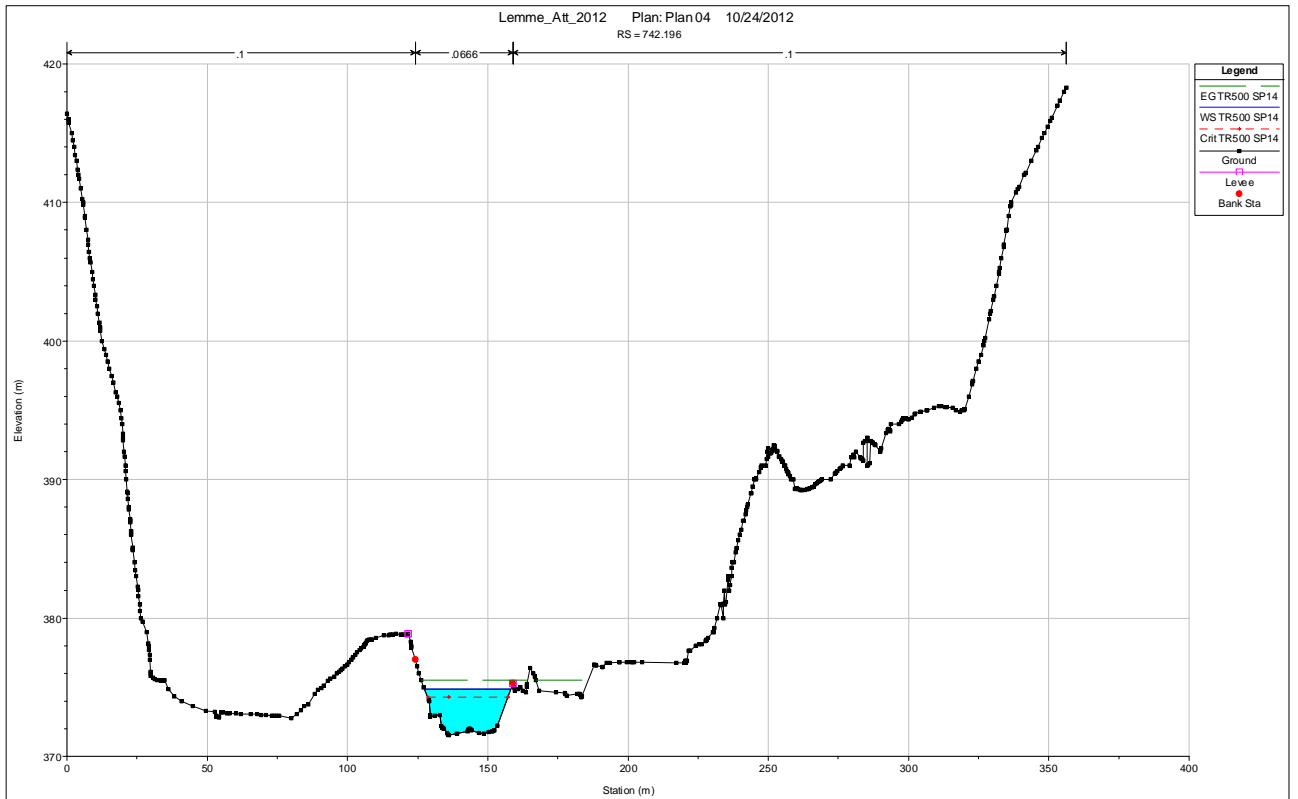
		<i>Tr = 500 anni SP1.4</i>		
<i>River Station</i>	<i>Fondo</i>	<i>Livello</i>	<i>Velocità</i>	<i>N°Froude</i>
	(m)	(m)	(m/s)	
1238.742	378.80	382.13	3.54	0.72
1163.789	378.07	381.16	2.77	0.61
1087.149	376.59	380.45	2.32	0.49
1035.341	375.52	379.82	2.83	0.55
964.263	374.39	378.58	3.74	0.68
844.727	372.07	376.73	3.33	0.68
742.196	371.55	374.87	3.56	0.72
680.607	370.13	374.35	2.72	0.49
615.103	369.26	373.82	2.75	0.47
596.43	369.25	373.52	3.21	0.55
591.93	Soglia			
591.431	367.23	372.10	3.31	0.54
583.343	366.50	372.07	3.12	0.49
546.555	366.54	371.34	3.87	0.65
476.543	365.81	371.02	2.76	0.43
443.427	365.61	370.67	3.10	0.49
417.806	365.76	370.27	3.47	0.58
402.166	365.63	370.15	3.25	0.55
383.673	365.20	370.02	3.06	0.50
362.7	364.82	369.73	3.34	0.55
337.439	364.73	369.11	3.97	0.69
315.492	364.84	368.10	4.92	0.98
273.484	364.03	368.29	2.32	0.41
233.56	362.93	367.63	3.38	0.57
209.689	362.82	367.59	2.65	0.45
199.689	362.78	367.59	2.36	0.40
196	Ponte			
193.69	362.67	366.54	3.49	0.67
178.689	362.39	366.02	4.07	0.83
158.118	362.00	365.81	3.40	0.66
118.683	361.10	364.79	4.10	0.81

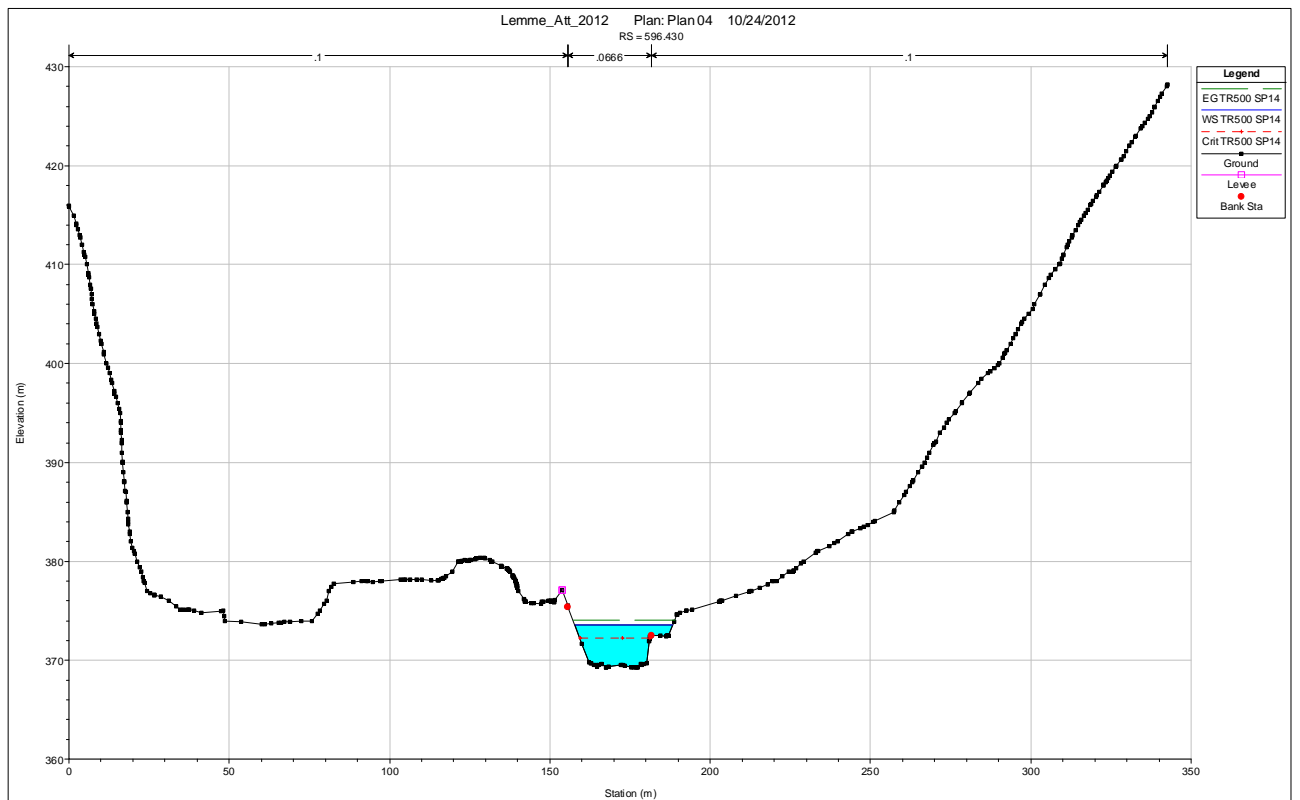
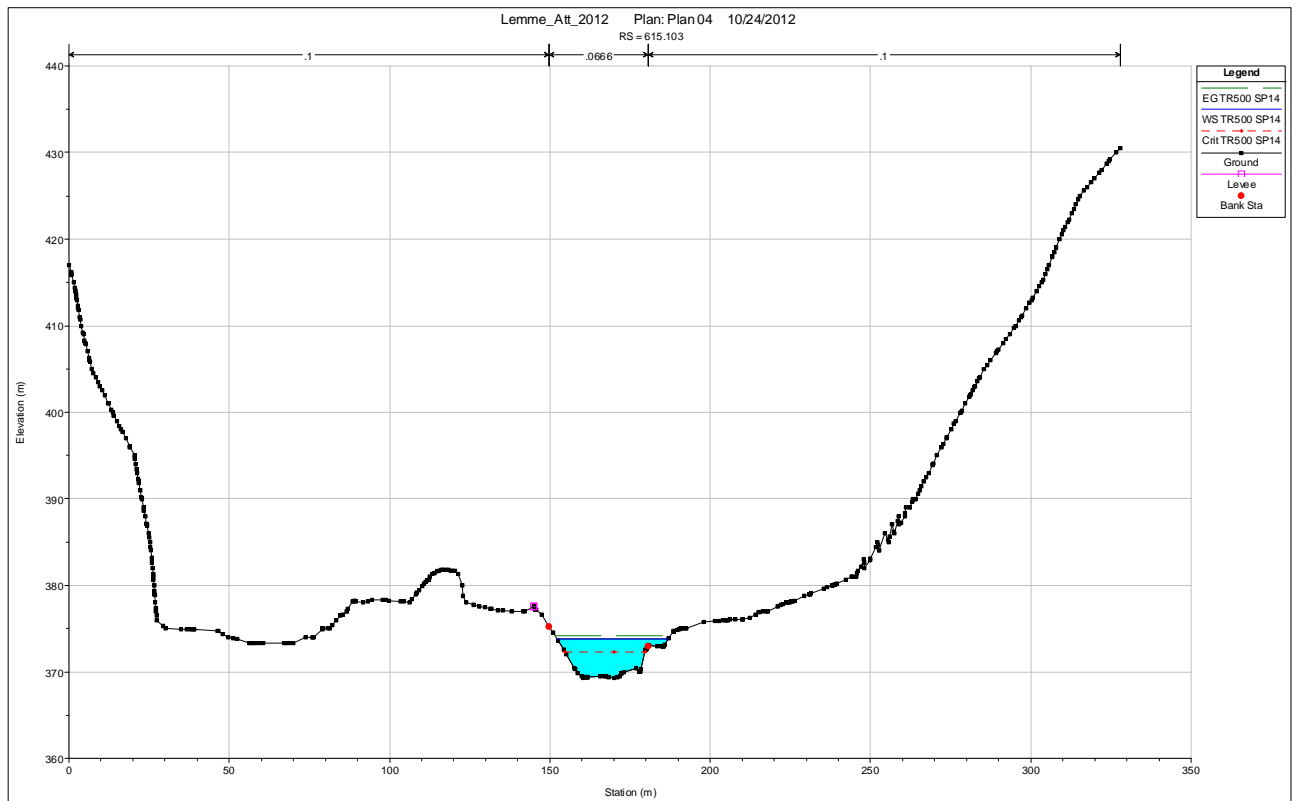
84.832	360.19	363.81	4.32	0.90
55.661	358.42	363.02	4.20	0.86
12.363	357.73	362.34	3.45	0.67

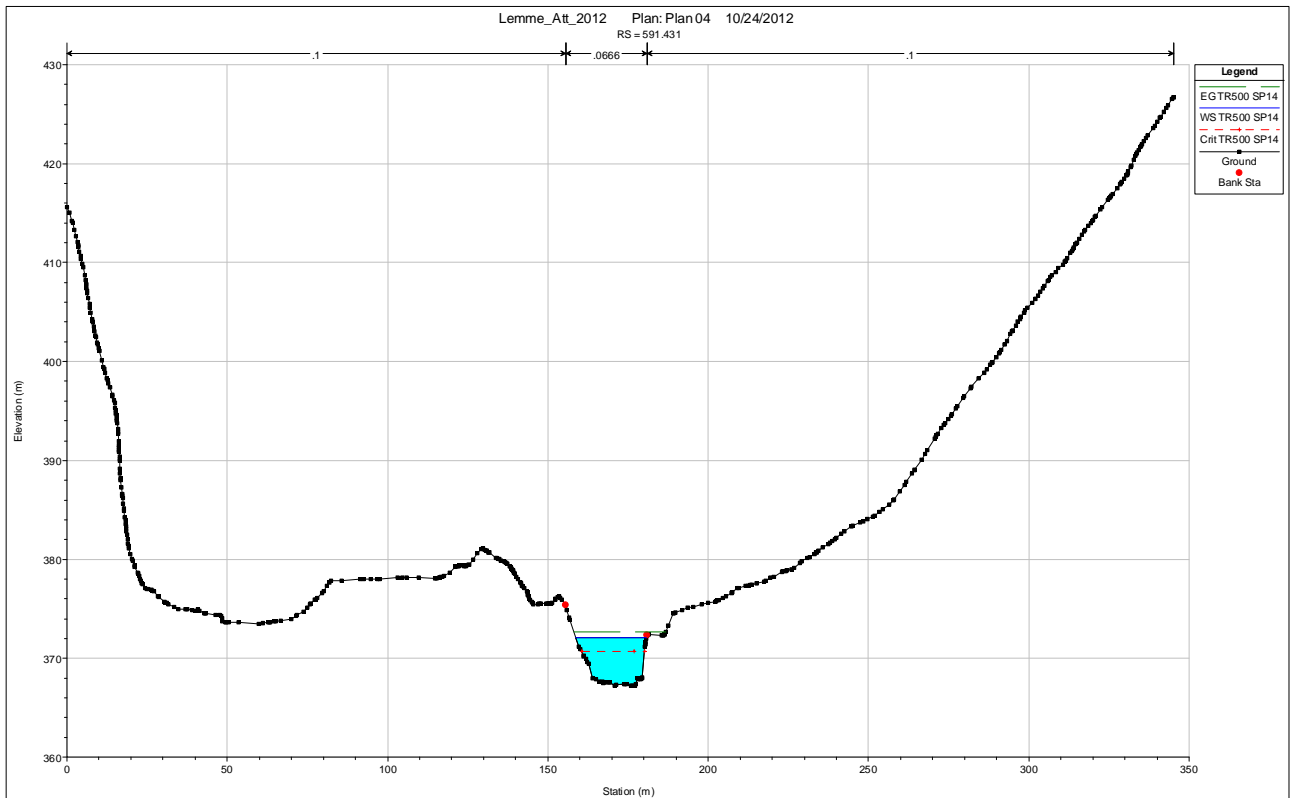
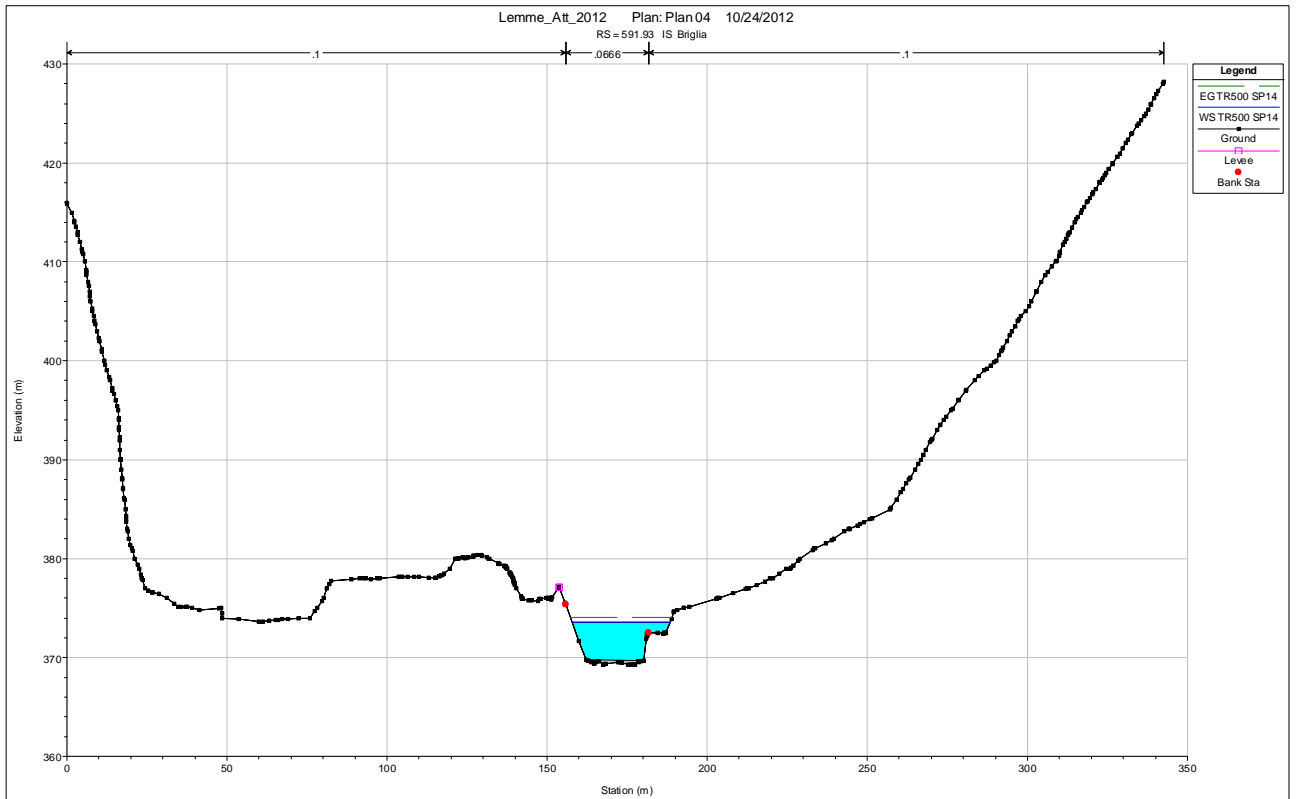


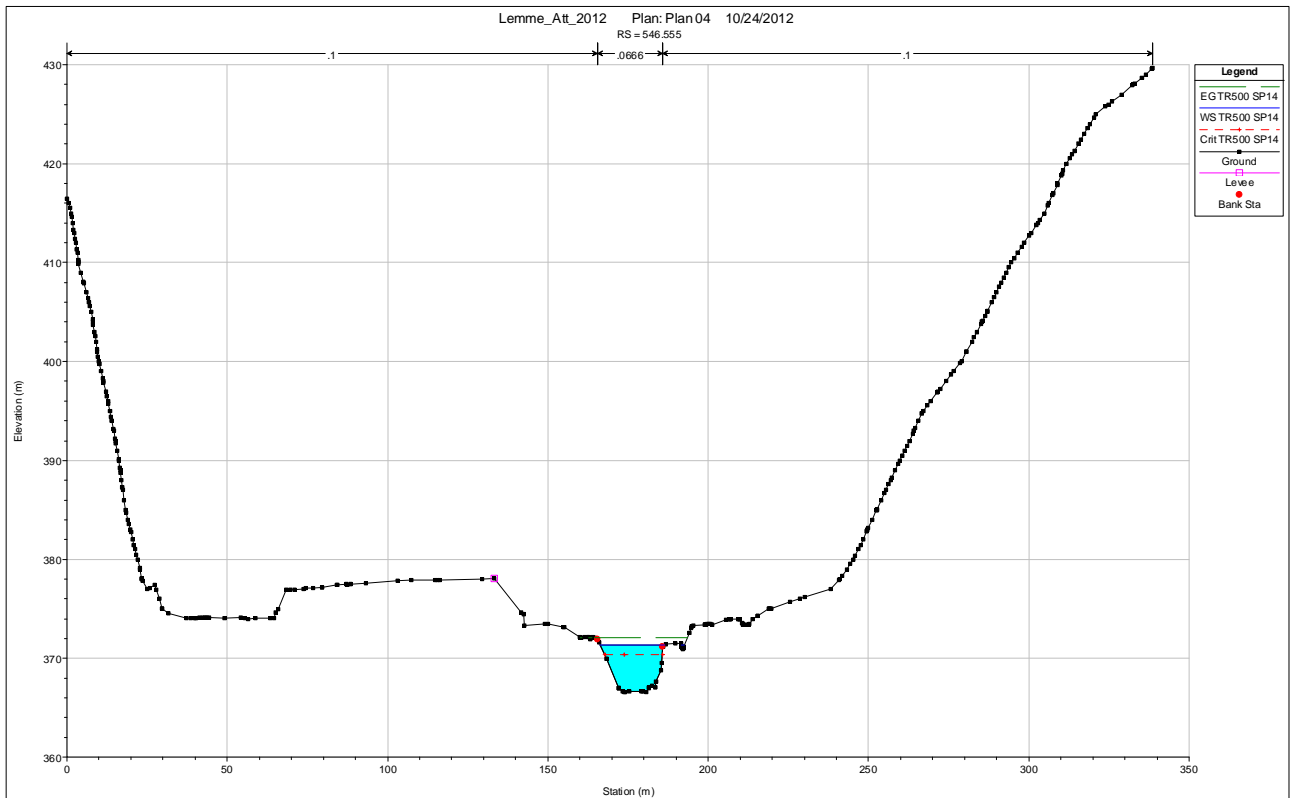
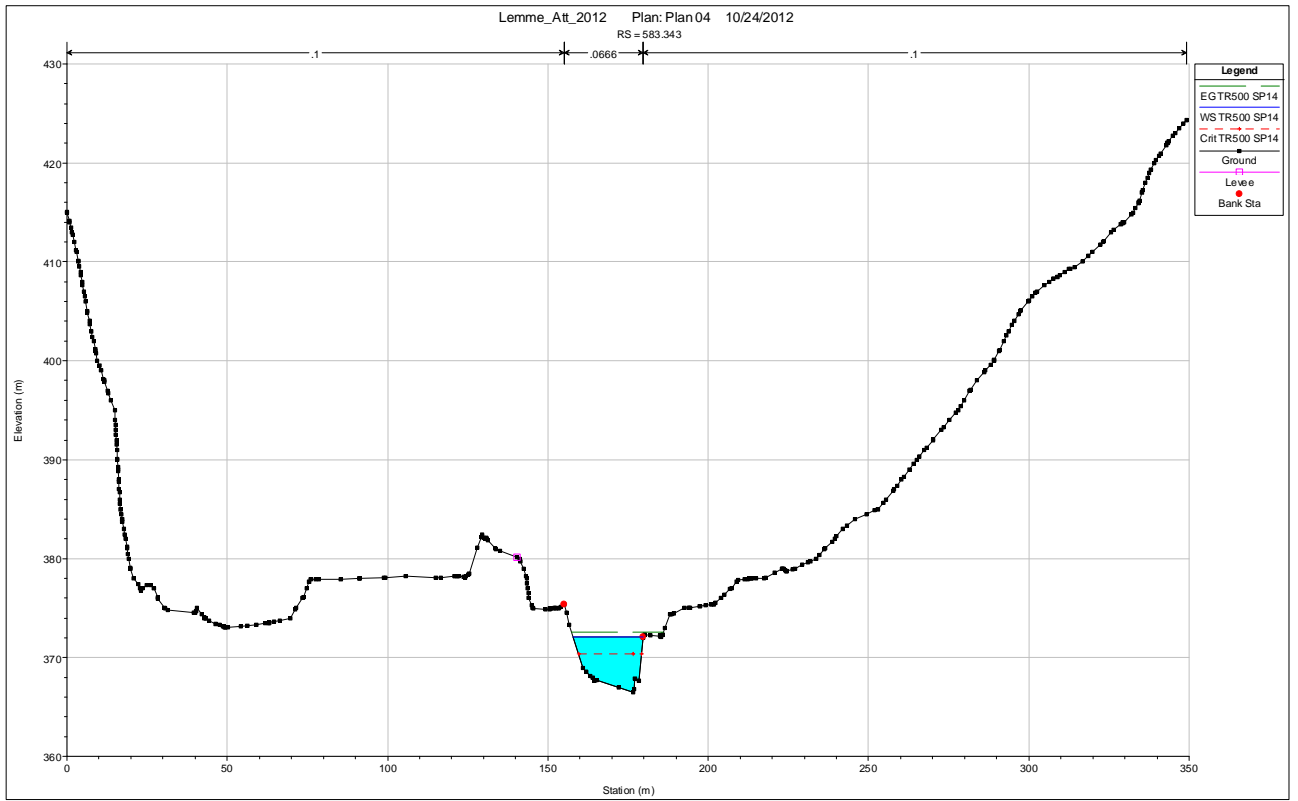


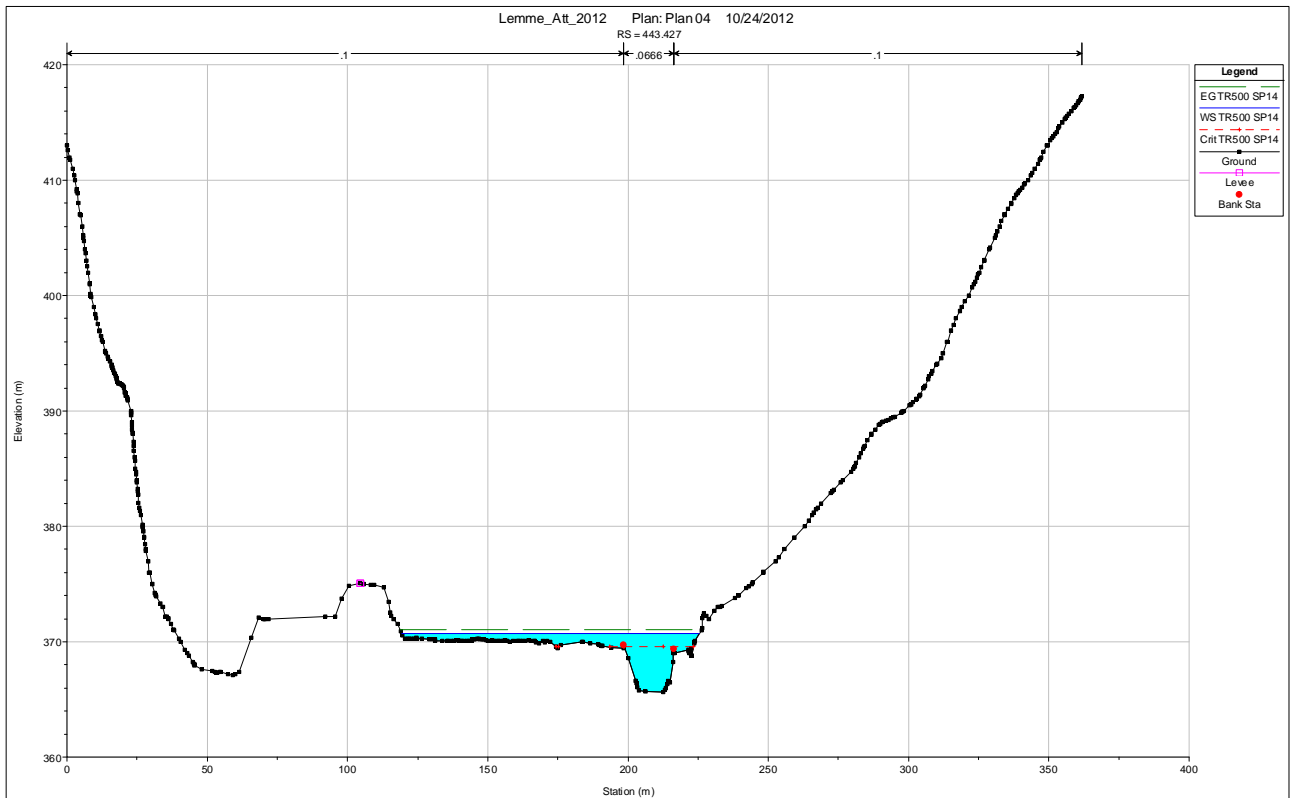
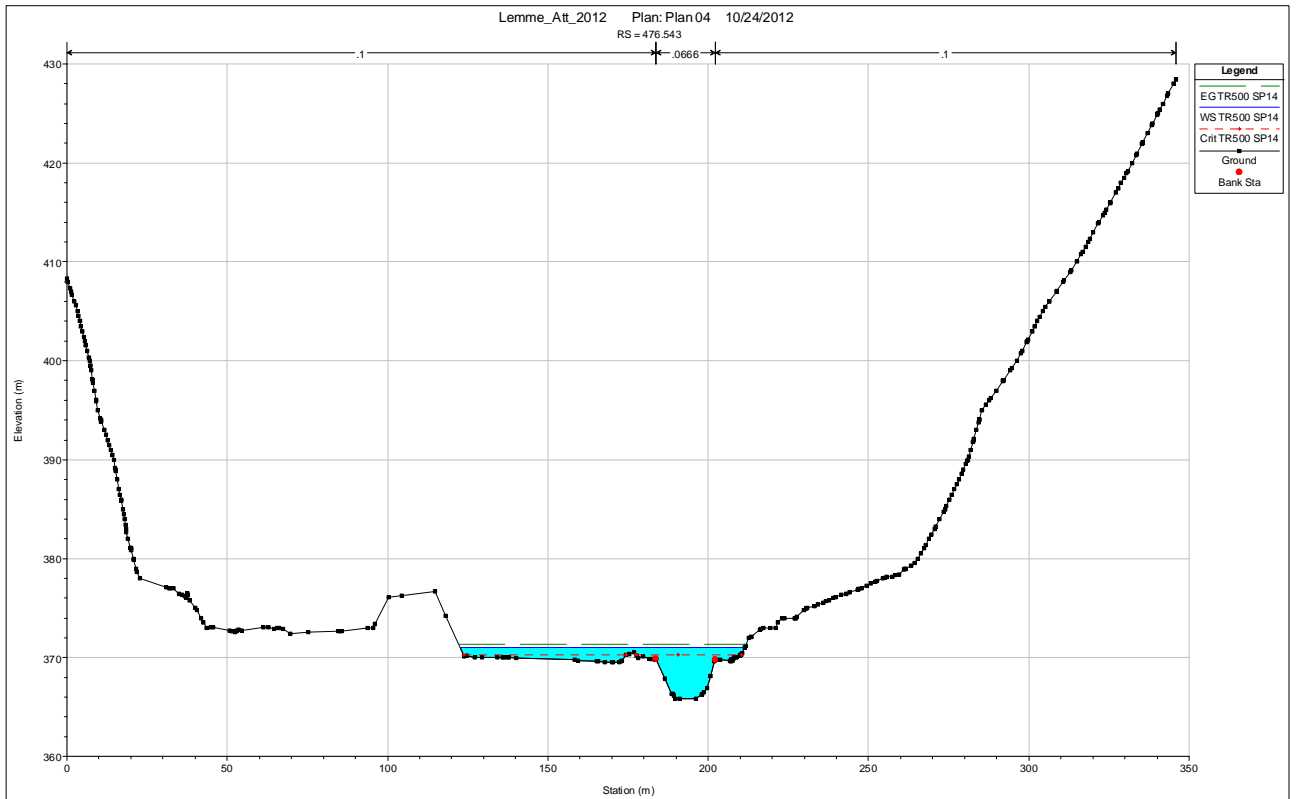


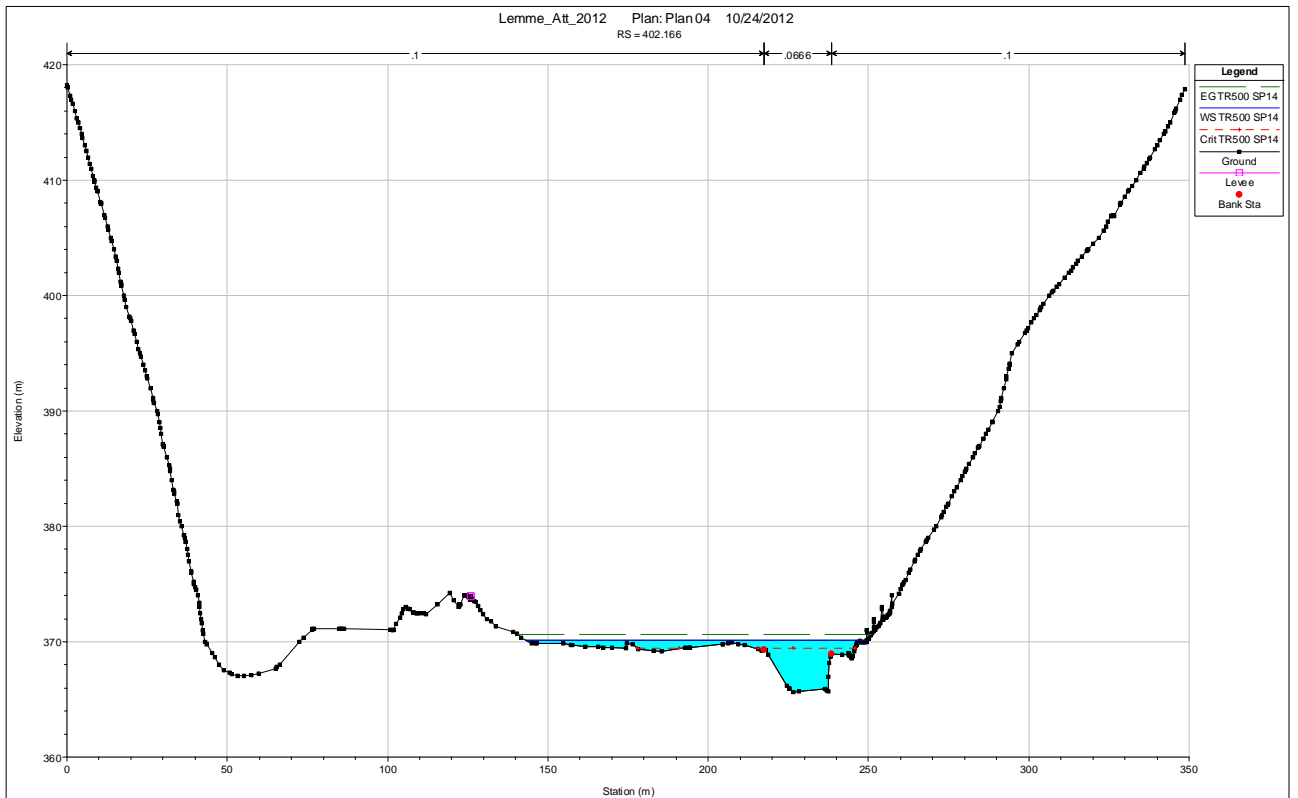
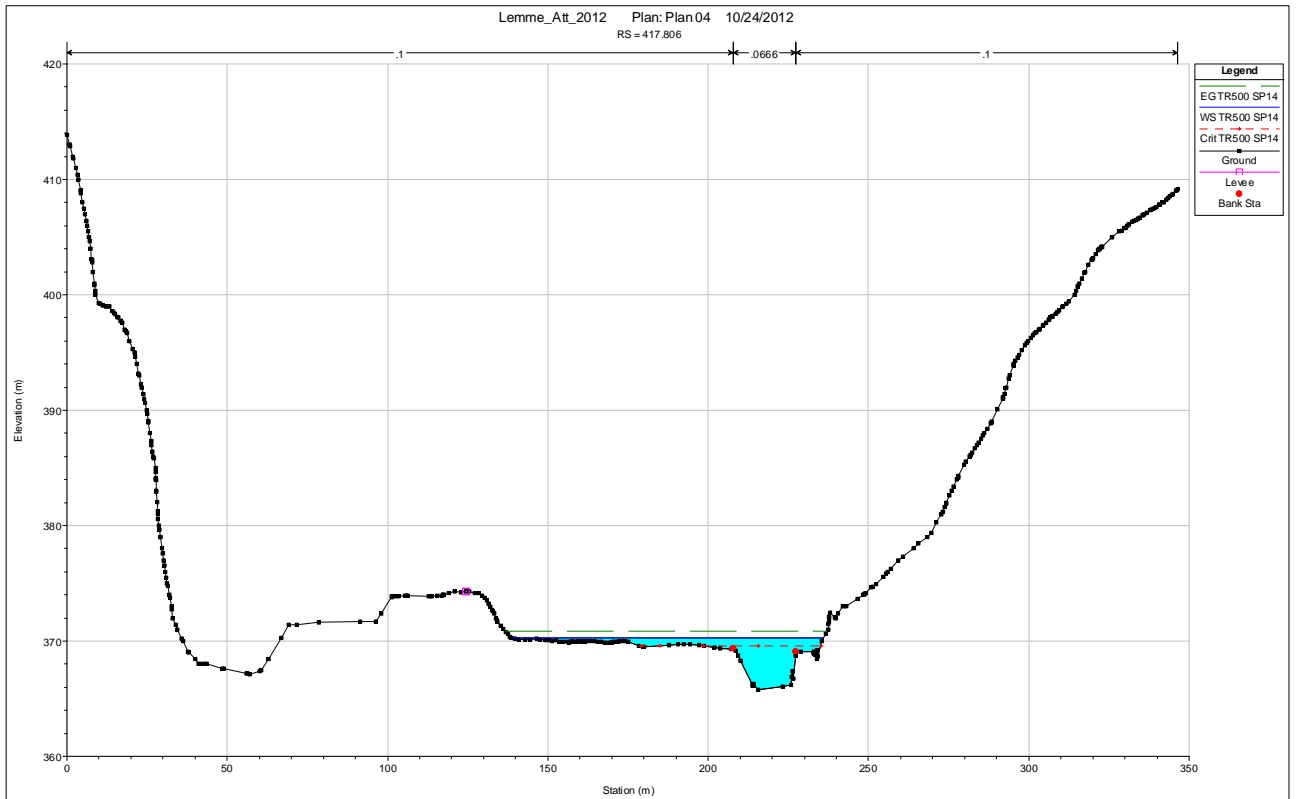


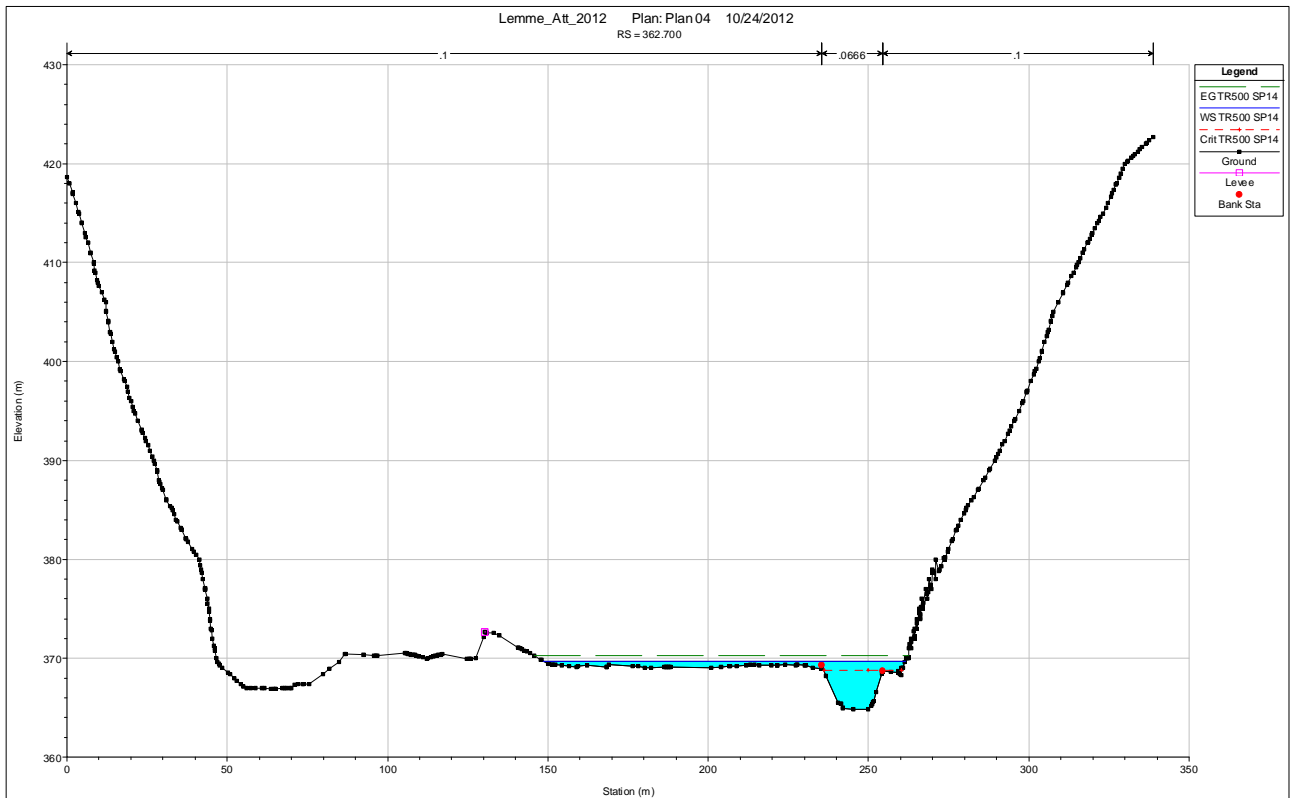
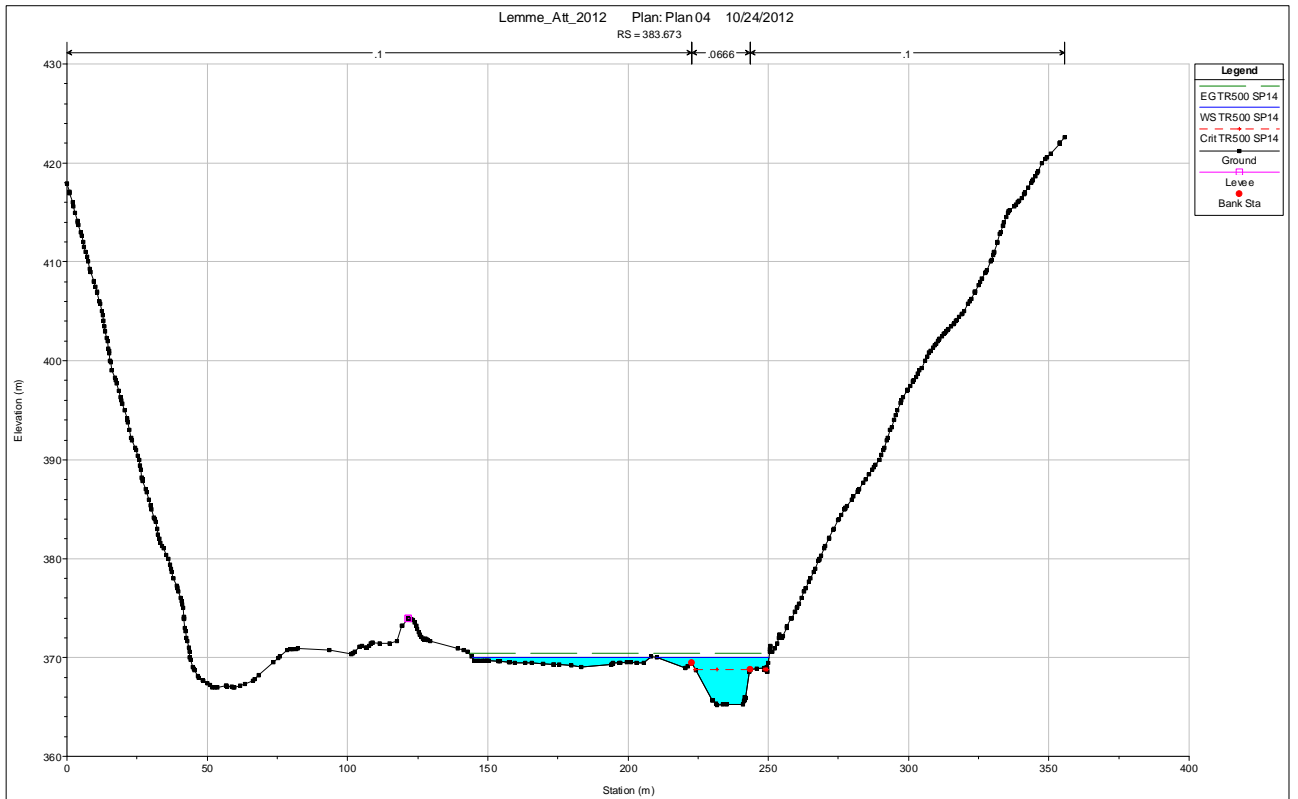


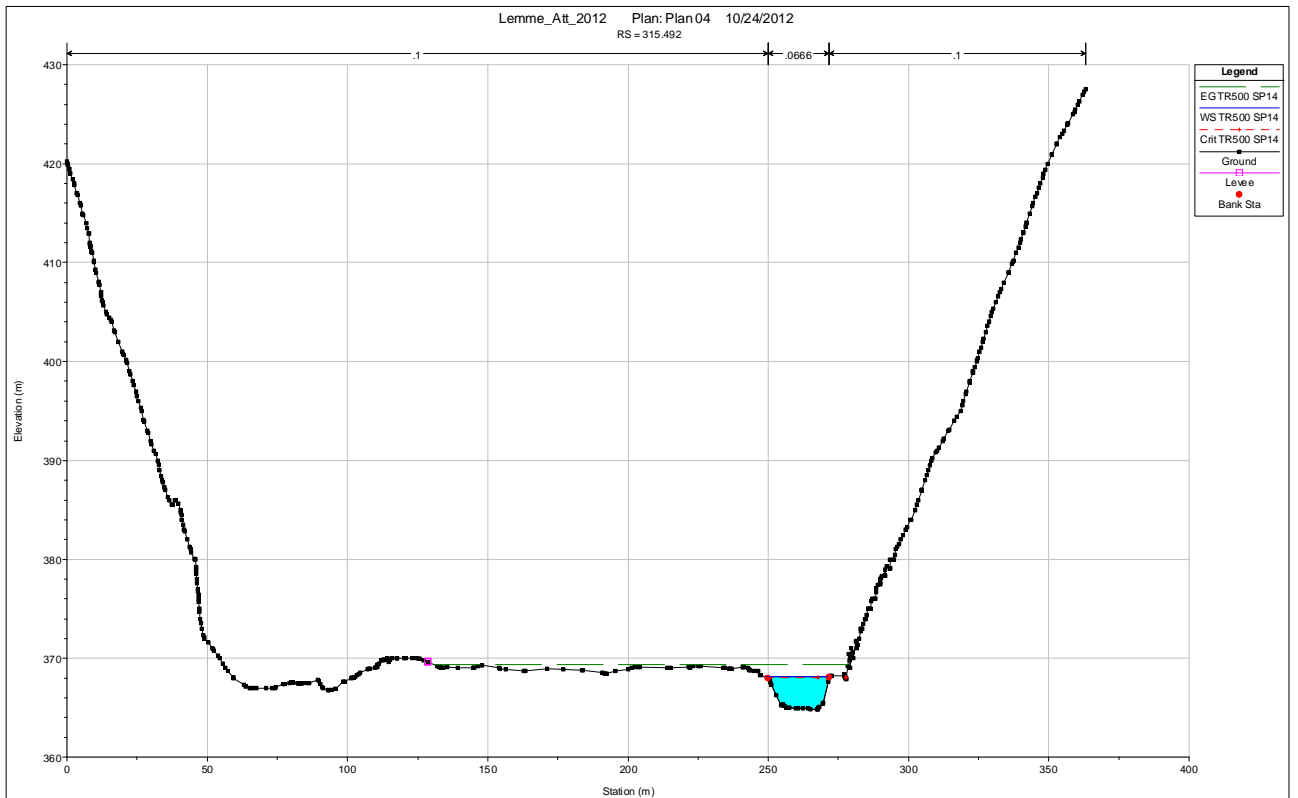
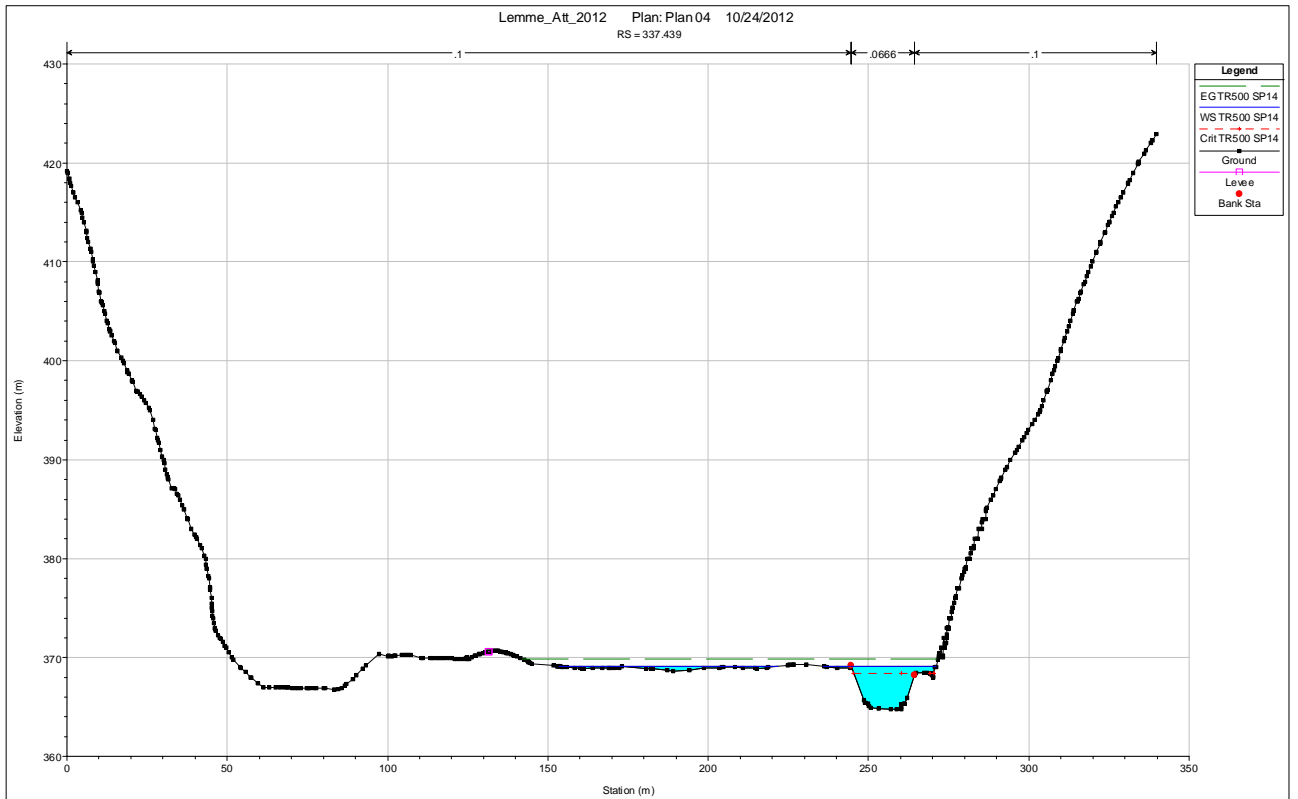


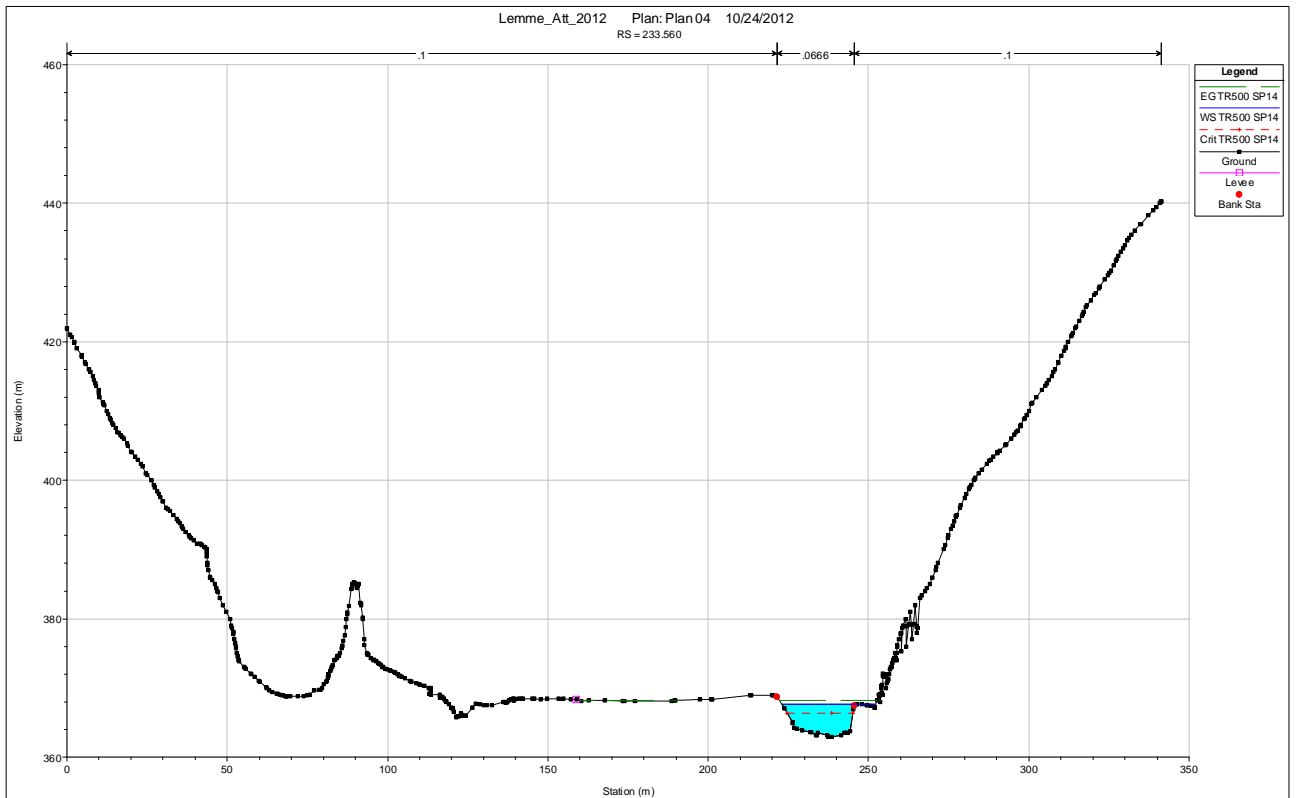
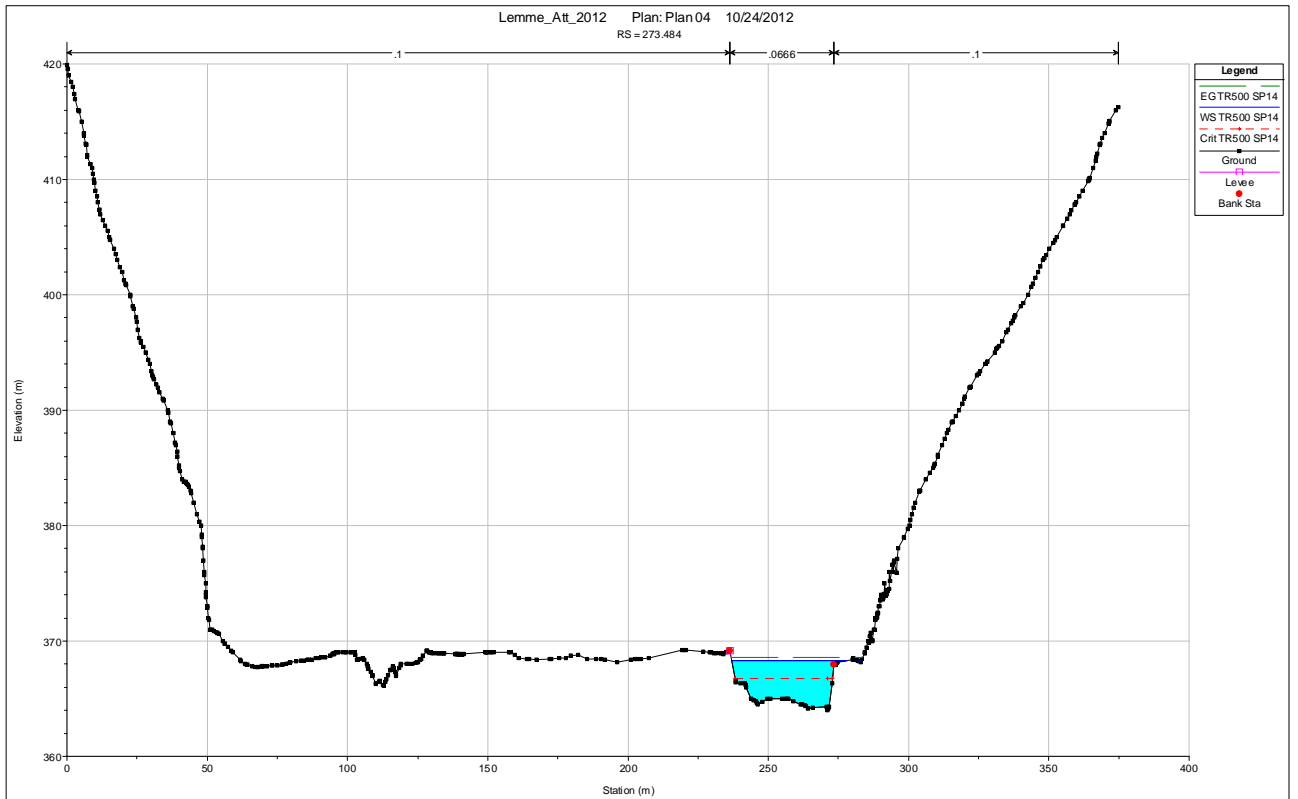


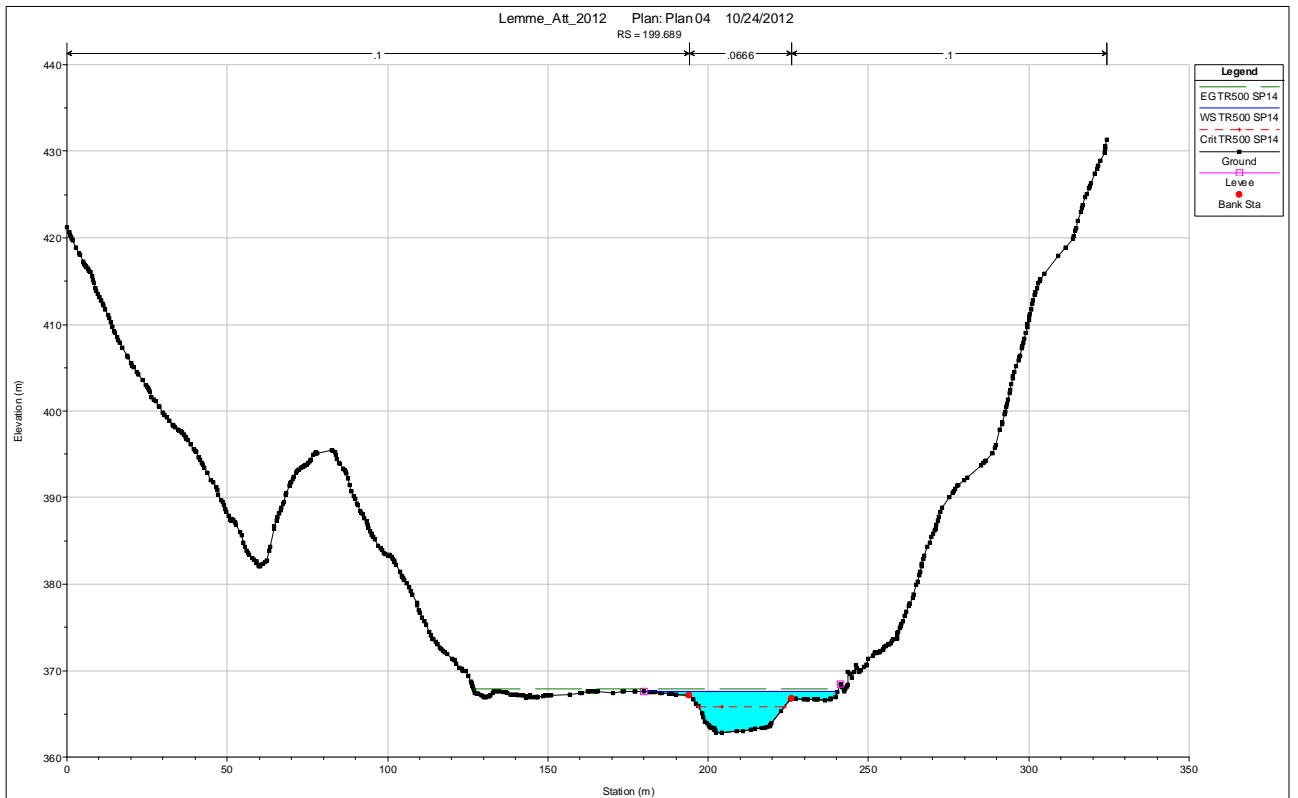
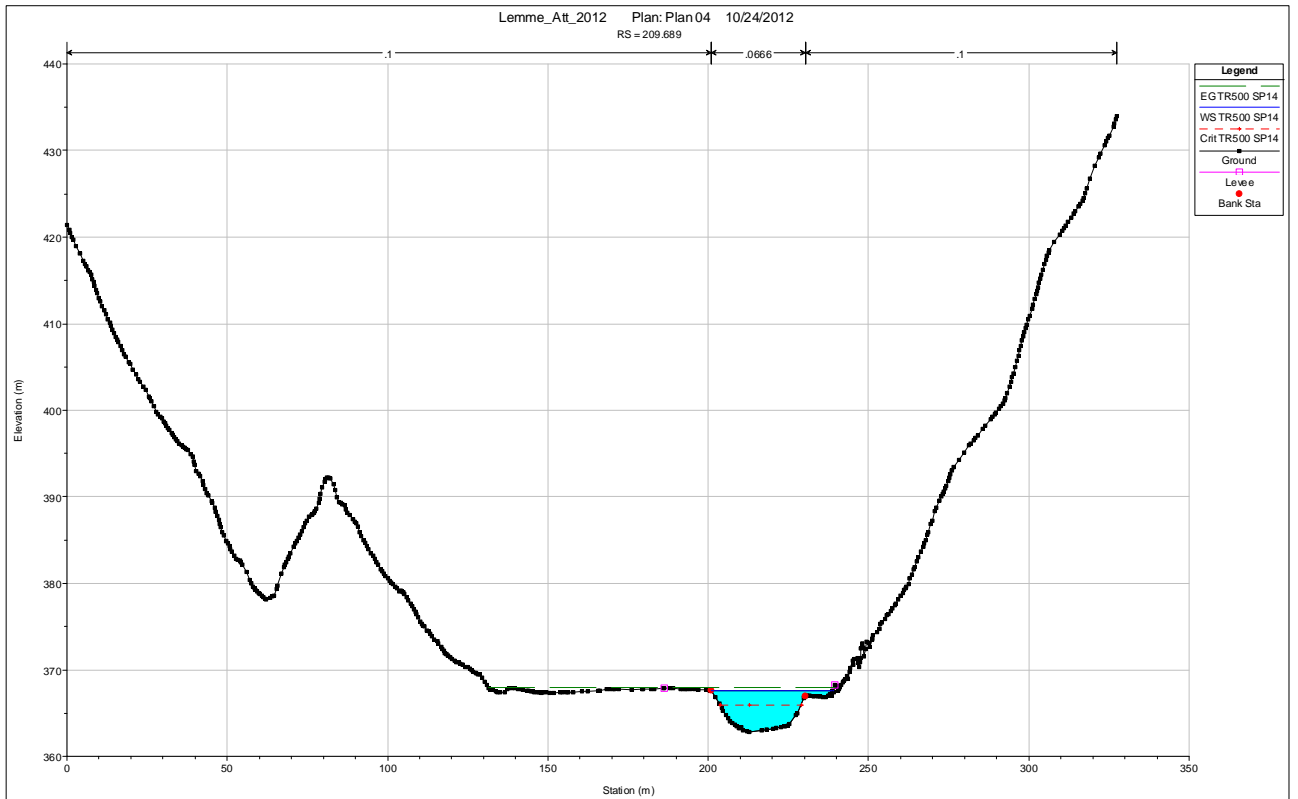


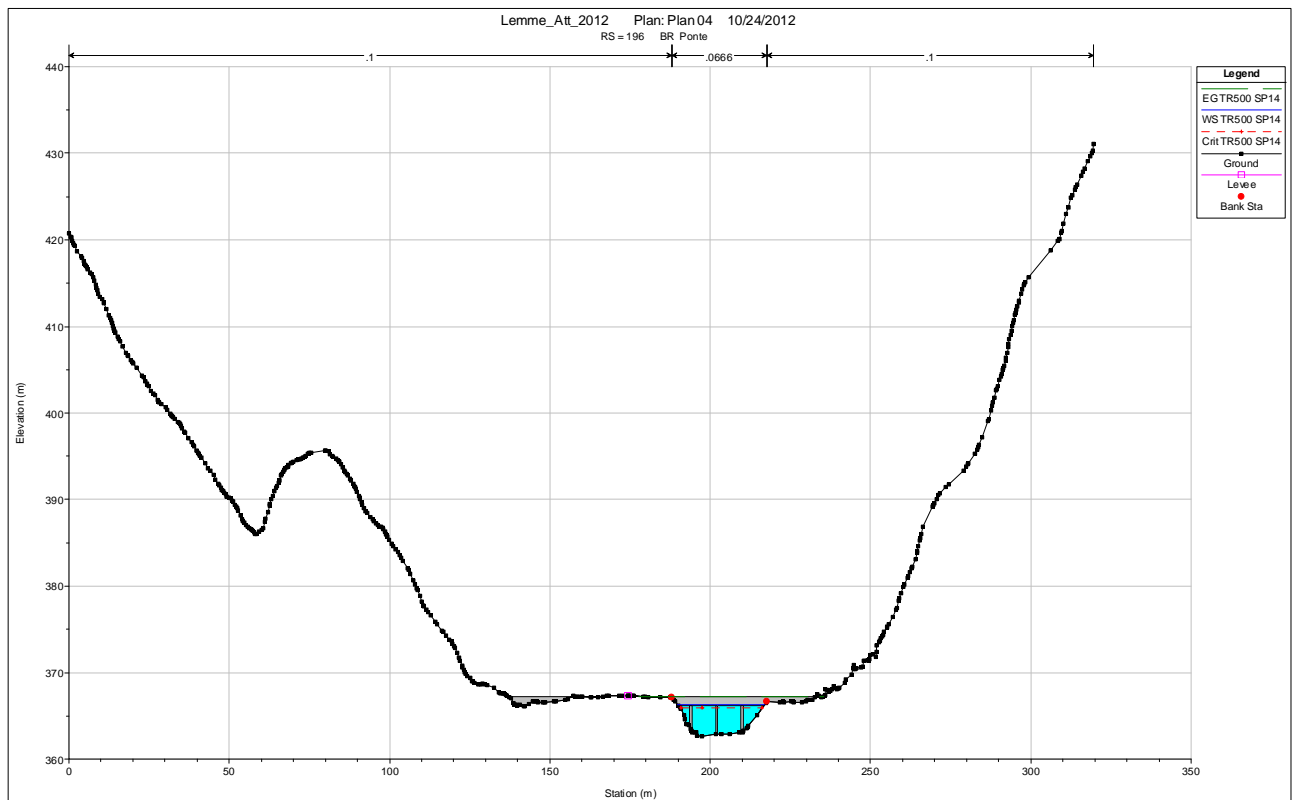
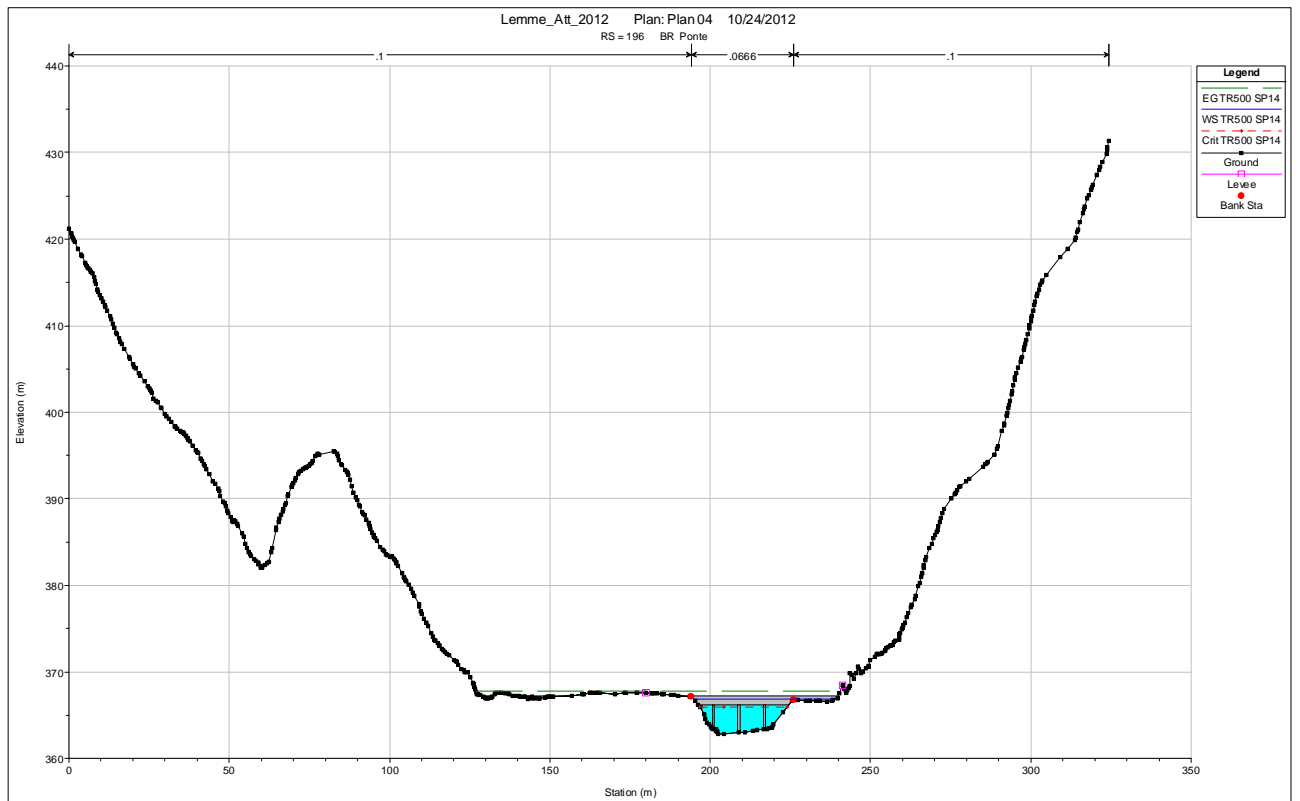


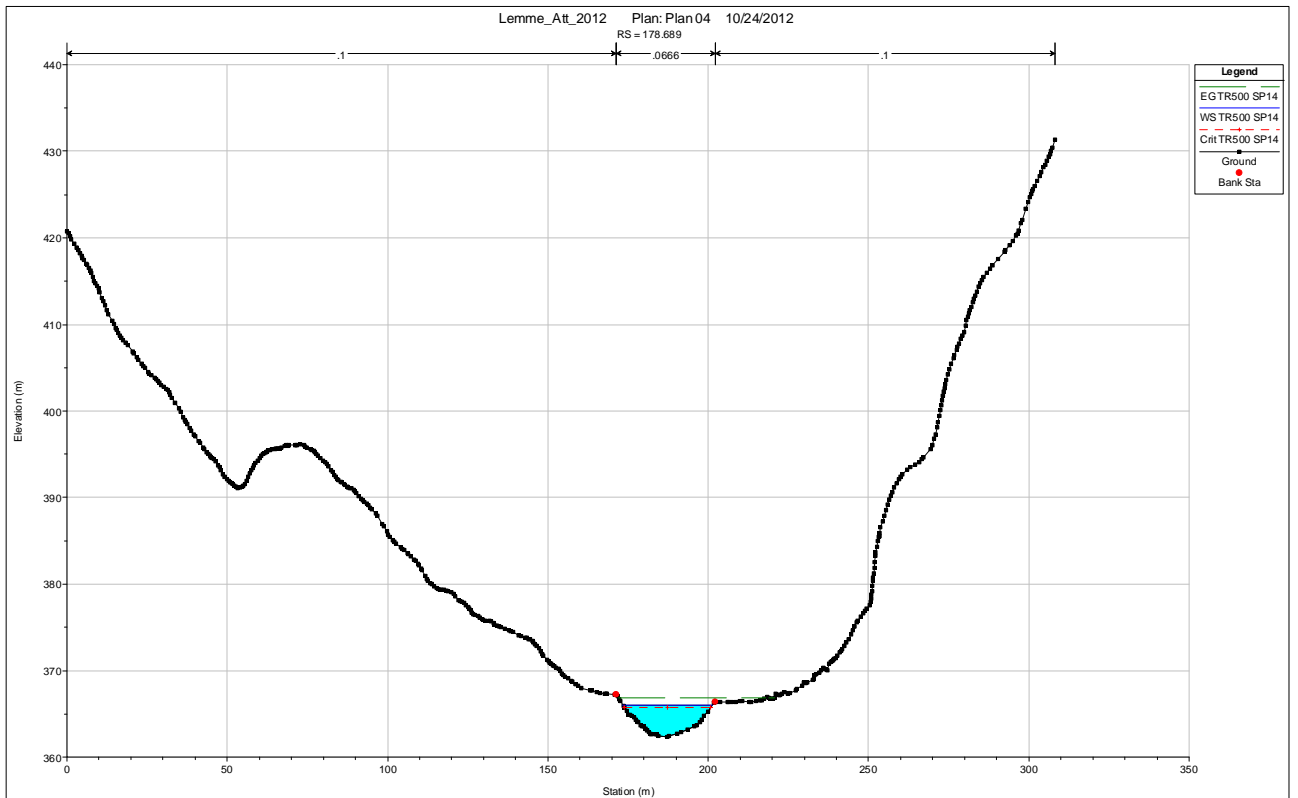
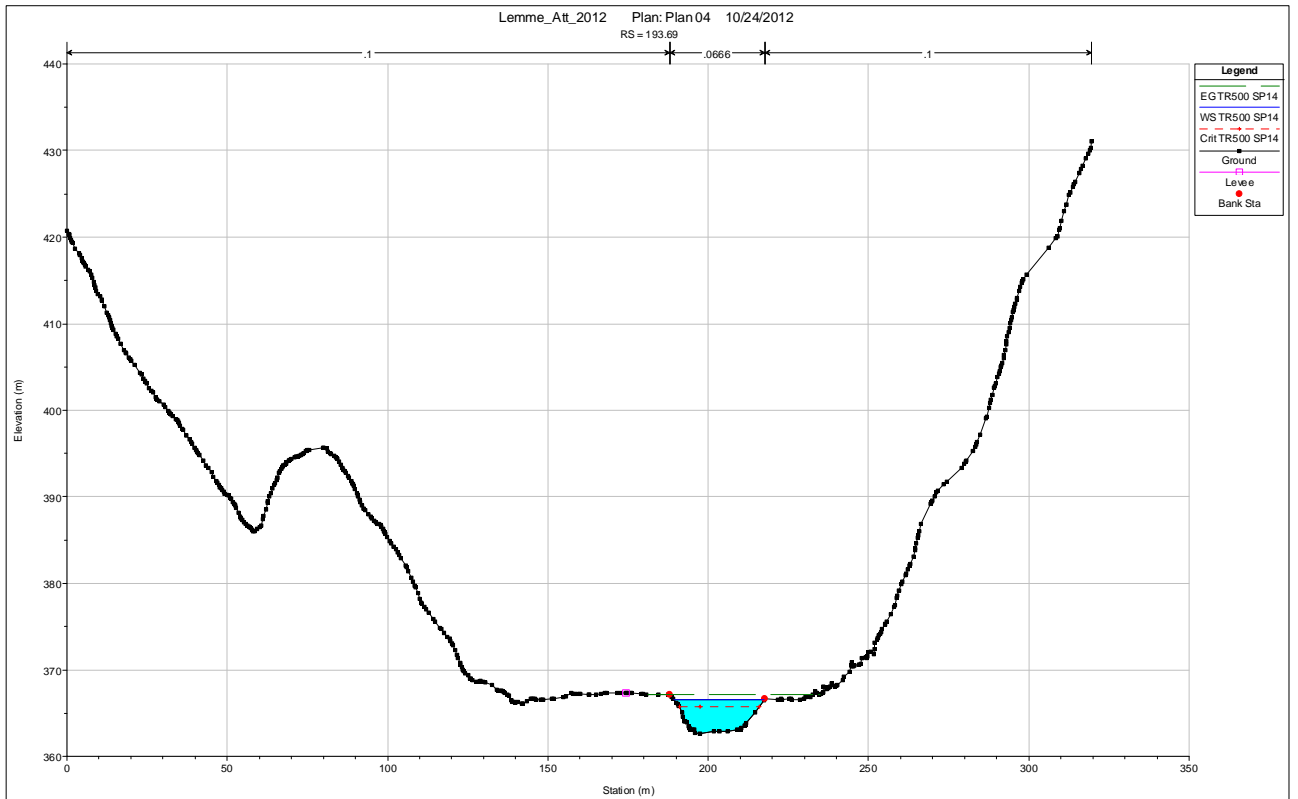


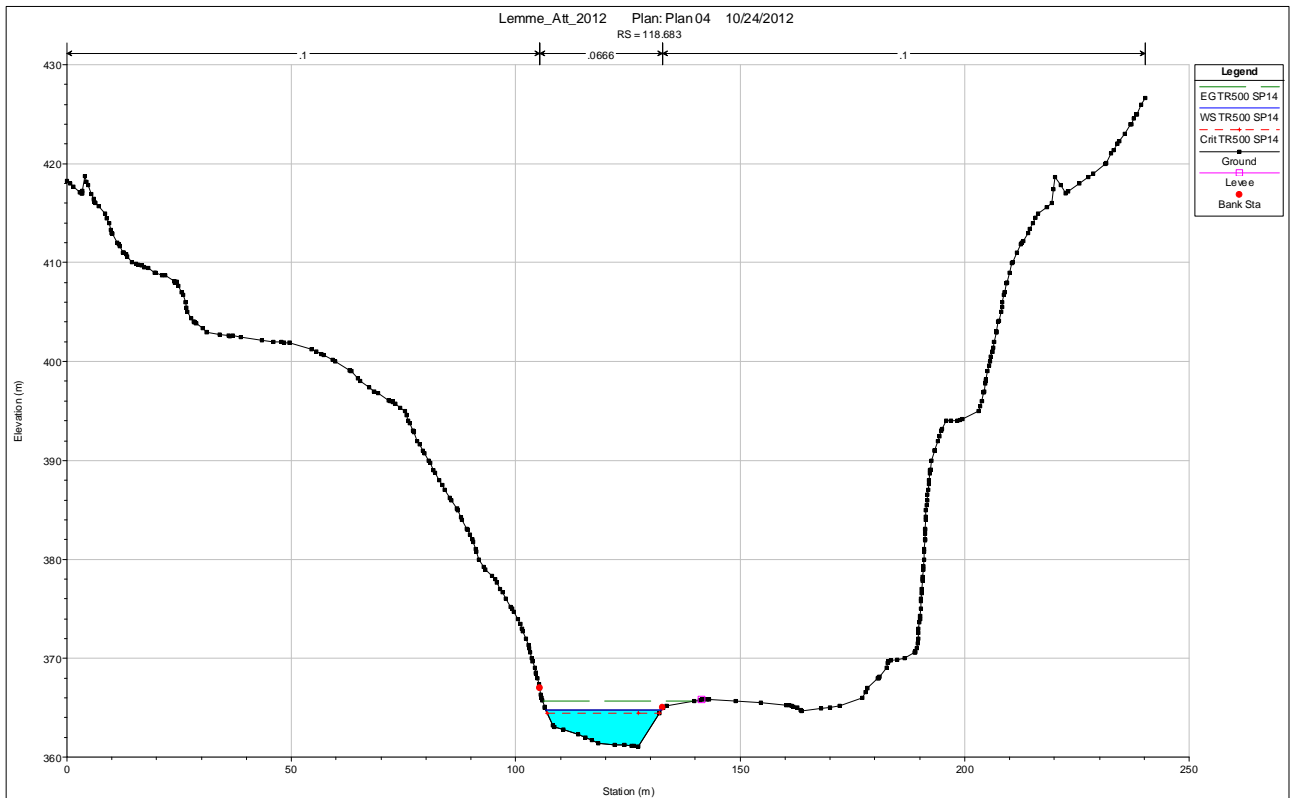
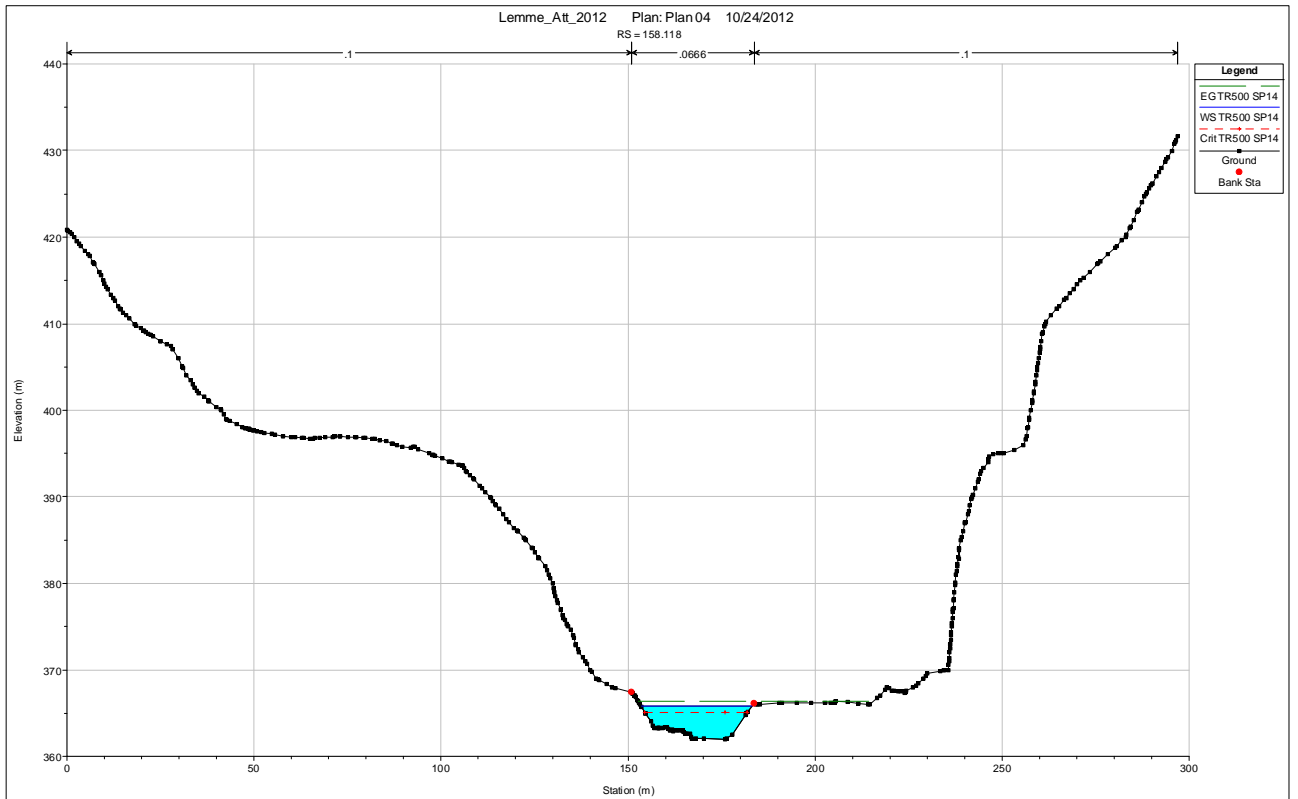


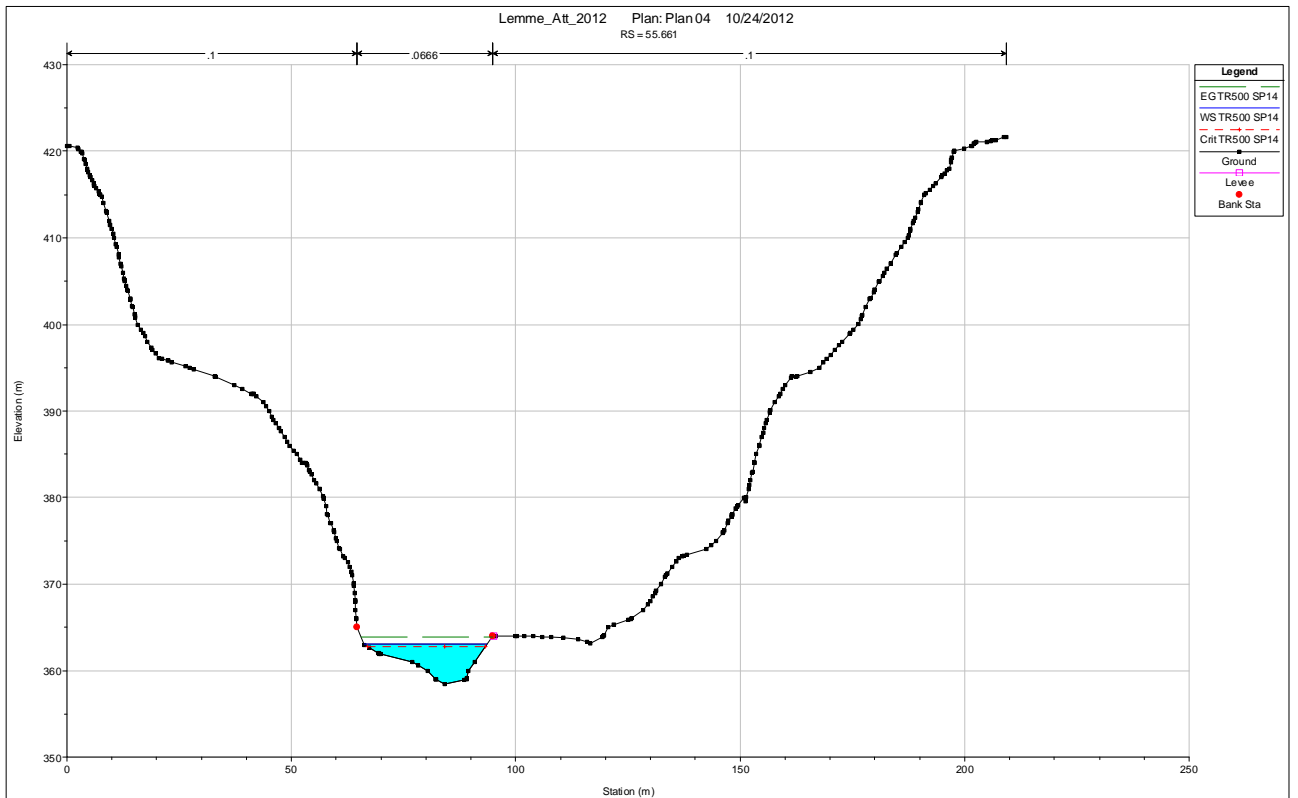
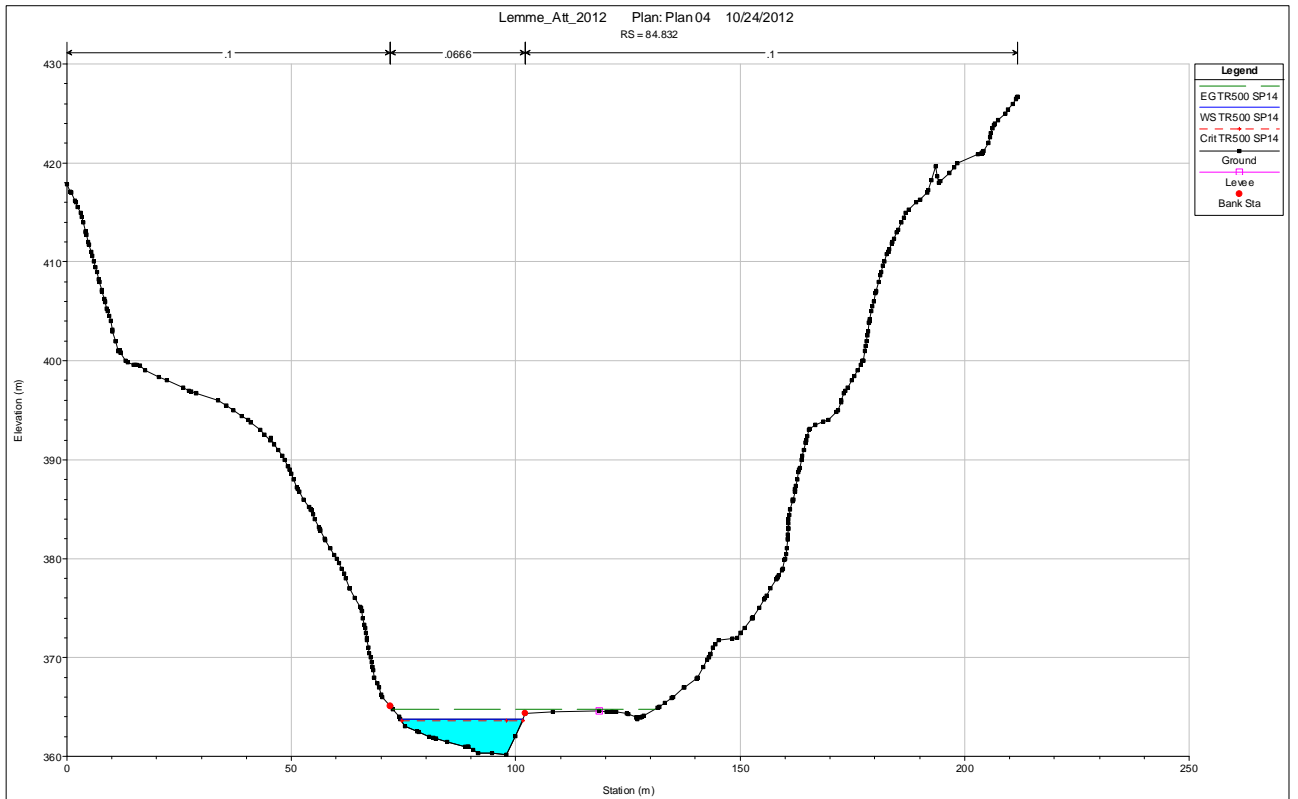


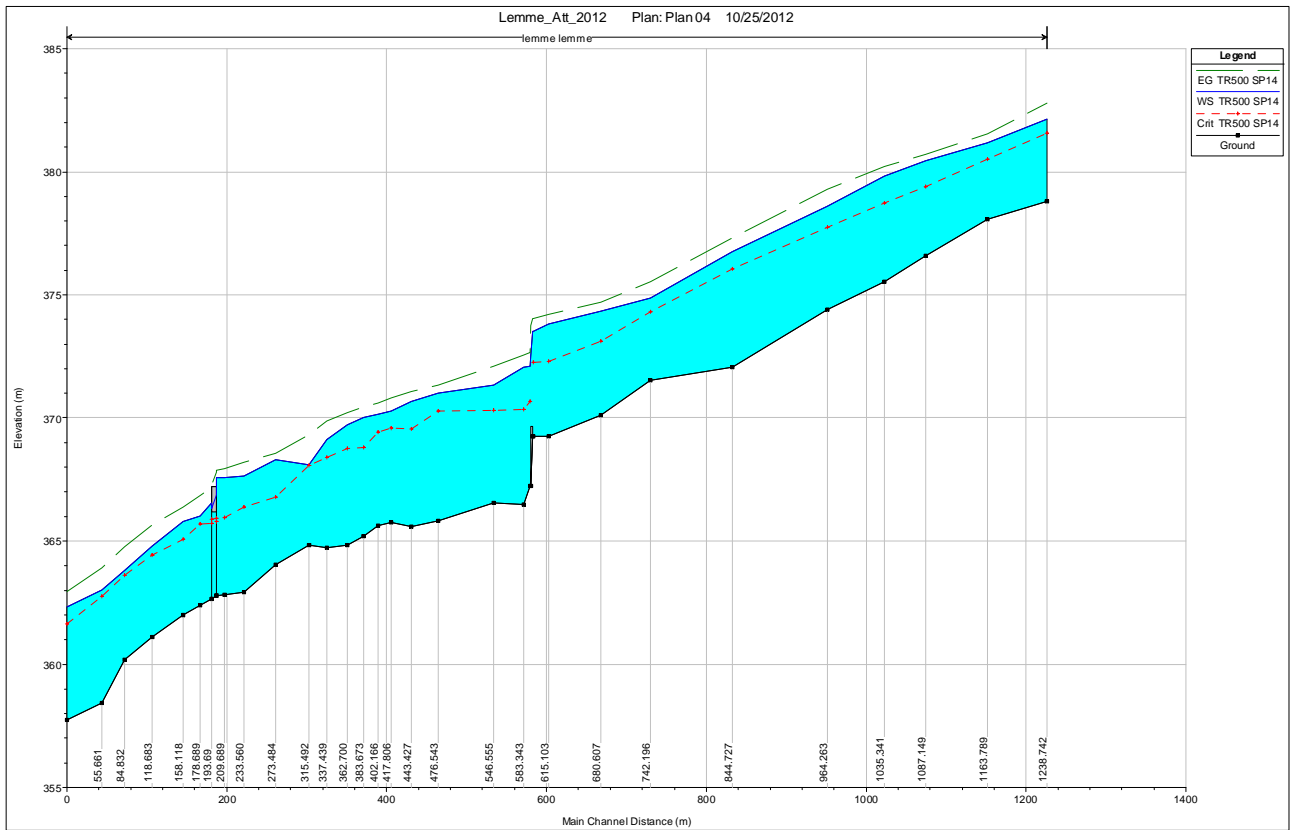
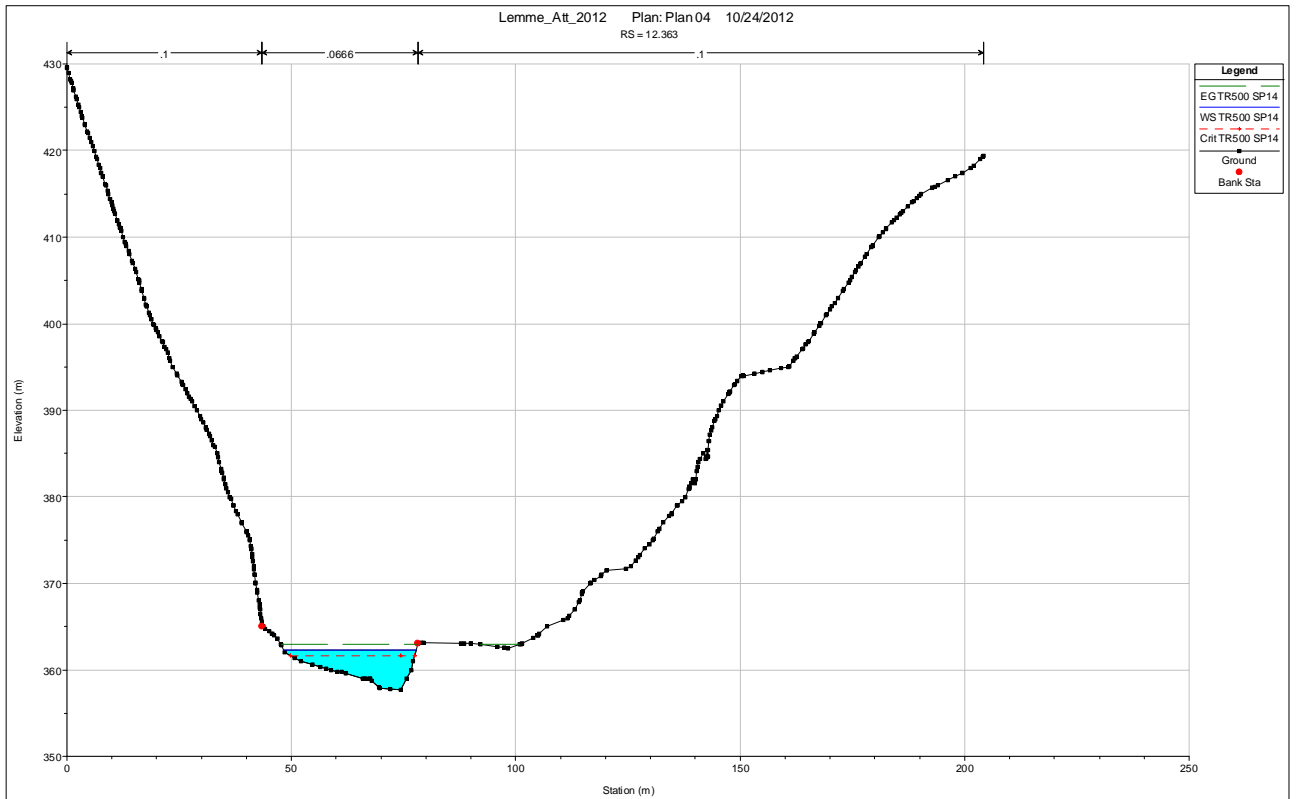












ALLEGATO 3

Risultati modello monodimensionale

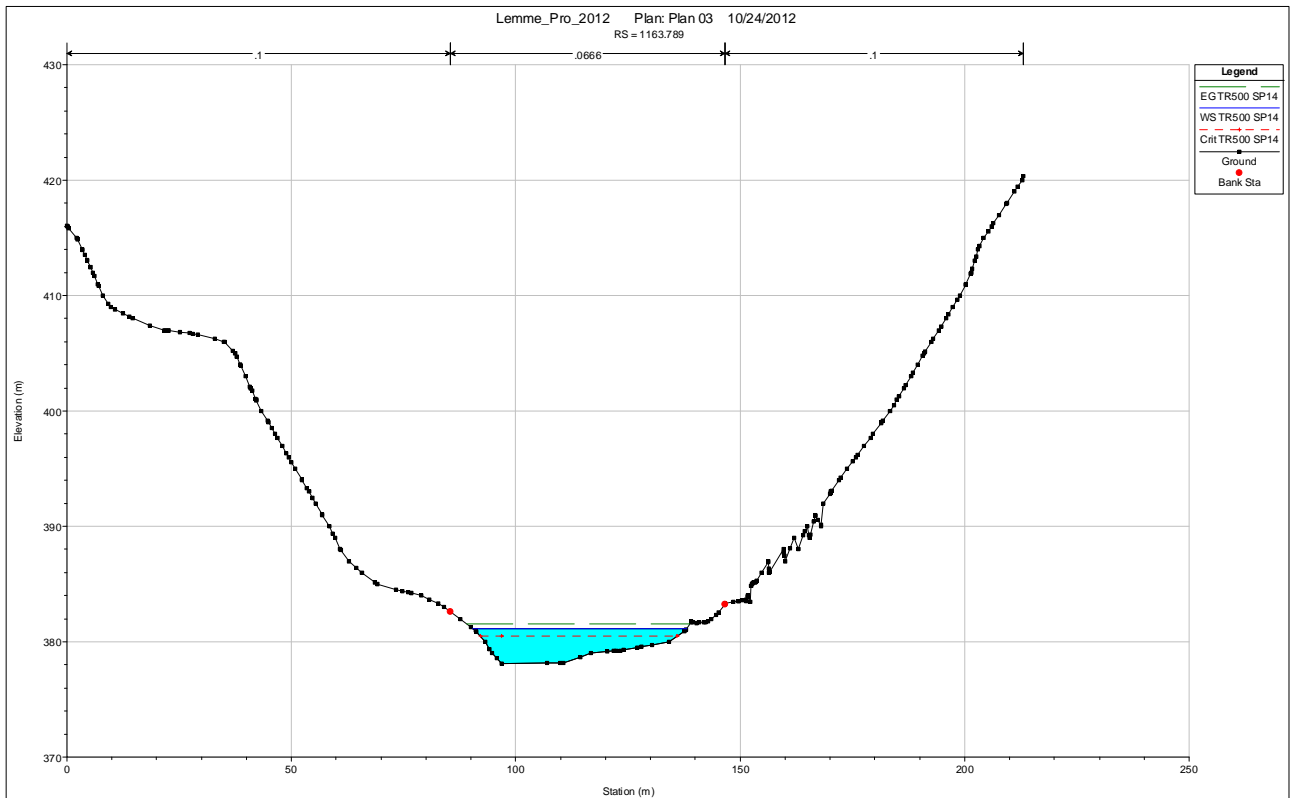
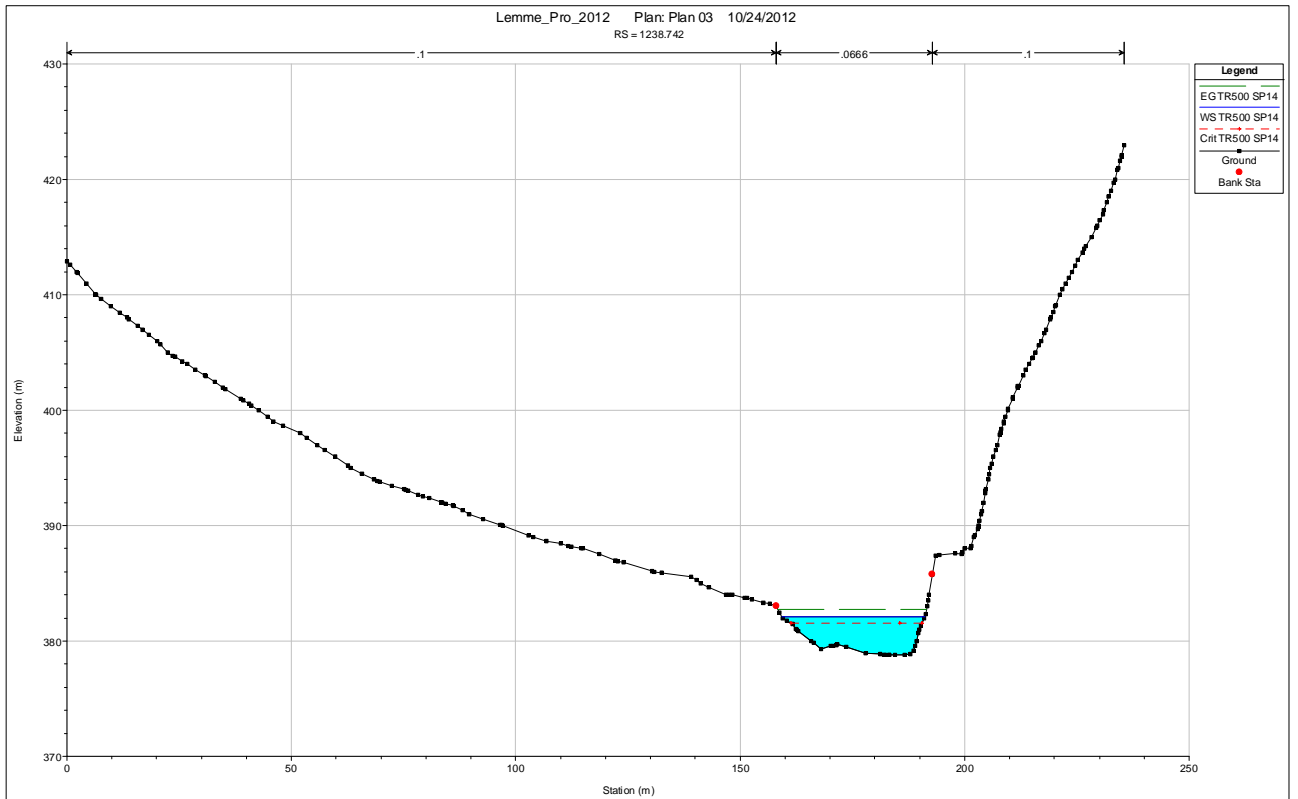
Stato di progetto

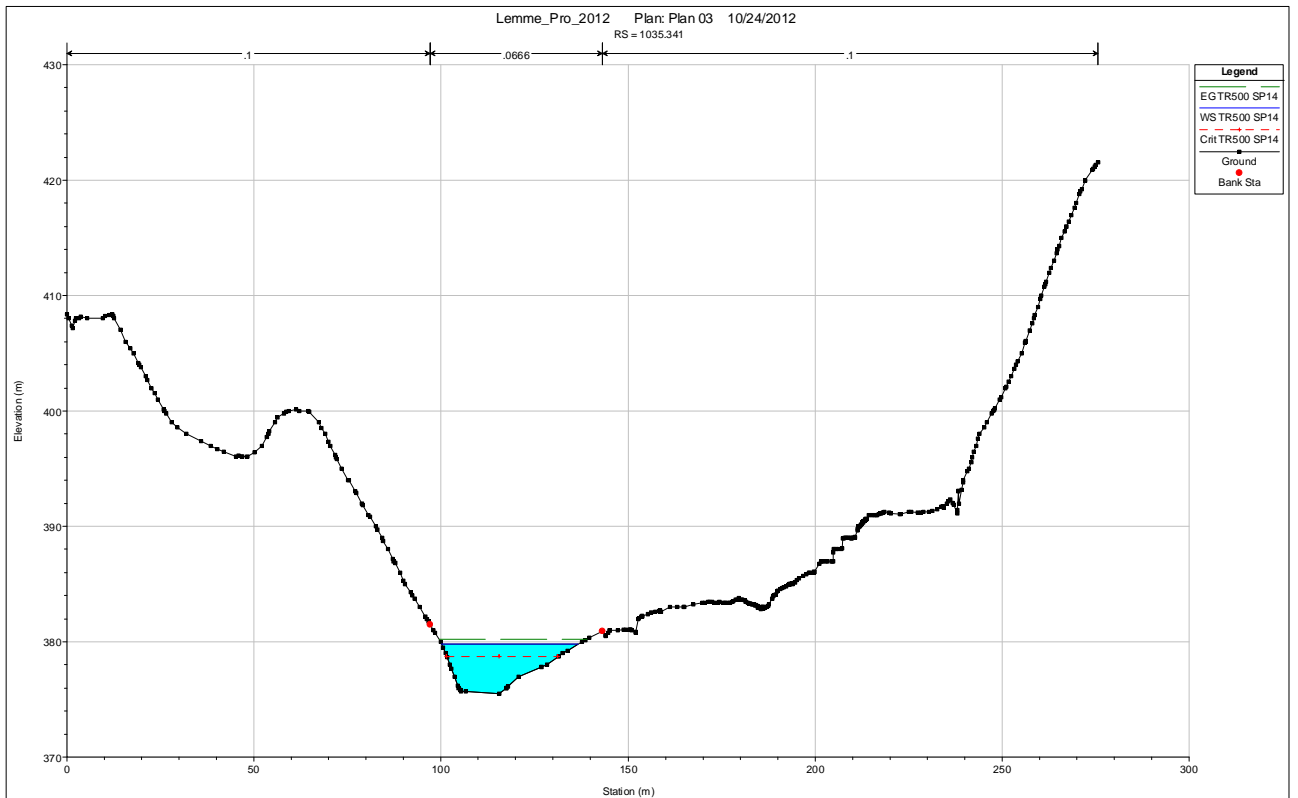
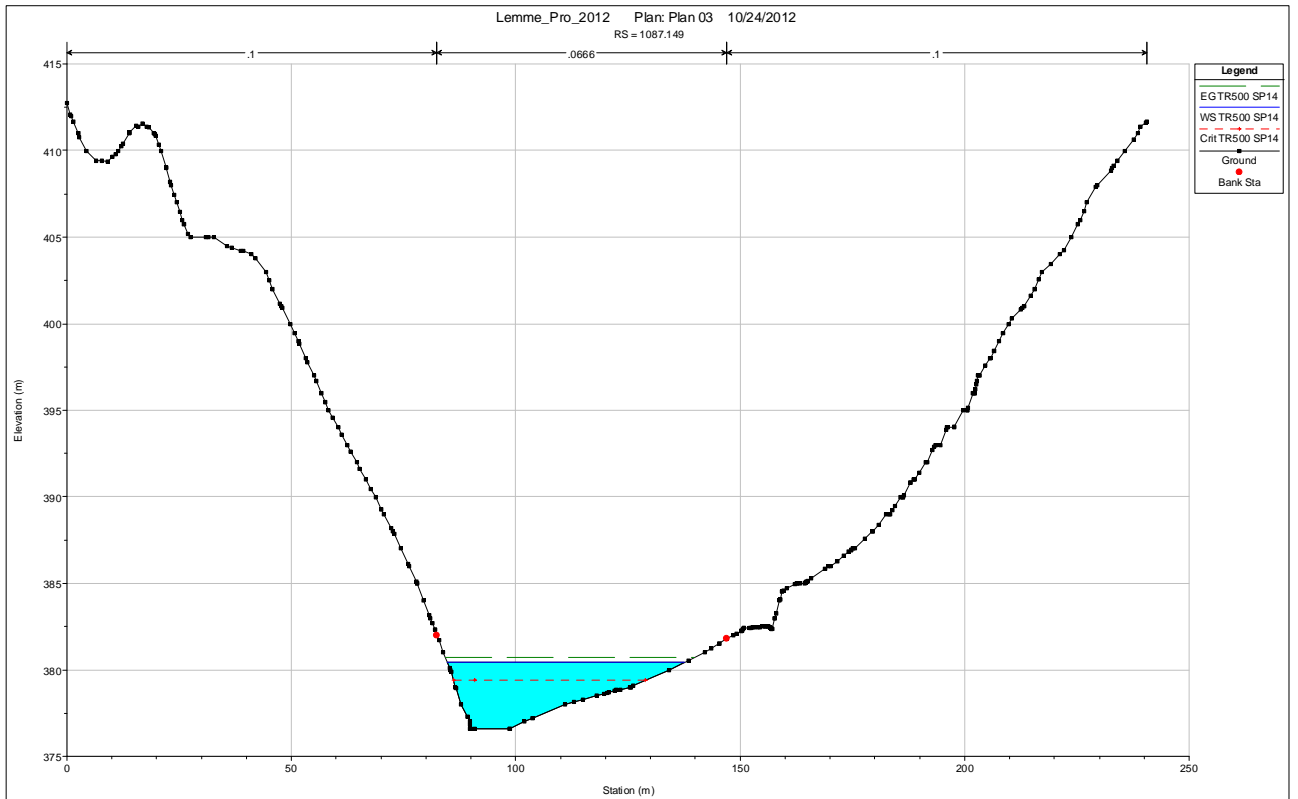
TEMPI DI RITORNO 500 ANNI – Stazione di Voltaggio. Sottoprogetto PAI 1.4

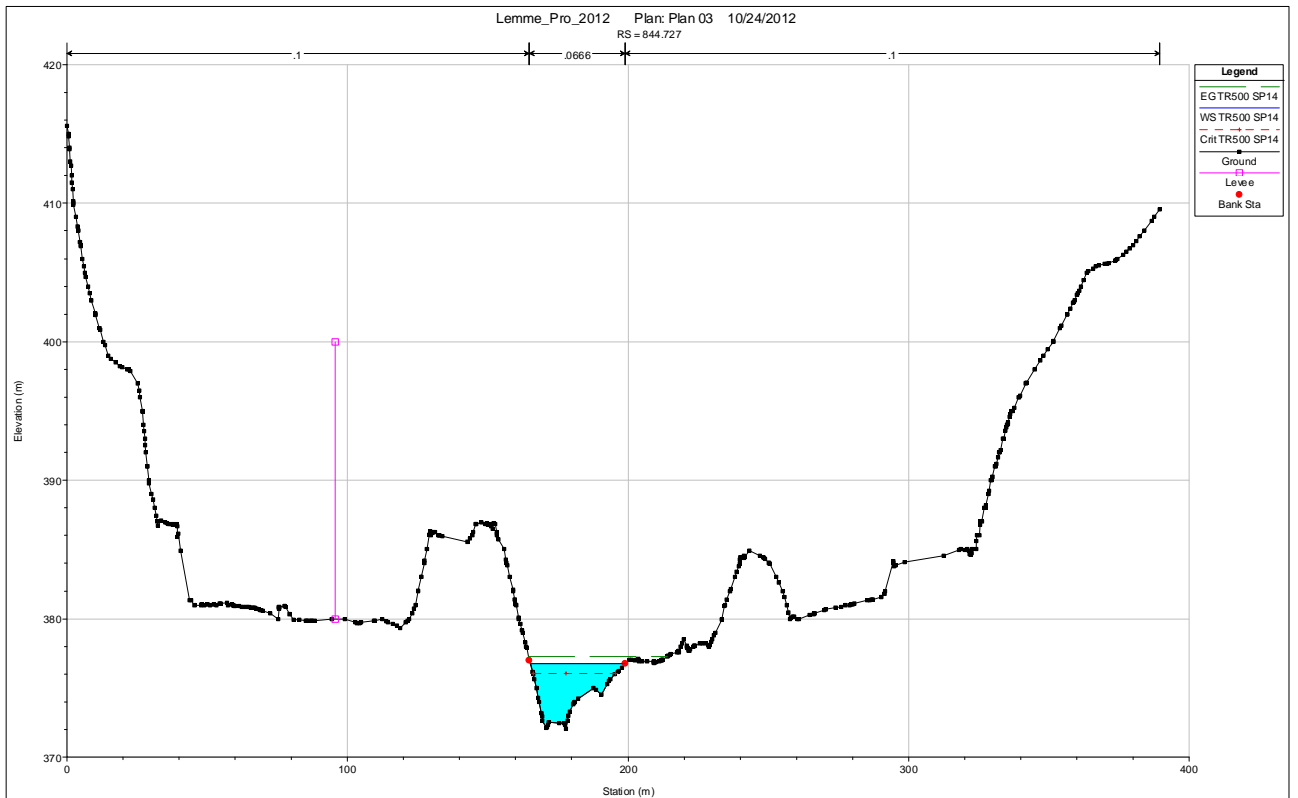
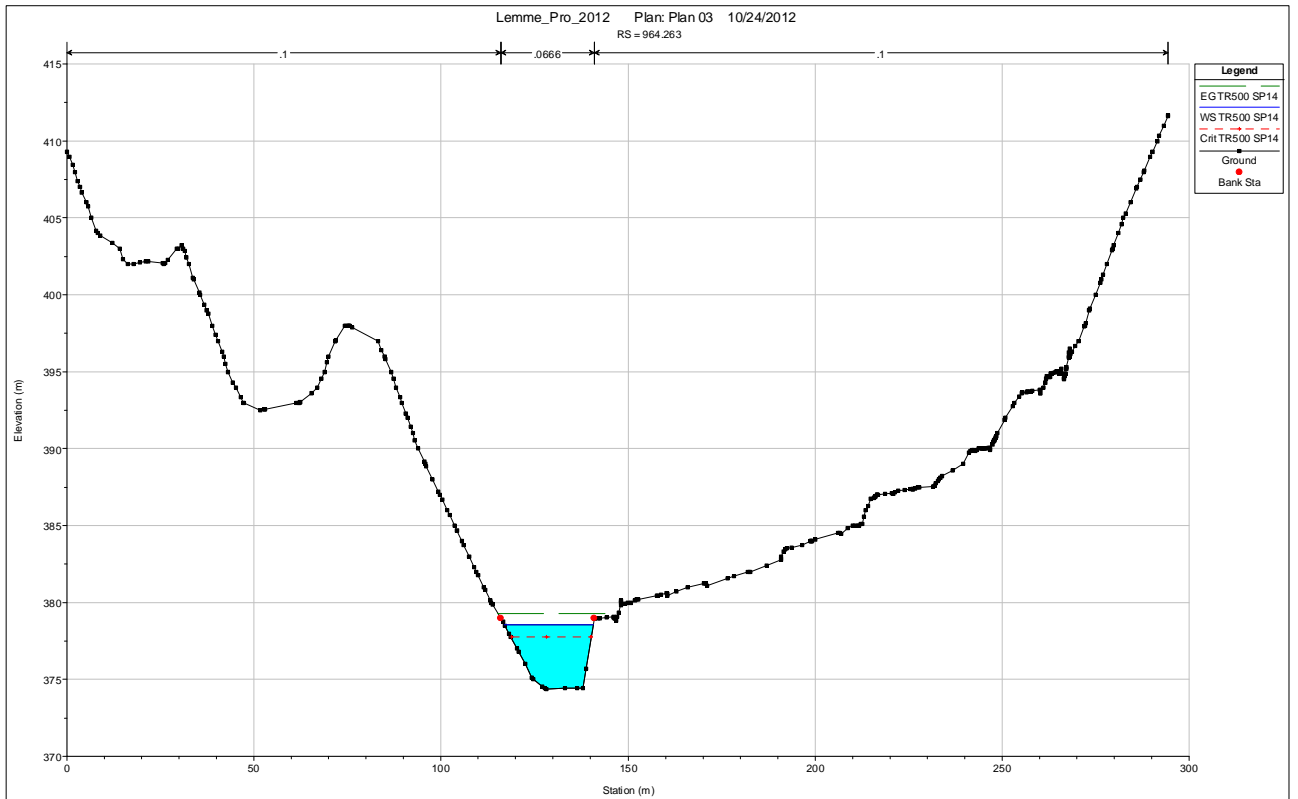
Profilo di calcolo torrente Lemme. Stato di progetto

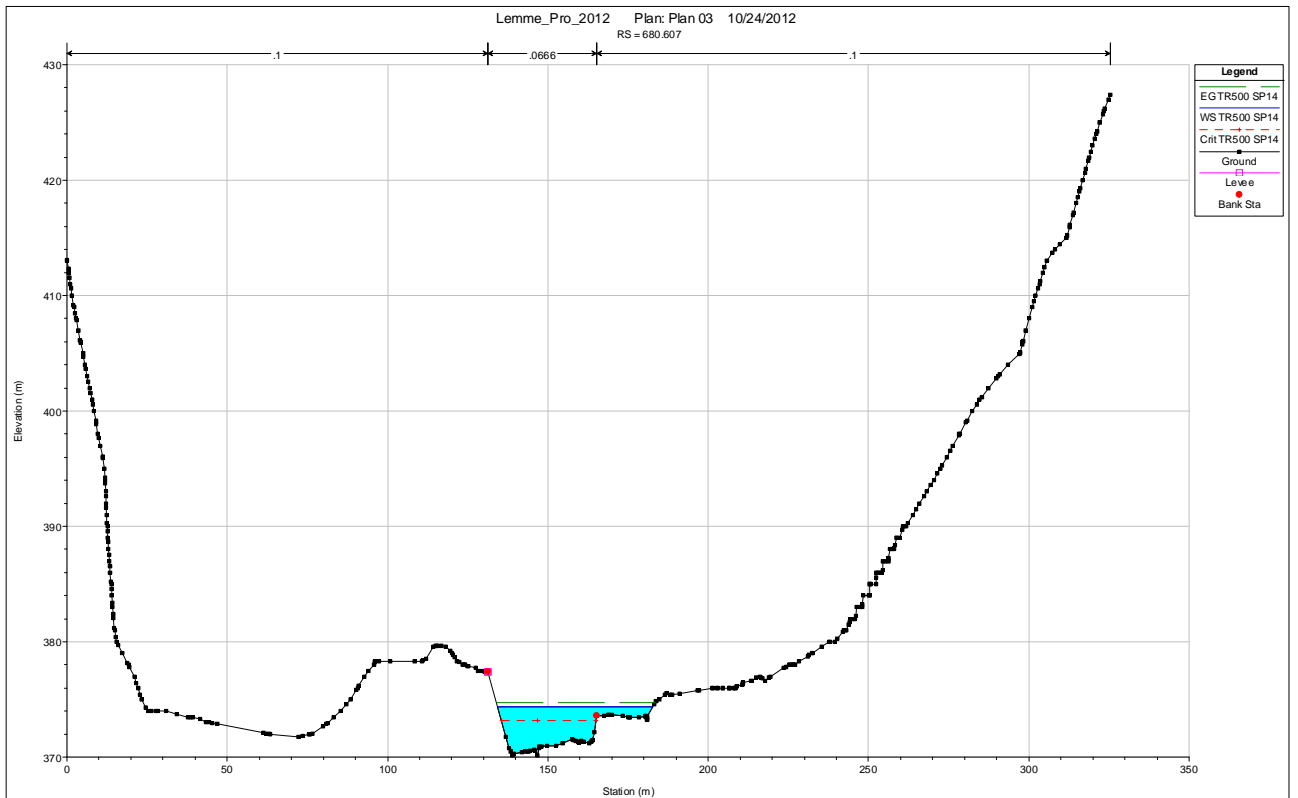
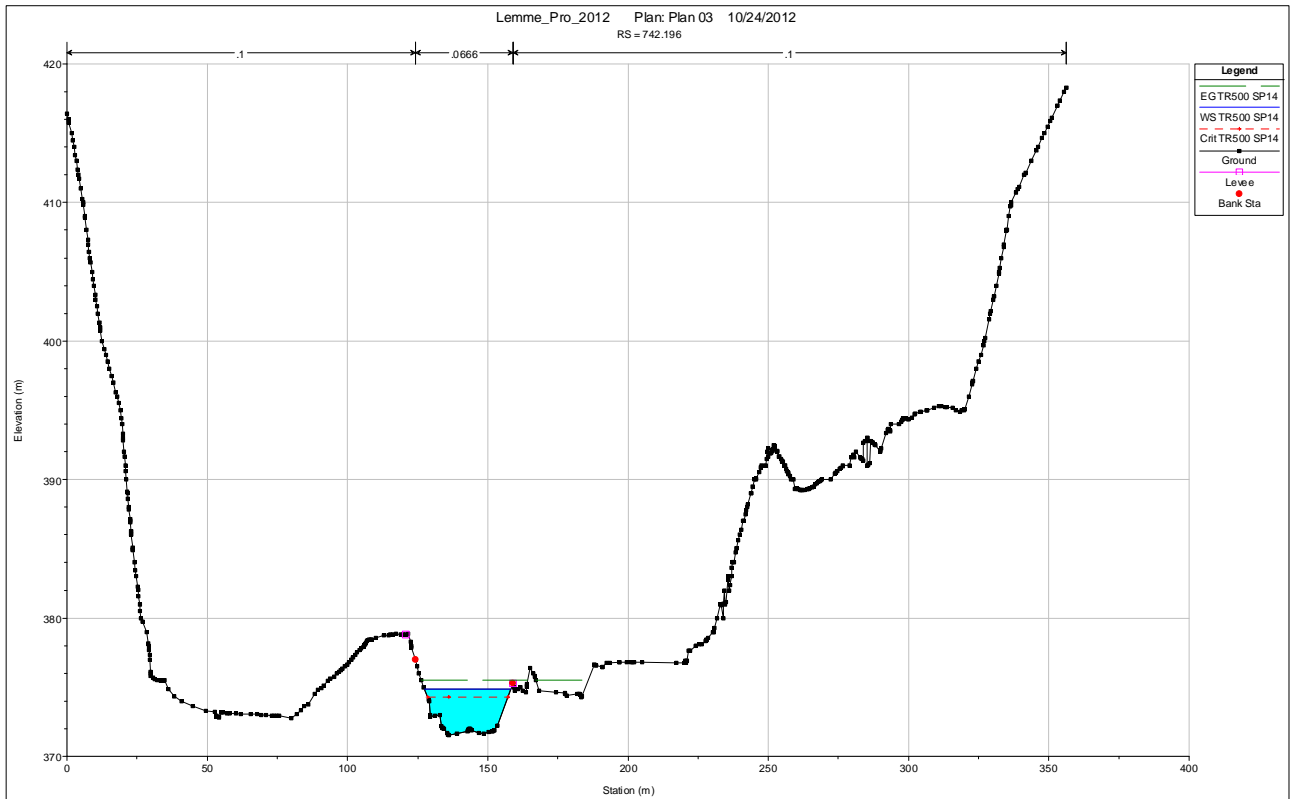
		<i>Tr = 500 anni SP1.4</i>		
<i>River Station</i>	<i>Fondo</i>	<i>Livello</i>	<i>Velocità</i>	<i>N°Froude</i>
	(m)	(m)	(m/s)	
1238.742	378.80	382.13	3.54	0.72
1163.789	378.07	381.16	2.77	0.61
1087.149	376.59	380.45	2.32	0.49
1035.341	375.52	379.82	2.83	0.55
964.263	374.39	378.58	3.74	0.68
844.727	372.07	376.73	3.33	0.68
742.196	371.55	374.87	3.56	0.72
680.607	370.13	374.35	2.72	0.49
615.103	369.26	373.82	2.75	0.47
596.43	369.25	373.52	3.21	0.55
591.93	Soglia			
591.431	367.23	372.18	3.25	0.53
583.343	366.50	372.14	3.06	0.48
546.555	366.54	371.51	3.69	0.61
476.543	365.81	370.91	3.26	0.52
443.427	365.61	370.62	3.25	0.51
417.806	365.76	370.28	3.45	0.58
402.166	365.63	370.14	3.25	0.55
383.673	365.20	370.02	3.06	0.50
362.7	364.82	369.73	3.34	0.55
337.439	364.73	369.11	3.97	0.69
315.492	364.84	368.10	4.92	0.98
273.484	364.03	368.29	2.32	0.41
233.56	362.93	367.63	3.38	0.57
209.689	362.82	367.59	2.65	0.45
199.689	362.78	367.59	2.36	0.40
196	Ponte			
193.69	362.67	366.54	3.49	0.67
178.689	362.39	366.02	4.07	0.83
158.118	362.00	365.81	3.40	0.66
118.683	361.10	364.79	4.10	0.81

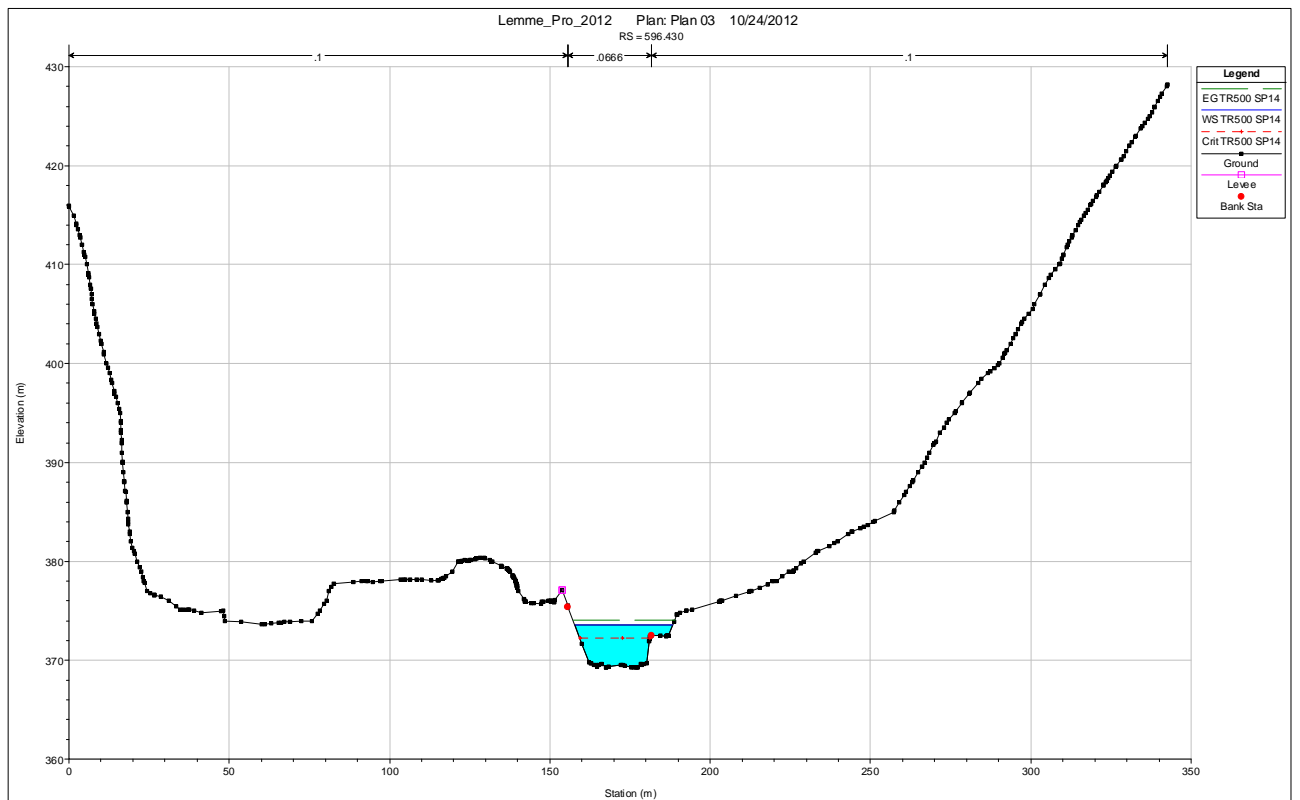
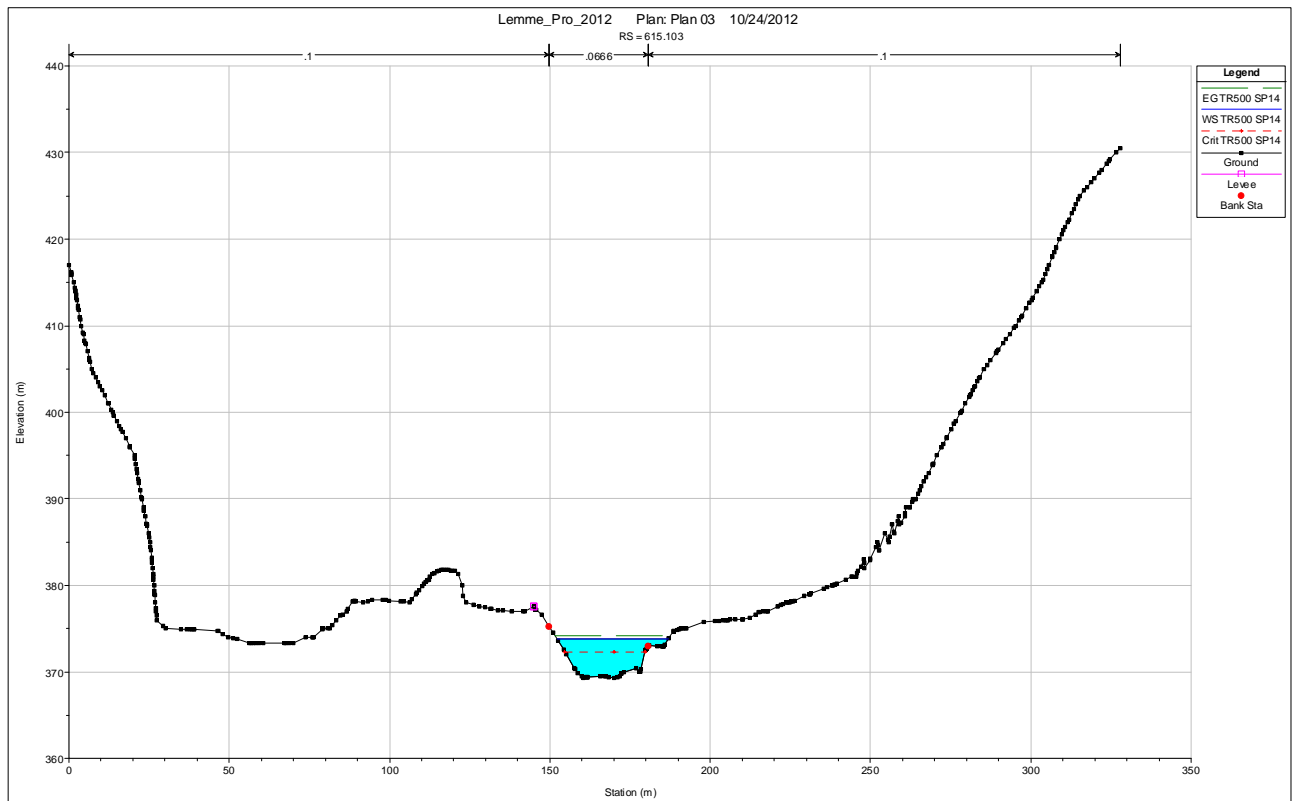
84.832	360.19	363.81	4.32	0.90
55.661	358.42	363.02	4.20	0.86
12.363	357.73	362.34	3.45	0.67

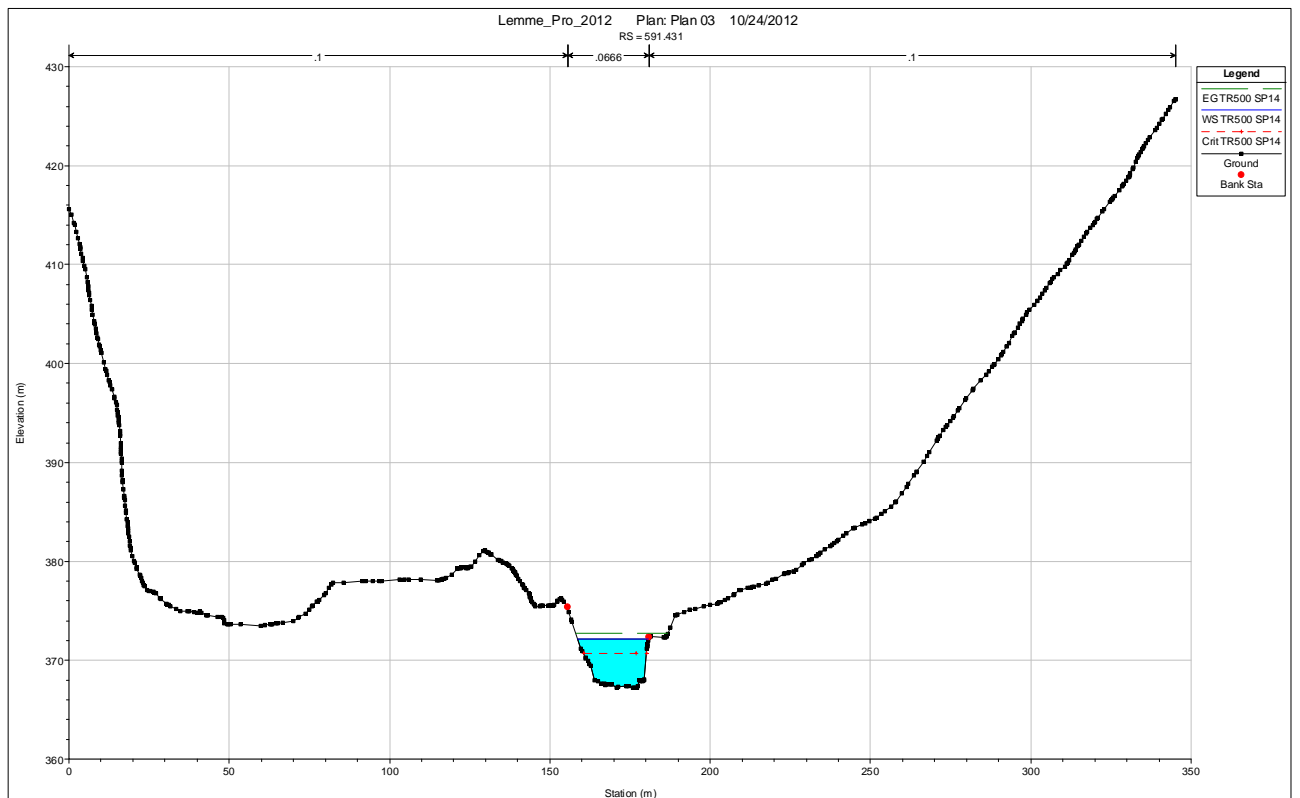
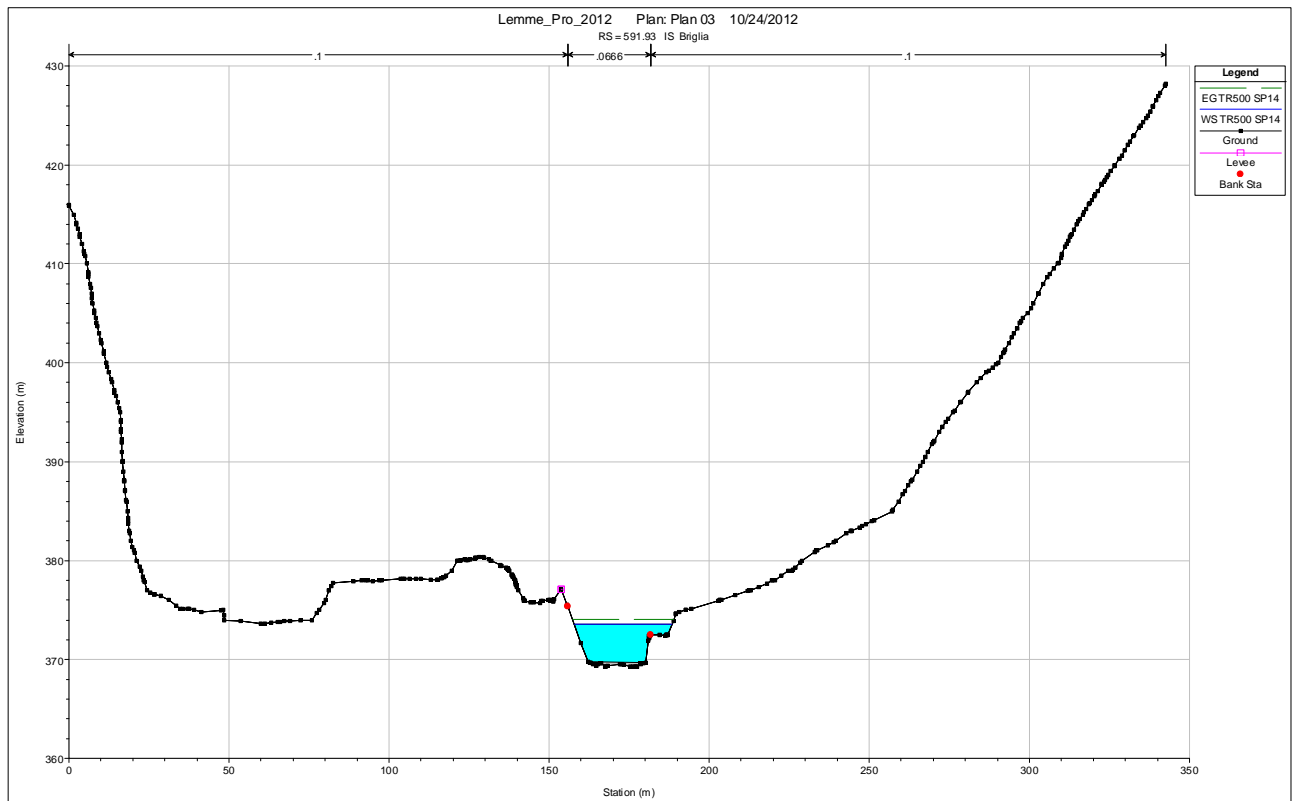


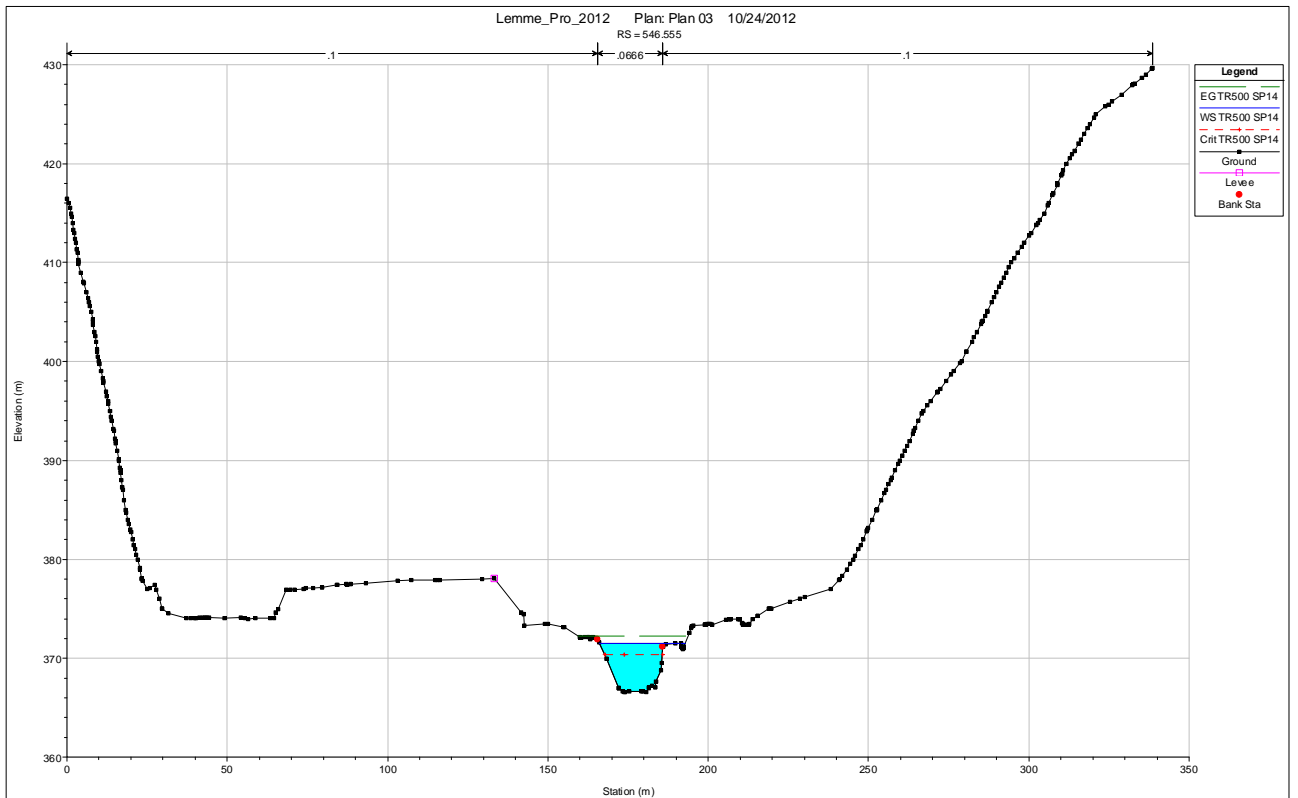
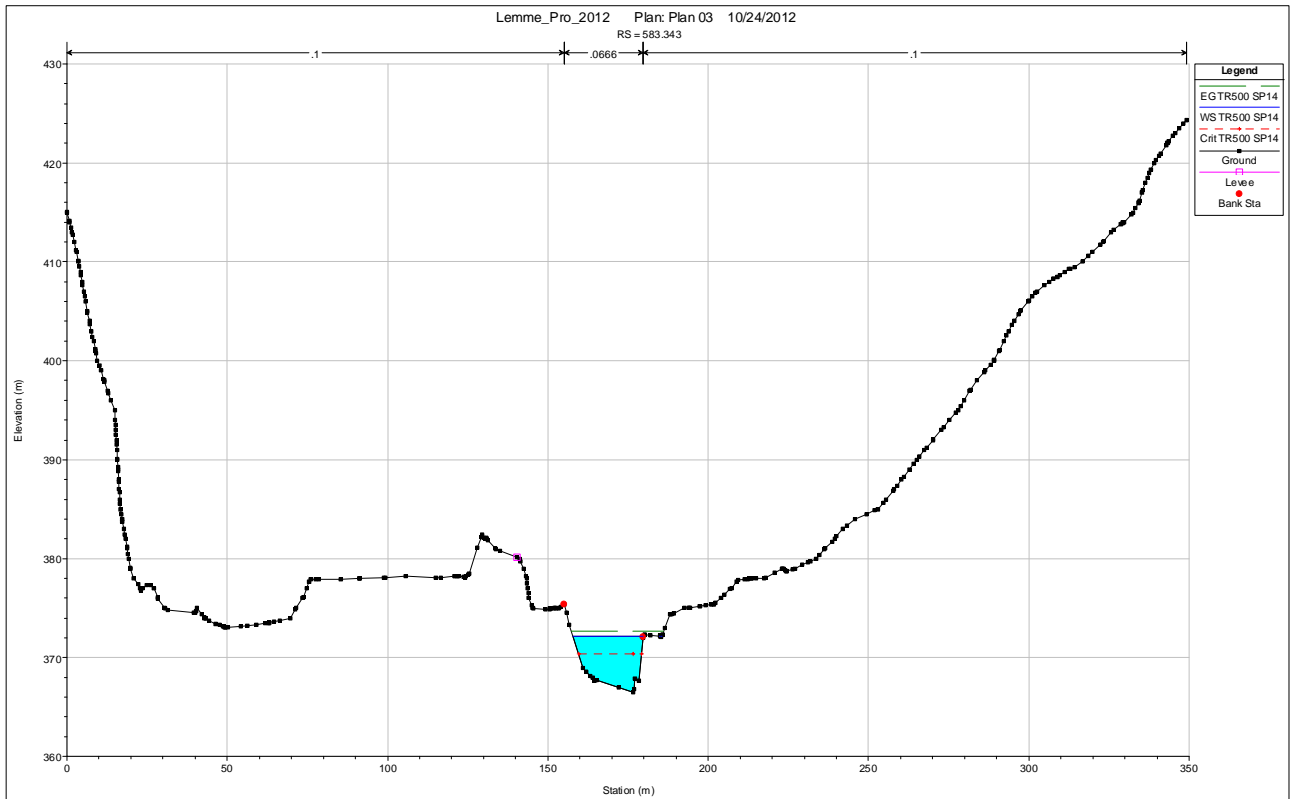


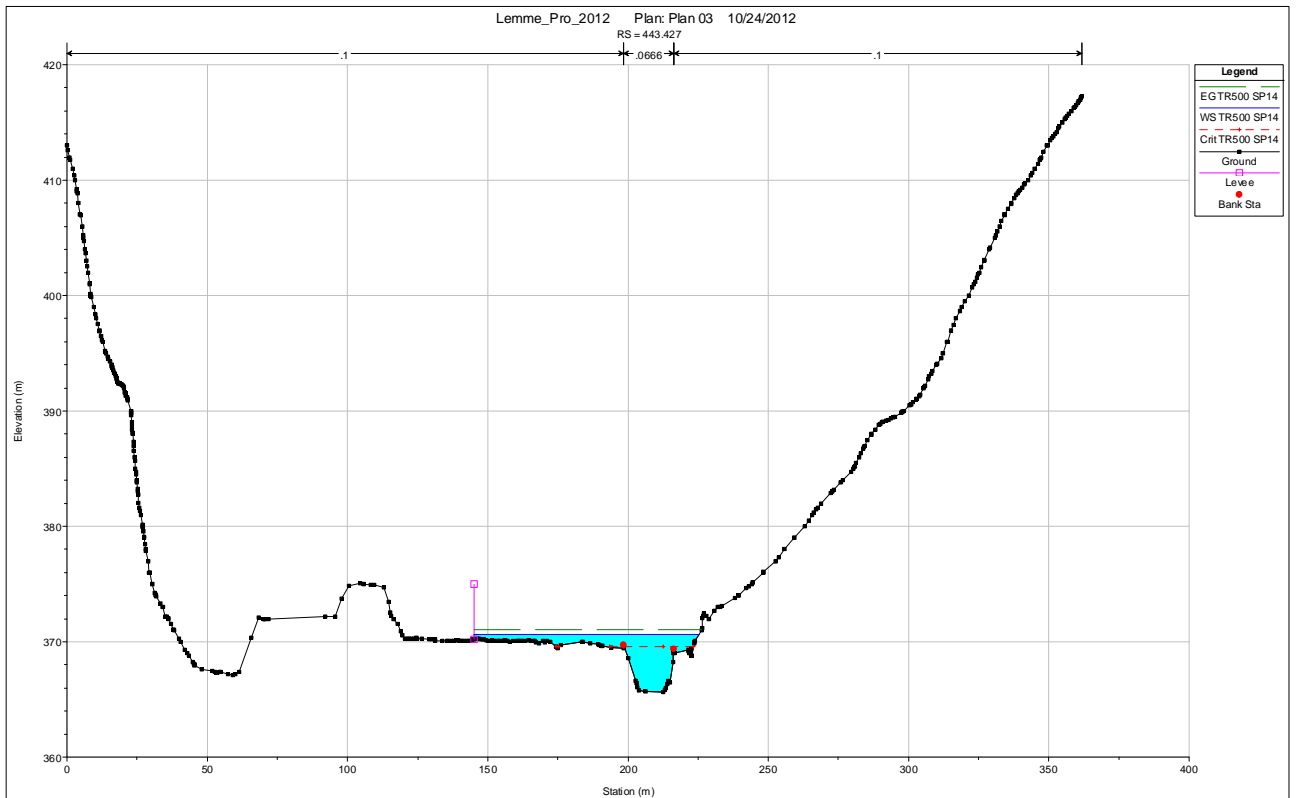
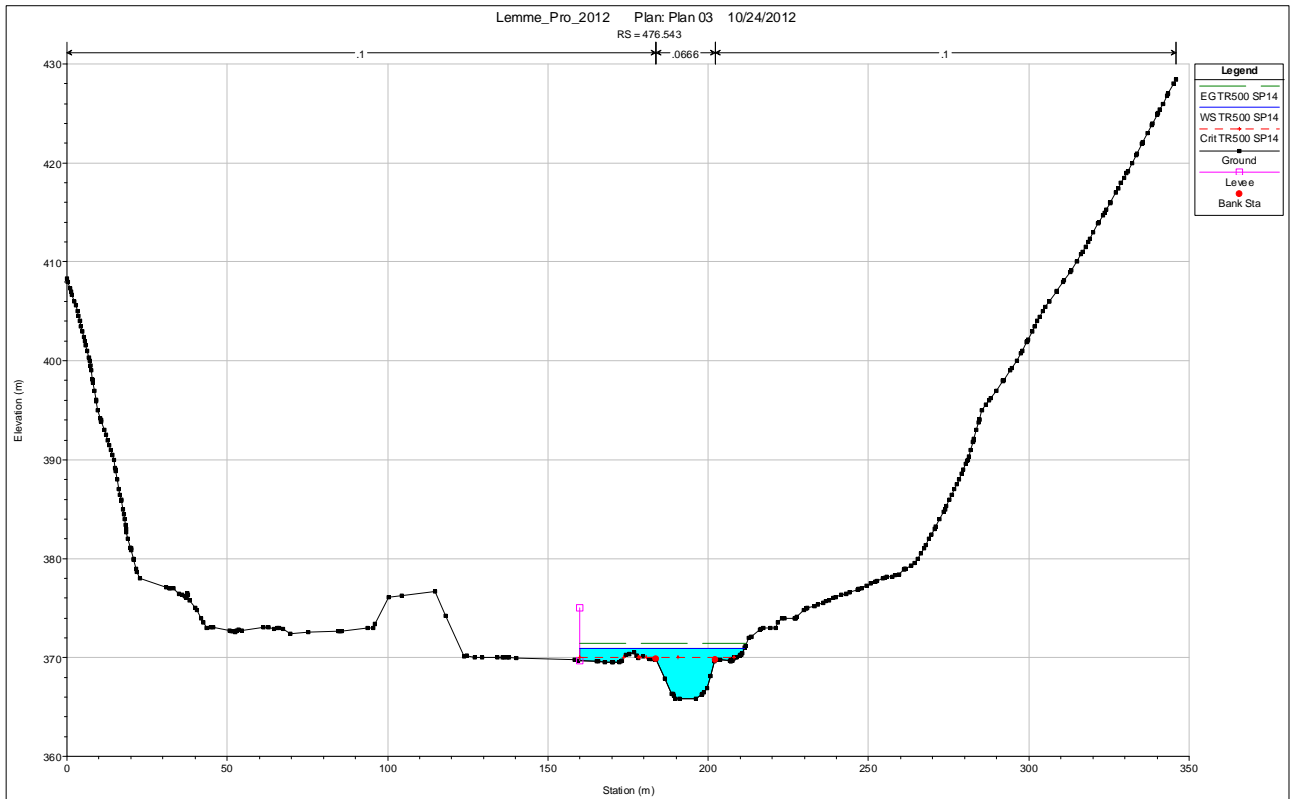


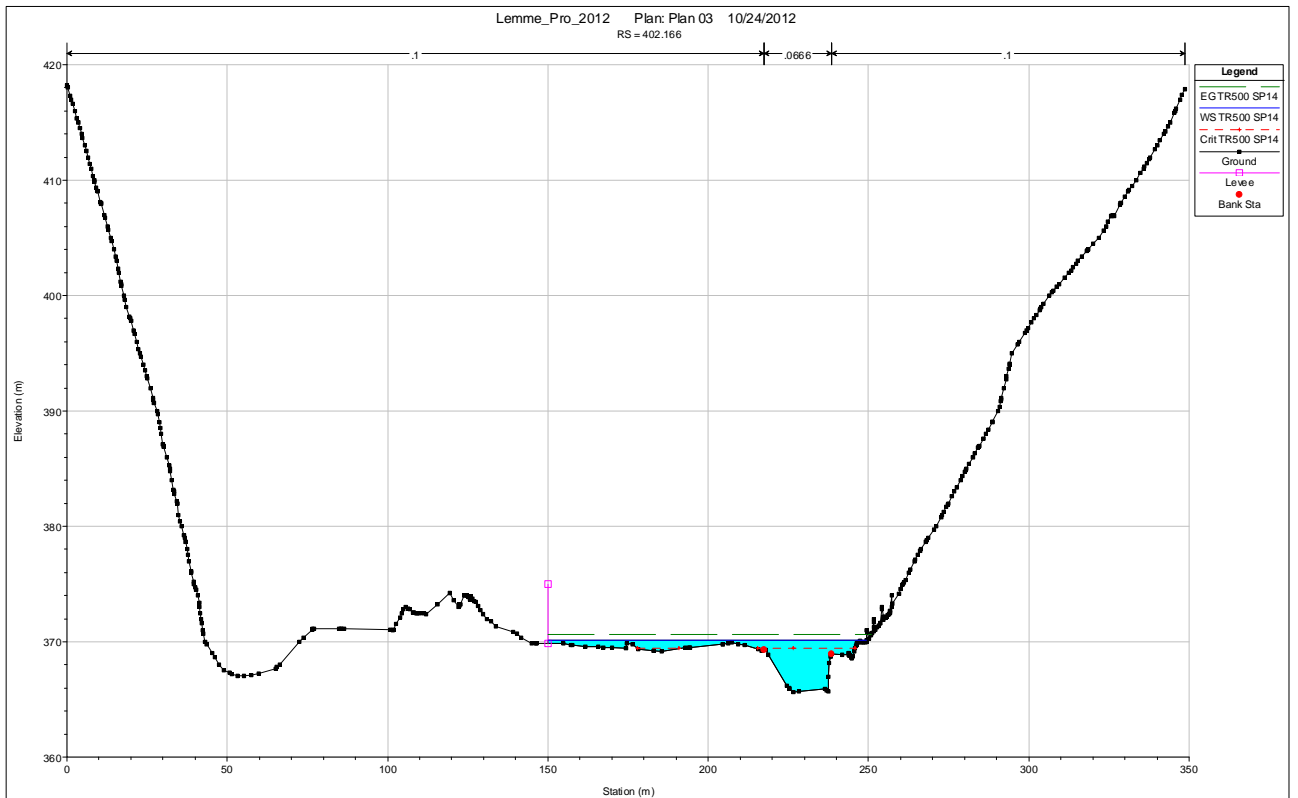
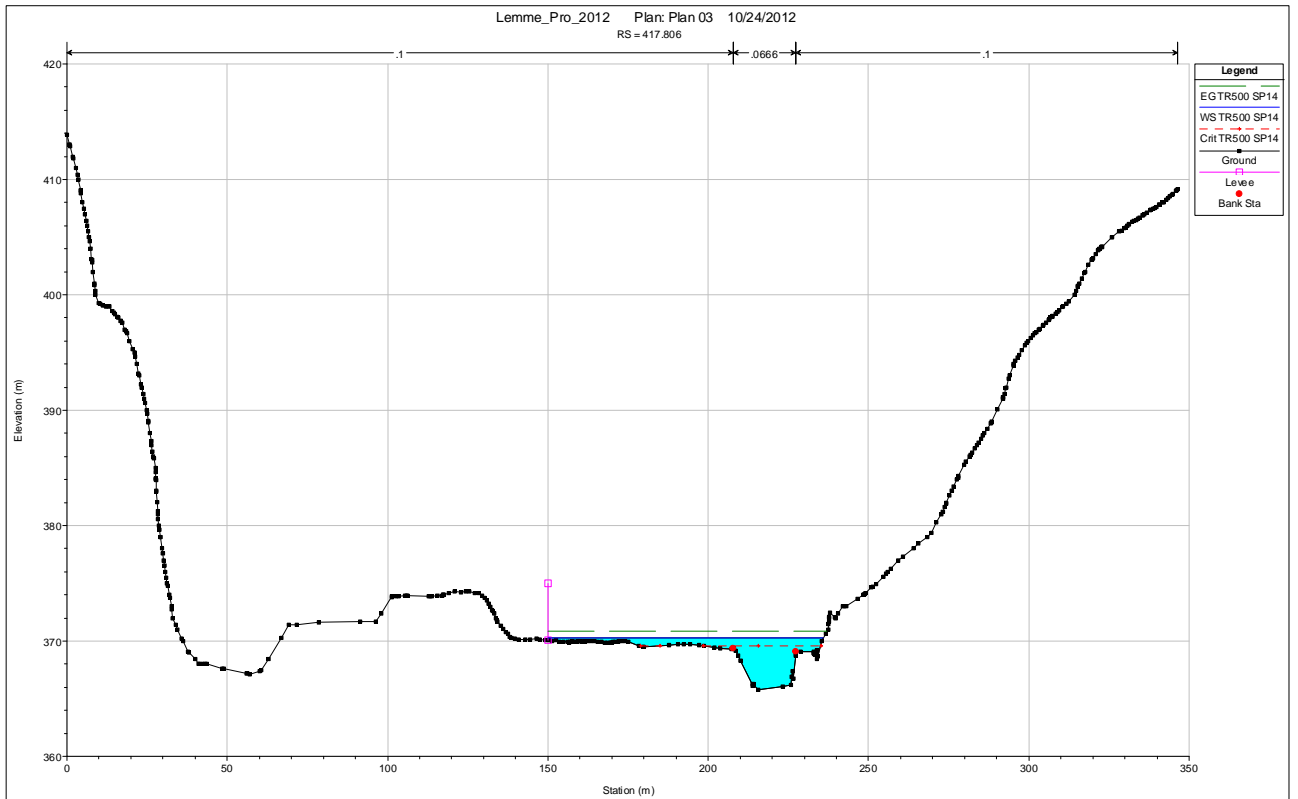


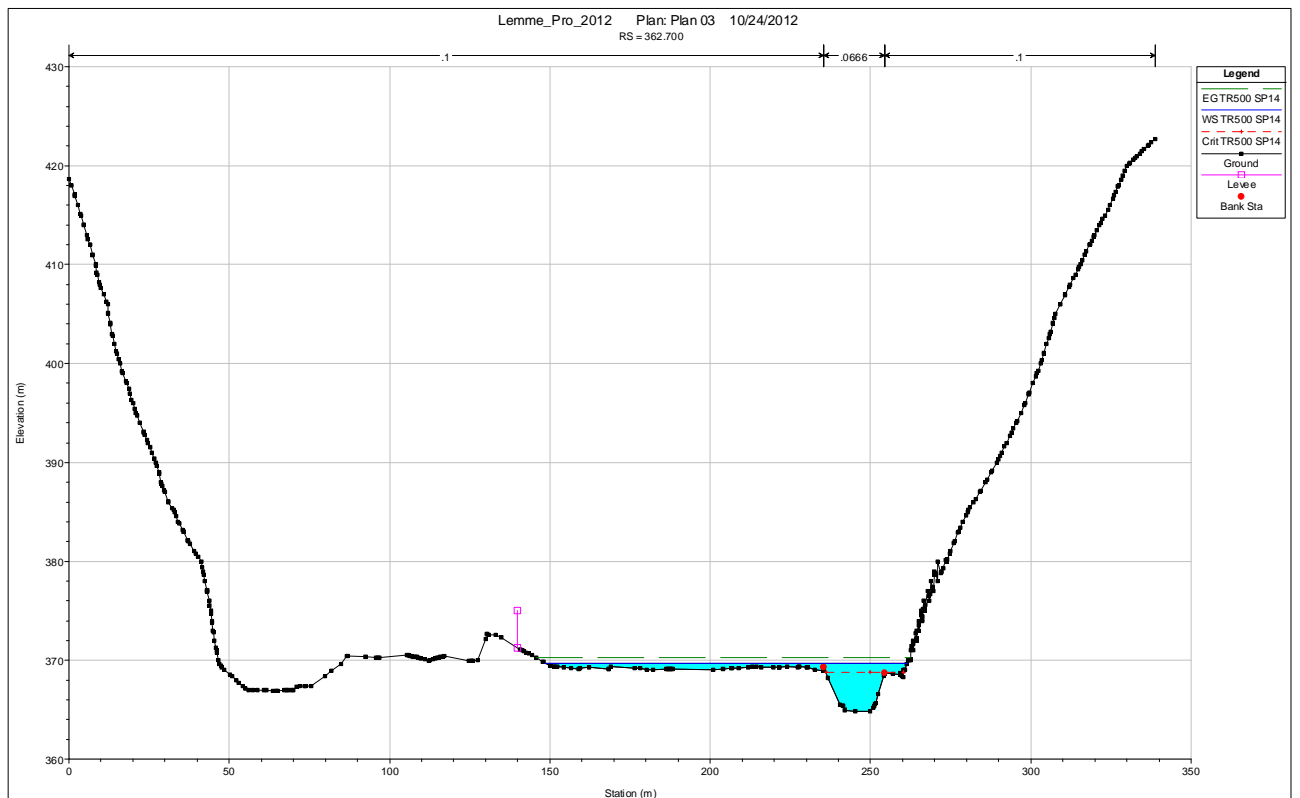
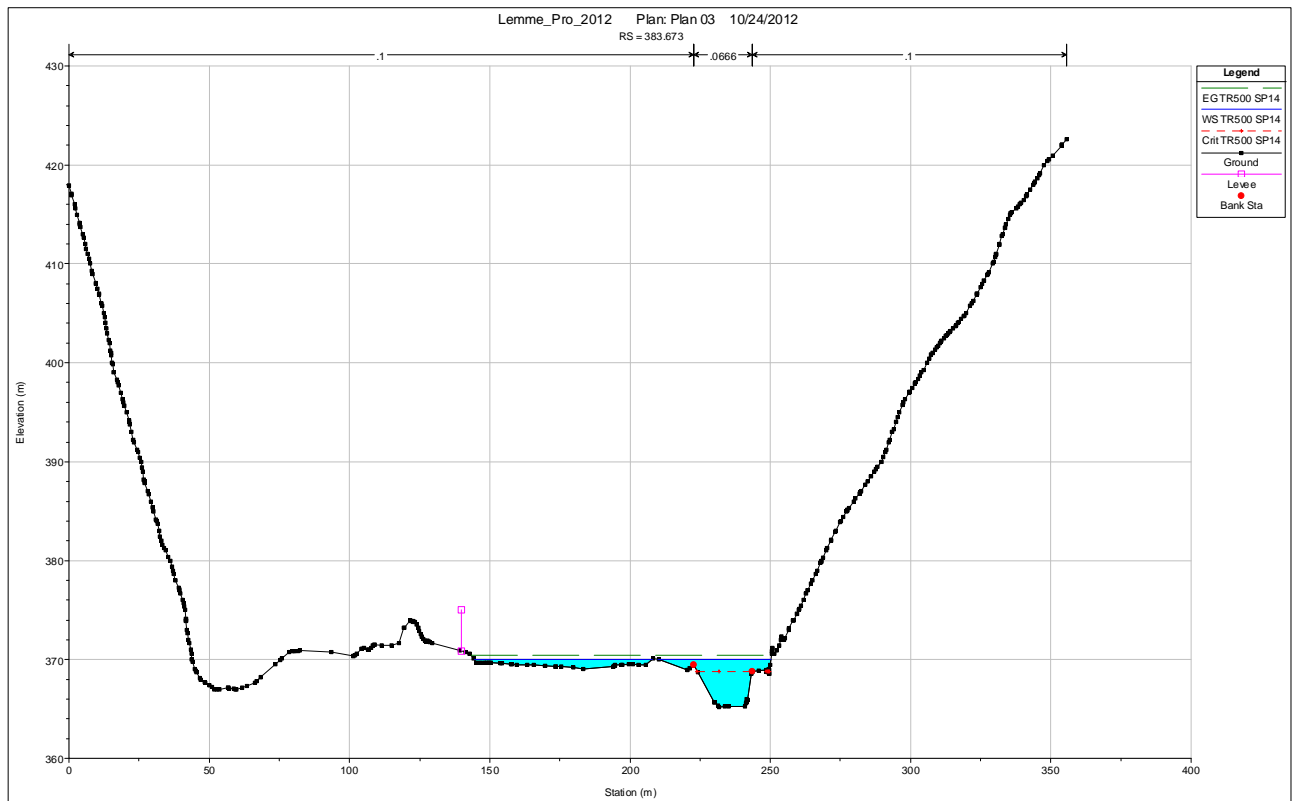


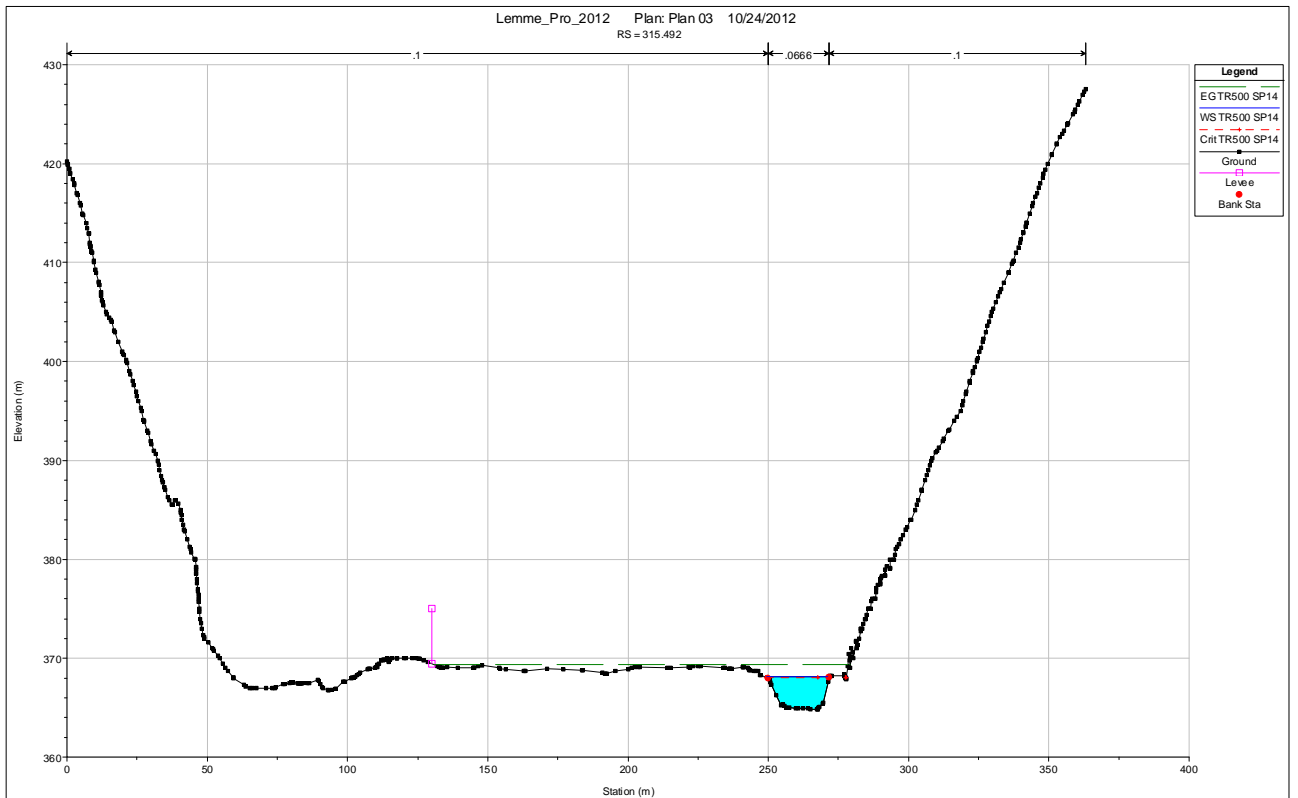
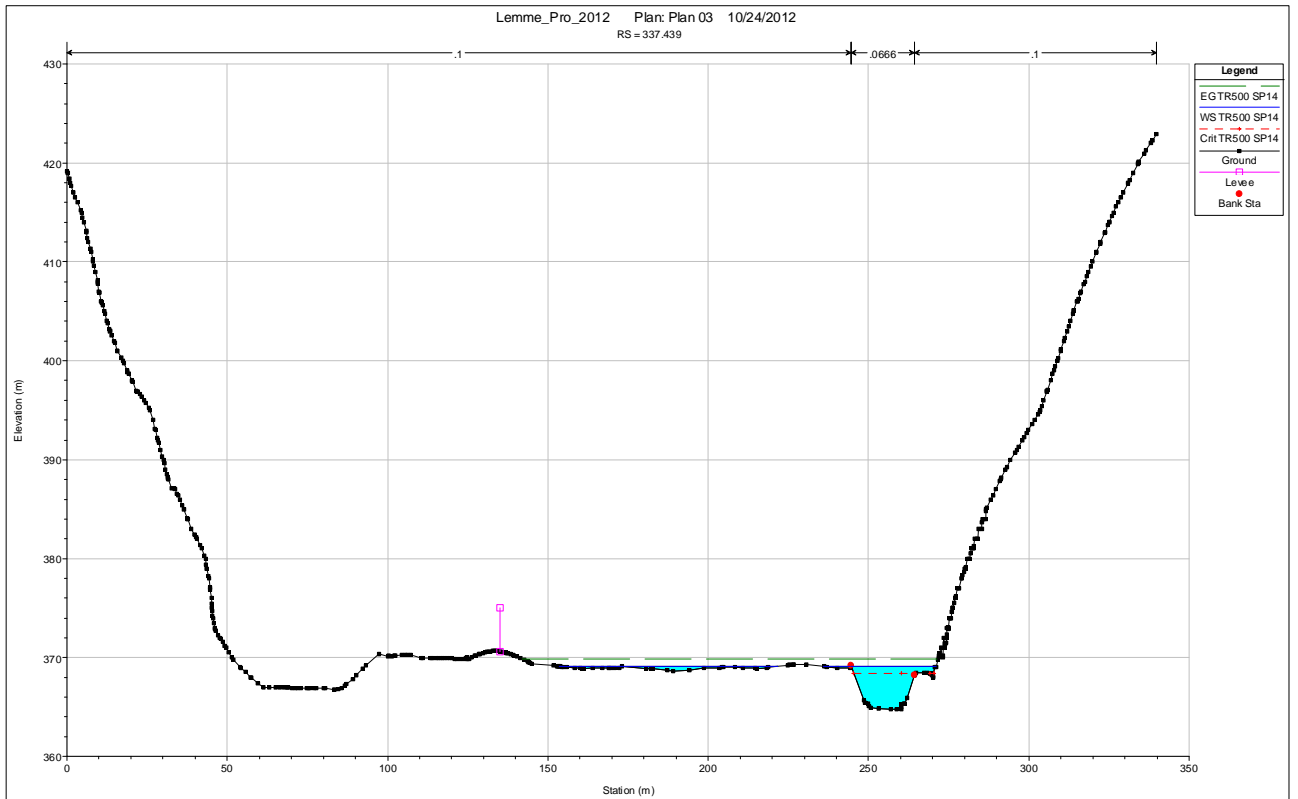


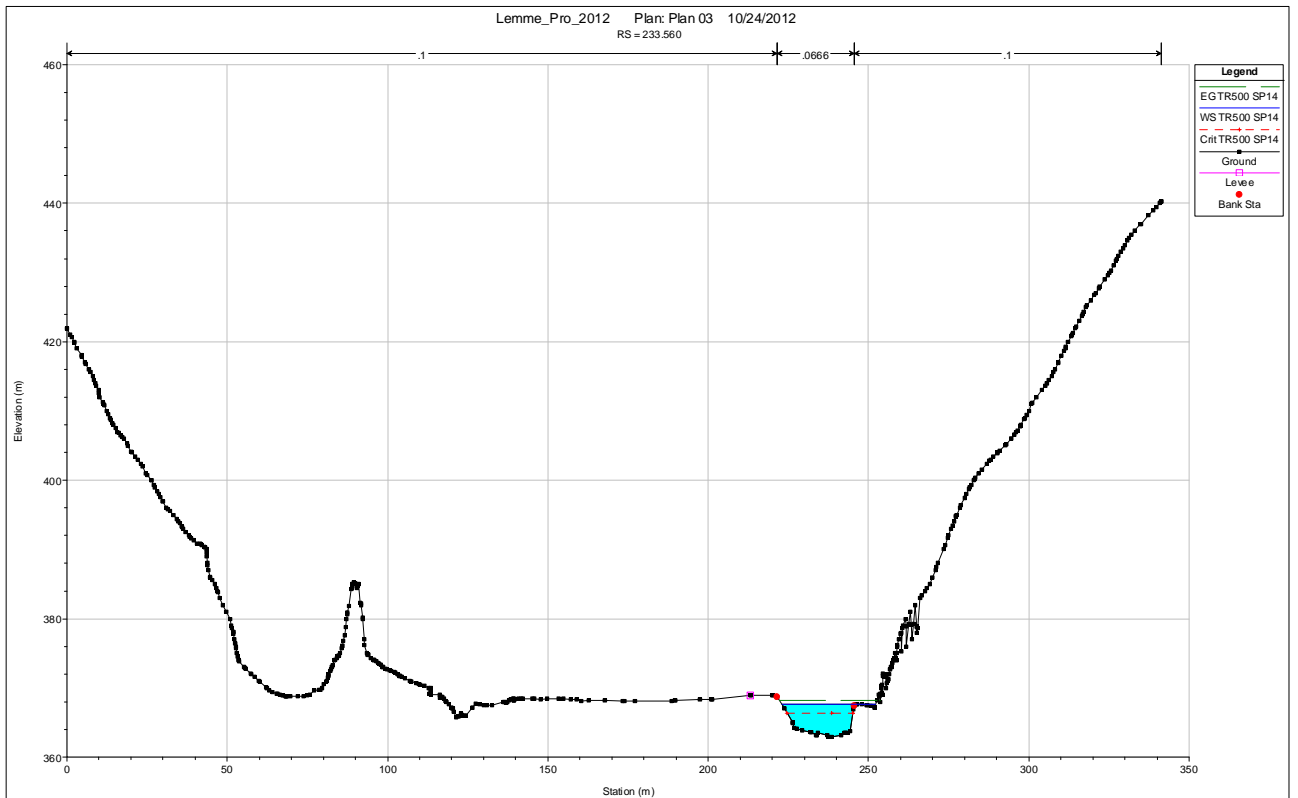
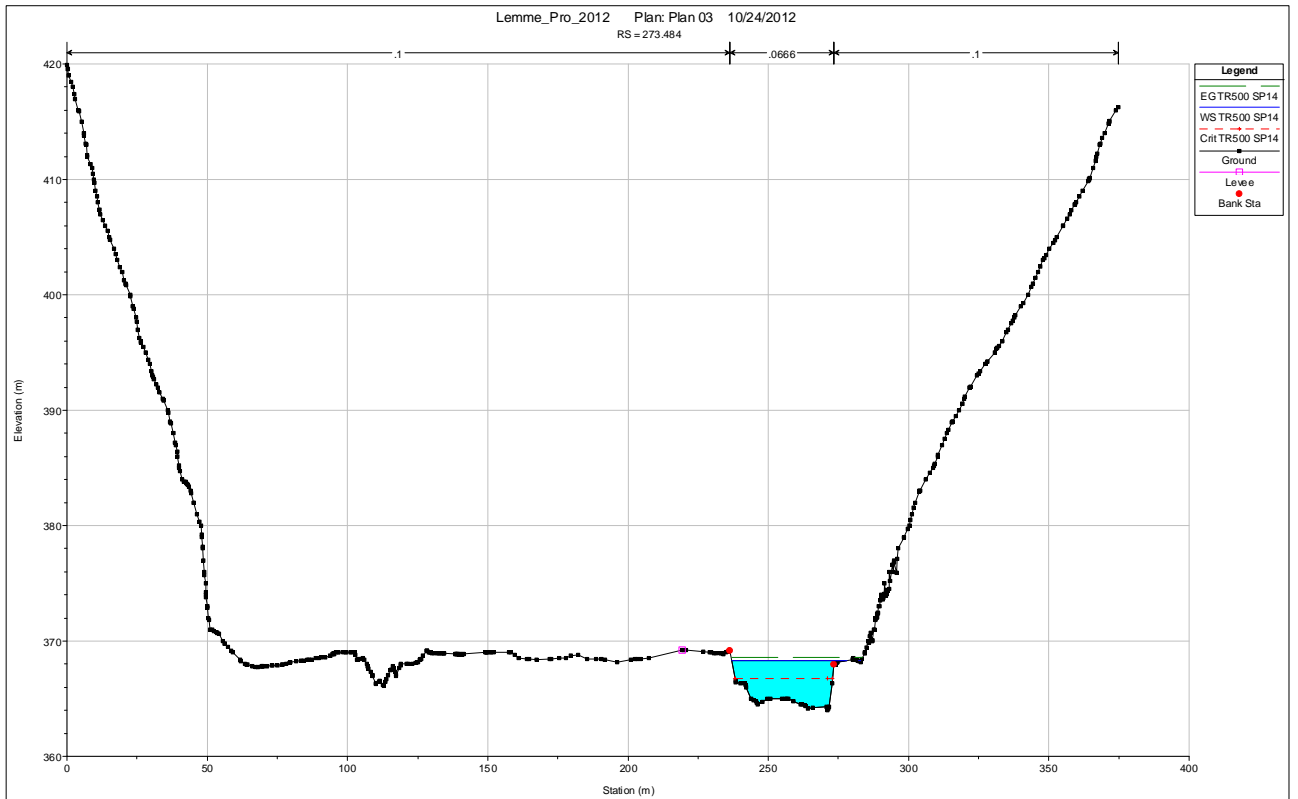


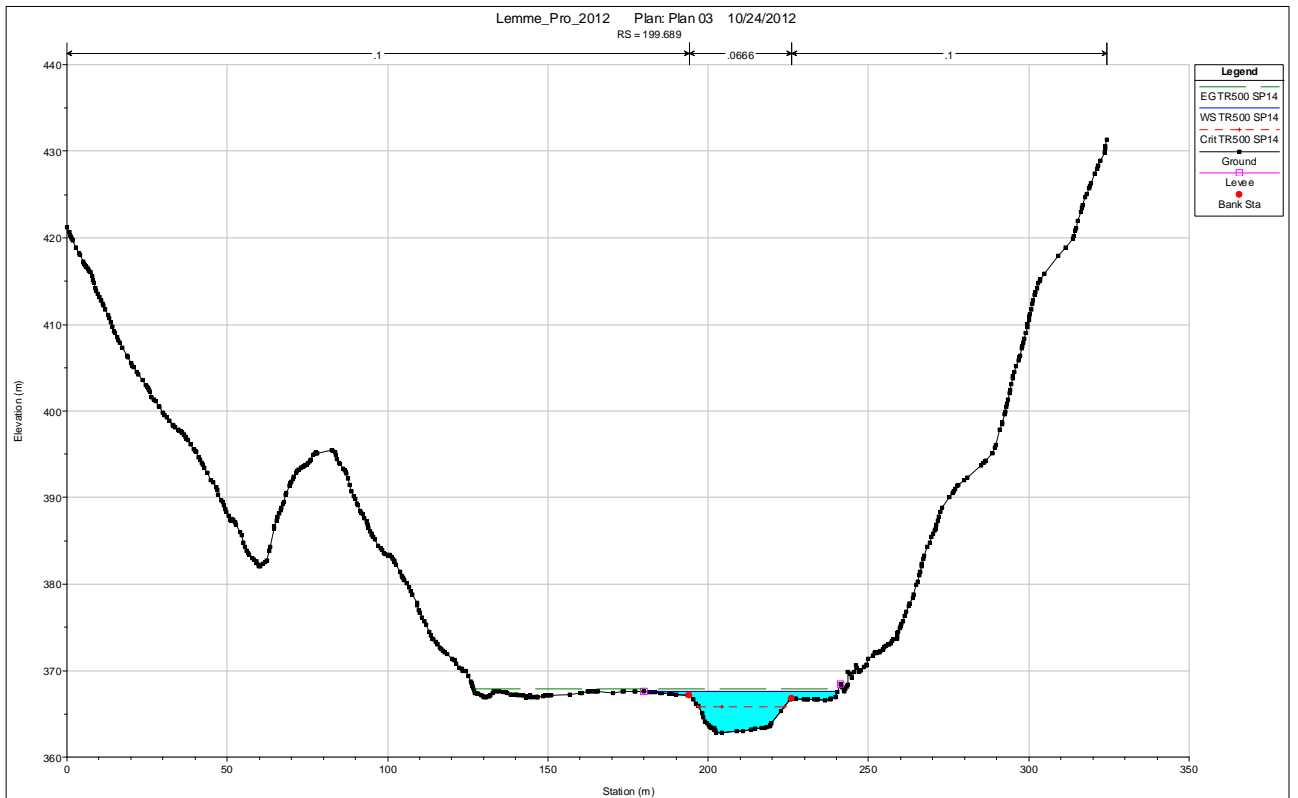
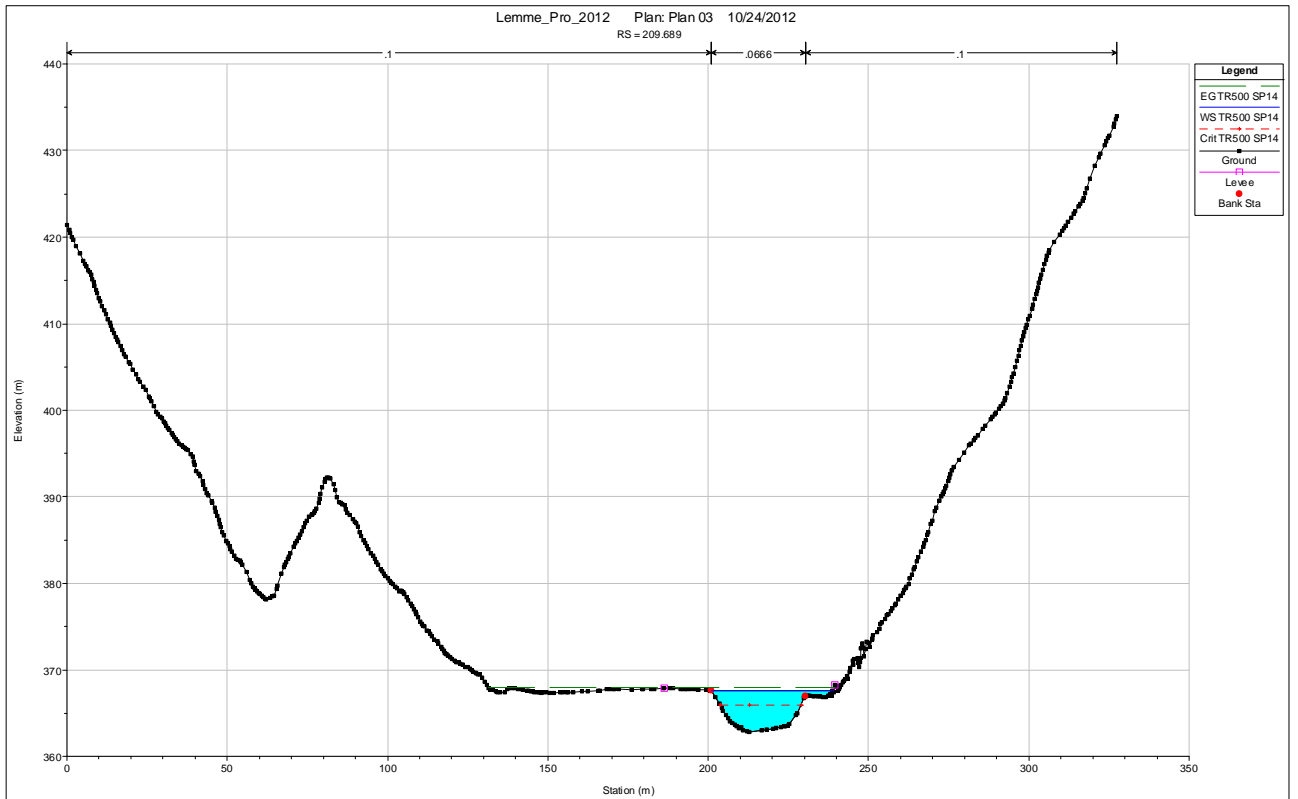


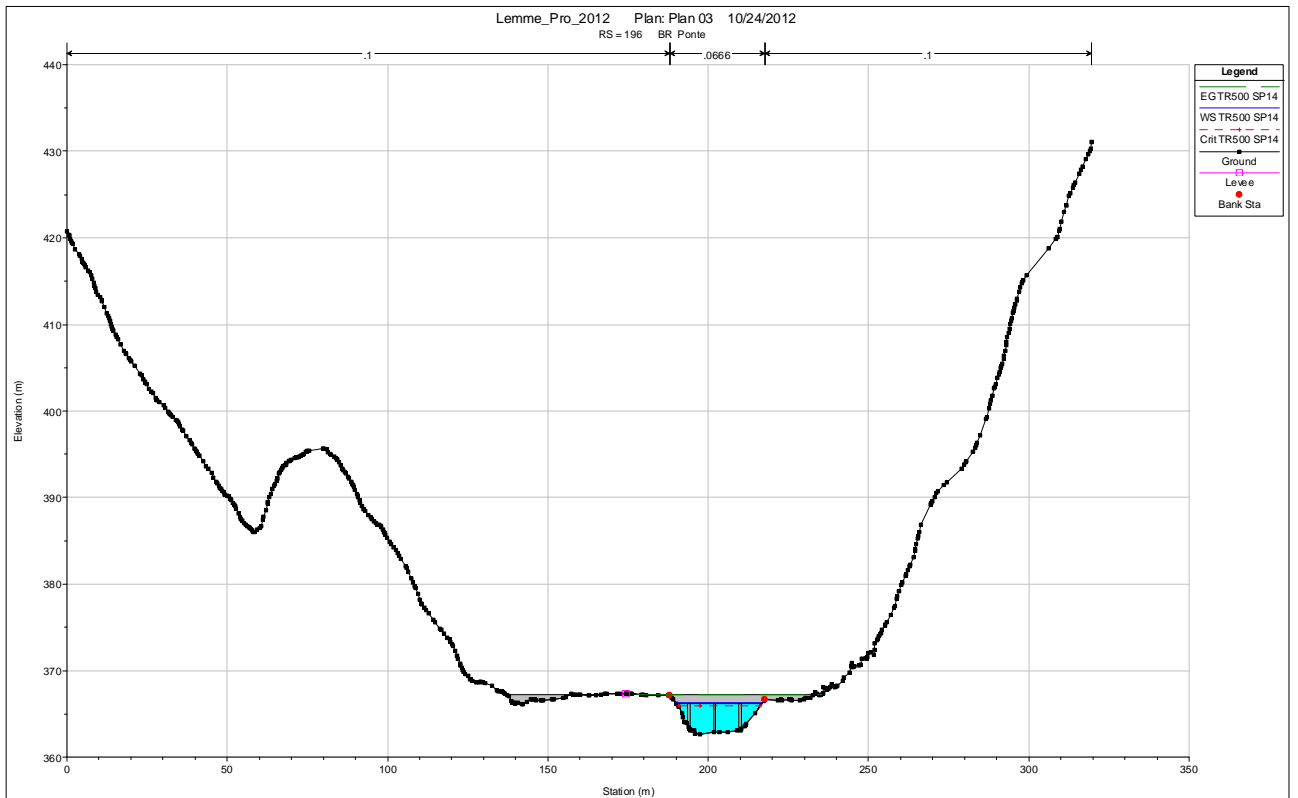
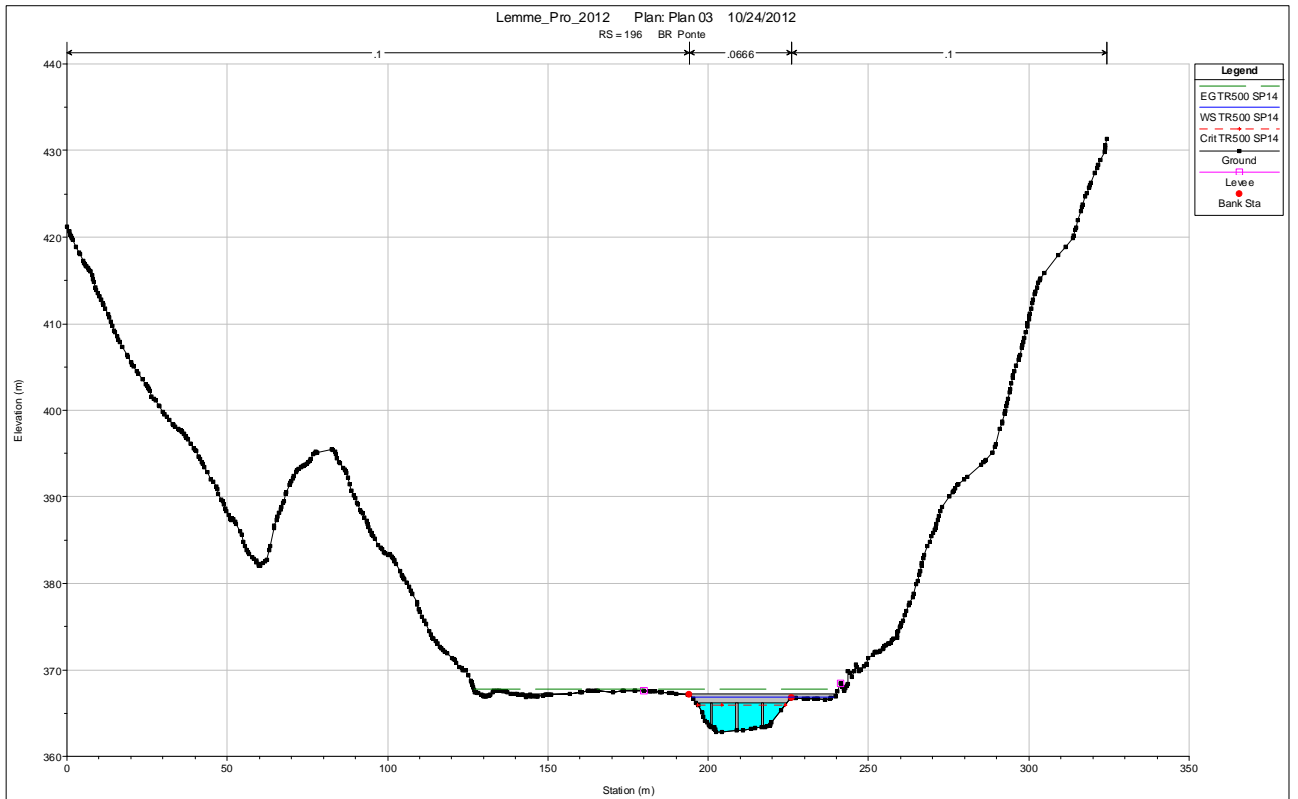


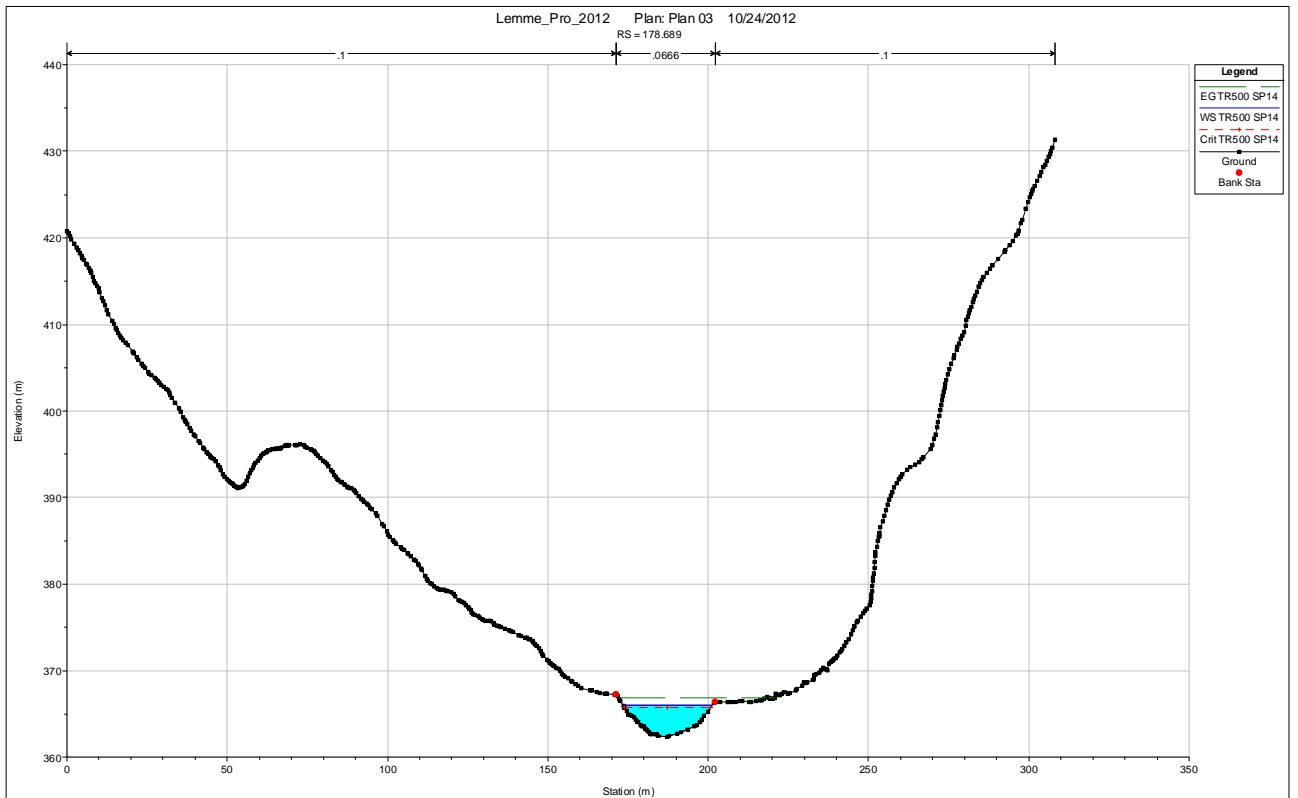
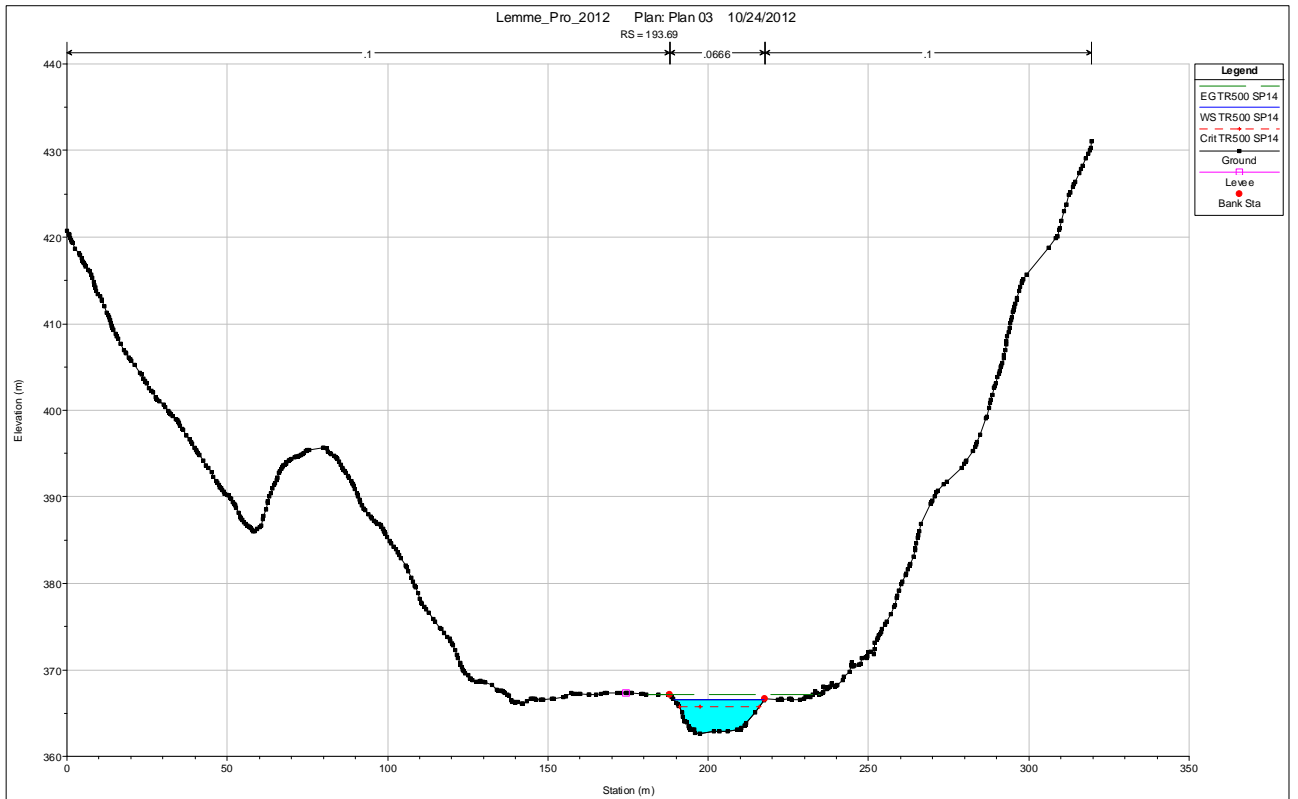


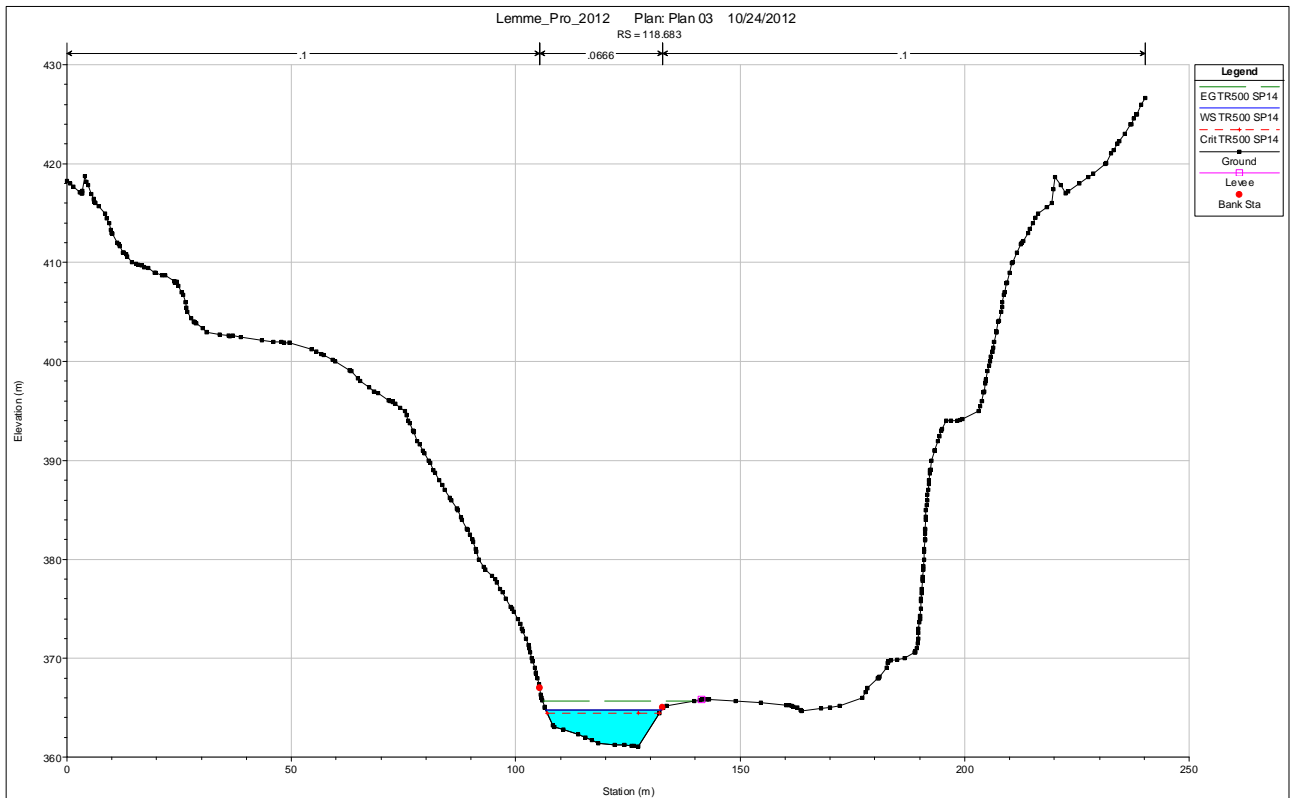
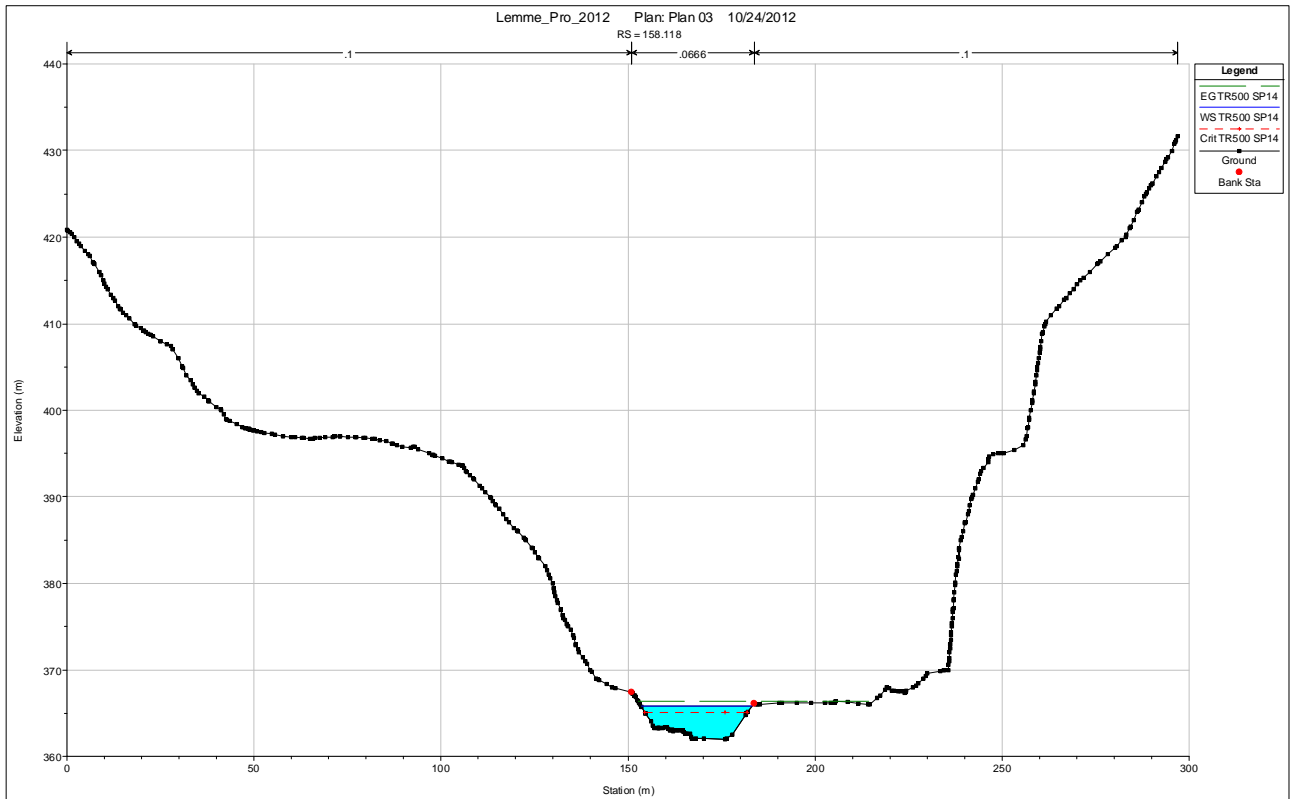


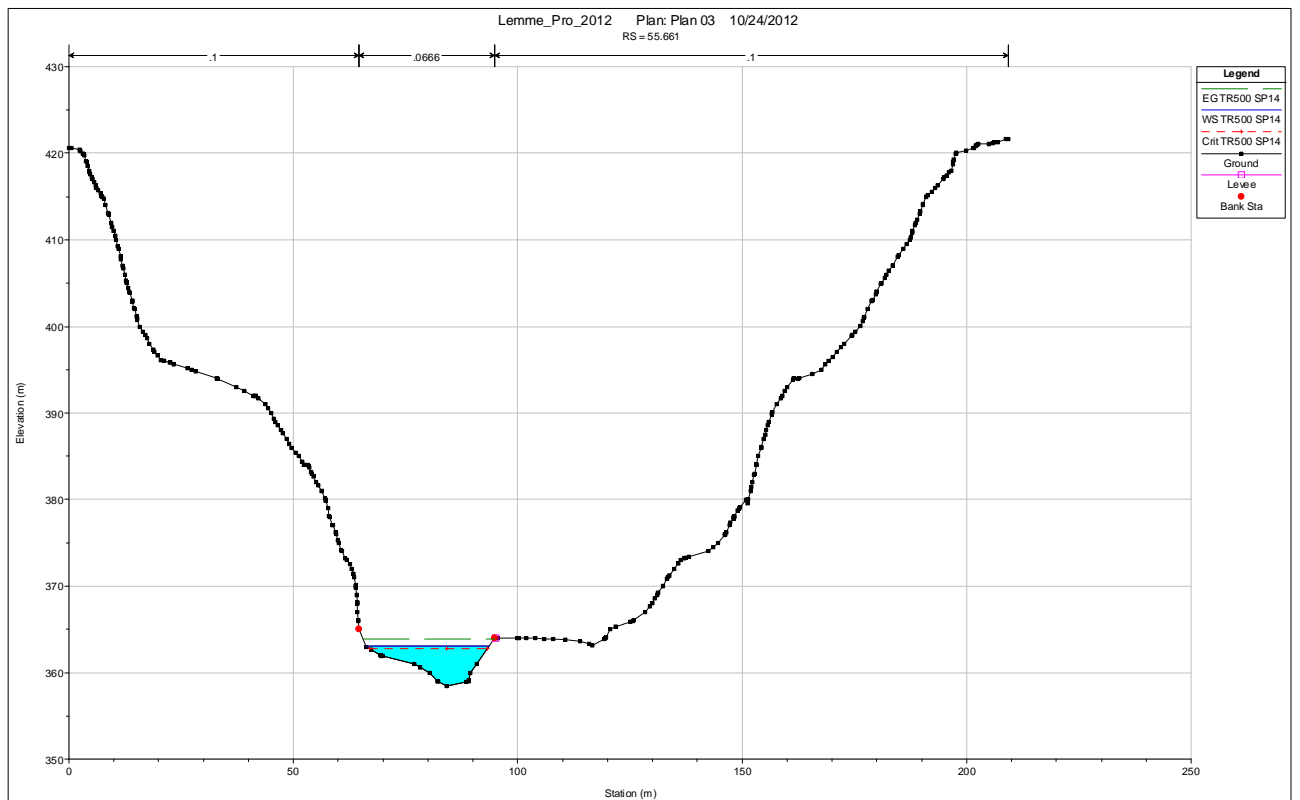
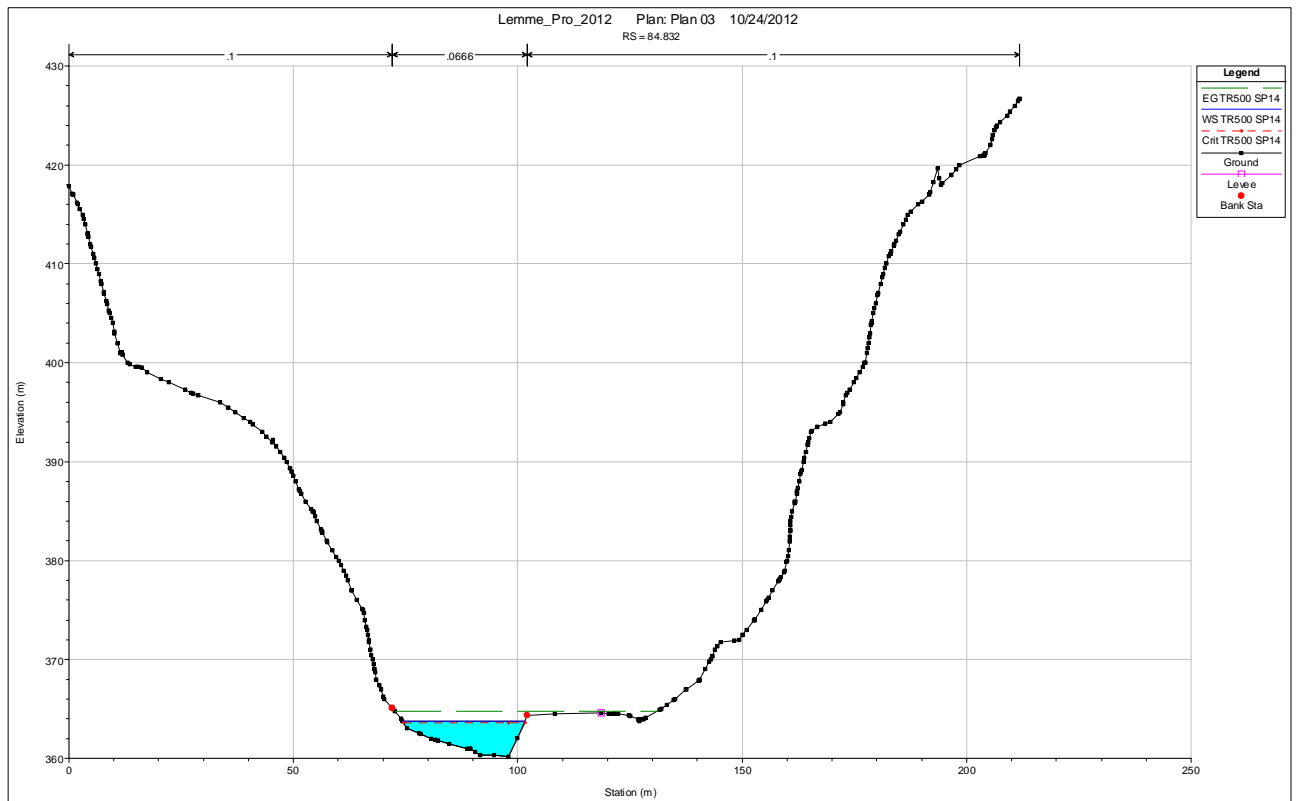


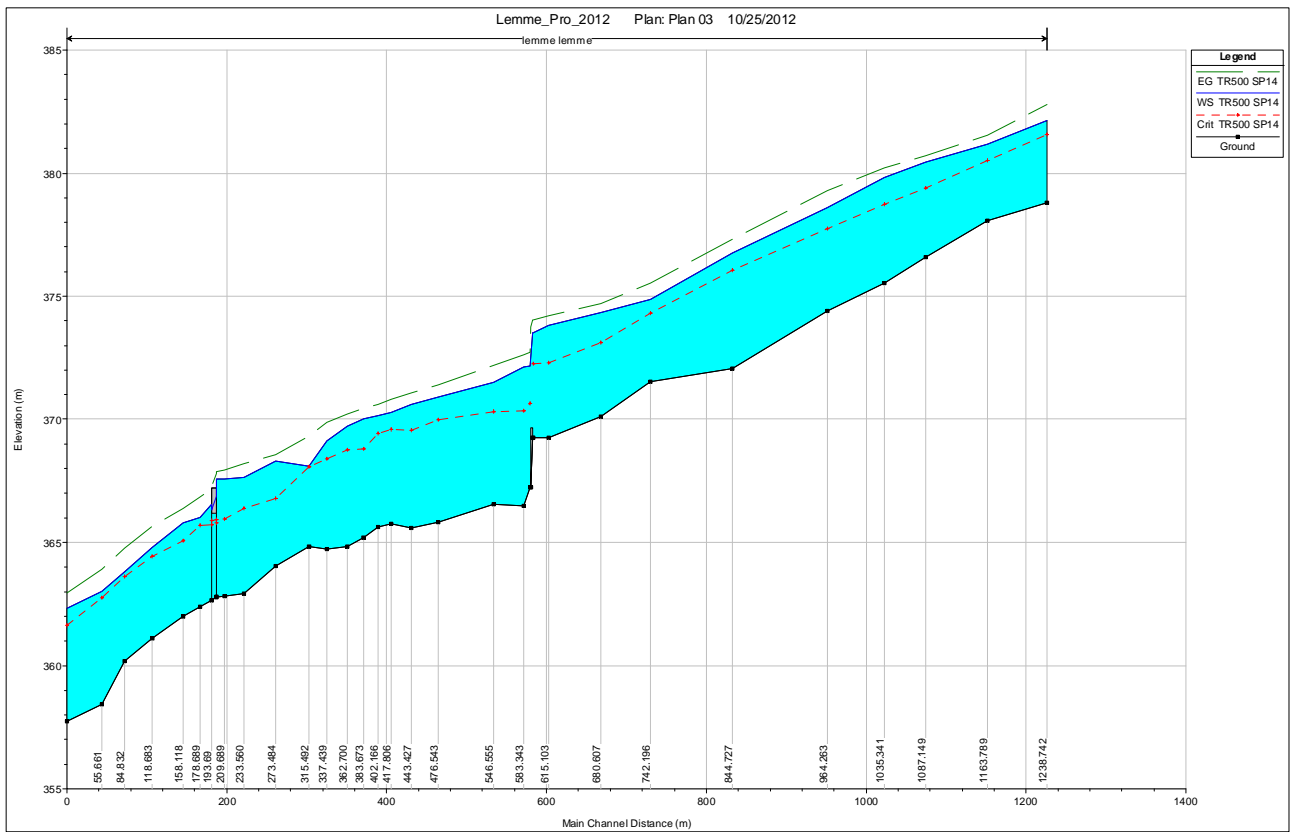
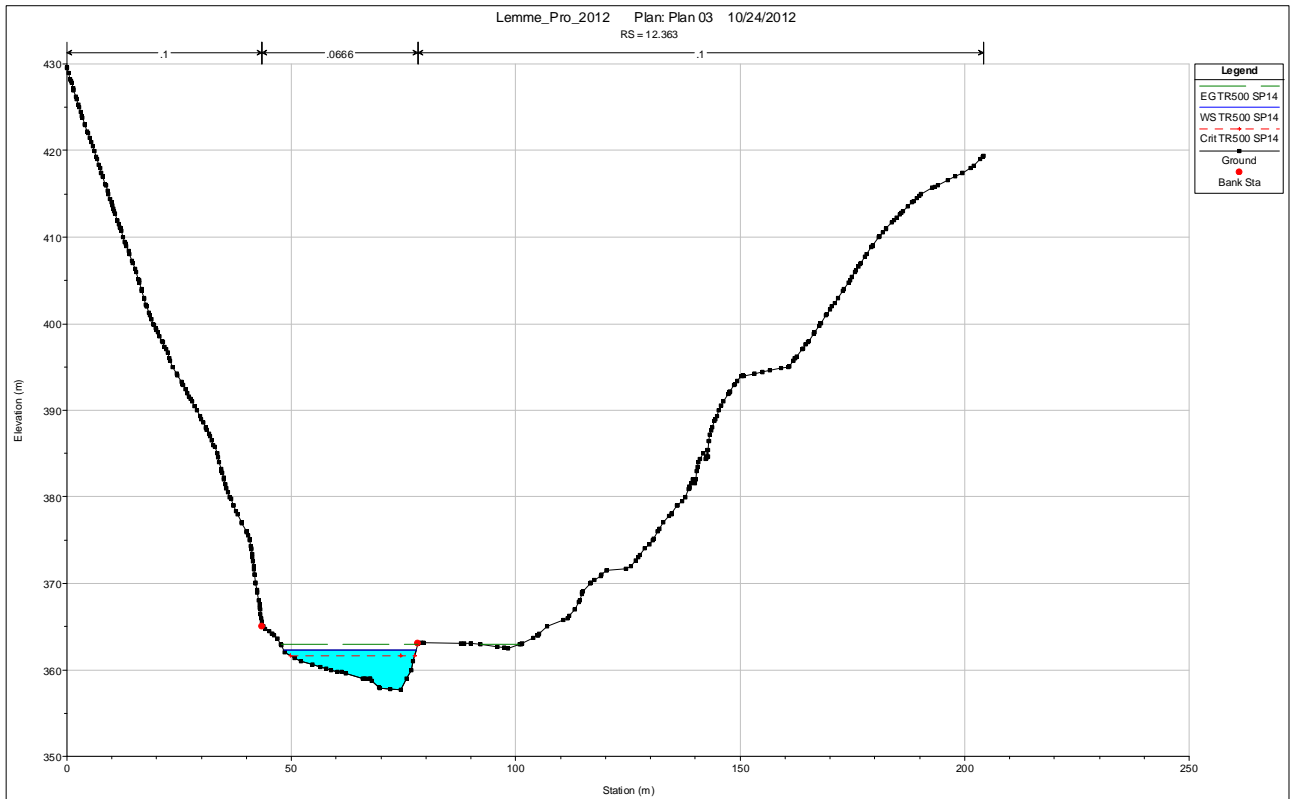












ALLEGATO 4

Risultati modello monodimensionale

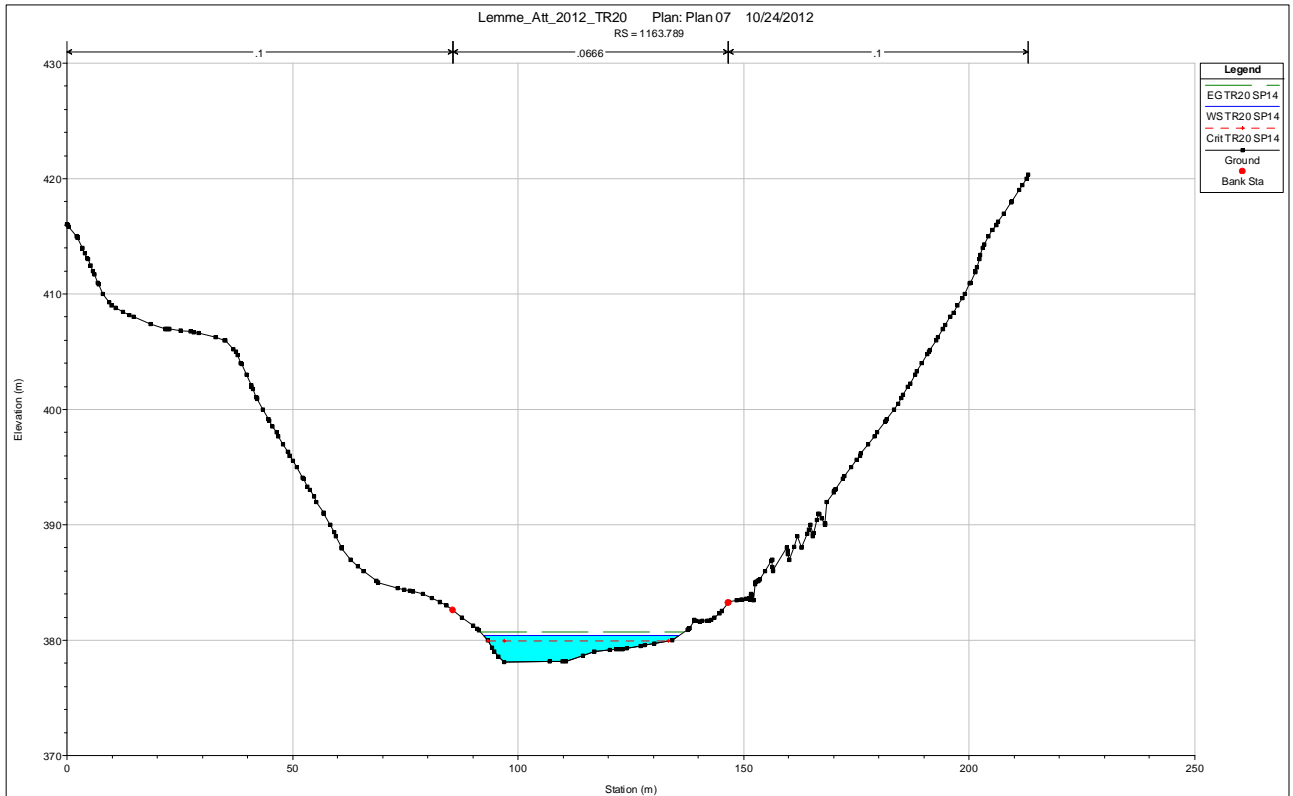
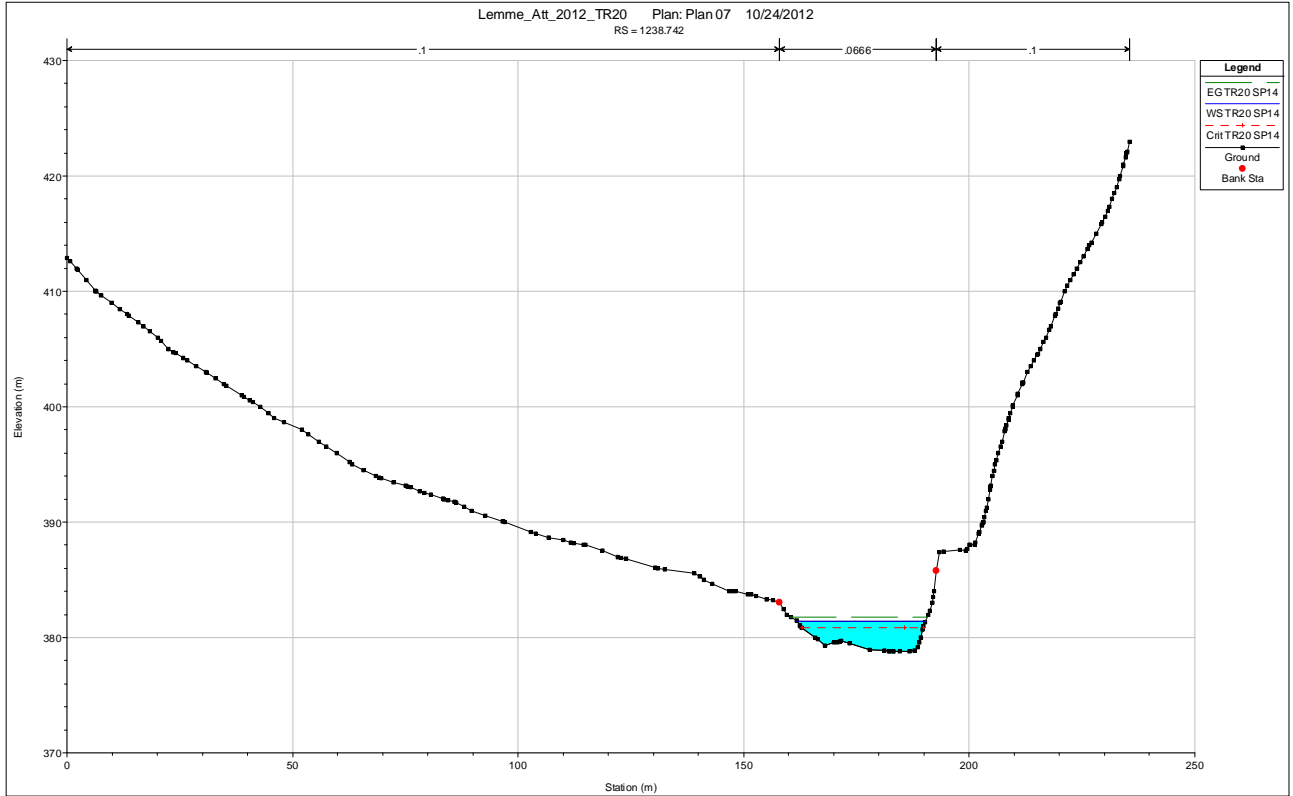
Opere provvisorie in alveo

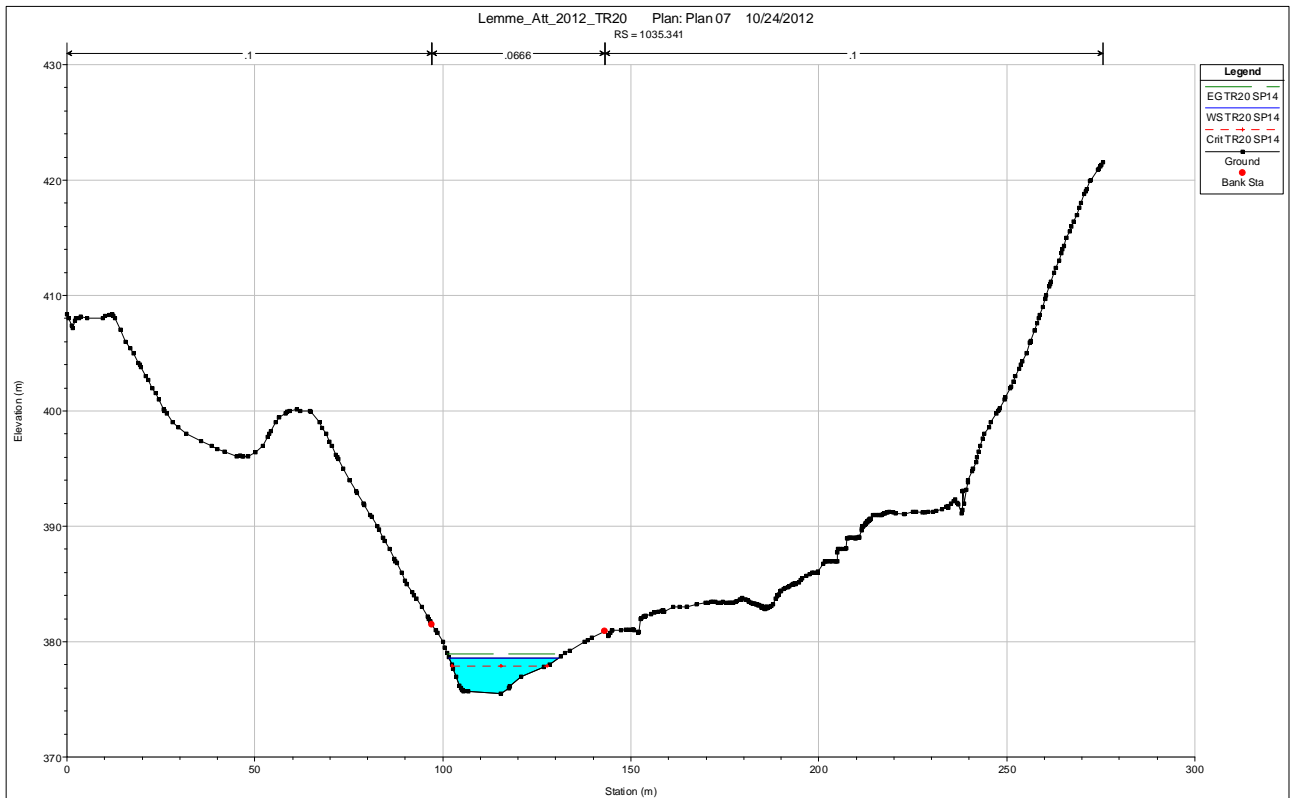
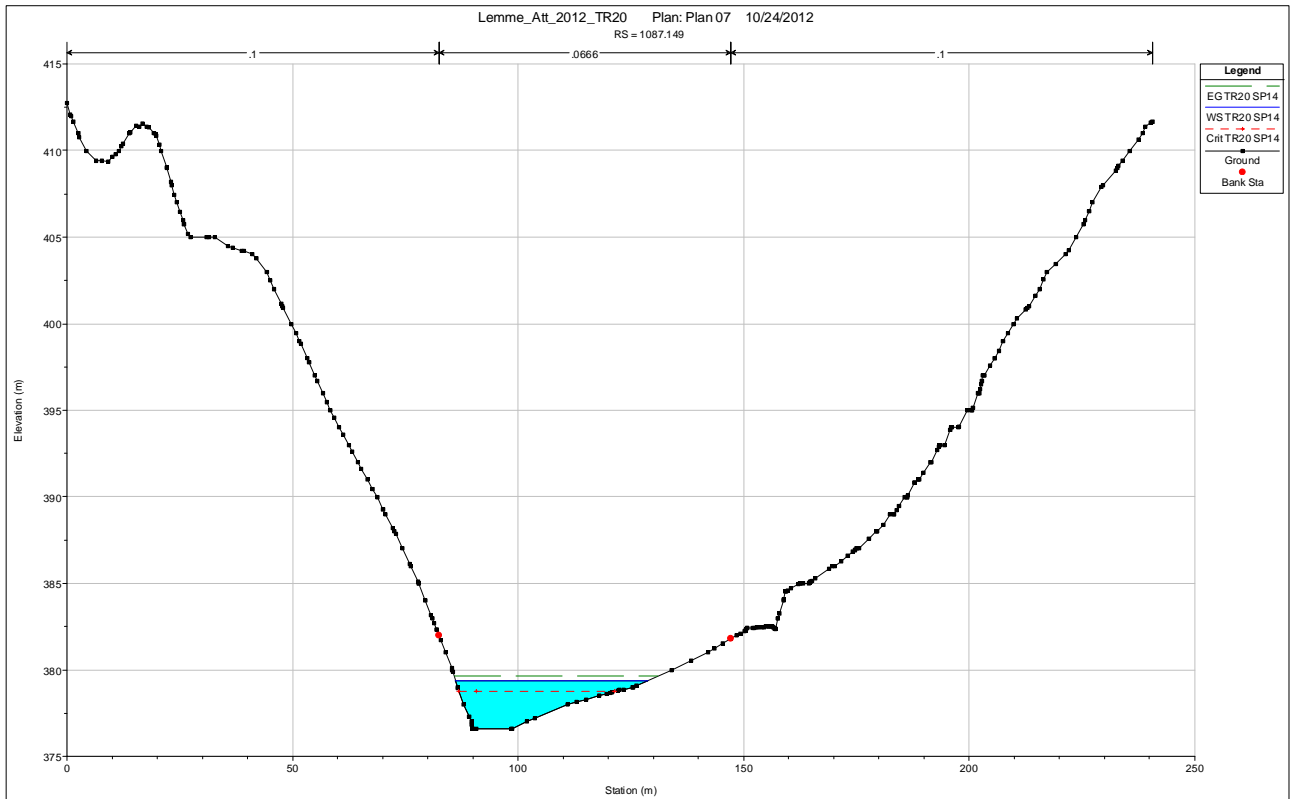
Stato di fatto e stato di progetto

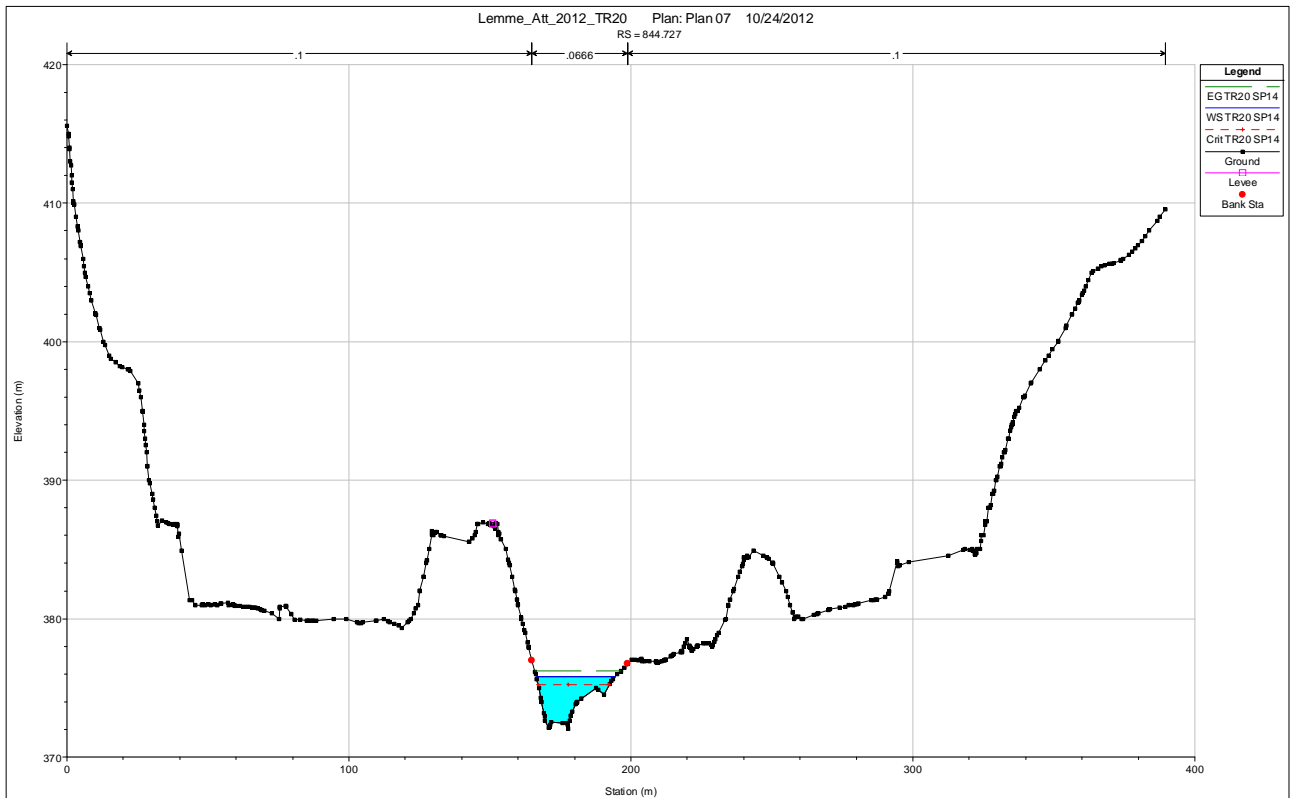
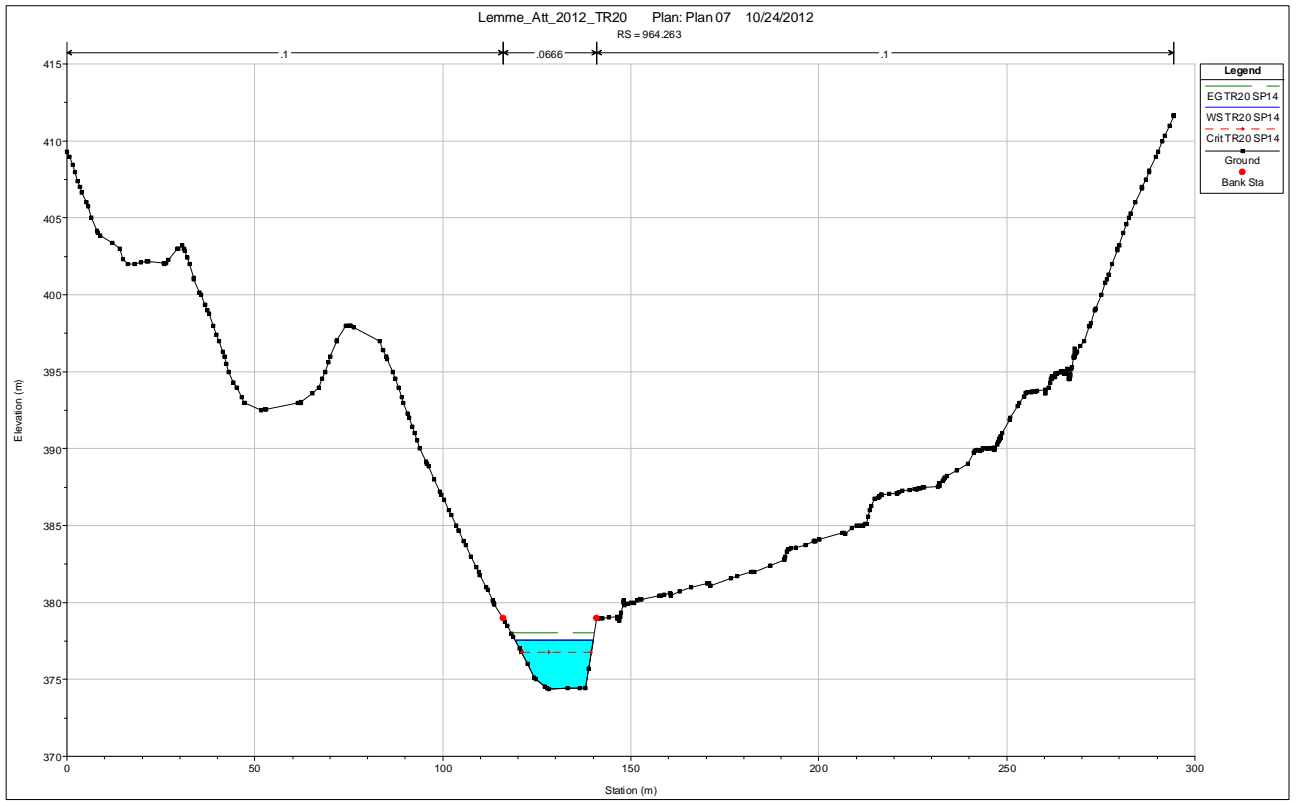
Nel presente allegato è riportato il confronto tra i livelli idrici del torrente Lemme nello stato attuale e quelli prodotti dall'opera provvisoria in alveo, costituita da una pista di altezza 50 cm dal fondo e larghezza di 3.50 m rispetto alla sponda attuale. Le verifiche sono condotte con $T_r = 20$ anni e scabrezza $k_s = 10 - 15 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. Nel seguito si riportano le sezioni trasversali riportanti i livelli relativi allo stato attuale e successivamente quelli dell'opera provvisoria.

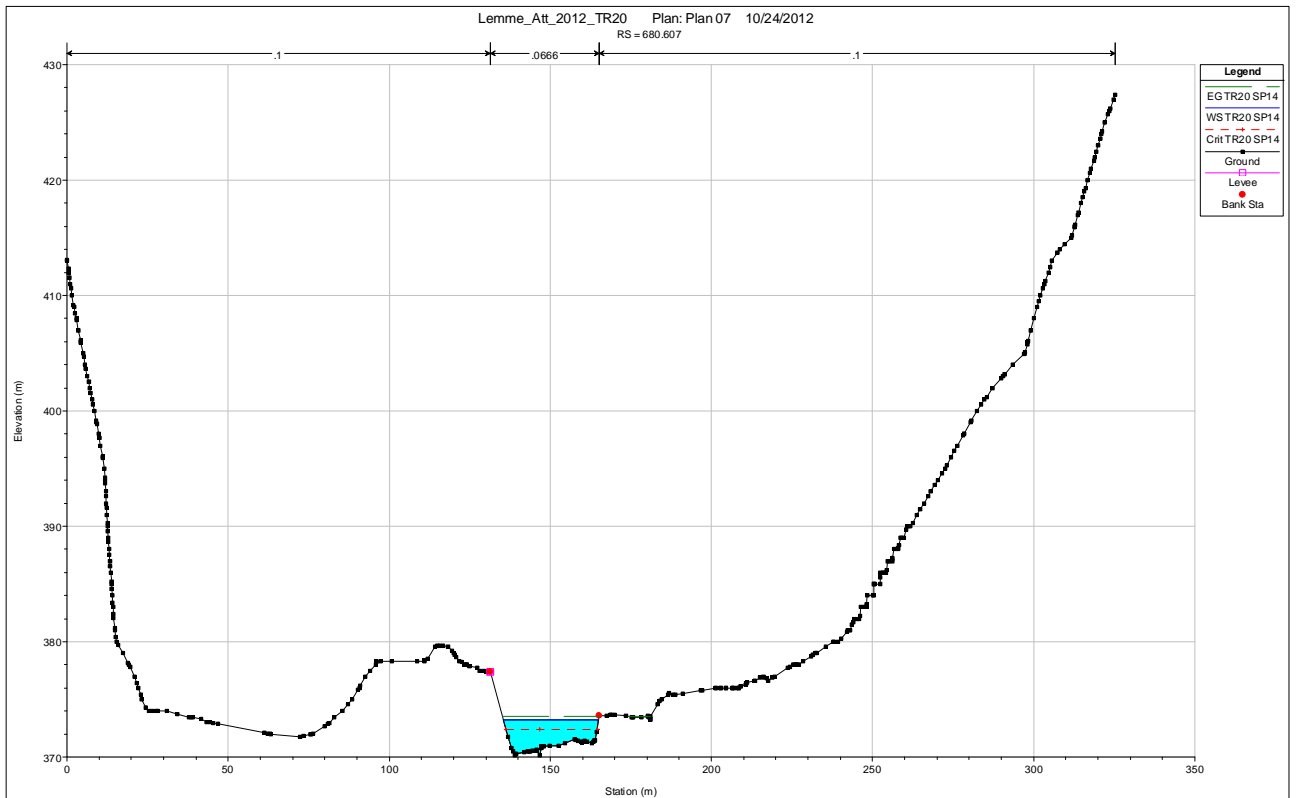
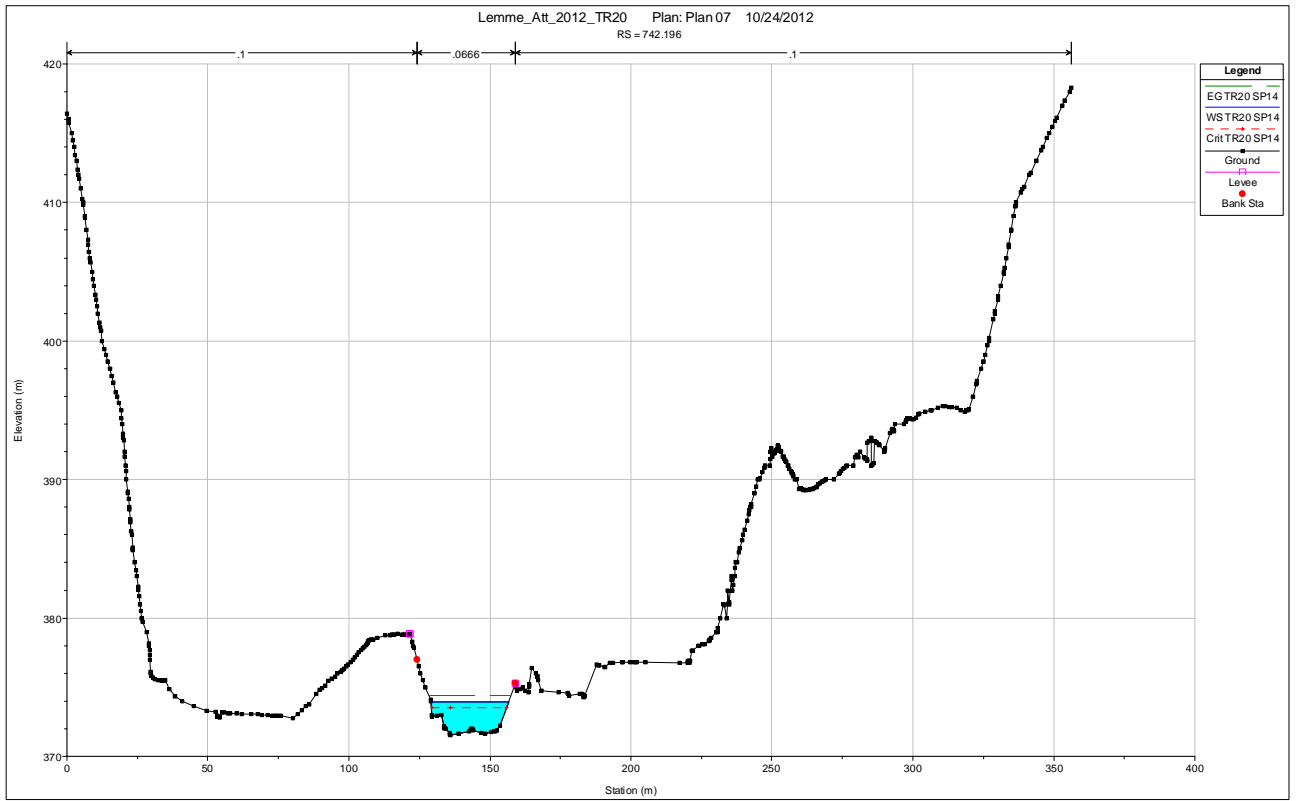
<i>Profili di calcolo torrente Lemme. $T_r = 20$ anni.</i>			
	<i>Stato attuale</i>	<i>Fase operativa</i>	<i>Confronto</i>
<i>River Sta</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>W.S. Elev</i>	<i>Delta</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>	<i>(m)</i>
1238.742	381.41	381.41	0.00
1163.789	380.39	380.39	0.00
1087.149	379.38	379.38	0.00
1035.341	378.62	378.62	0.00
964.263	377.55	377.6	0.05
844.727	375.81	375.89	0.08
742.196	373.94	373.97	0.03
680.607	373.22	373.26	0.04
615.103	372.7	372.69	-0.01
596.43	372.46	372.46	0.00
591.93			
591.431	370.96	371.01	0.05
583.343	370.94	370.99	0.05
546.555	370.54	370.55	0.01
476.543	369.94	369.94	0.00
443.427	369.63	369.63	0.00
417.806	369.25	369.25	0.00
402.166	369.03	369.03	0.00
383.673	368.84	368.84	0.00
362.7	368.46	368.46	0.00
337.439	368.04	368.04	0.00
315.492	367.16	367.16	0.00
273.484	366.89	366.89	0.00
233.56	366.19	366.19	0.00
209.689	365.98	365.98	0.00
199.689	365.91	365.91	0.00
196			
193.69	365.6	365.6	0.00
178.689	365.08	365.08	0.00
158.118	364.8	364.8	0.00
118.683	363.99	363.99	0.00
84.832	362.96	362.96	0.00
55.661	362.14	362.14	0.00
12.363	361.41	361.41	0.00

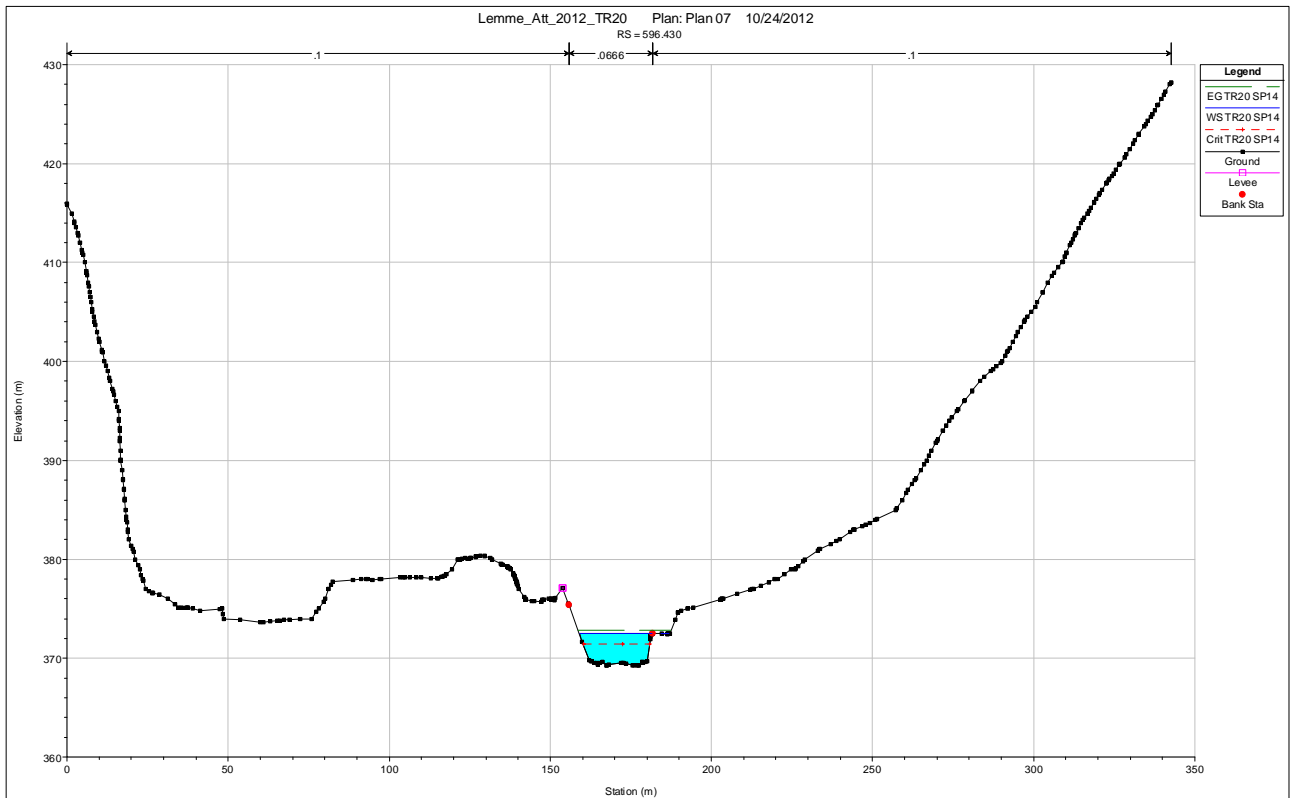
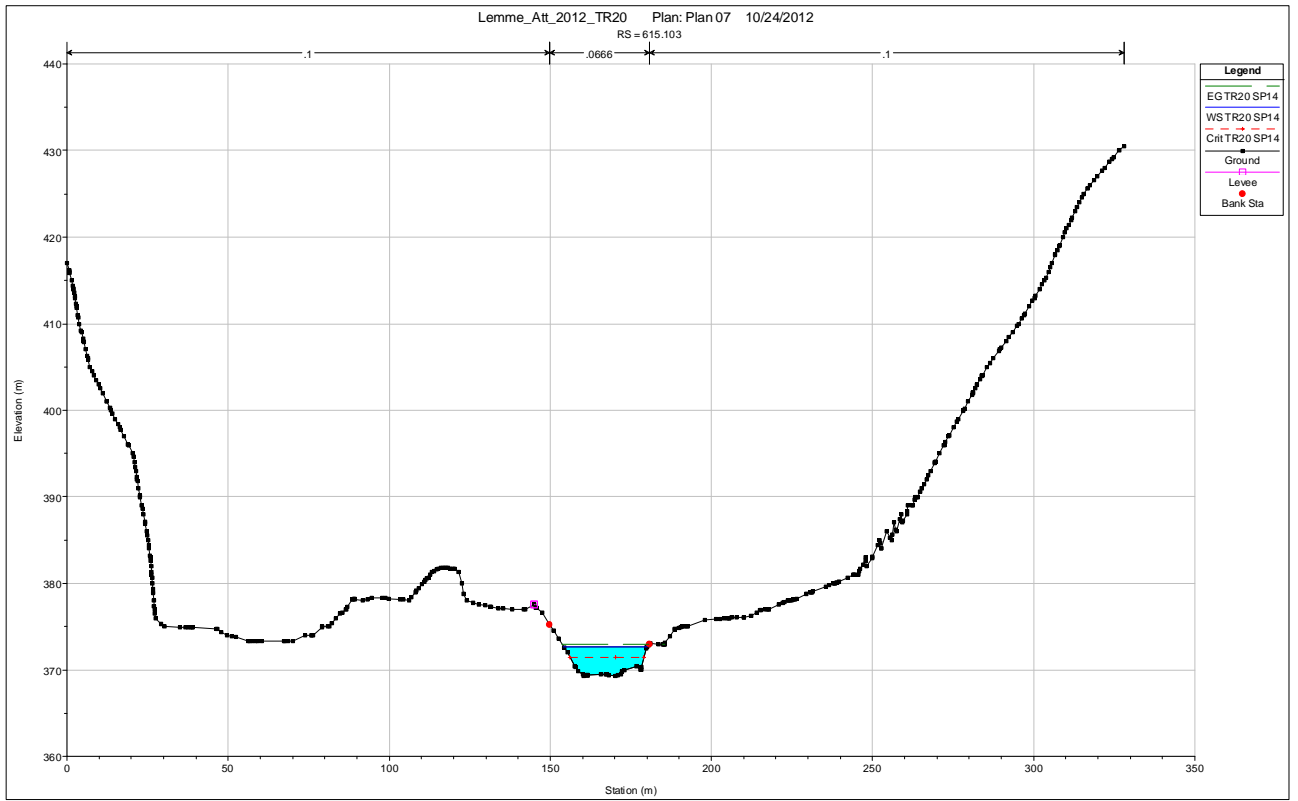
1. SIMULAZIONE TR 20 ANNI STATO ATTUALE

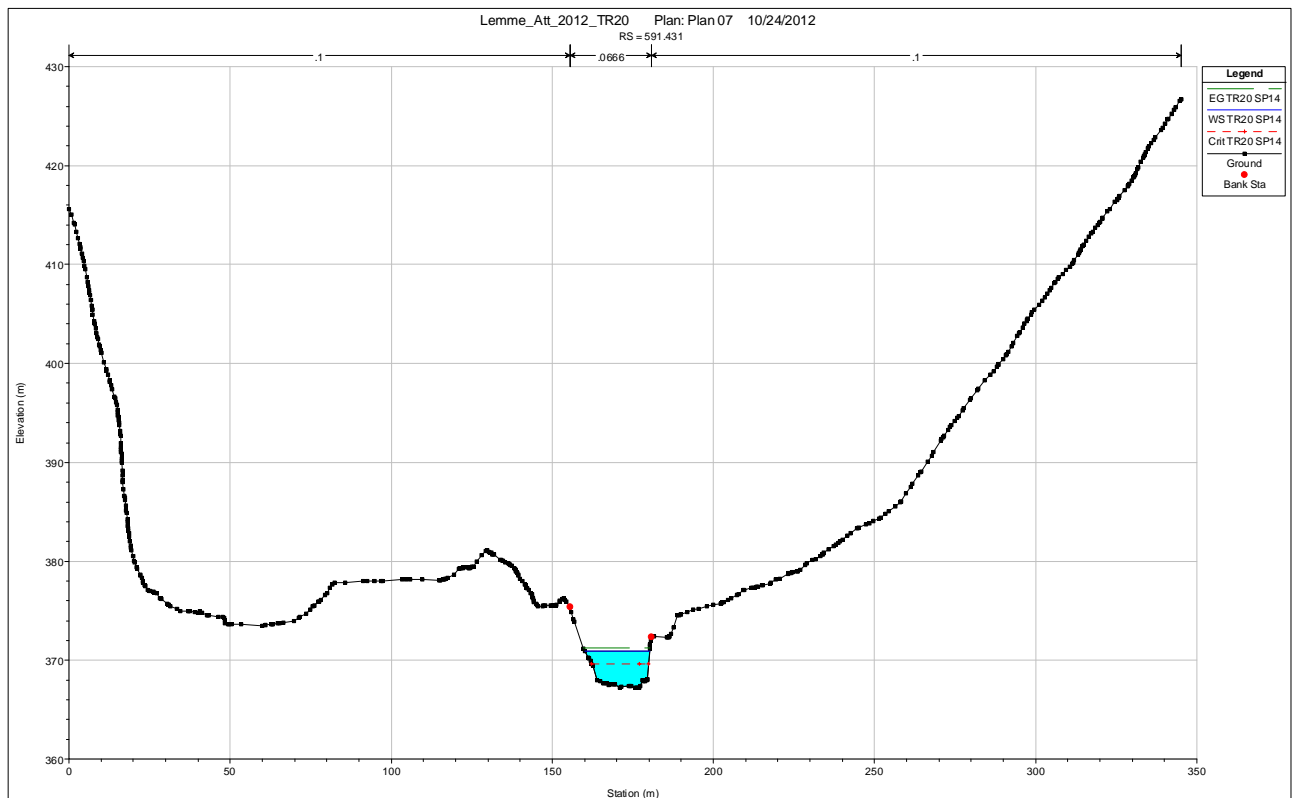
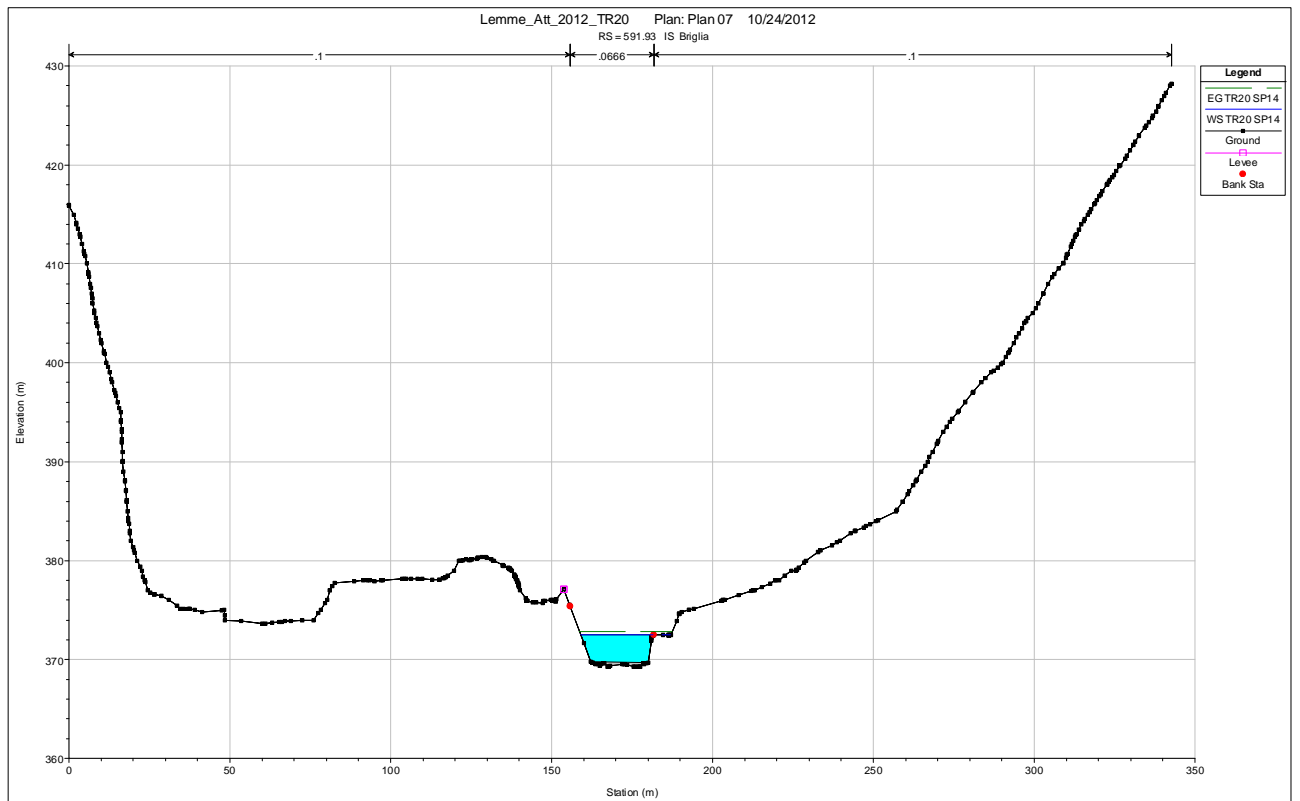


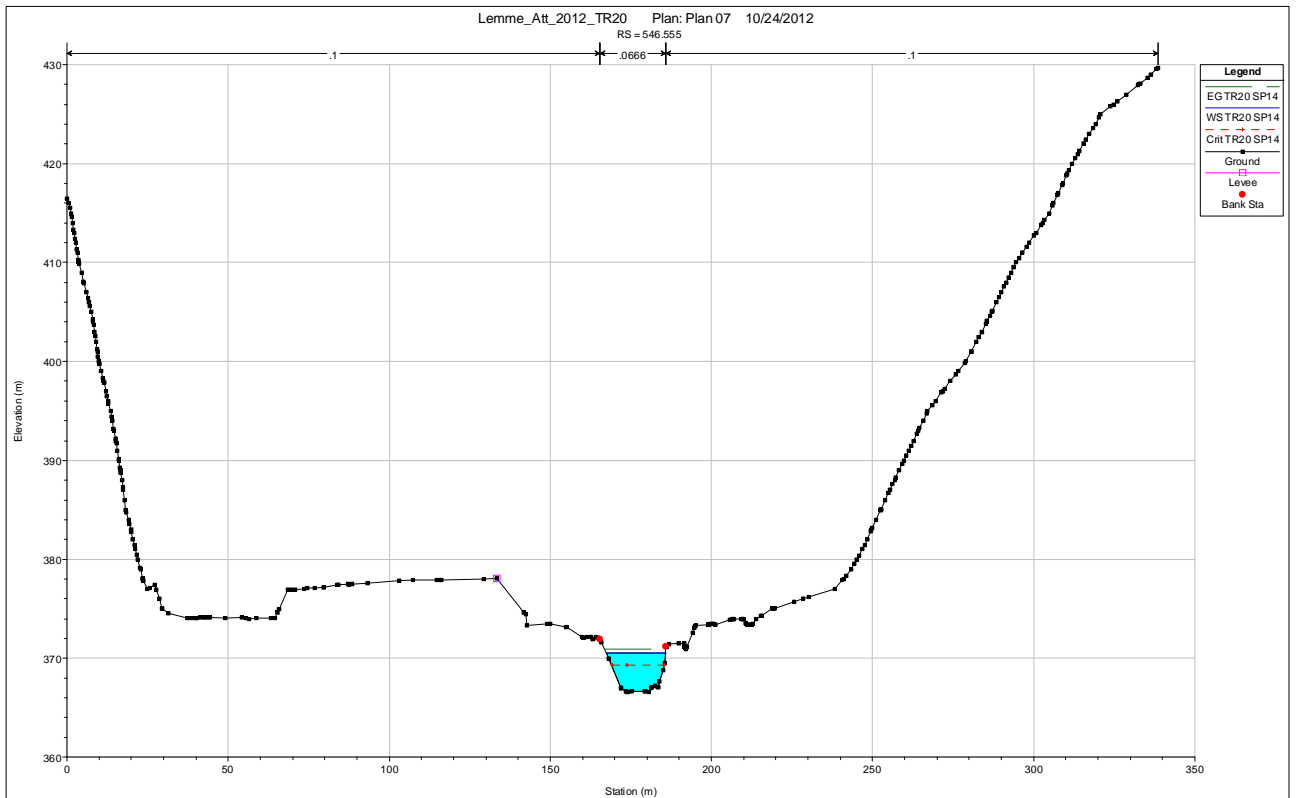
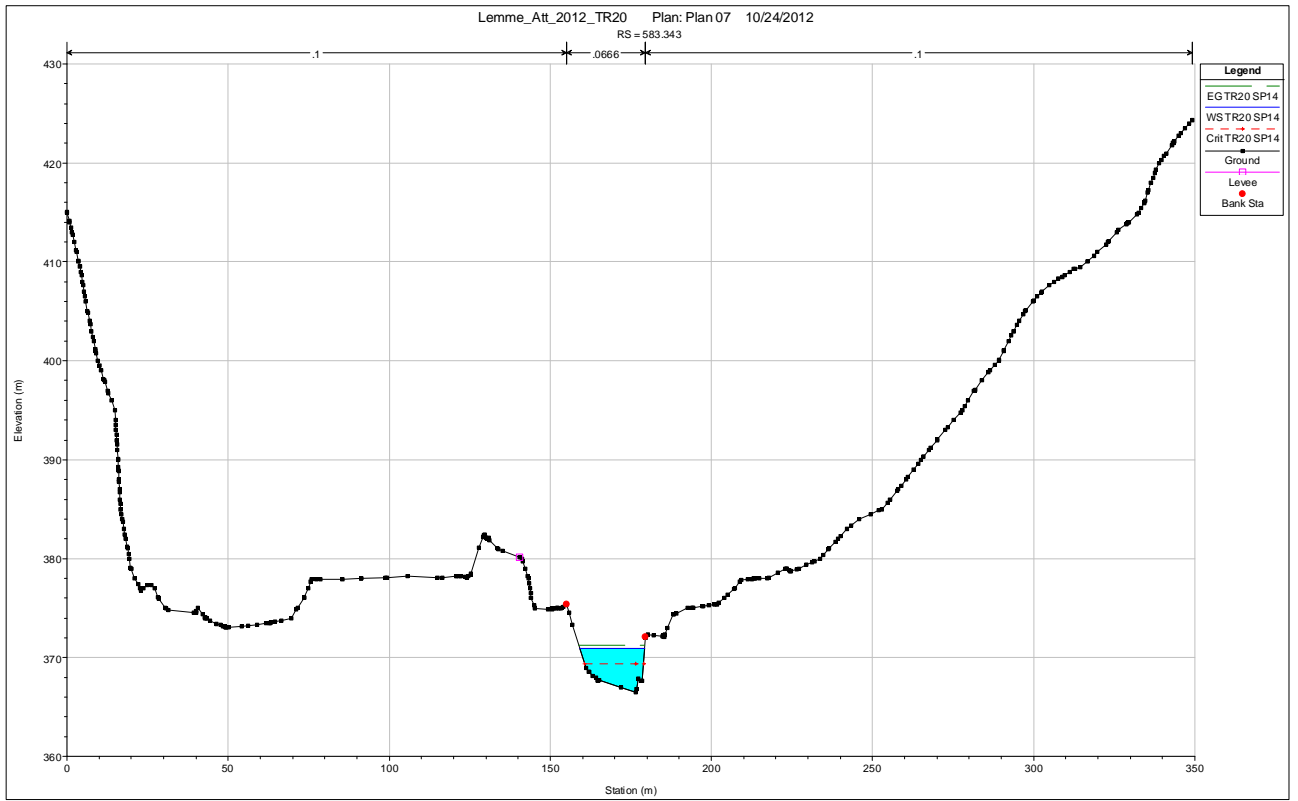


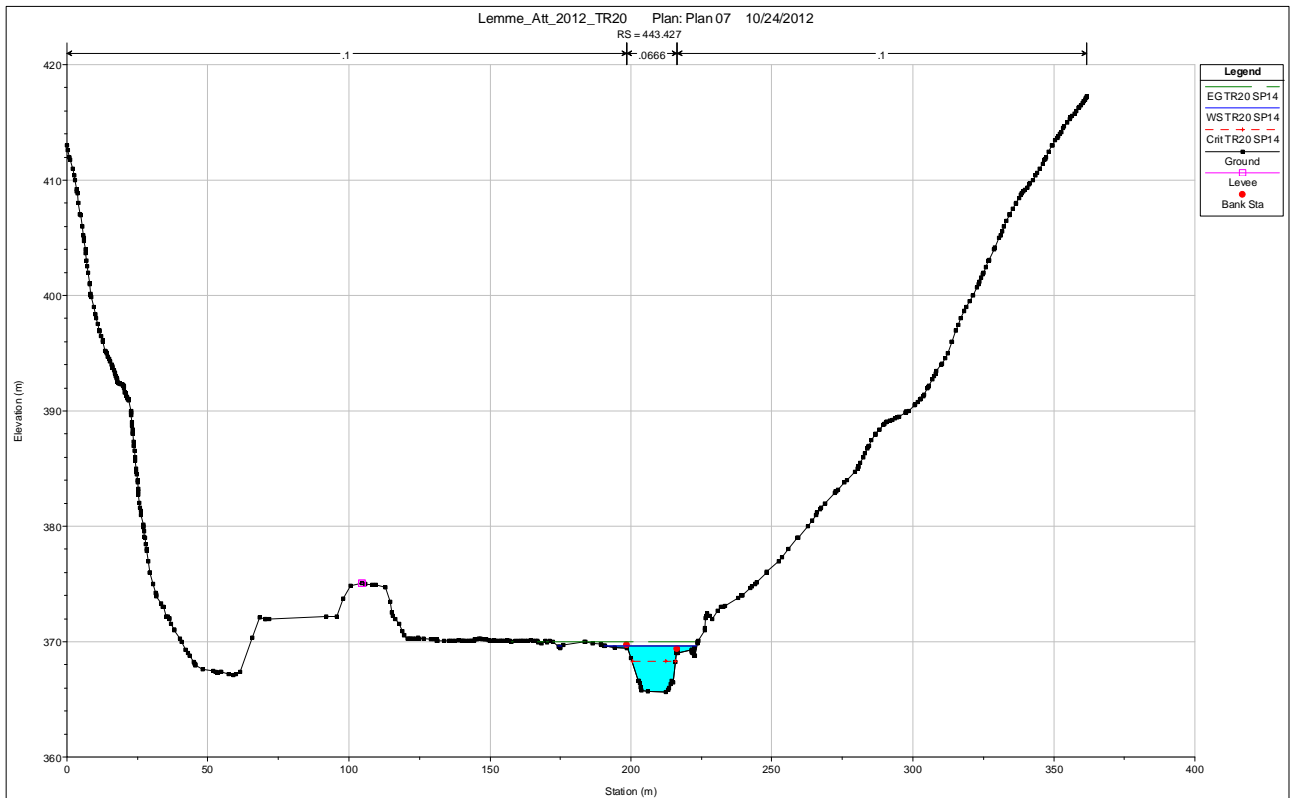
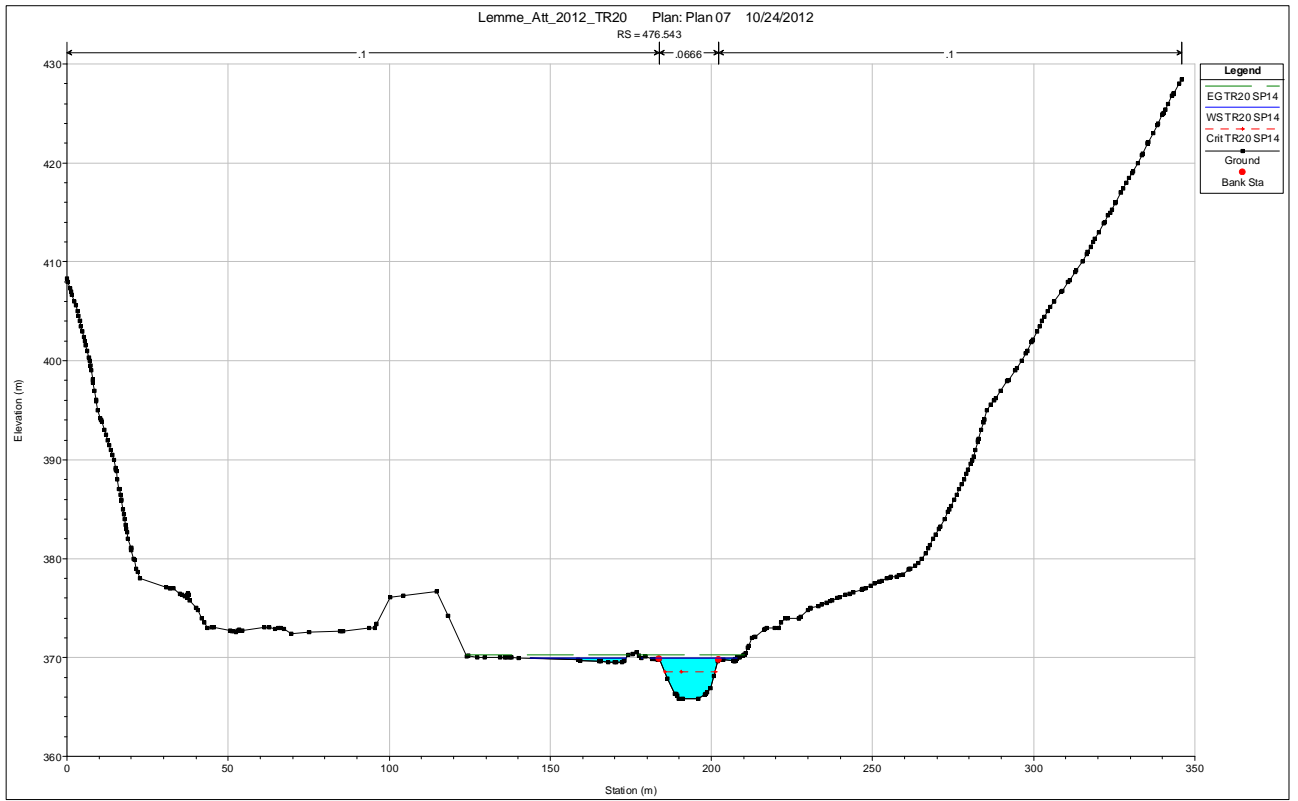


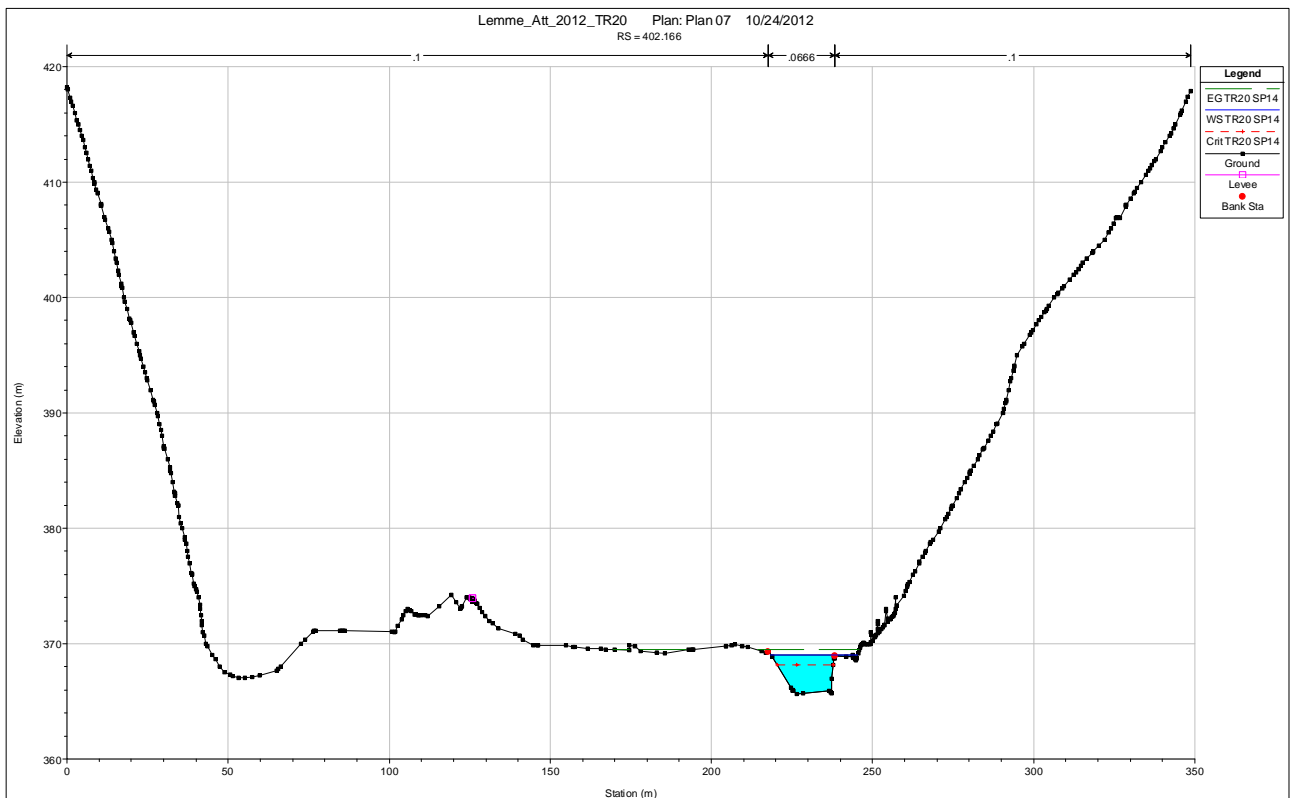
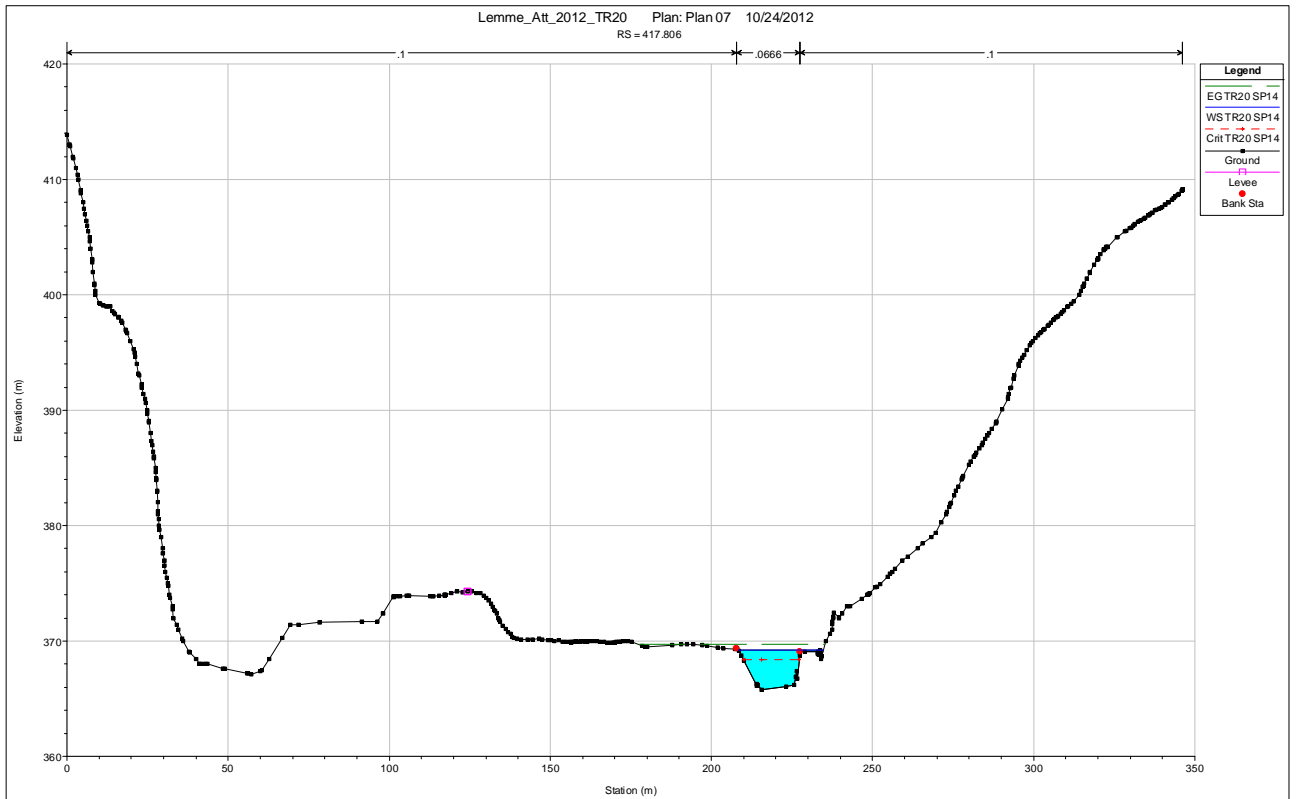


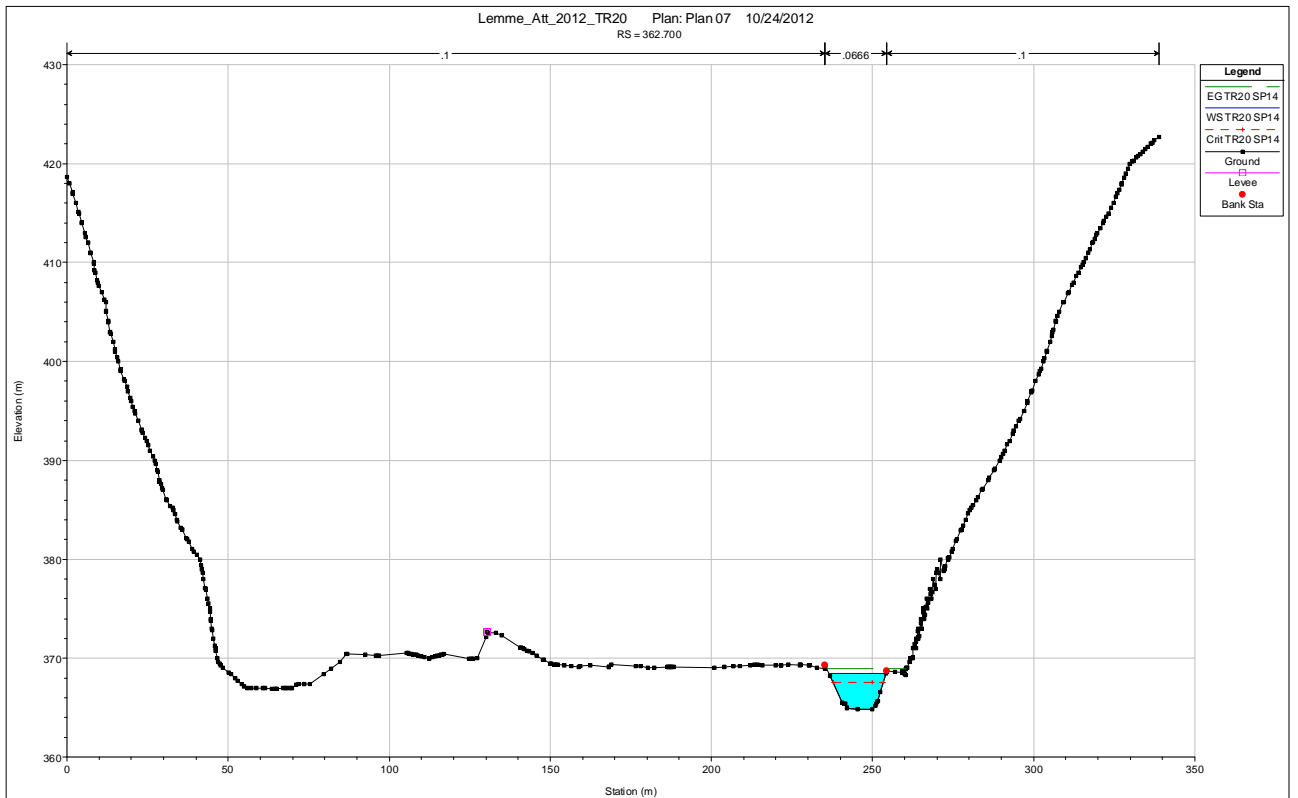
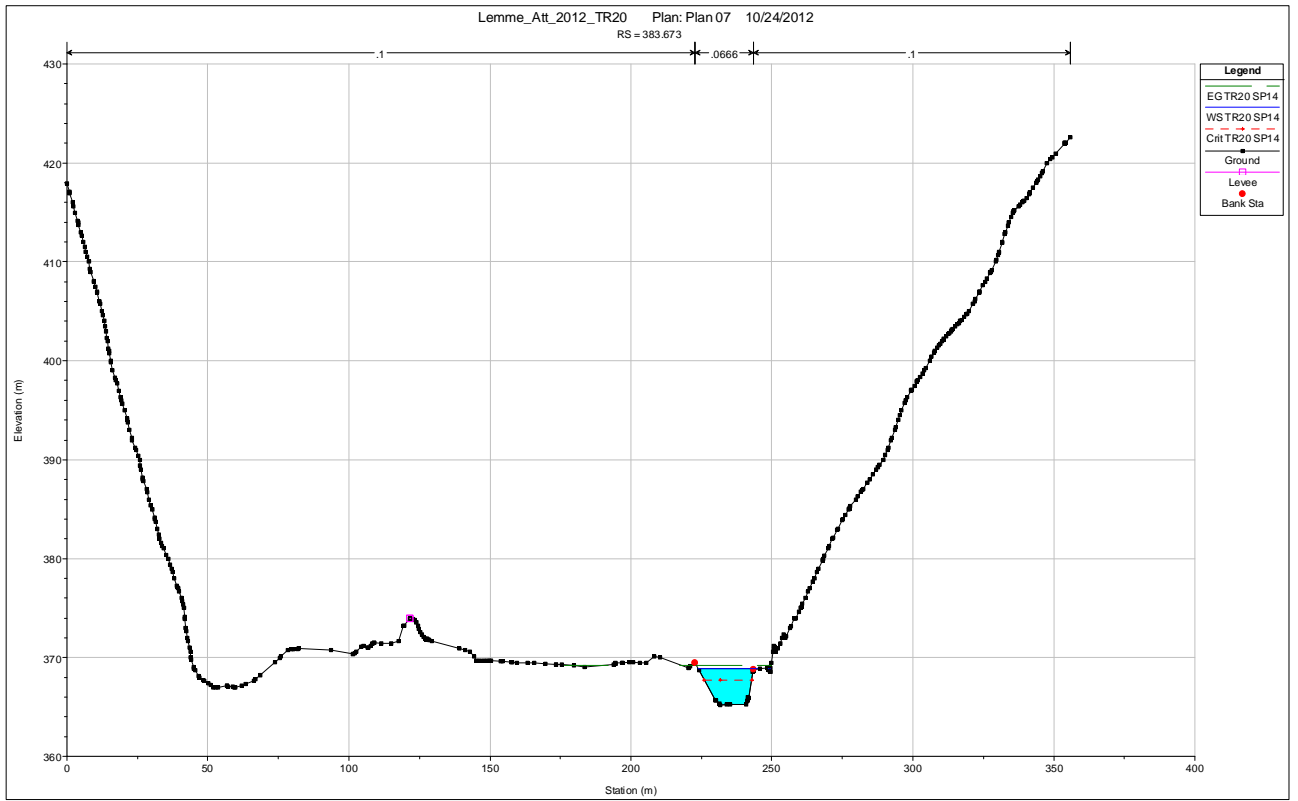


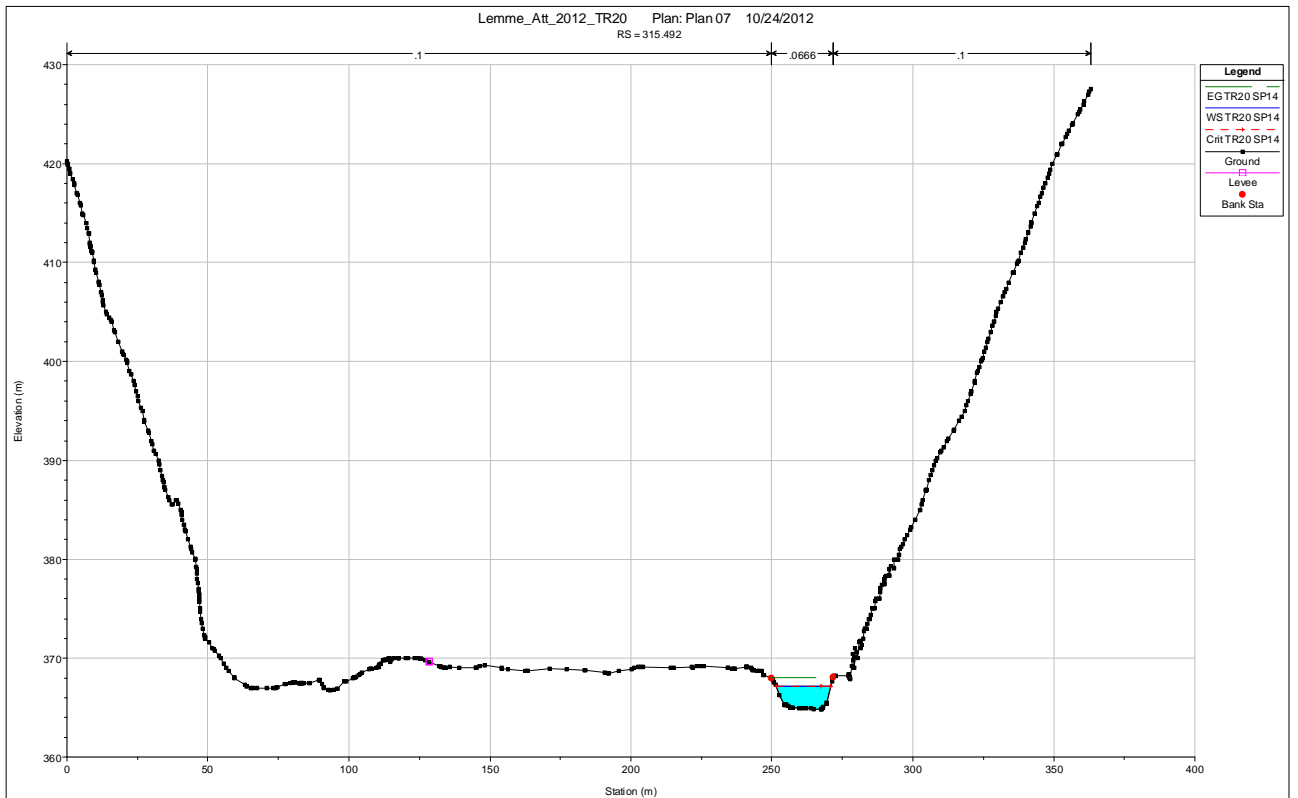
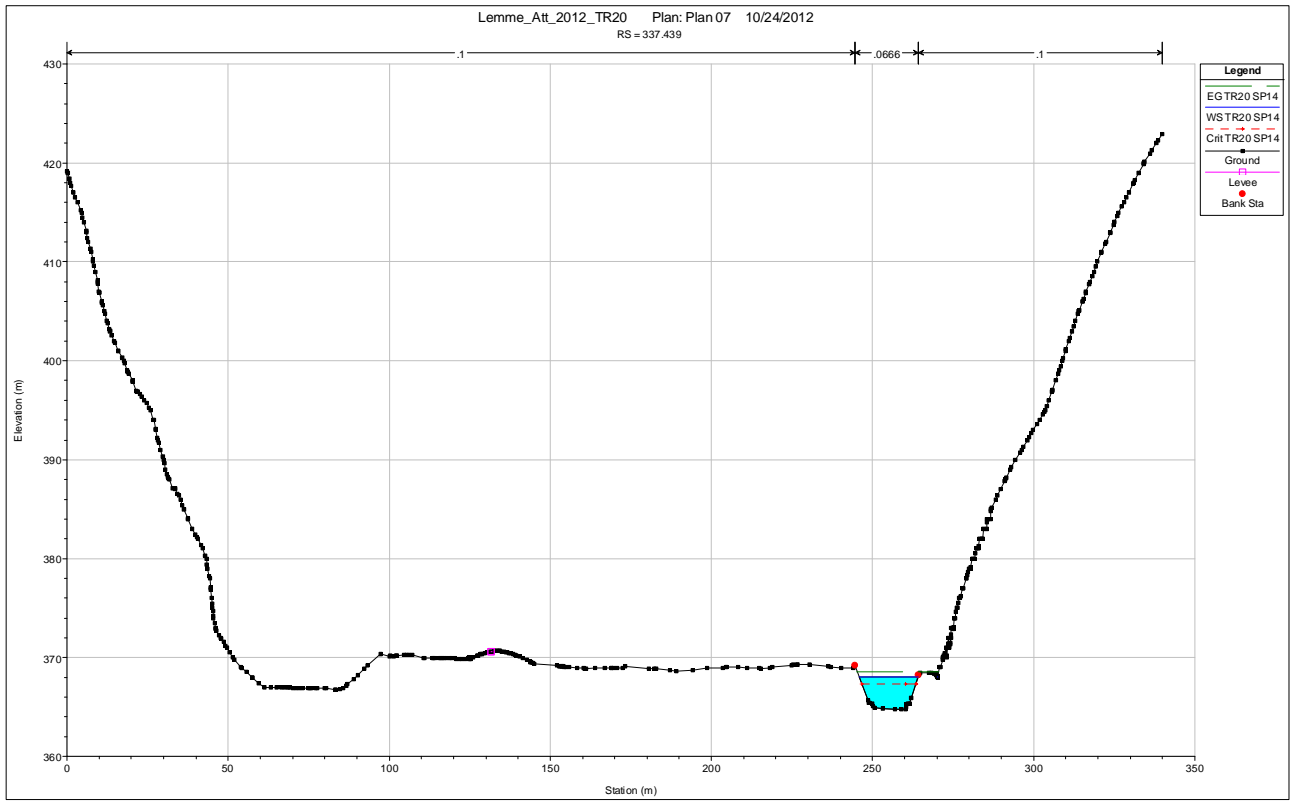


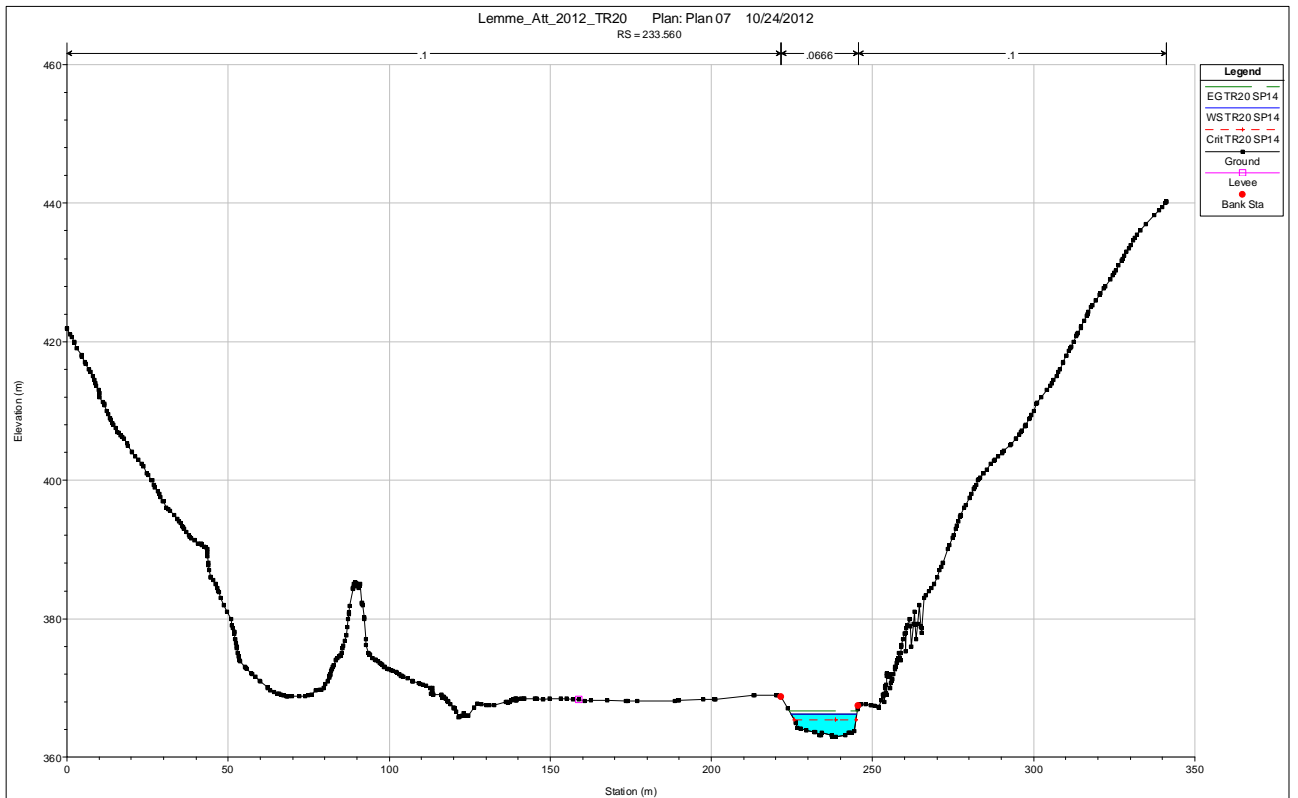
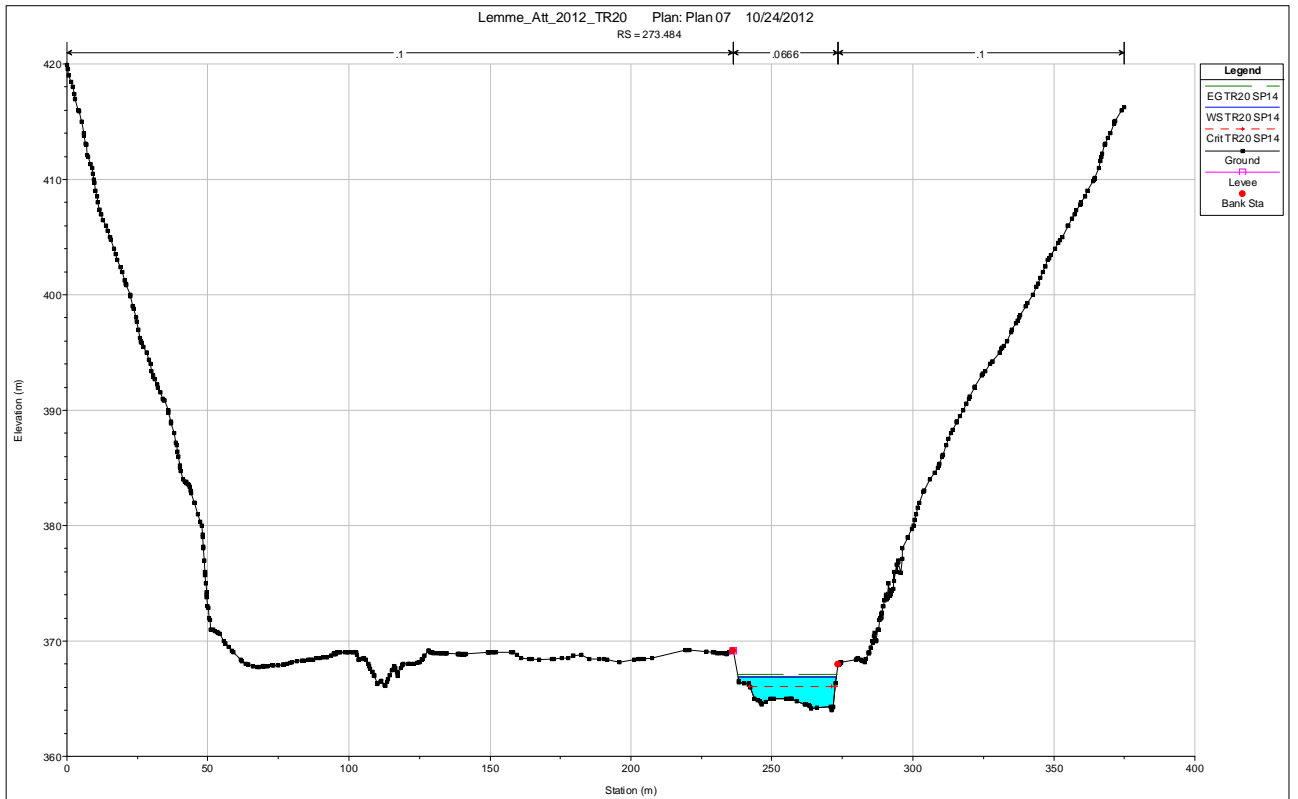


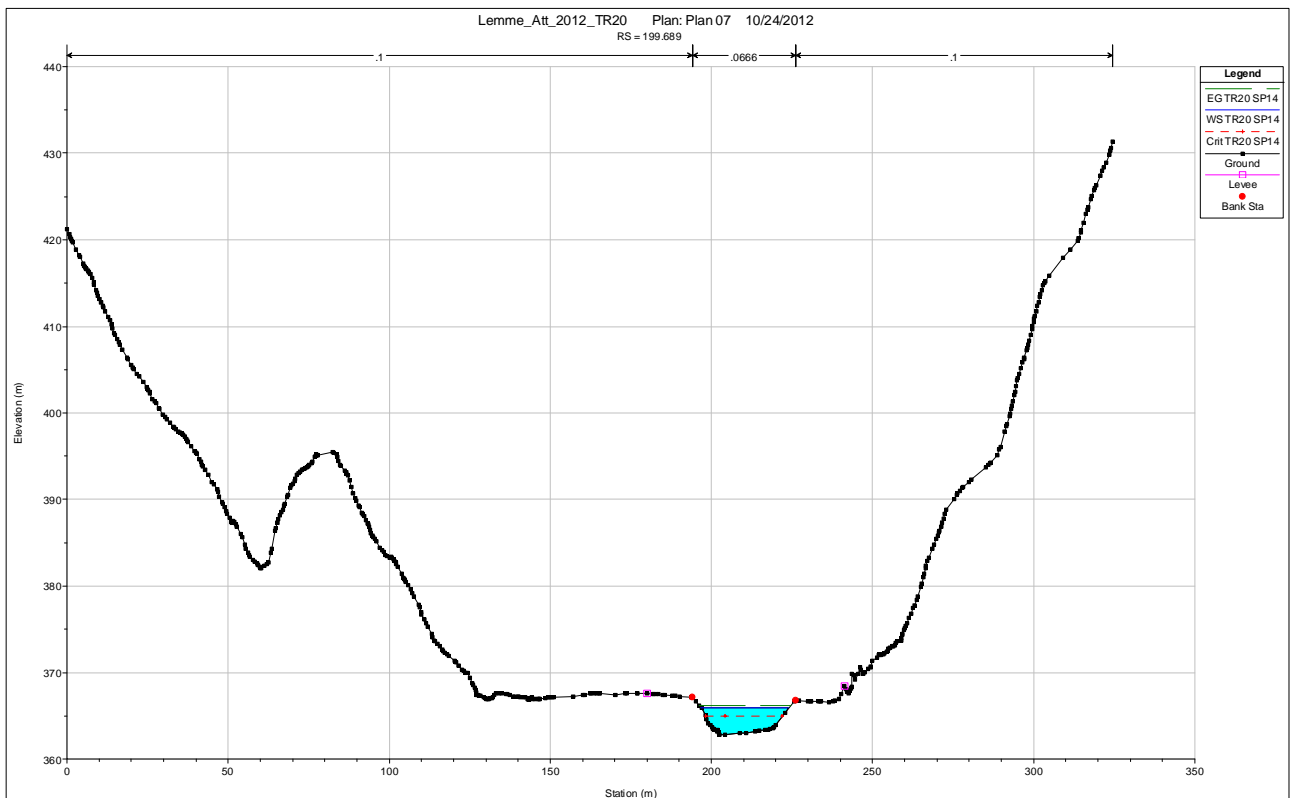
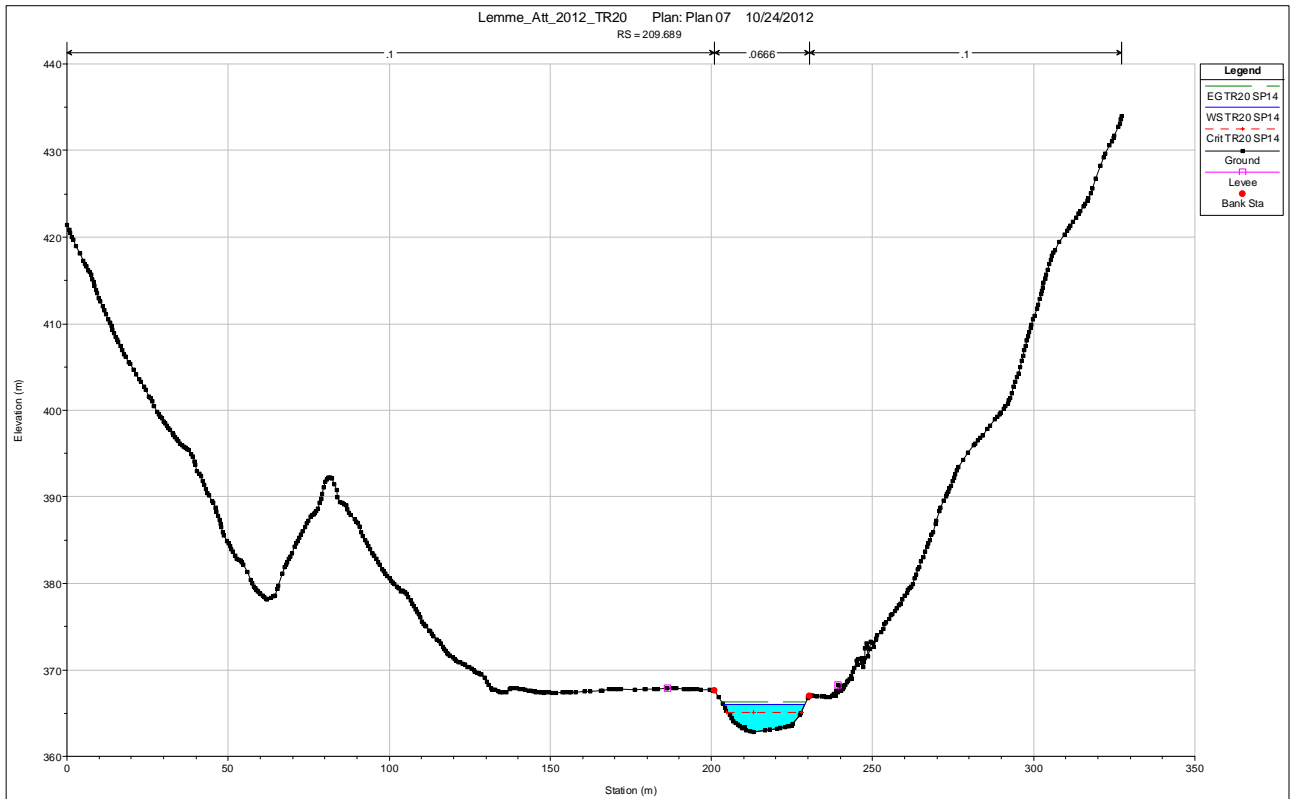


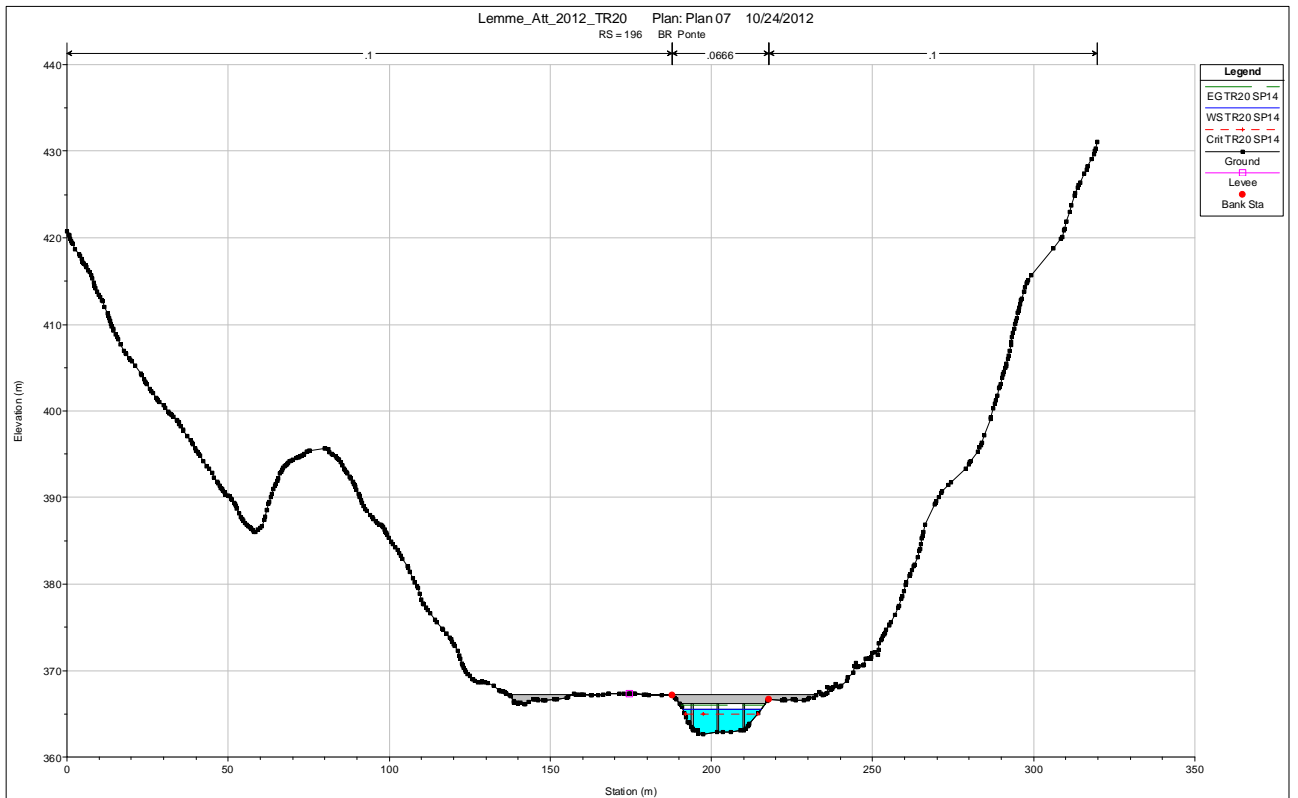
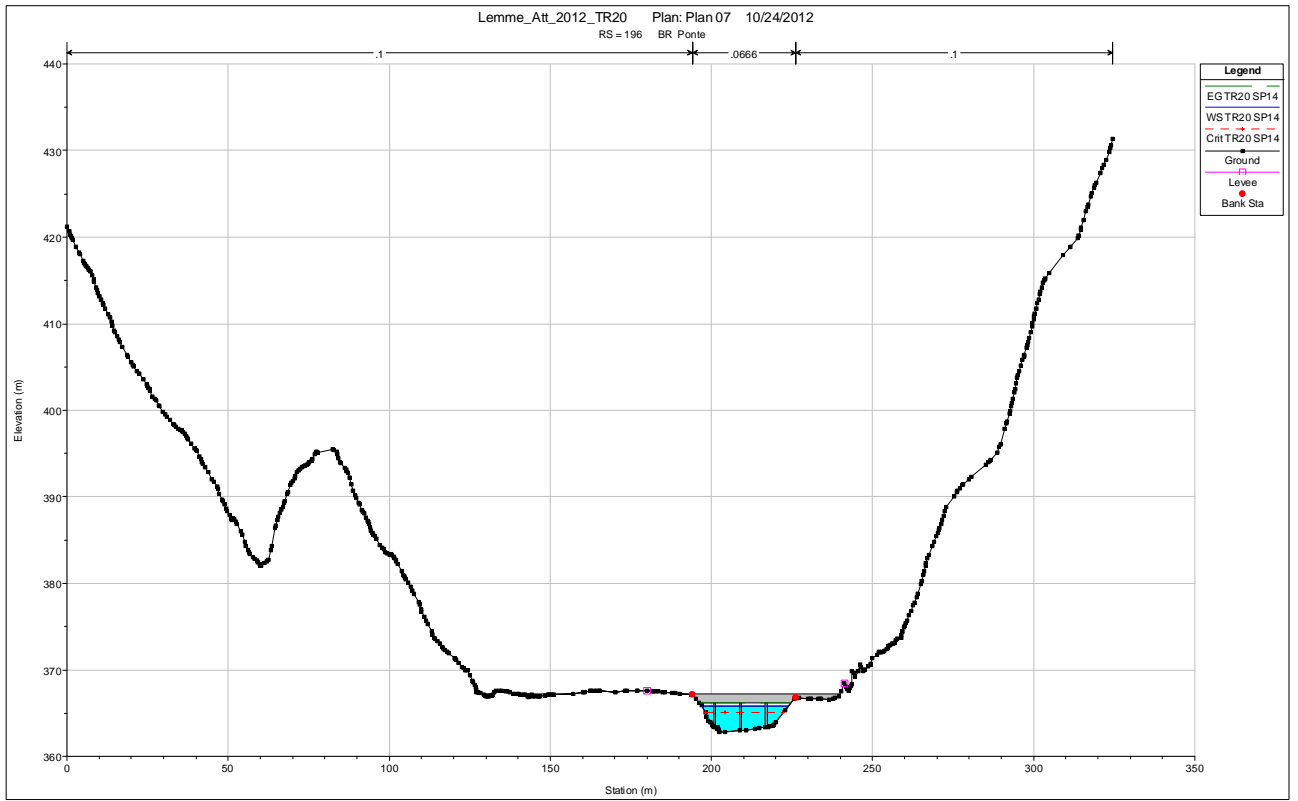


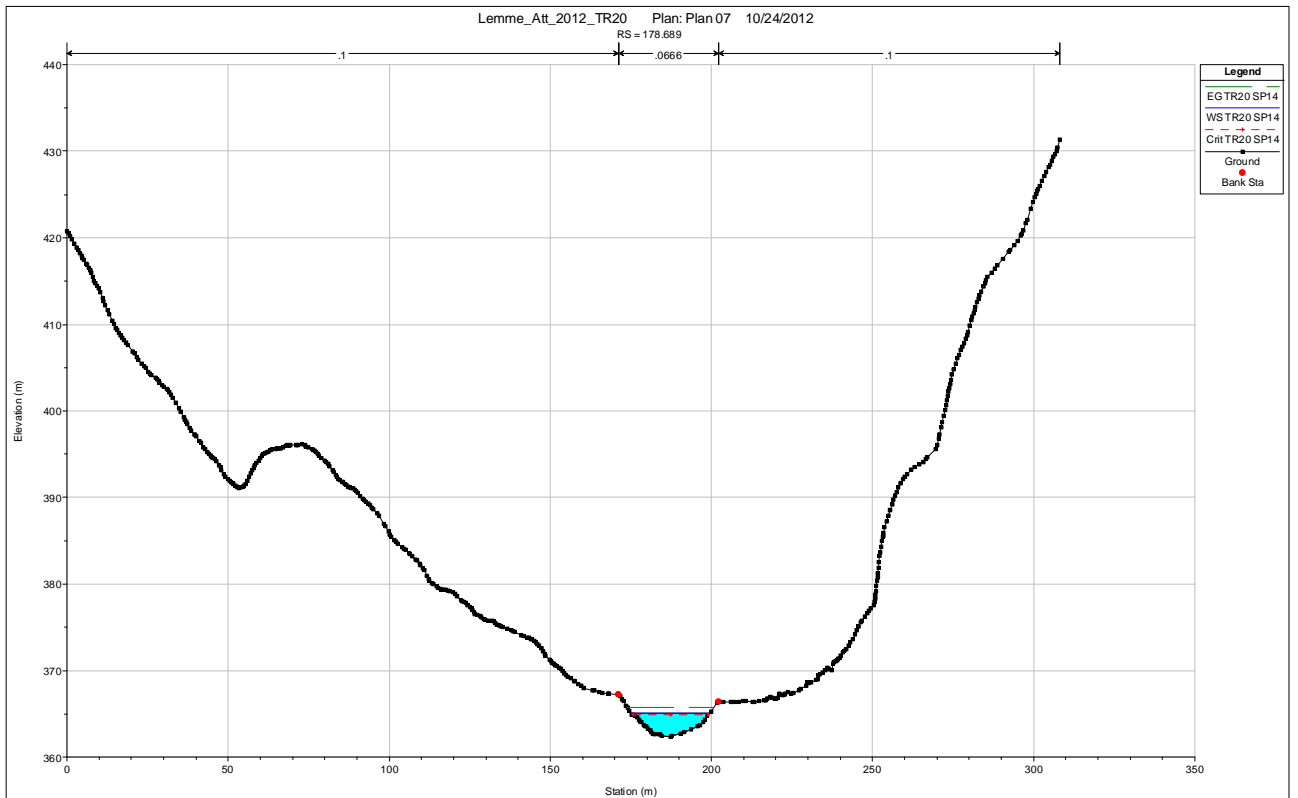
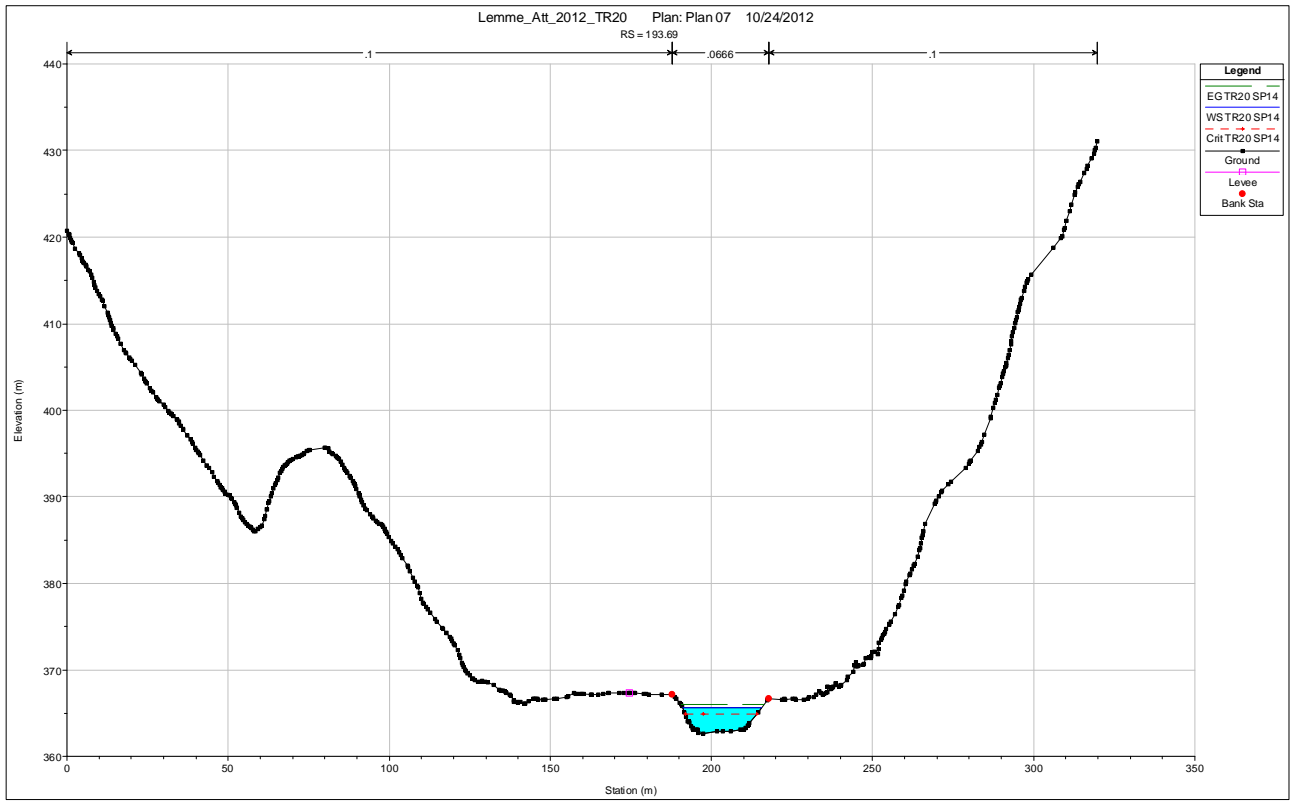


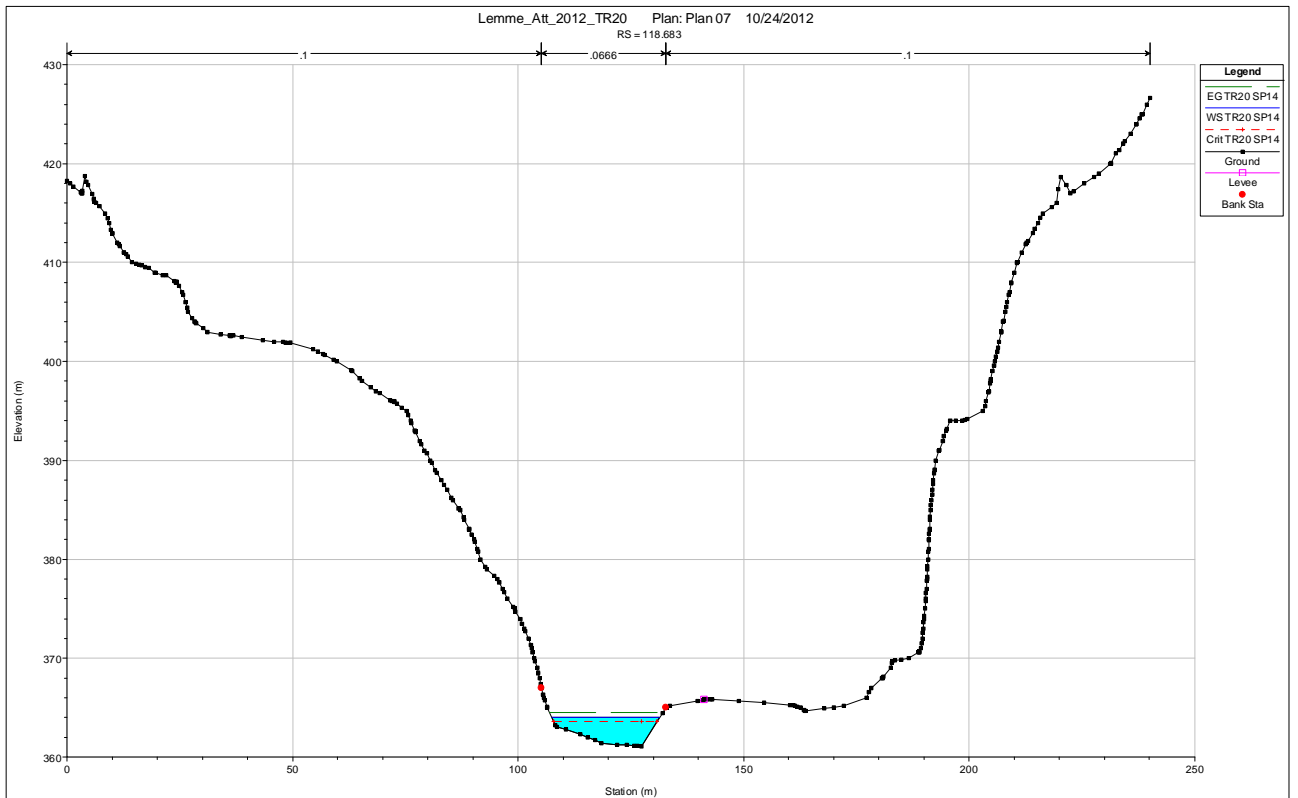
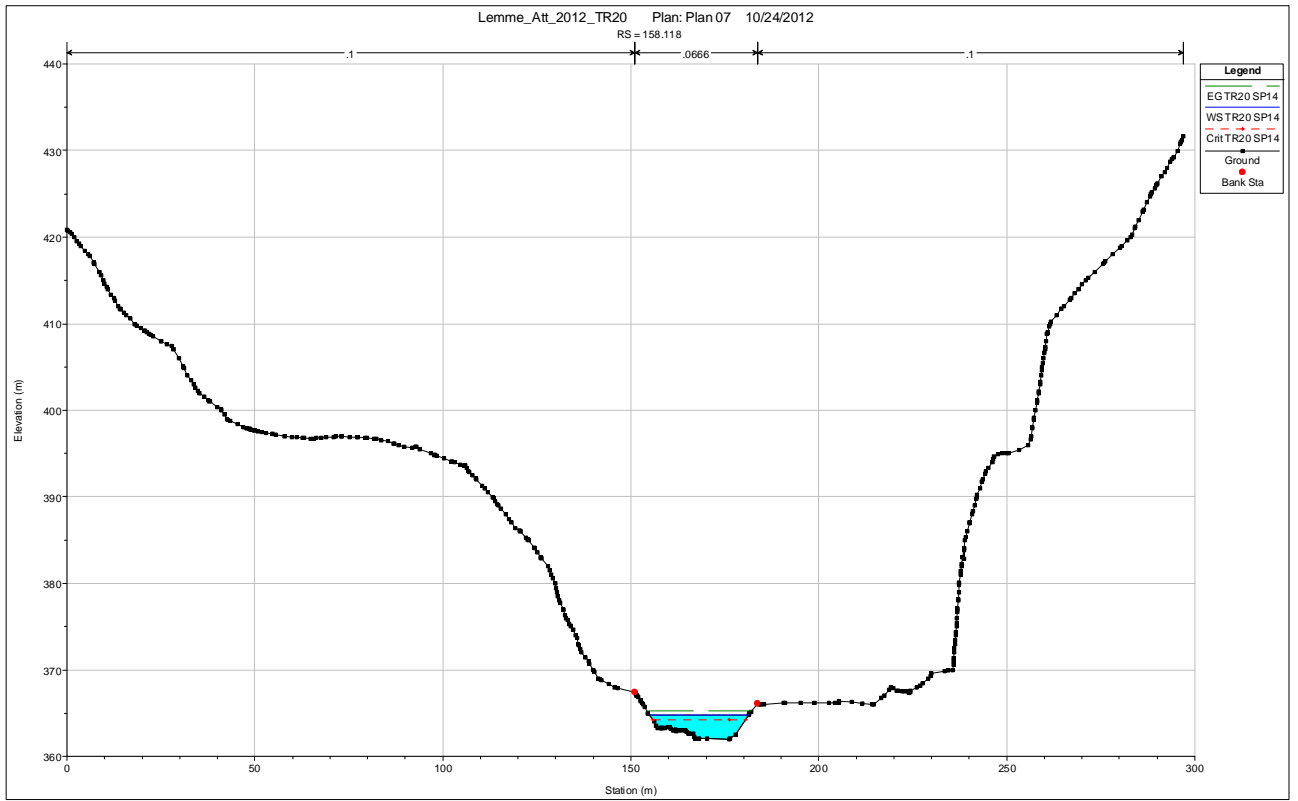


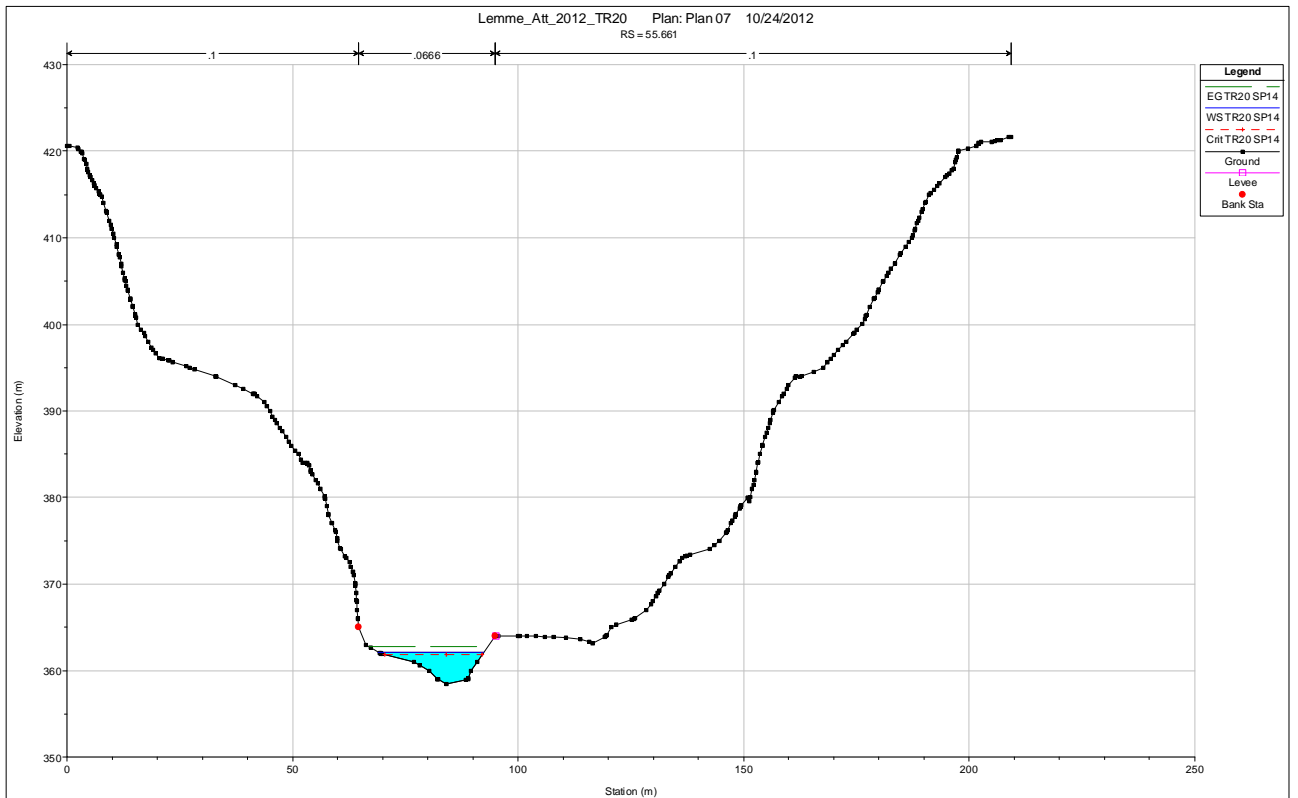
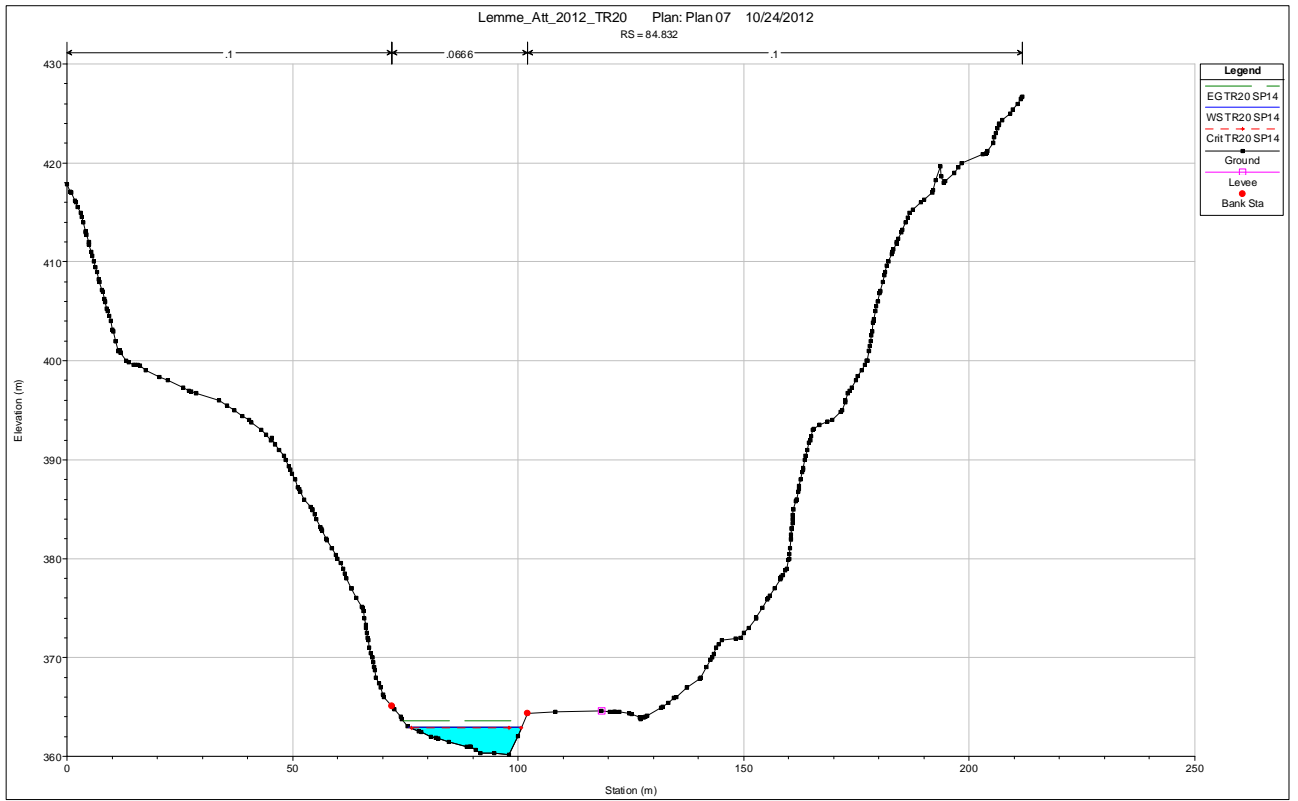


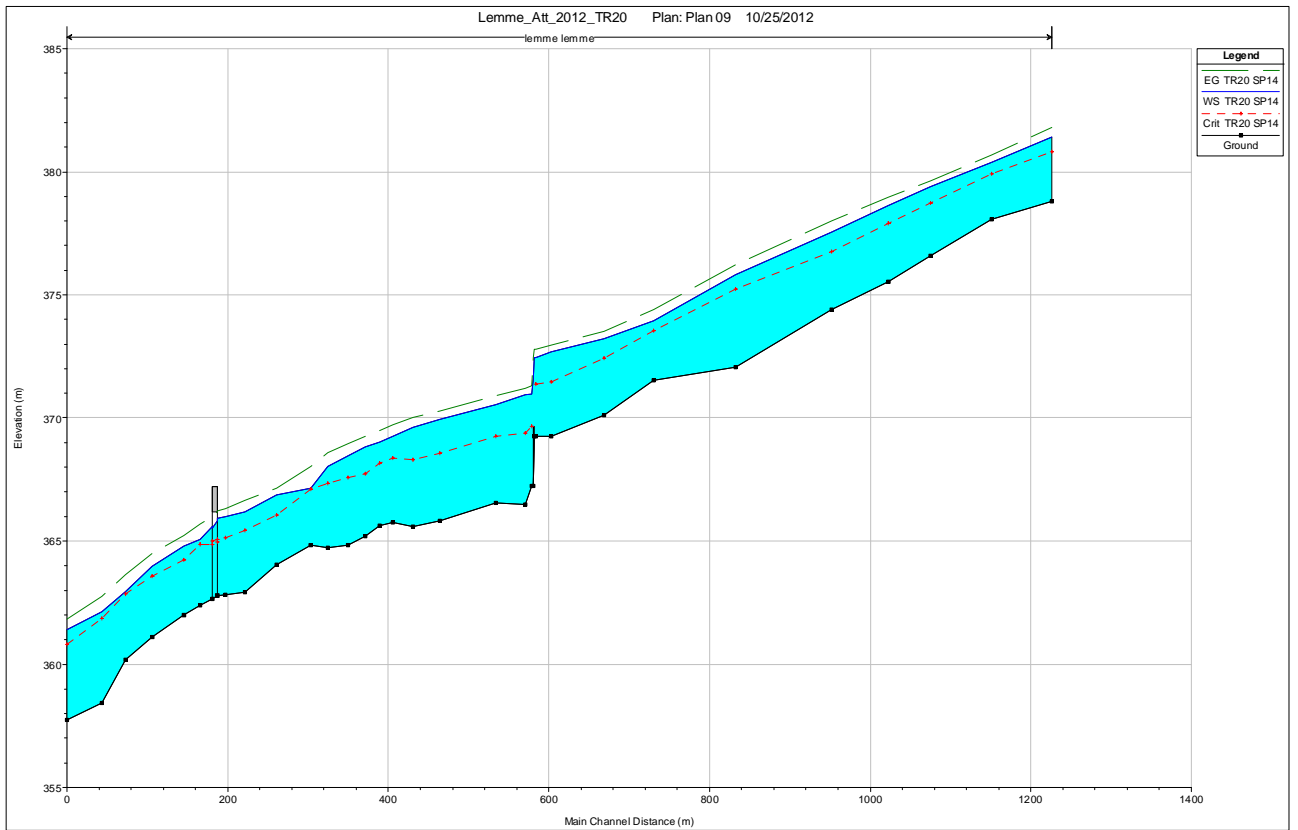
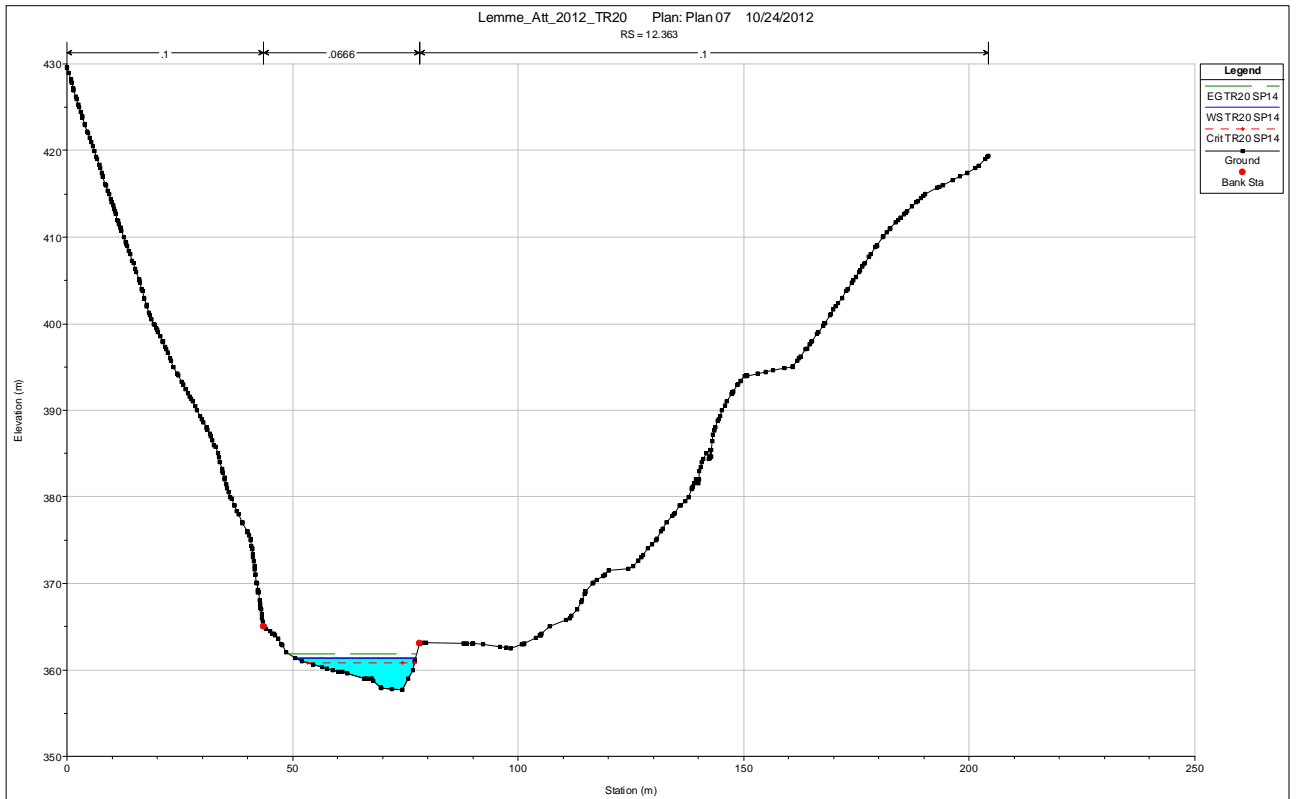




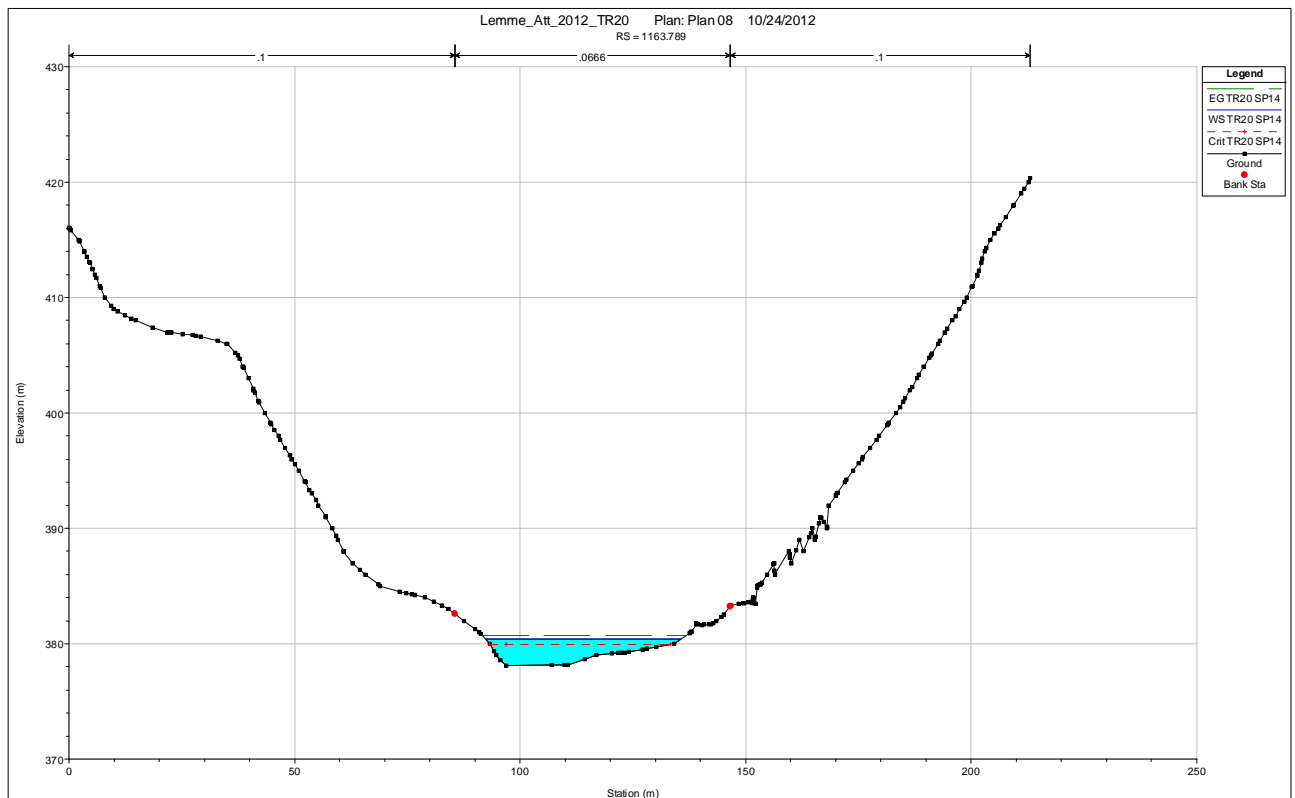
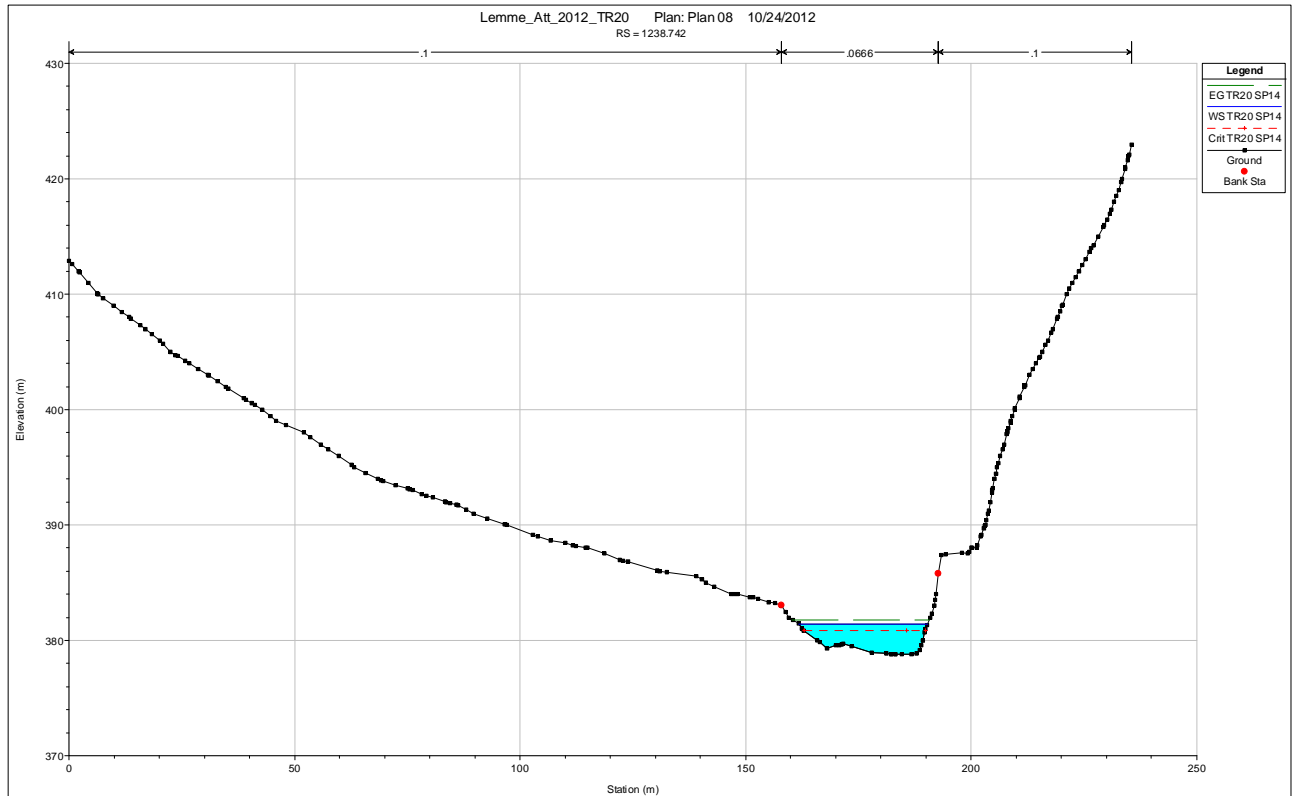


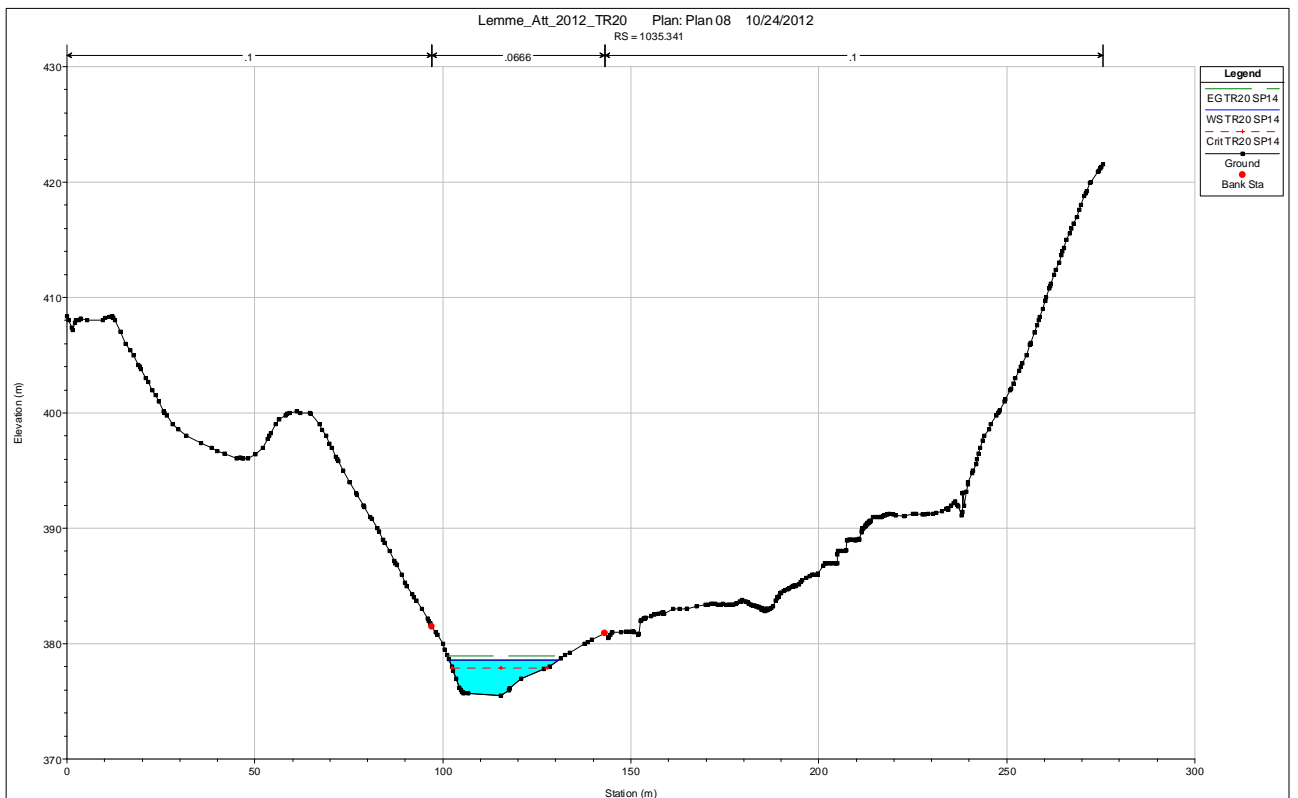
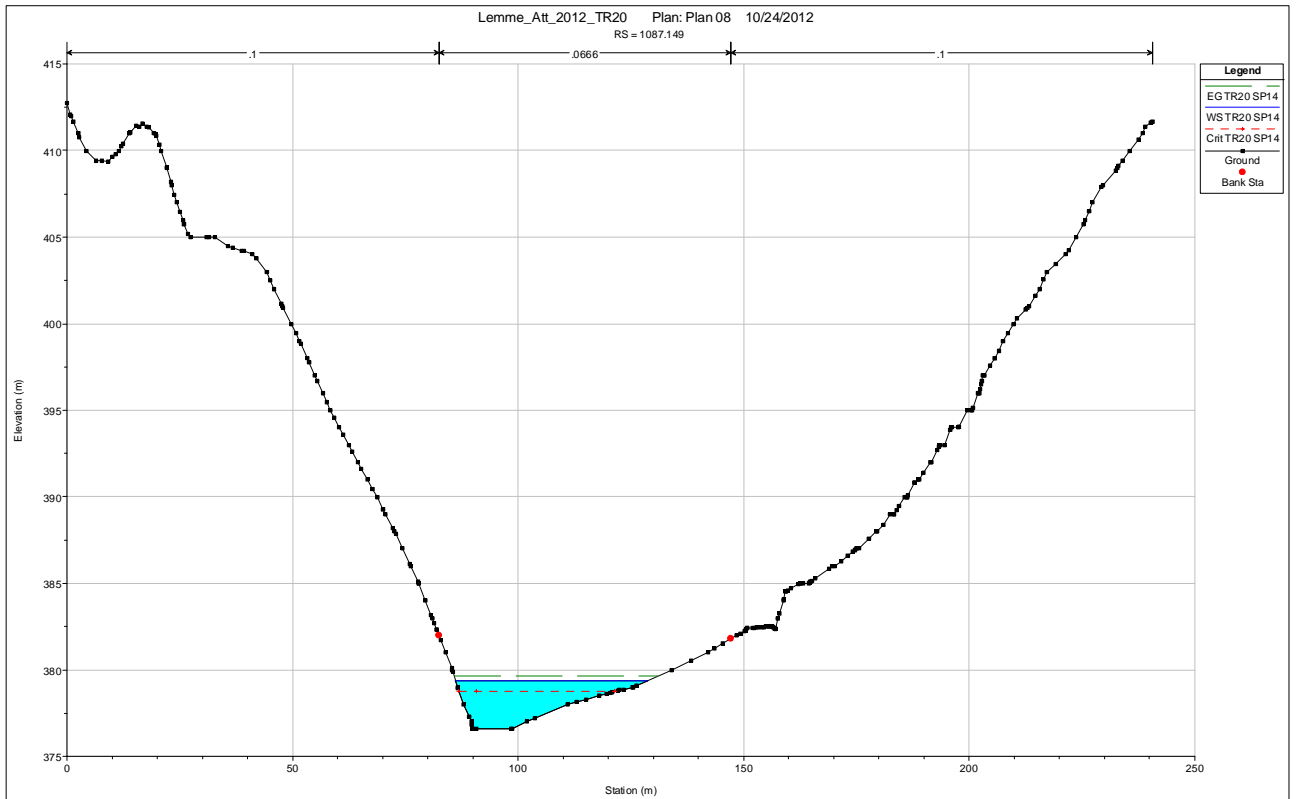


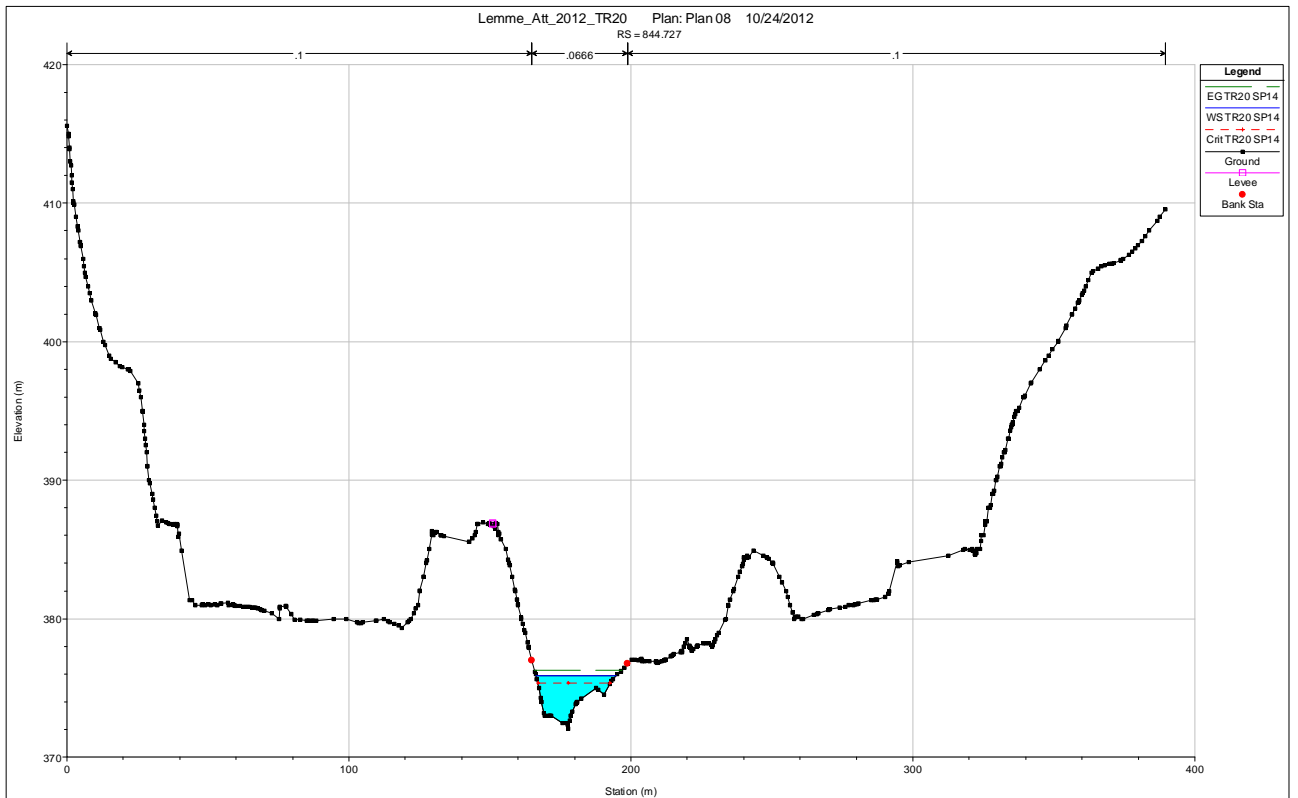
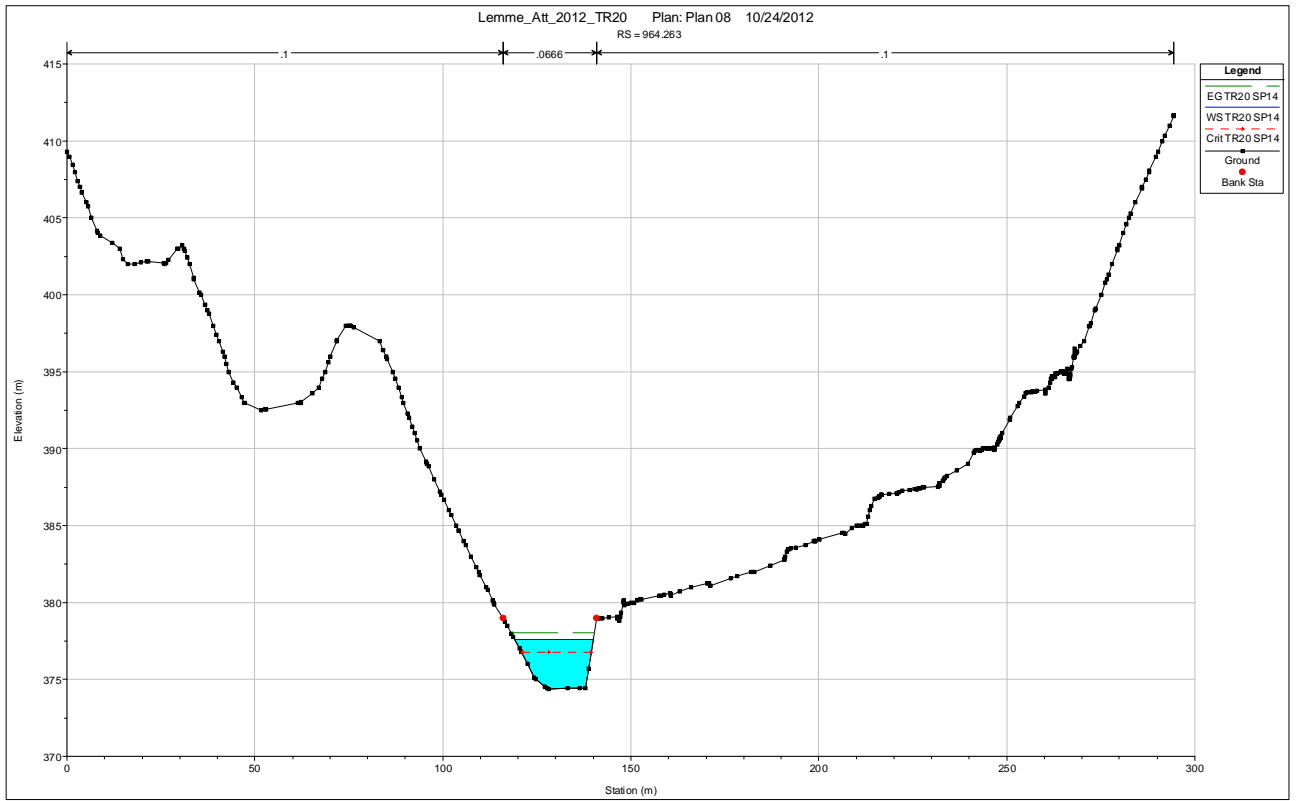


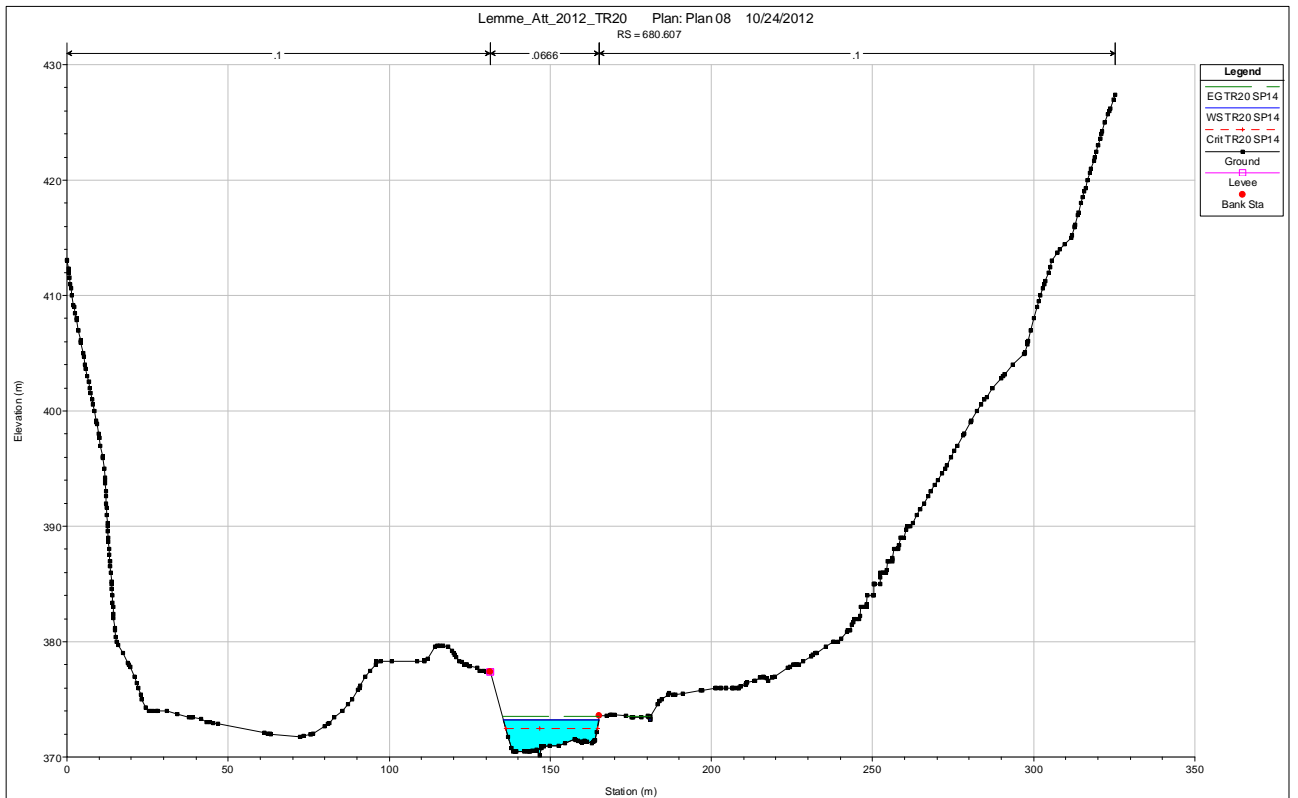
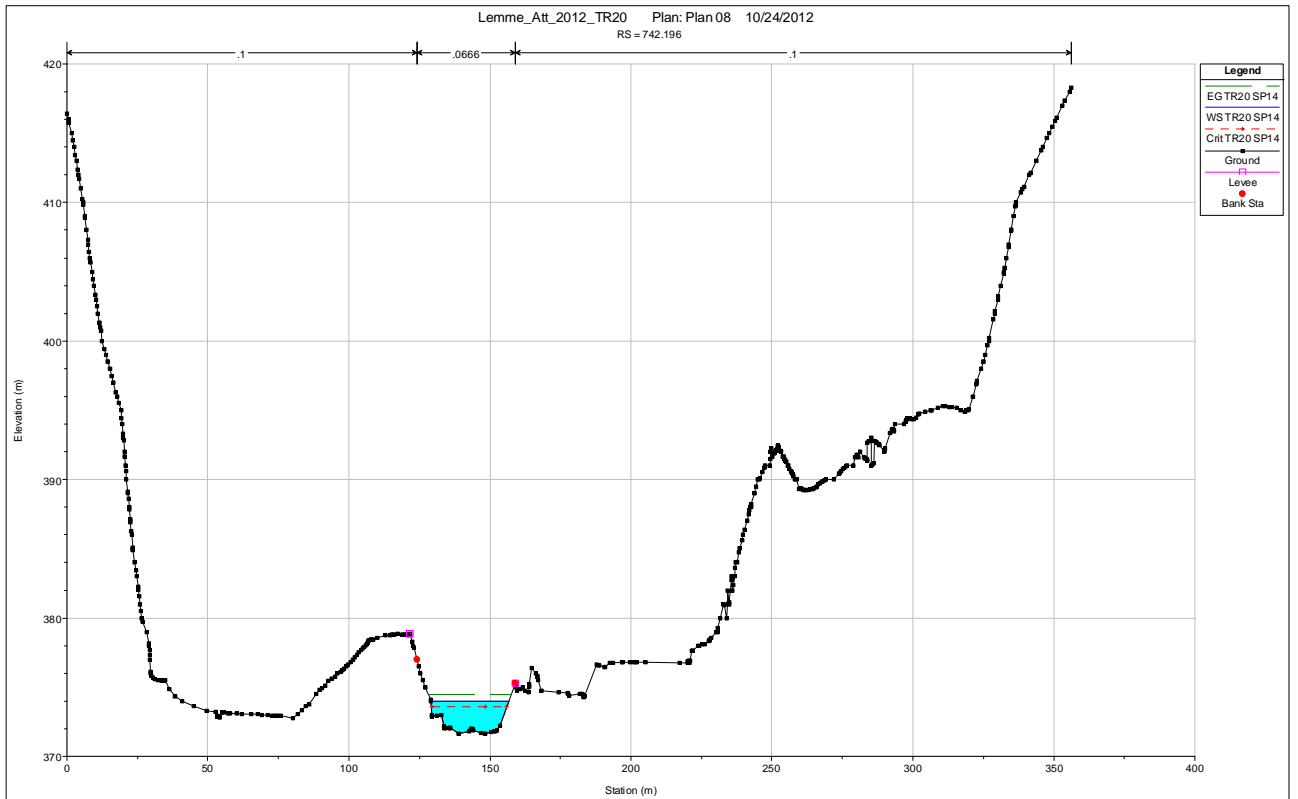


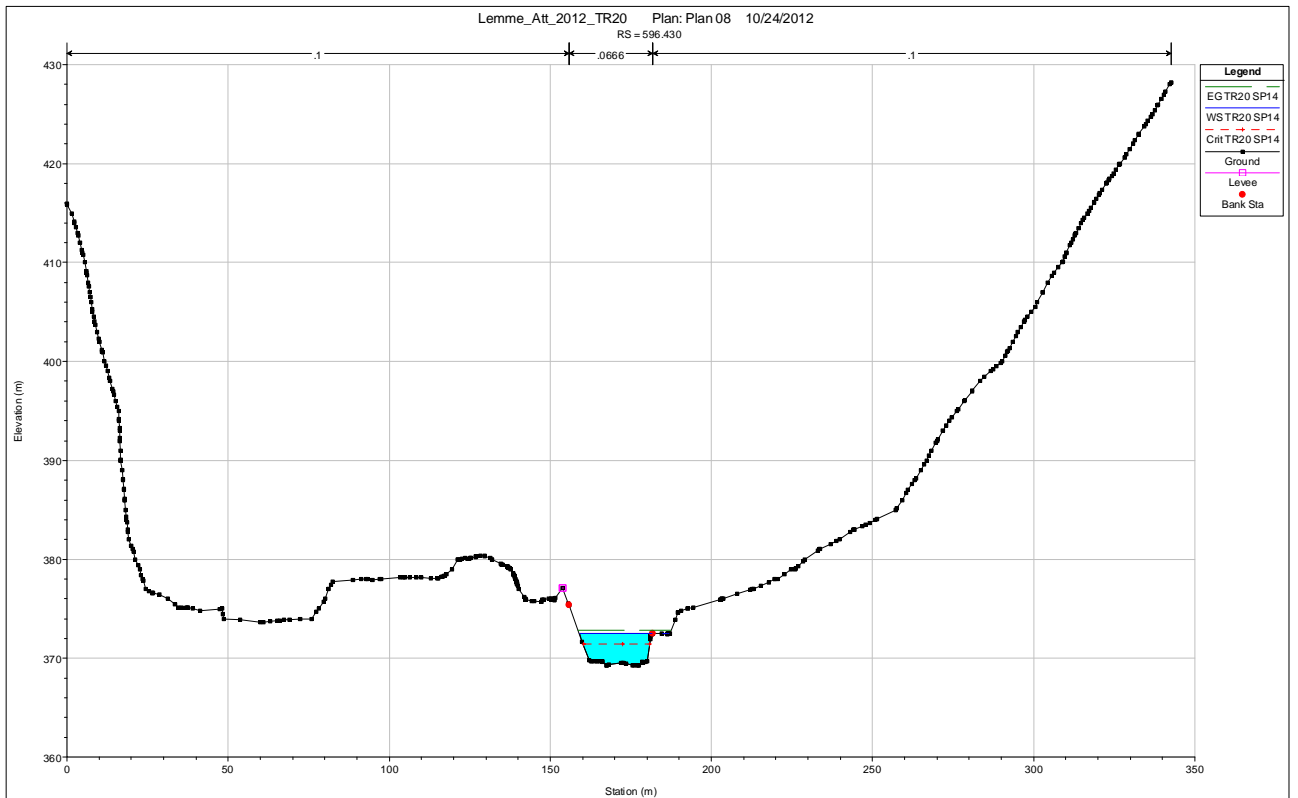
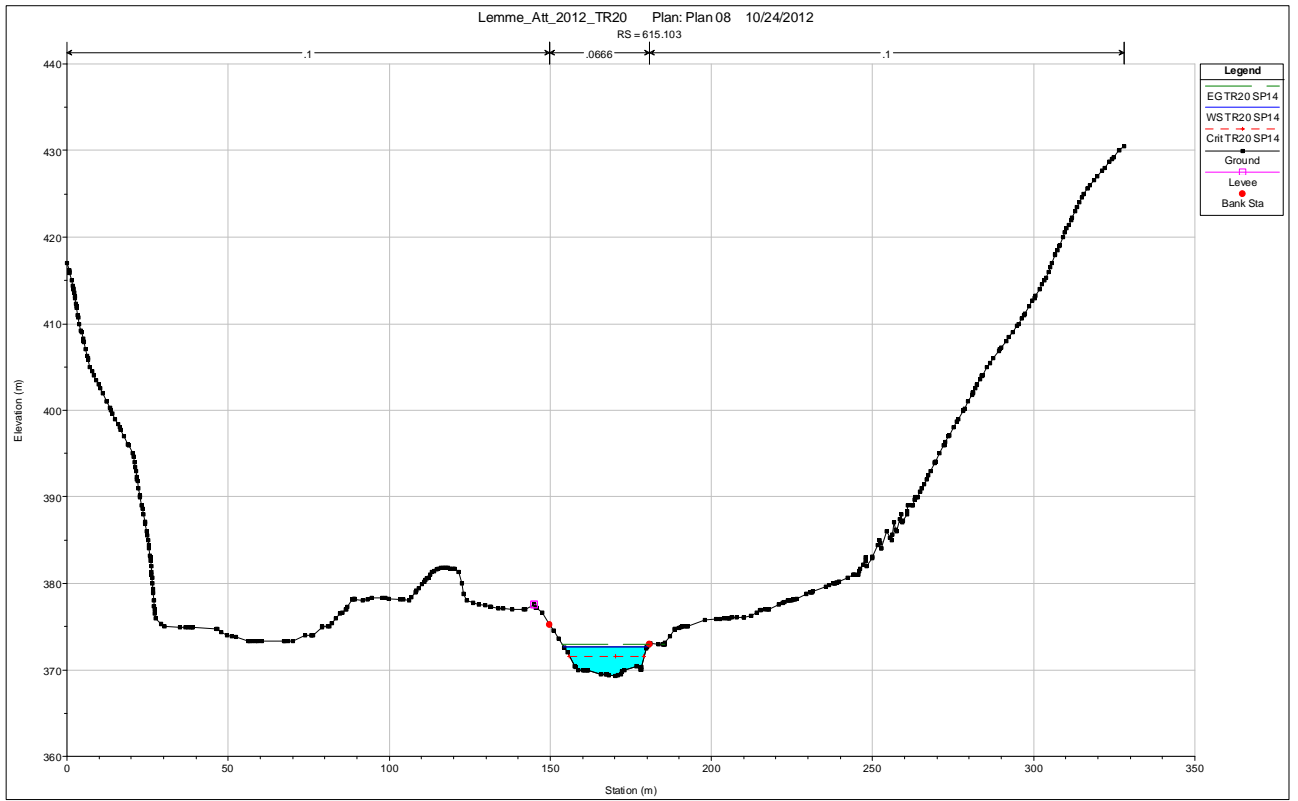
2. SIMULAZIONE TR 20 ANNI STATO DI PROGETTO

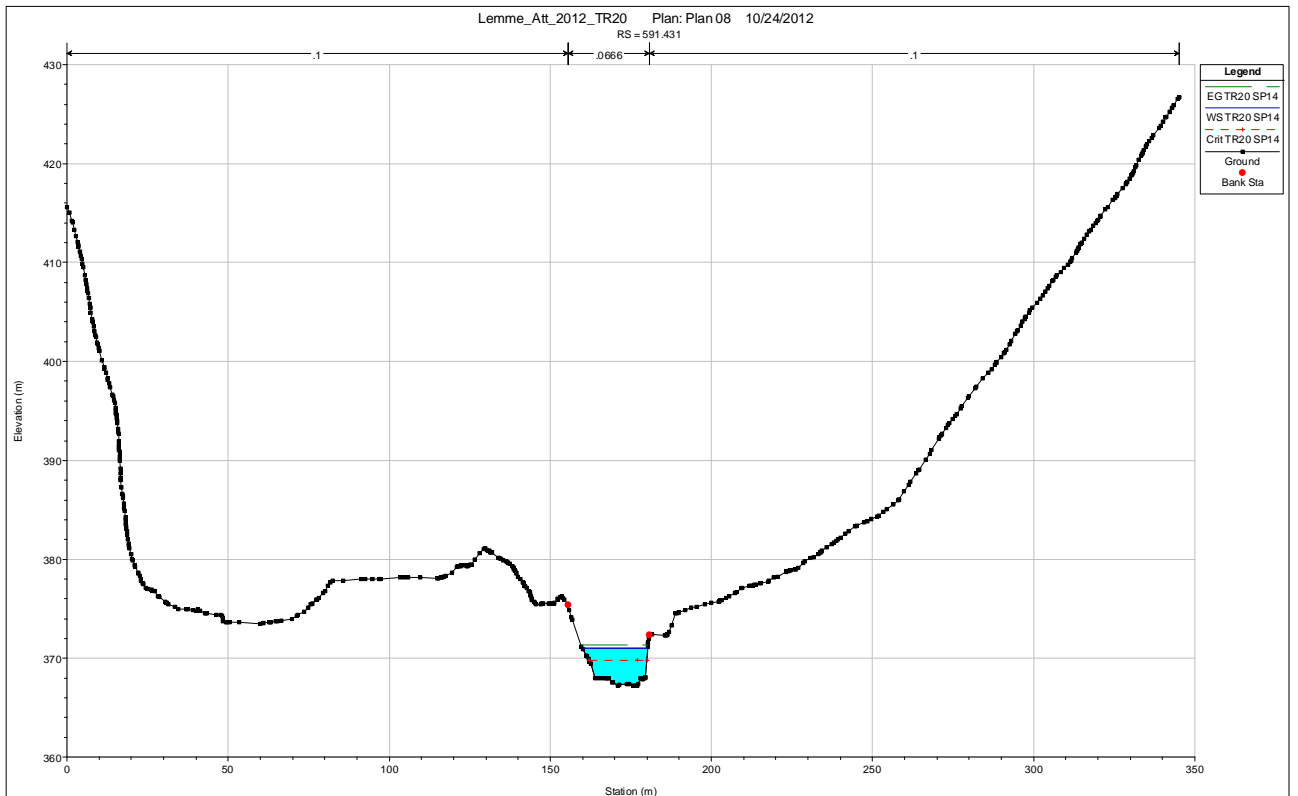
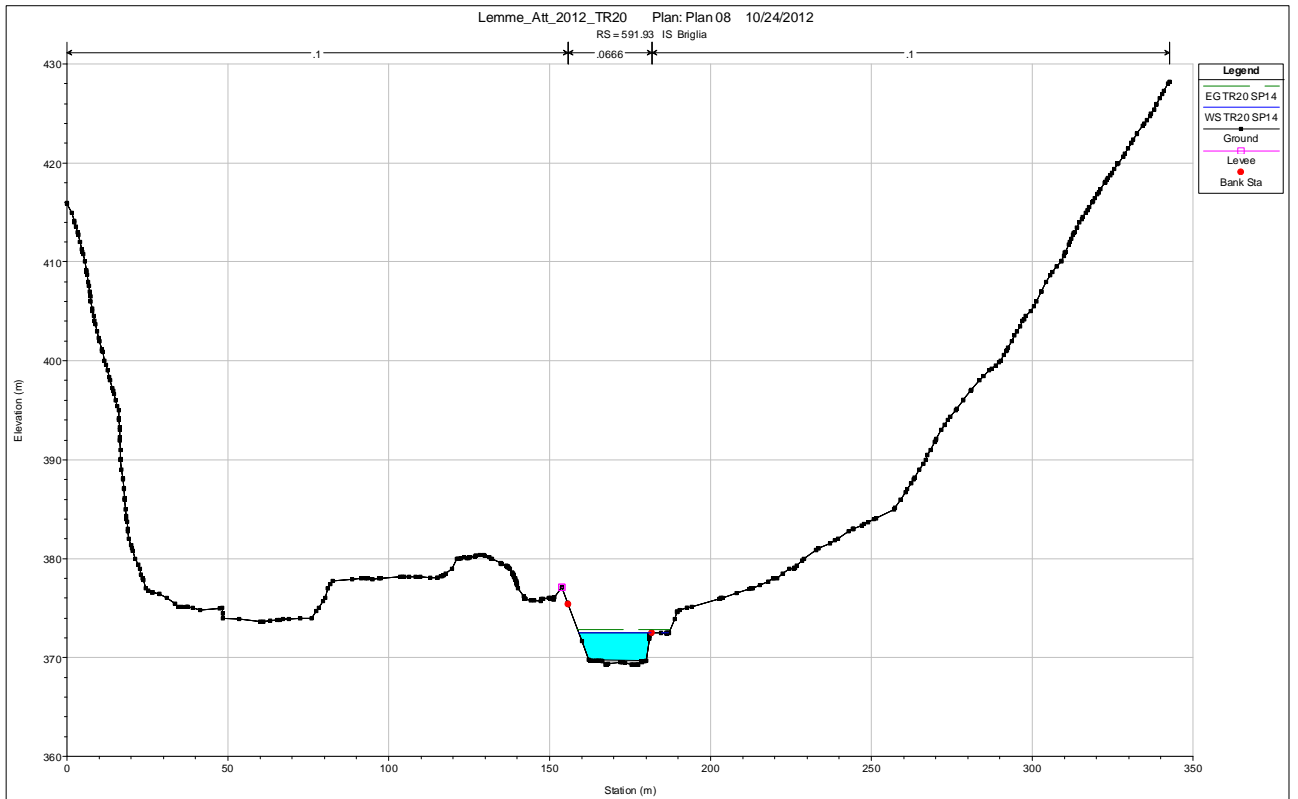


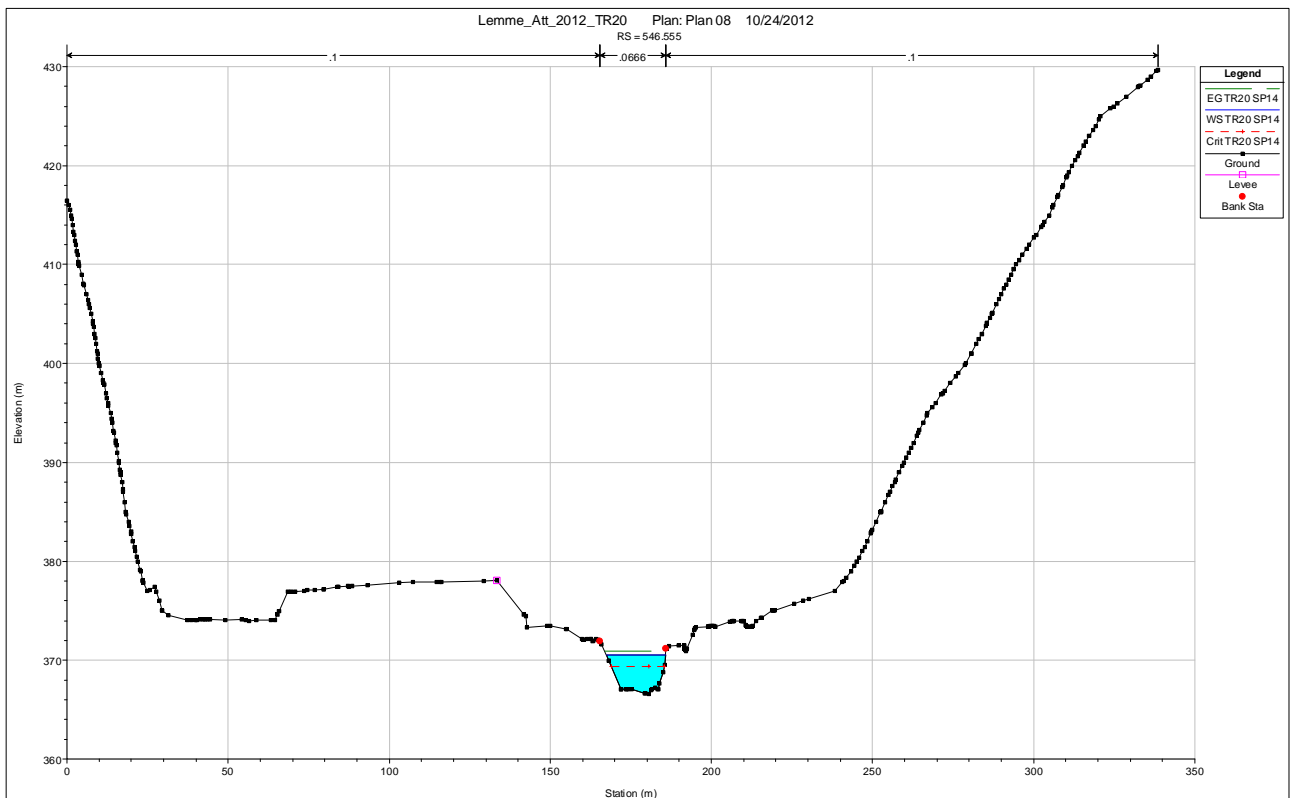
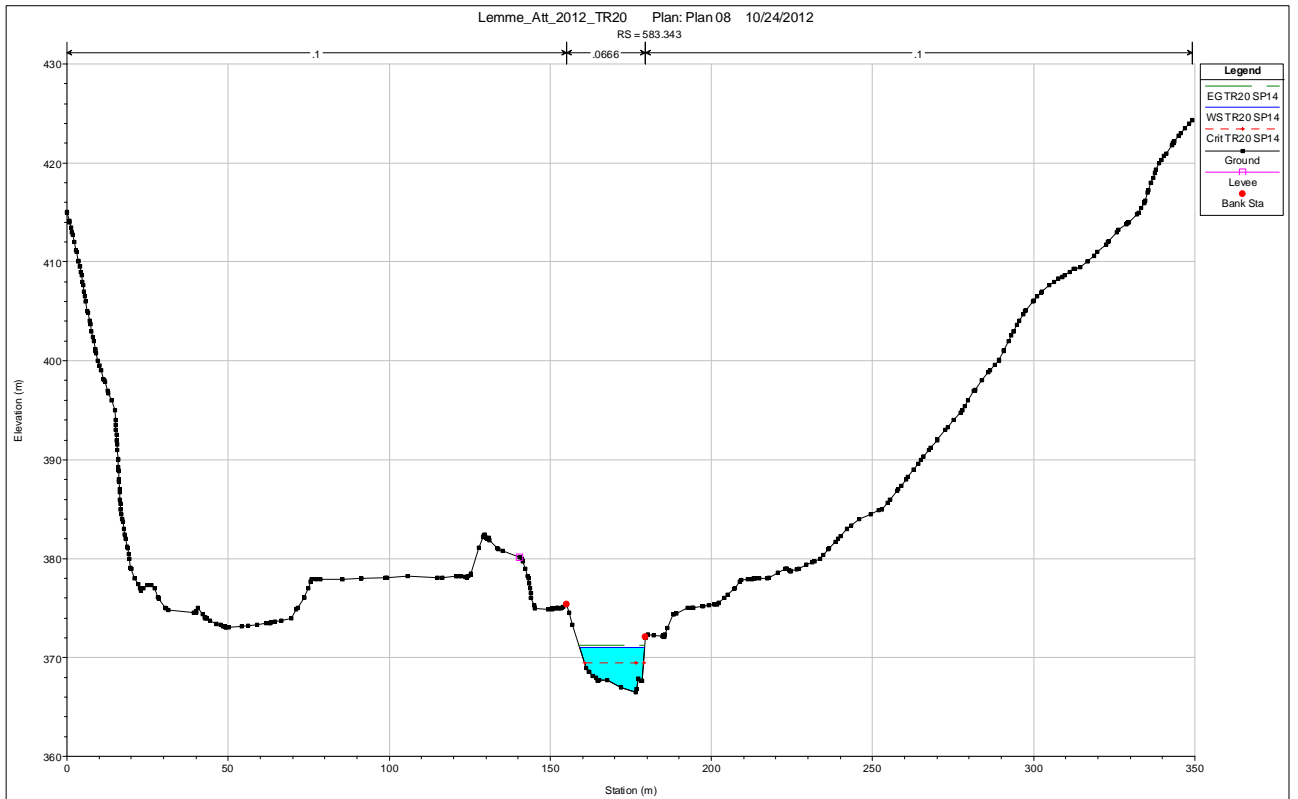


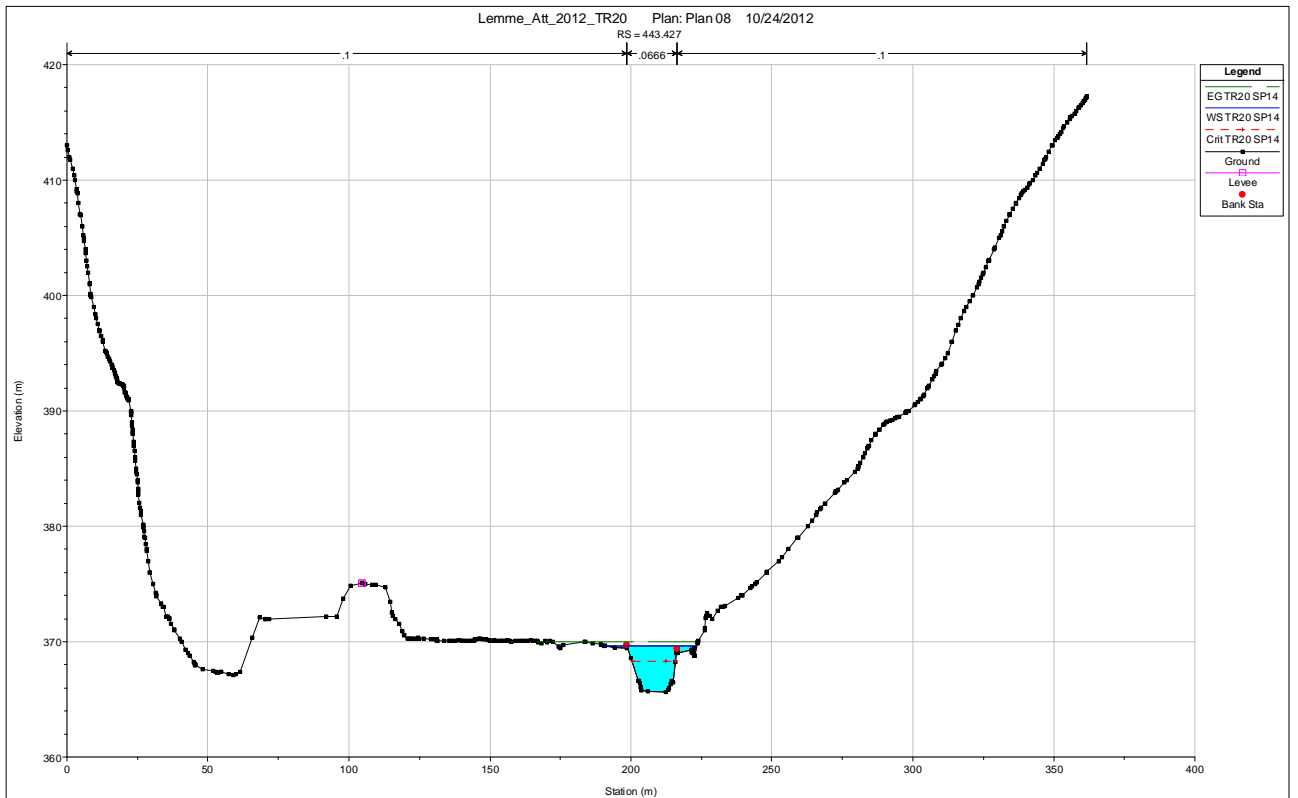
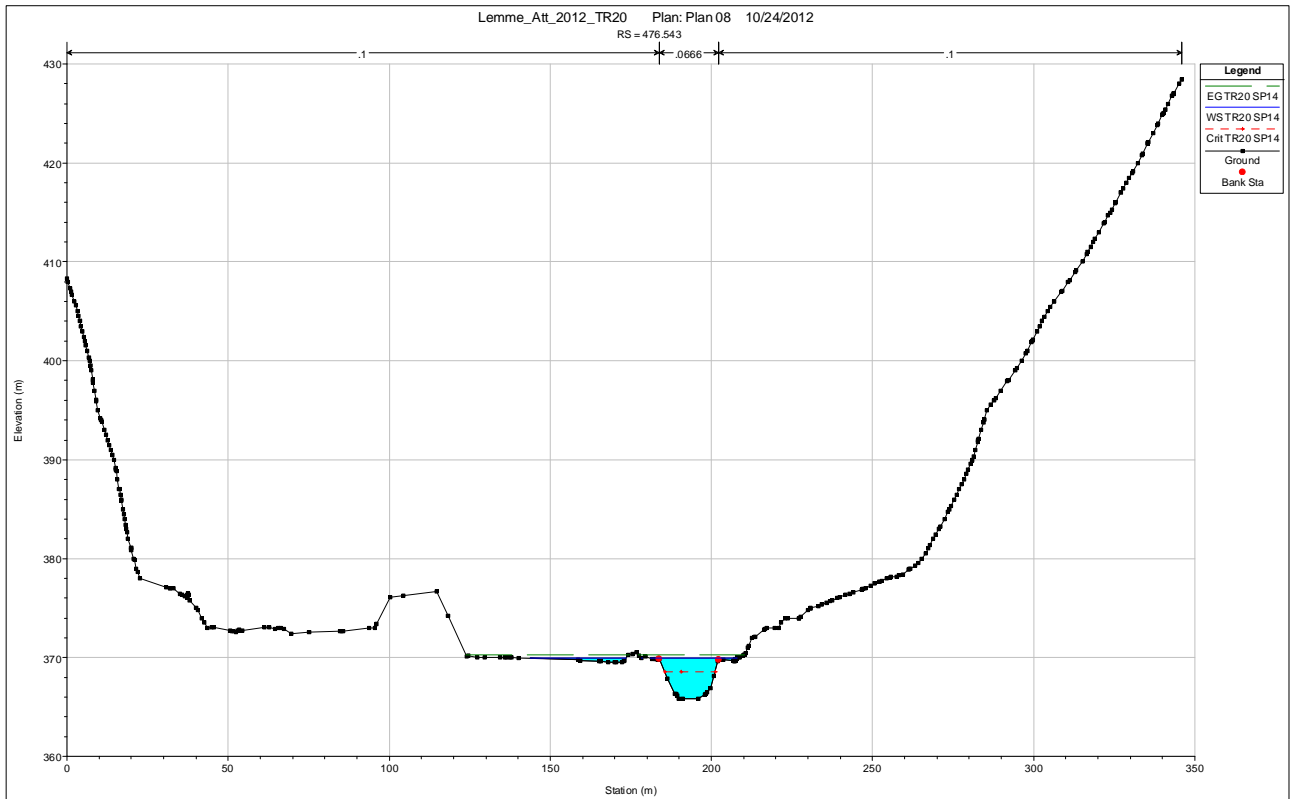


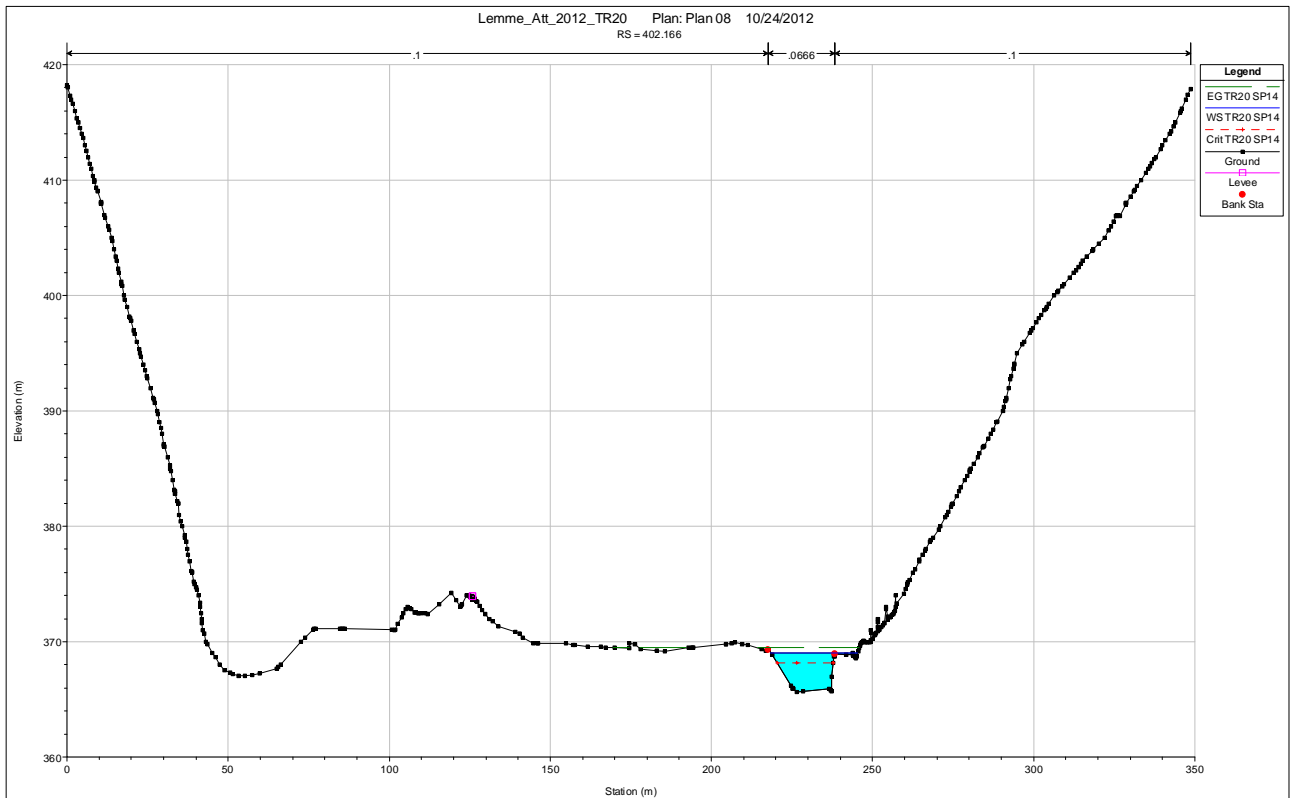
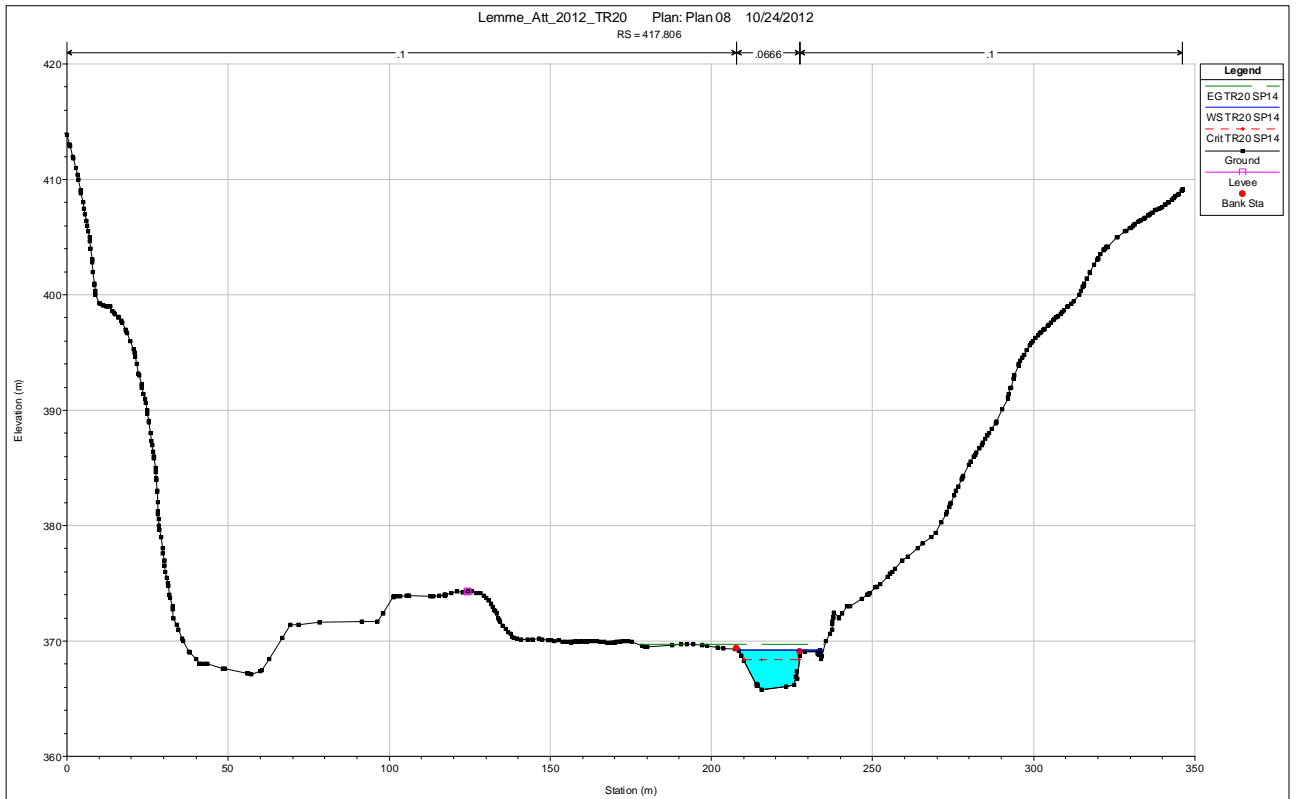


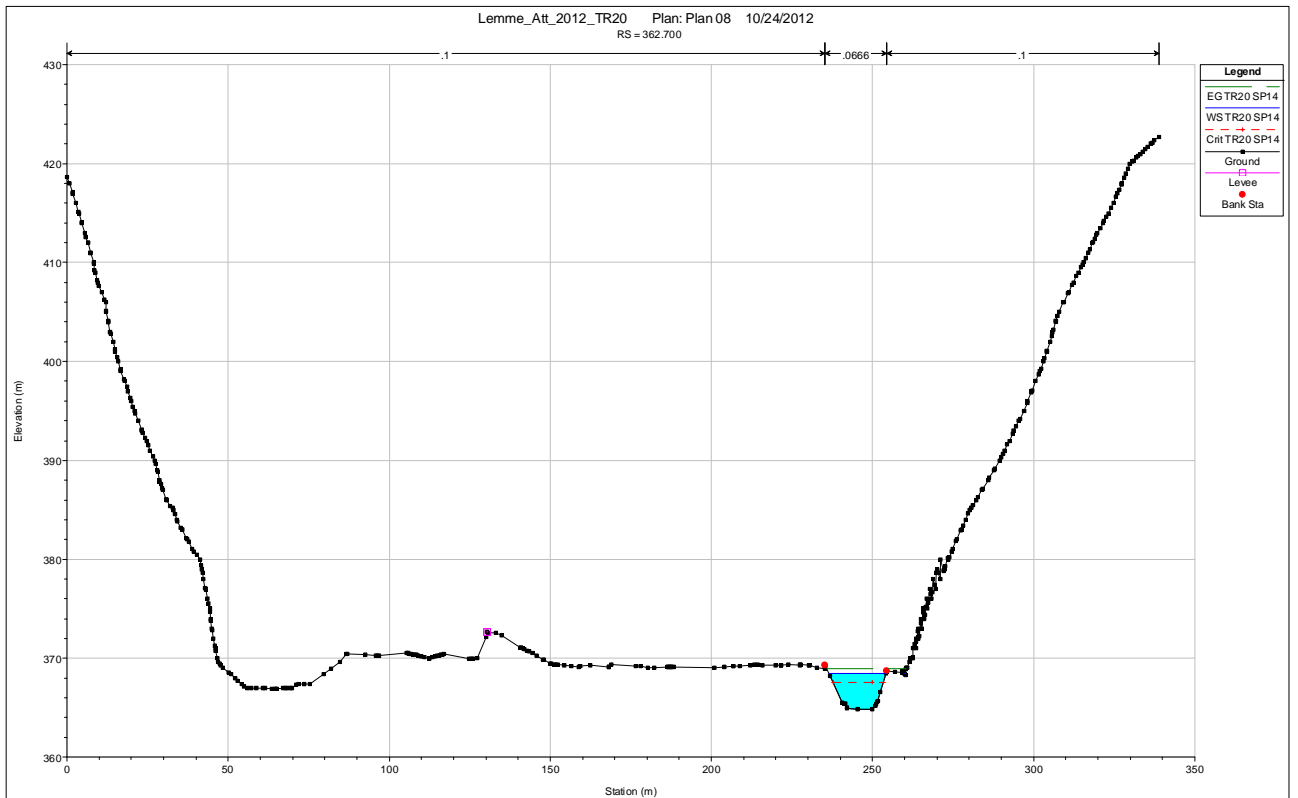
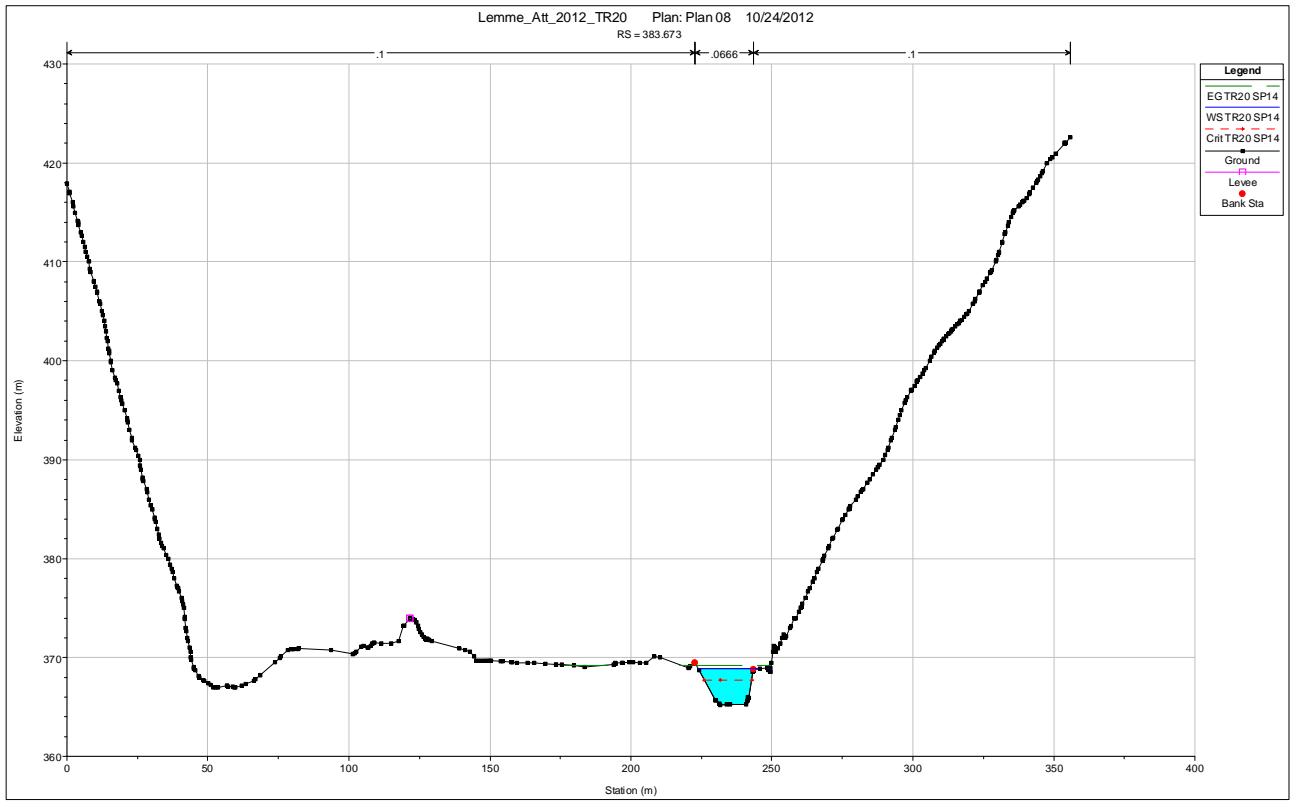


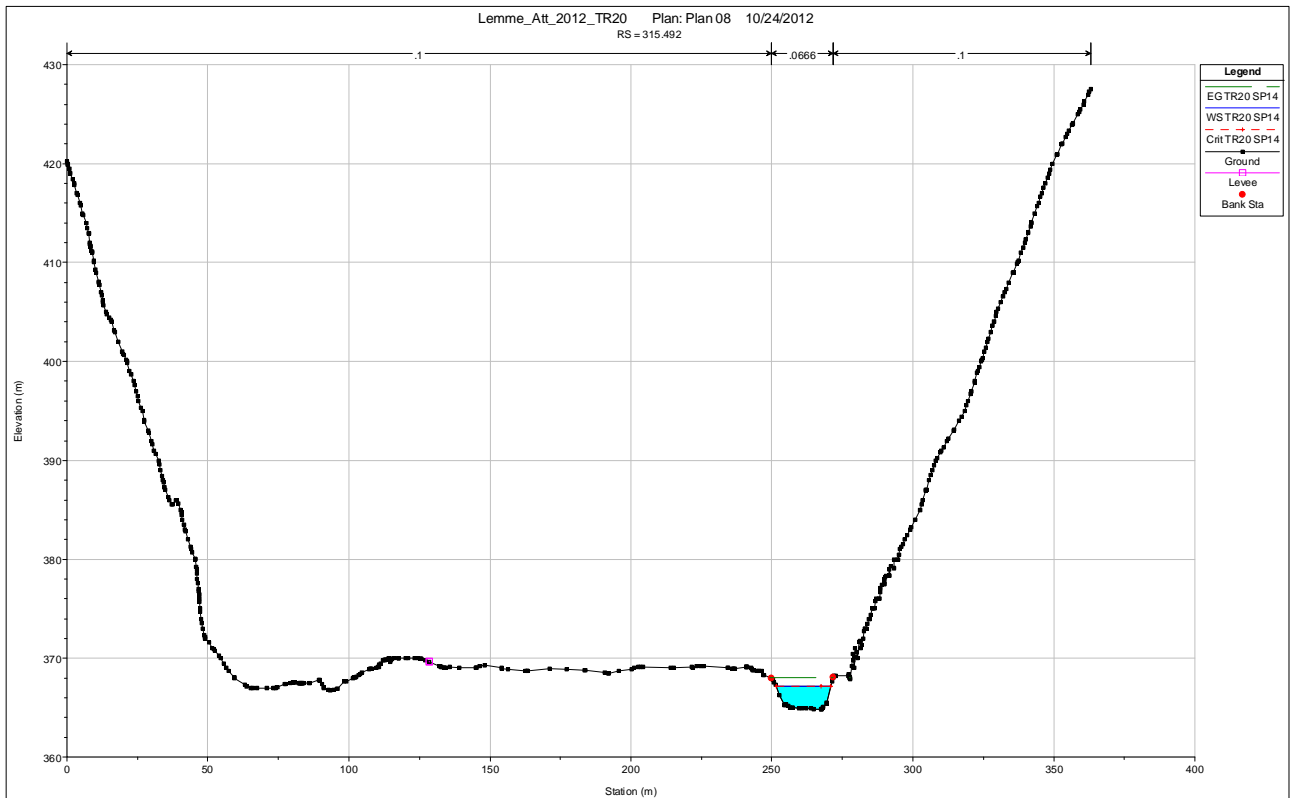
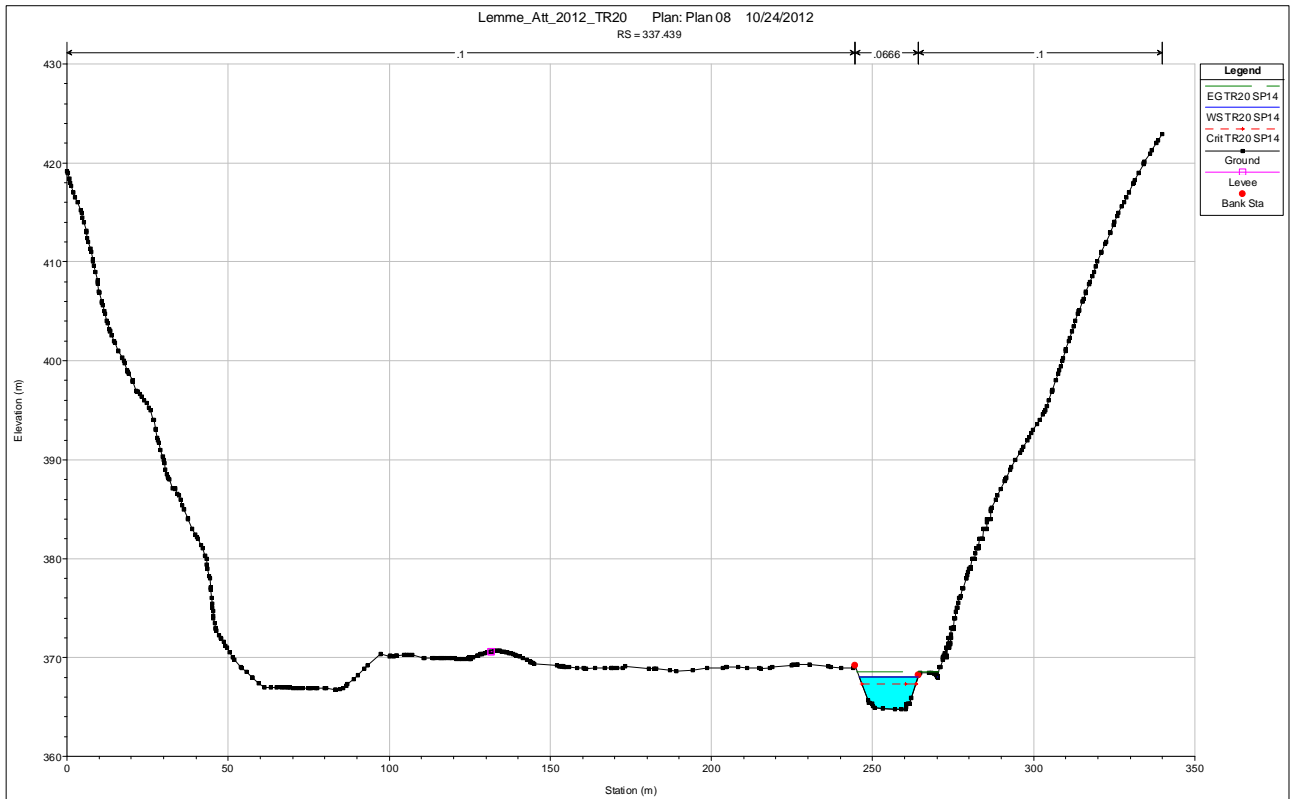


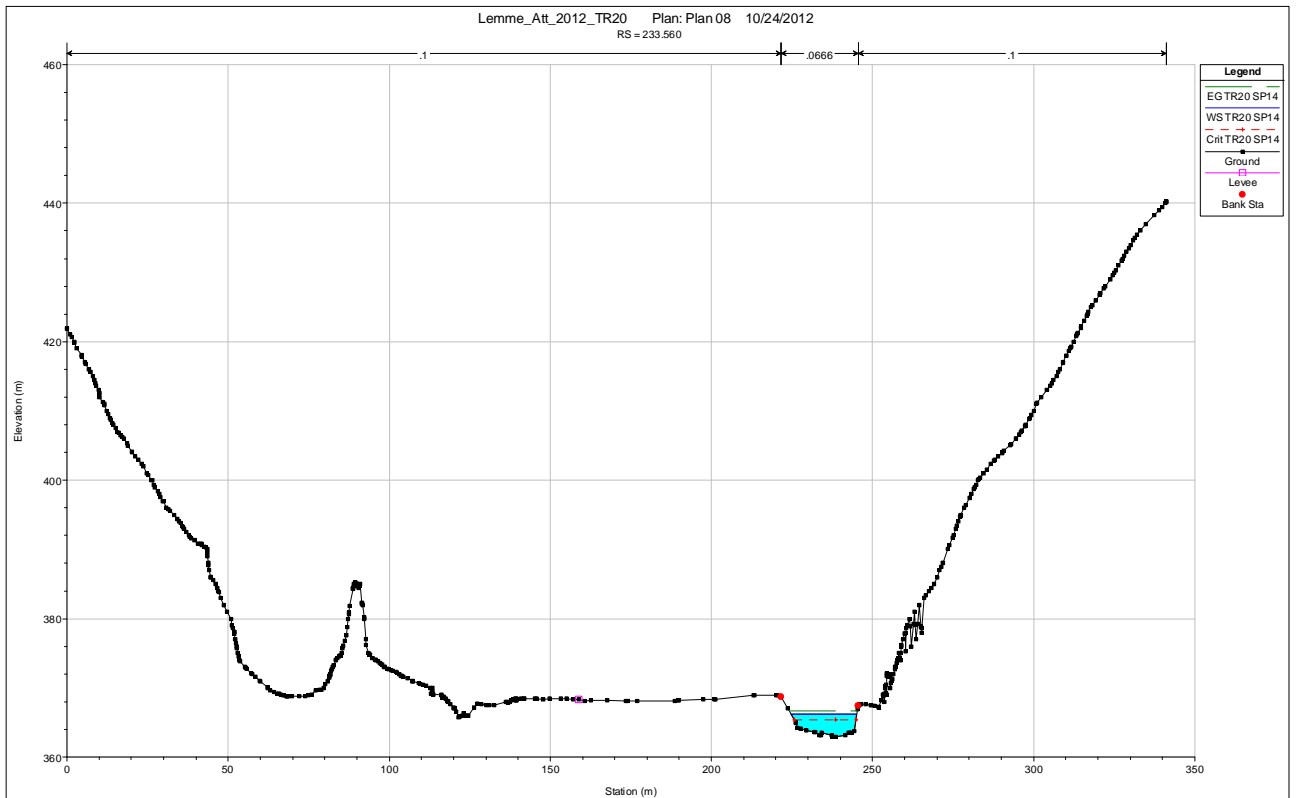
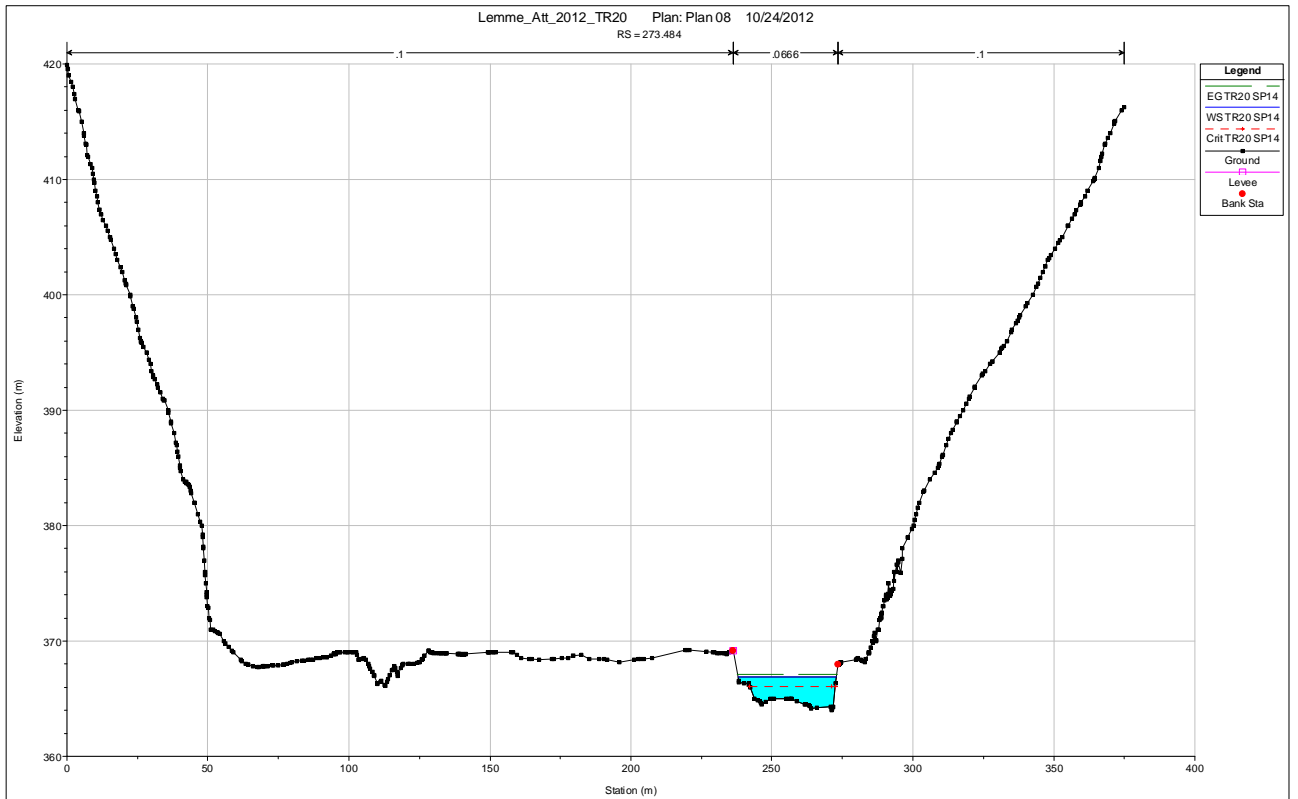


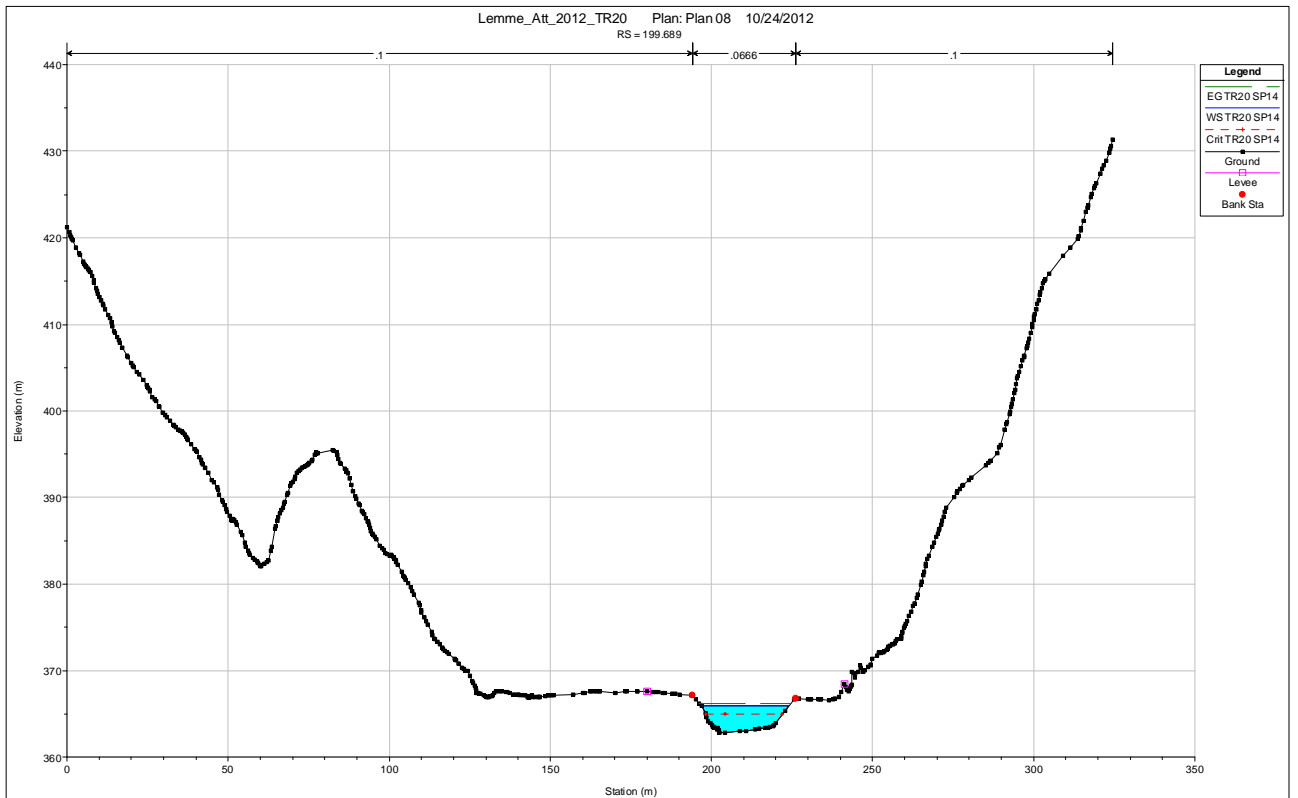
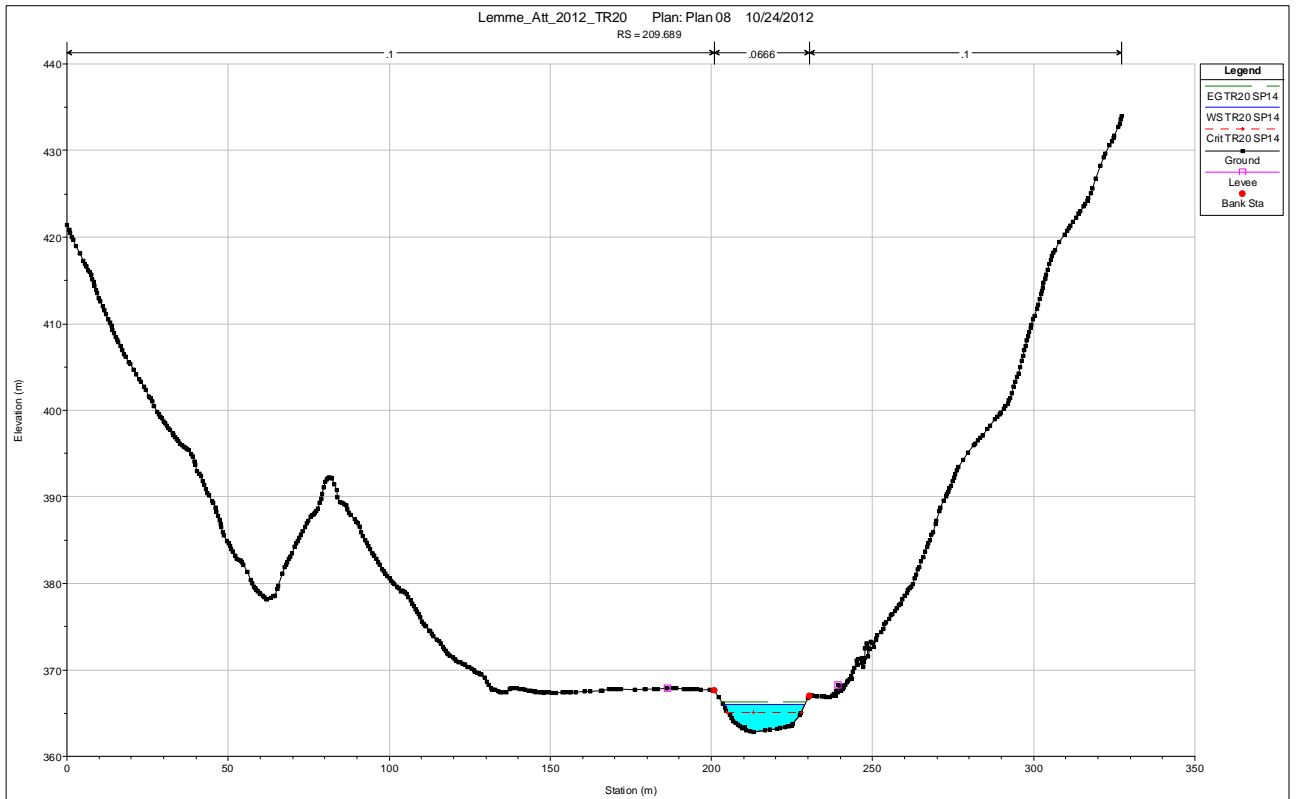


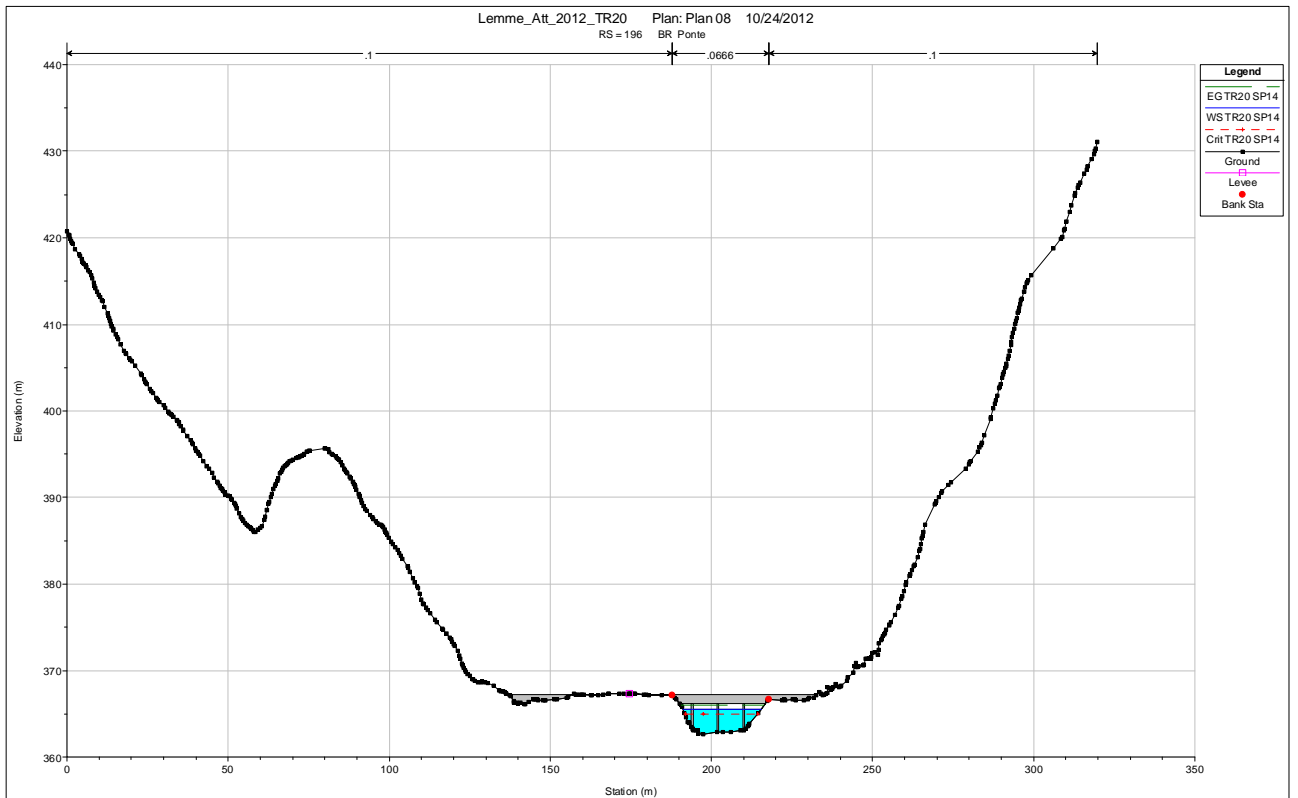
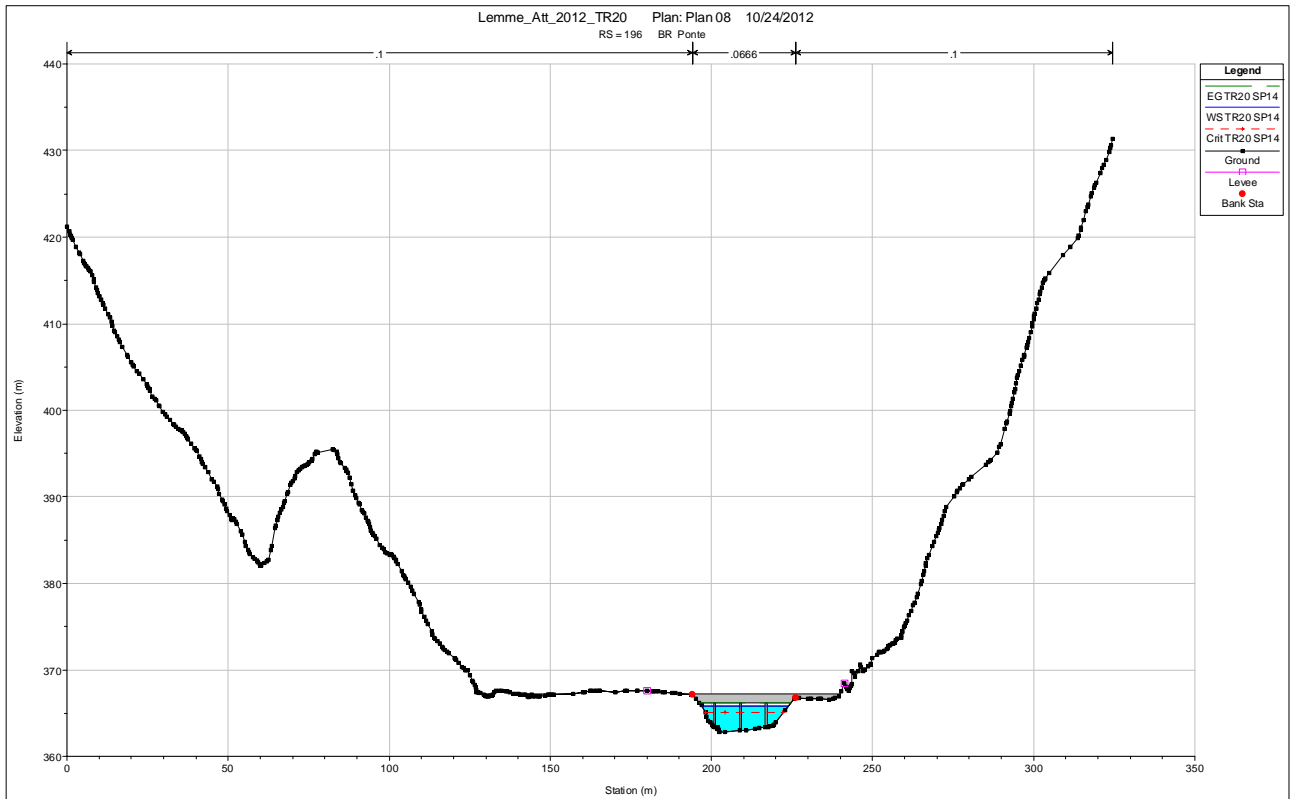


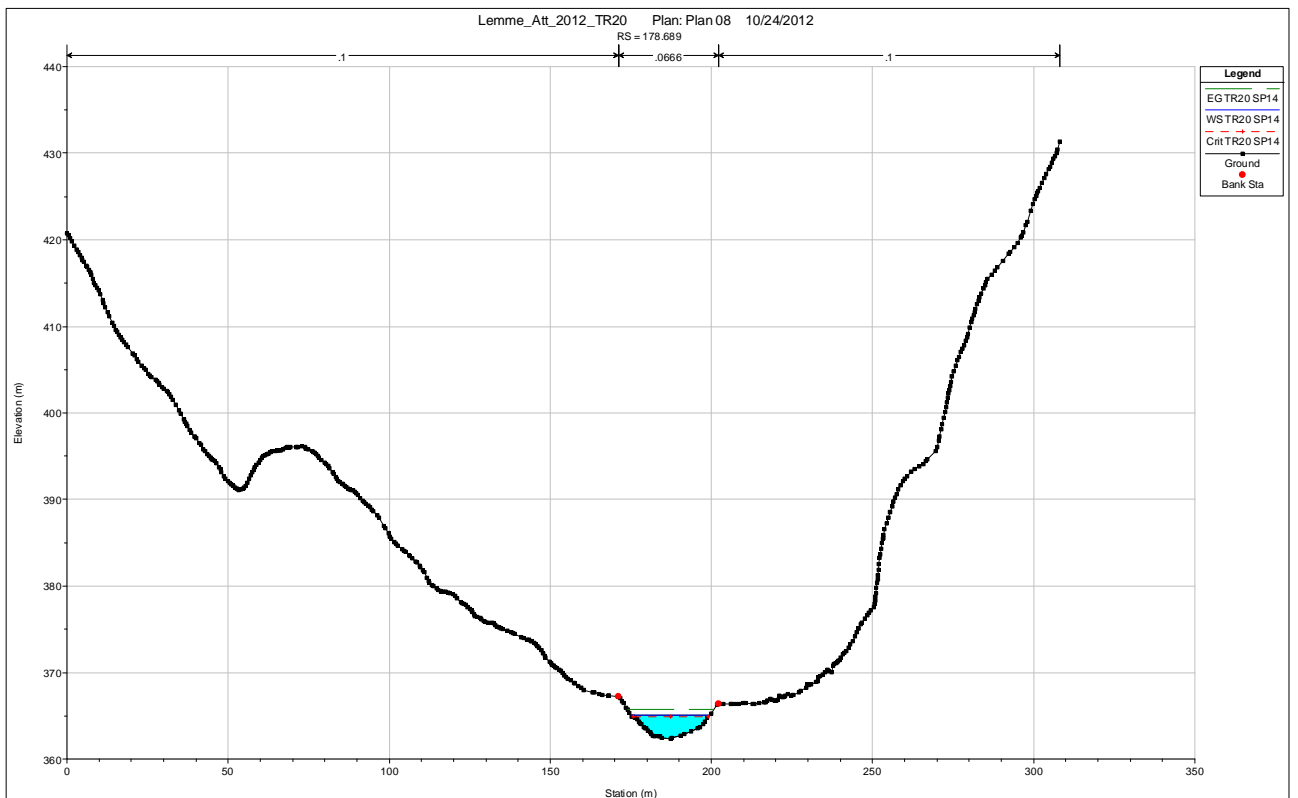
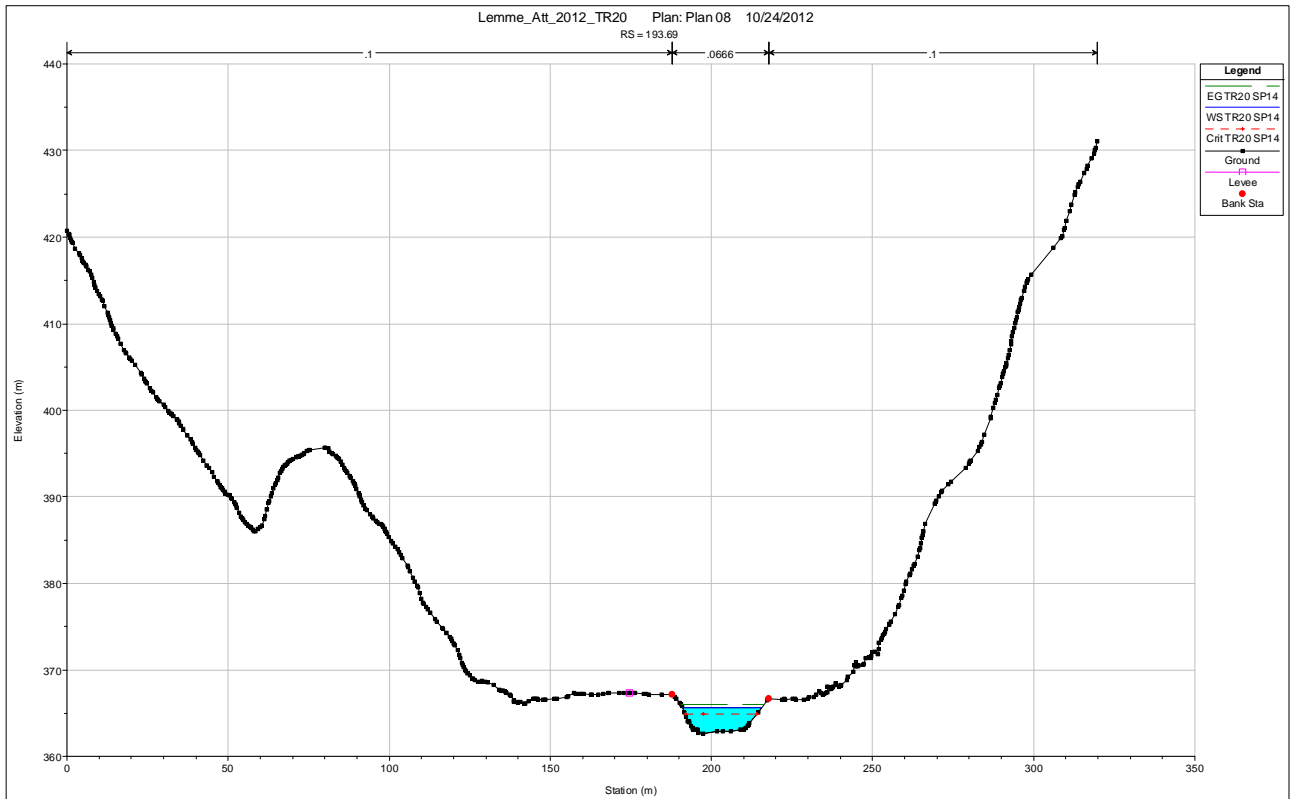


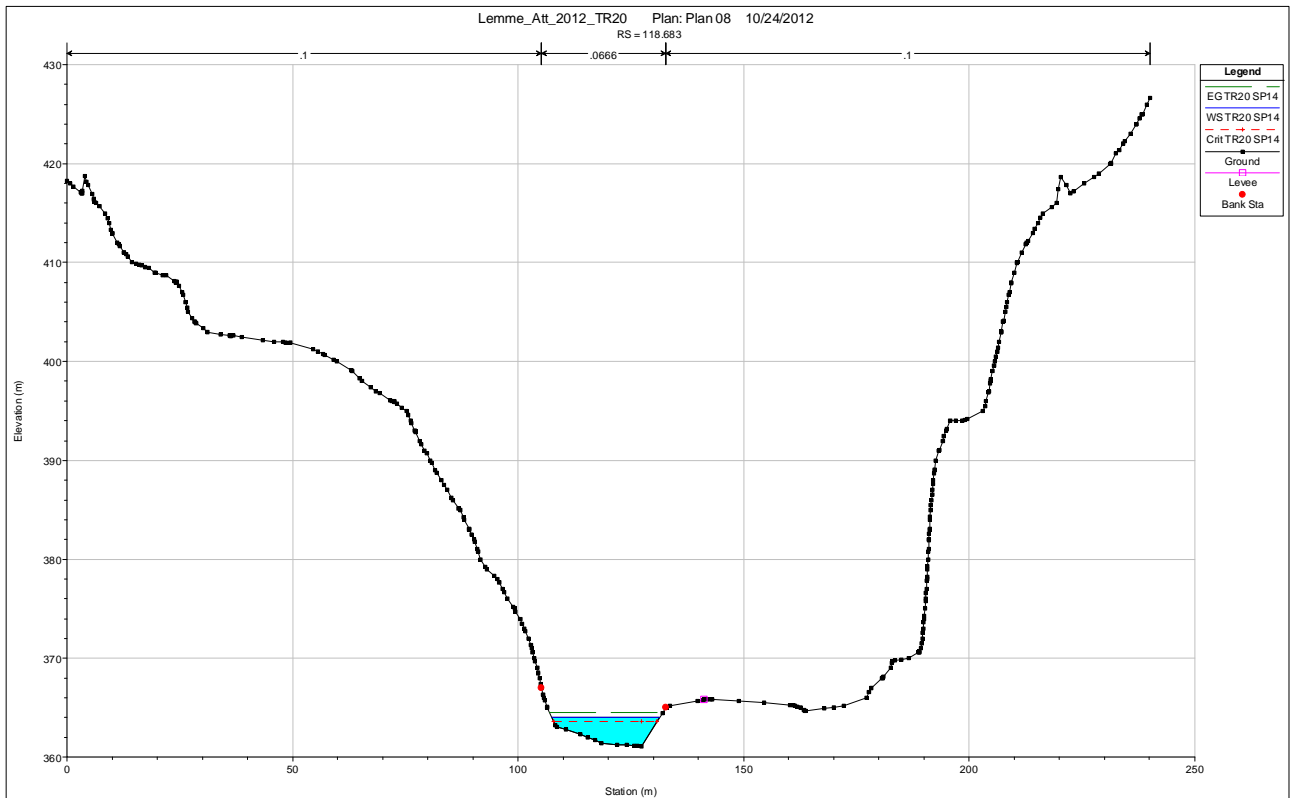
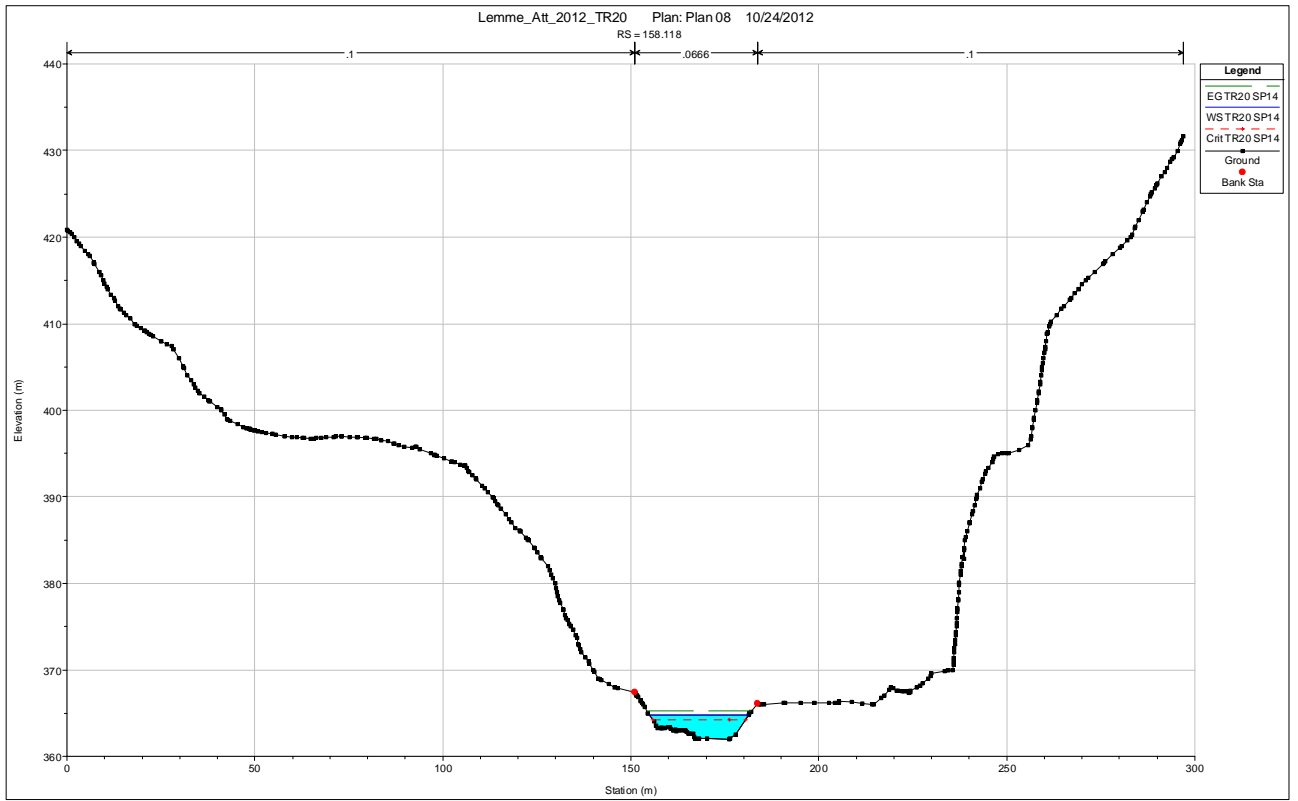


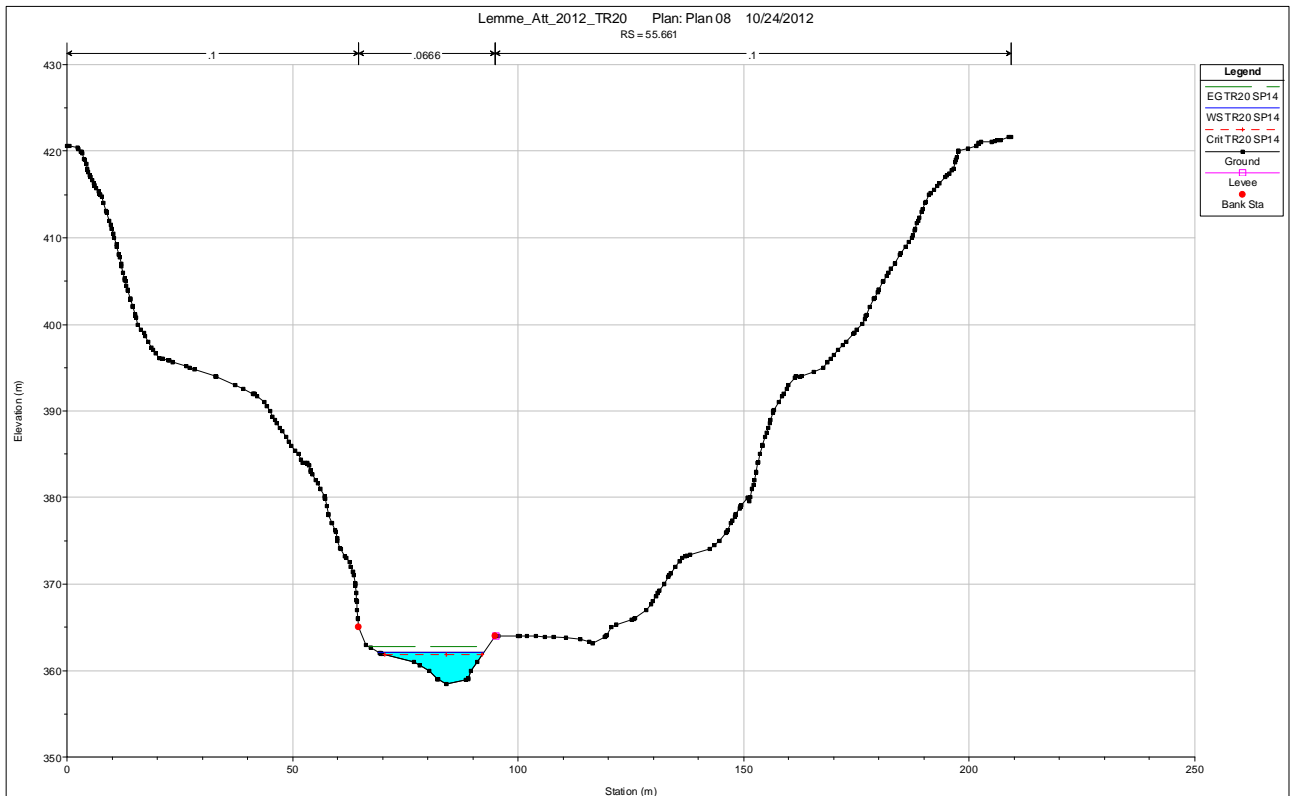
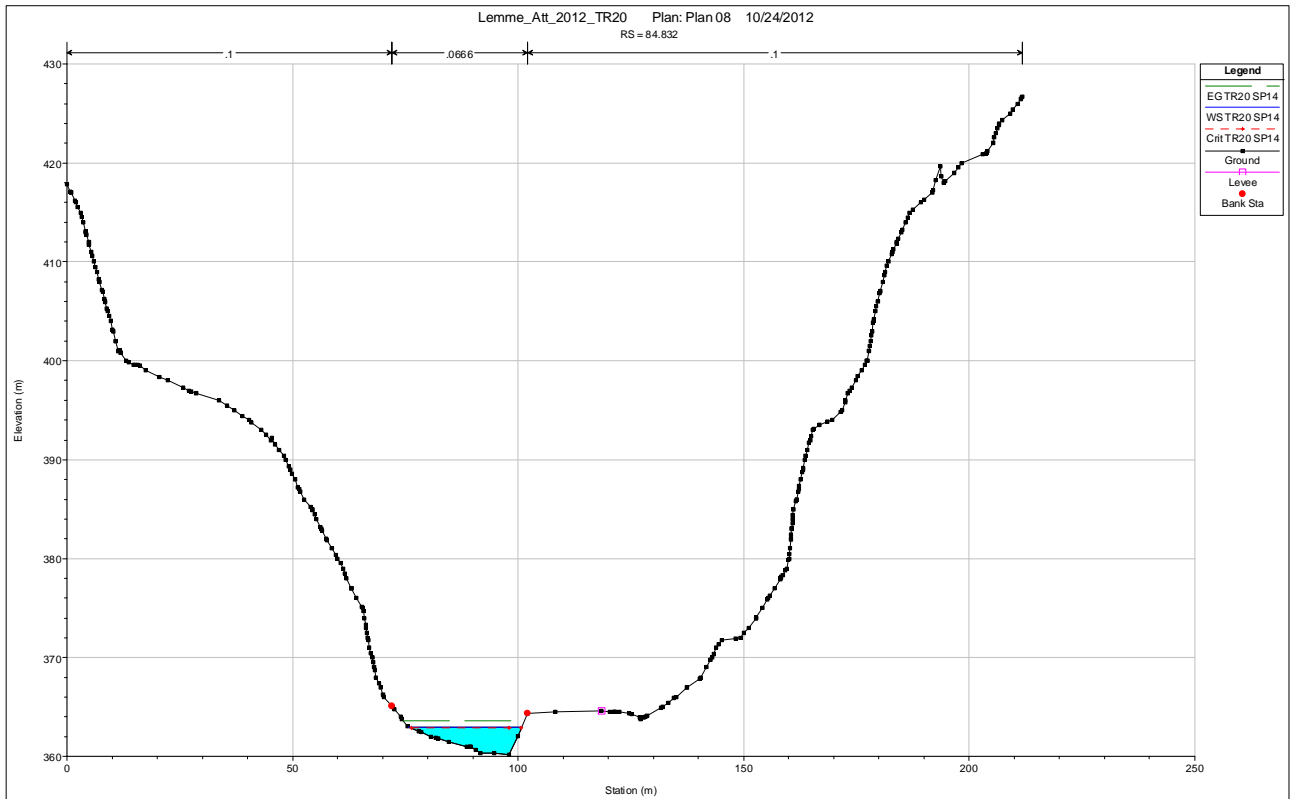


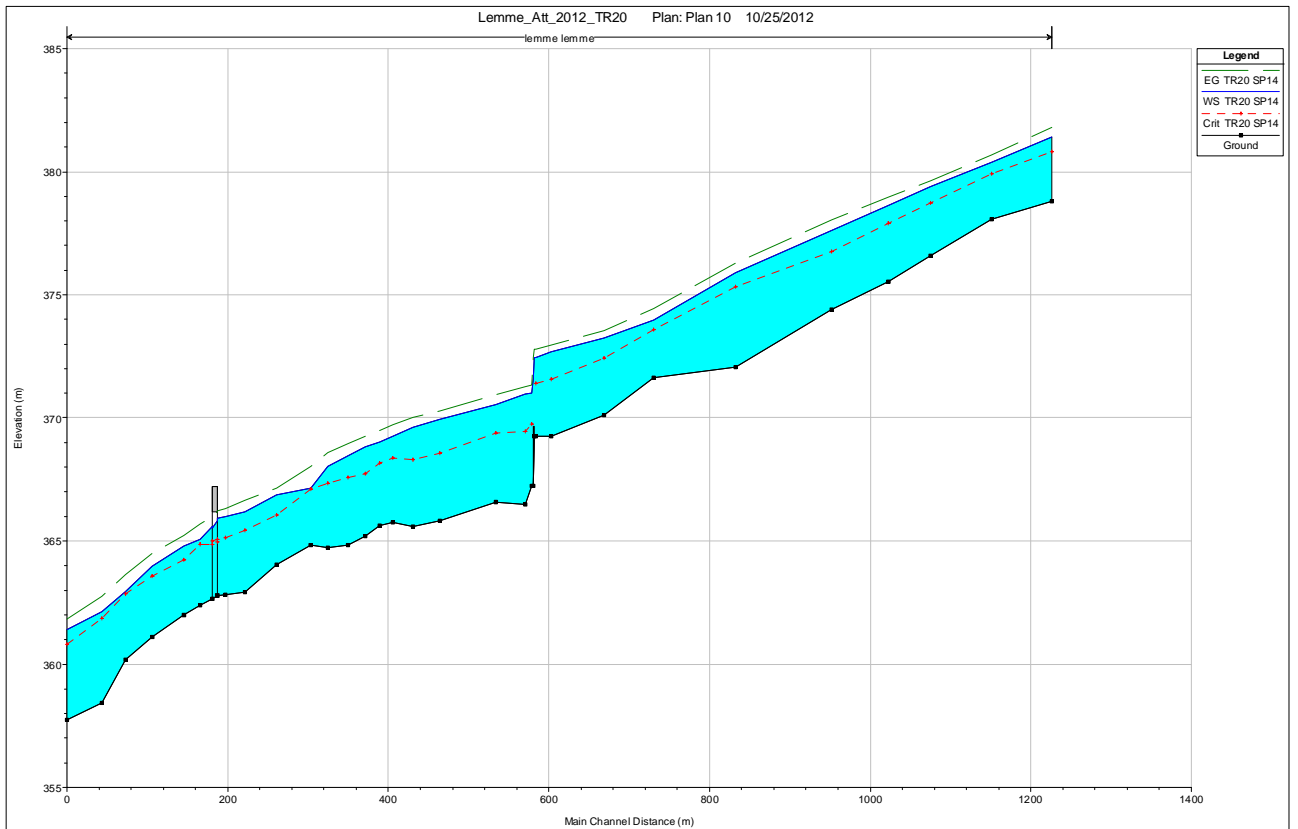
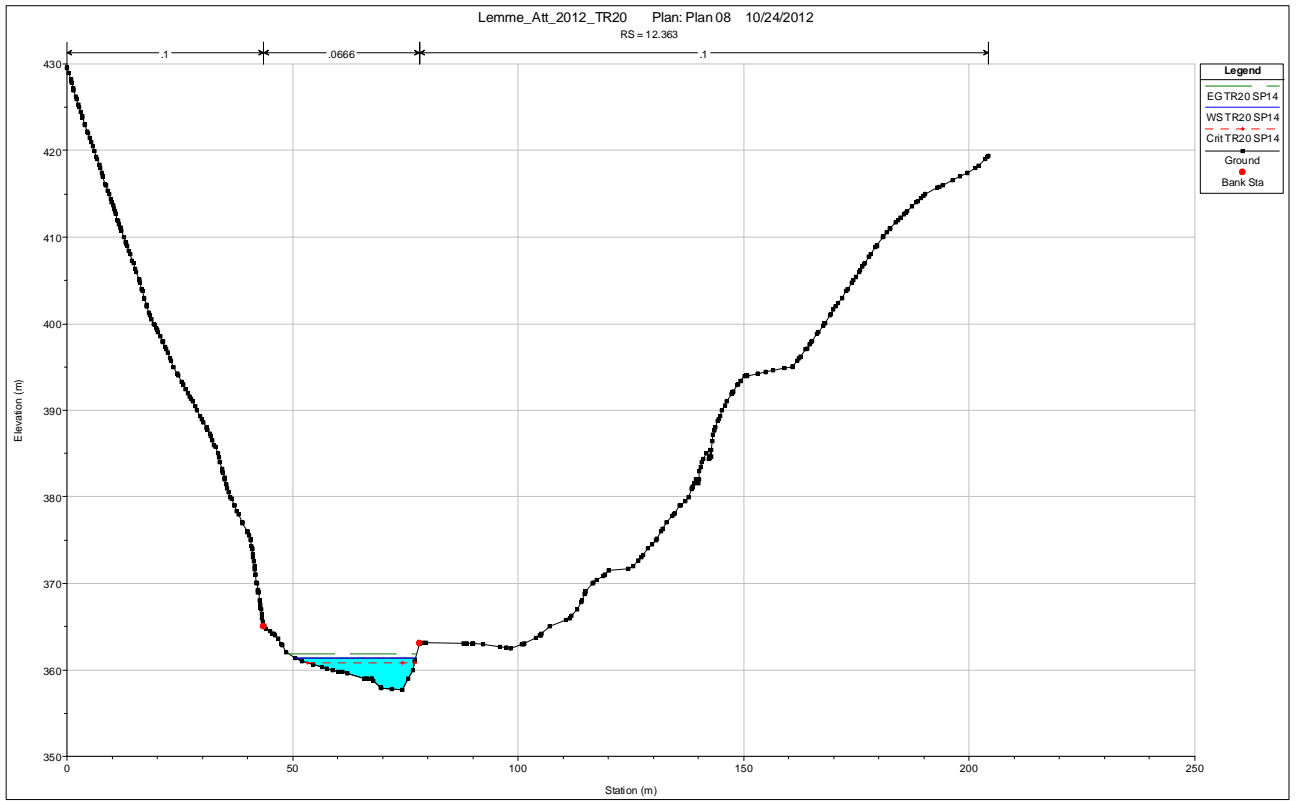












ALLEGATO 5

Piogge di durata inferiore all'ora – Stazione pluviometrica di
Gavi

TABELLA 1 - OSSERVAZIONI AL PLUVIOMETRO

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:		GAVI																		
BACINO:																				
QUOTA:																				
Anni di osservazione:		41																		
	Anno	INTERVALLO IN MINUTI																		
		10					15					30					45			
	h(mm)	$\sum X^2 = (\sum h_i - \sum t_i)^2$	ordine	Yi	(Yi-YN) ²	h(mm)	$\sum X^2 = (\sum h_i - \sum t_i)^2$	ordine	Yi	(Yi-YN) ²	h(mm)	$\sum X^2 = (\sum h_i - \sum t_i)^2$	ordine	Yi	(Yi-YN) ²	h(mm)	$\sum X^2 = (\sum h_i - \sum t_i)^2$	ordine	Yi	(Yi-YN) ²
1	1951	9.4	4.99	22.8	1.87	1.96		19	2.25	3.10	12	0.33	20	2.01	2.36			32.2	1.50	1.11
2	1952			14	1.09	0.38	5.6	24.23	18.8	1.50	1.02	6	43.18	20	1.25	0.59		21.6	0.67	0.05
3	1953			9.6	0.58	0.04		14.2	1.03	0.29		16.8	0.76	0.08			20	0.09	0.13	
4	1954	8	13.20	9.4	0.17	0.09		10.2	0.67	0.03		12	0.37	0.04			12	-0.48	0.85	
5	1955			8	-0.23	0.48	3.6	0.85	3.6	0.37	0.02	6.8	0.02	0.24						
6	1956			6	-0.67	1.29		8	0.09	0.16		6.4	-0.33	0.65						
7	1957	6	31.73				4.5	36.27	5.6	-0.19	0.46		6	-0.73	1.46					
8	1958	14	5.60				8	6.36	4.8	-0.48	0.93	6.4	38.09			20	2.10			
9	1959						10.2	0.10	4.5	-0.83	1.75	20	55.18			32.2	115.56			
10	1960	3.6	4.13				19	71.87				16.8	17.88			12	89.30			
11	1961						4.8	32.74				6.8	33.31							
12	1962															21.6	0.02			
13	1963						18.8	68.52				20	55.18							
14	1964	22.8	124.69				14.2	13.53												
15	1965																			
16	1966																			
17	1967																			
18	1968																			
19	1969																			
20	1970																			
21	1971																			
22	1972																			
23	1973																			
24	1974																			
25	1975																			
26	1976																			
27	1977																			
28	1978																			
29	1979																			
30	1980																			
31	1981																			
32	1982																			
33	1983																			
34	1984																			
35	1985																			
36	1986																			
37	1987																			
38	1988																			
39	1989																			
40	1990																			
41	1991																			
				somma	2.81	4.22		somma	4.41	7.76		somma	3.34	5.36			somma	1.78	2.14	

Figura 1 - RegISTRAZIONI pluviometriche piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi

TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

N.	6	9	7	4
$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{N}$	11.63	10.52	12.57	21.45
$\sum X^2$	184.35	254.48	243.15	206.99
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	6.072	5.640	6.366	8.306
YN	0.469	0.490	0.477	0.446
SN	0.919	0.985	0.945	0.845
MODA	8.53	7.72	9.36	17.07
ALFA	6.61	5.72	6.74	9.83

Tempo di ritorno		10 min	15 min	30 min	45 min
5 anni	hmax:	18.45 mm	16.30 mm	19.46 mm	31.82 mm
10 anni	hmax:	23.41 mm	20.60 mm	24.51 mm	39.20 mm
20 anni	hmax:	28.16 mm	24.72 mm	29.36 mm	46.28 mm
50 anni	hmax:	34.32 mm	30.05 mm	35.64 mm	55.44 mm
100 anni	hmax:	38.93 mm	34.05 mm	40.34 mm	62.31 mm

t	T-5 anni	T-10 anni	T-20 anni	T-50 anni	T-100 anni
0.17	18.45	23.41	28.16	34.32	38.93
0.25	16.30	20.60	24.72	30.05	34.05
0.50	19.46	24.51	29.36	35.64	40.34
0.75	31.82	39.20	46.28	55.44	62.31

Figura 2 - Trattazione probabilistica secondo Gumbel delle piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi

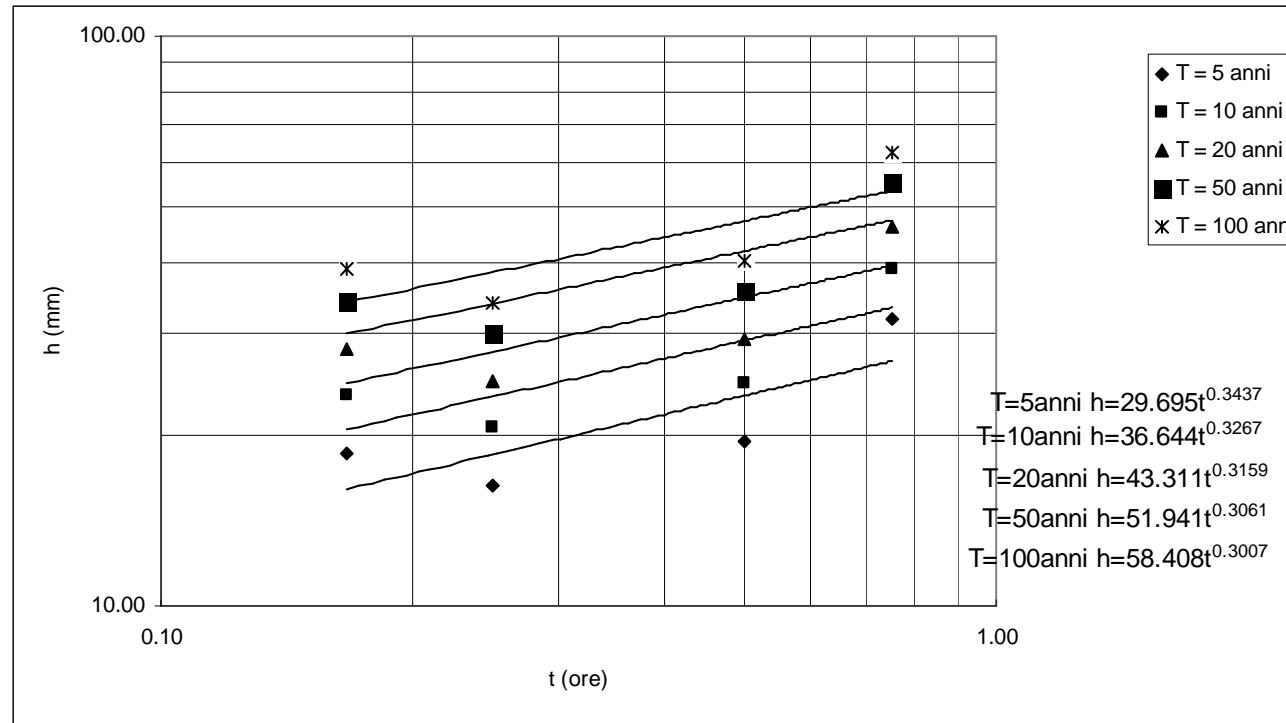


Figura 3 – Parametri a e n secondo la trattazione probabilistica di Gumbel delle piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi

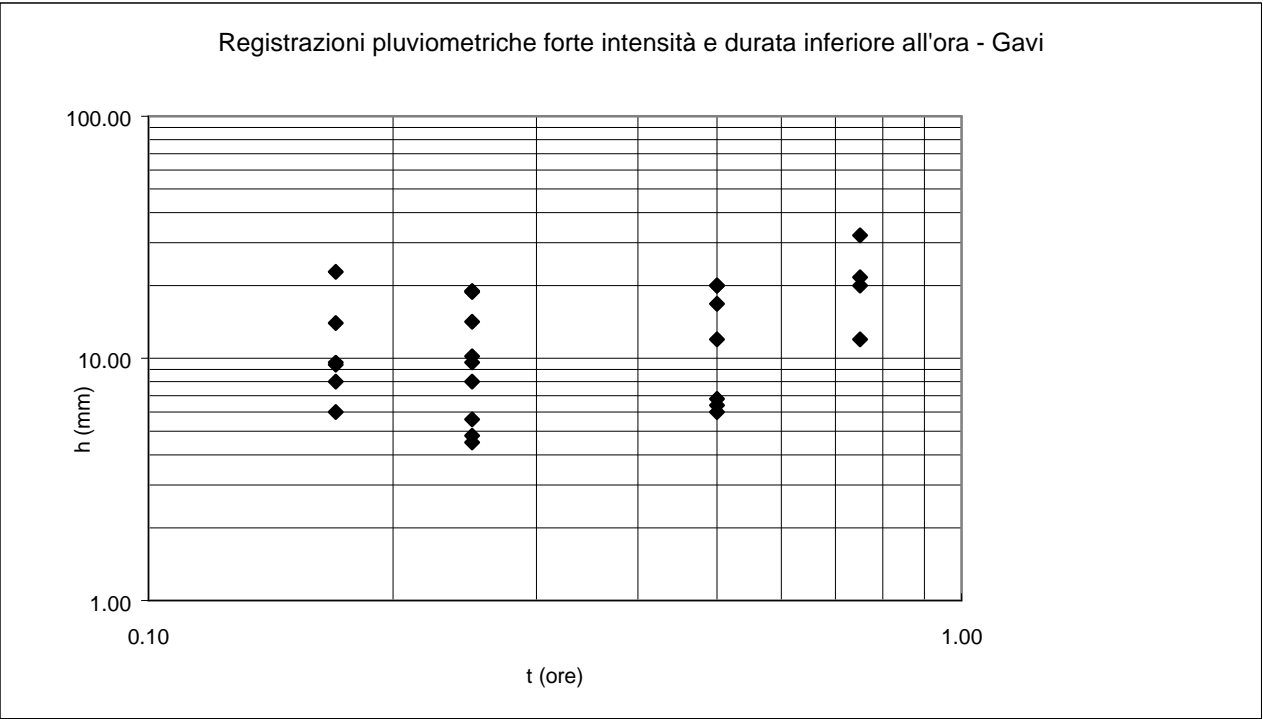


Figura 4 – Registrazioni pluviometriche di forte intensità e breve durata su carta bilogarithmica – Pluviometro di Gavi

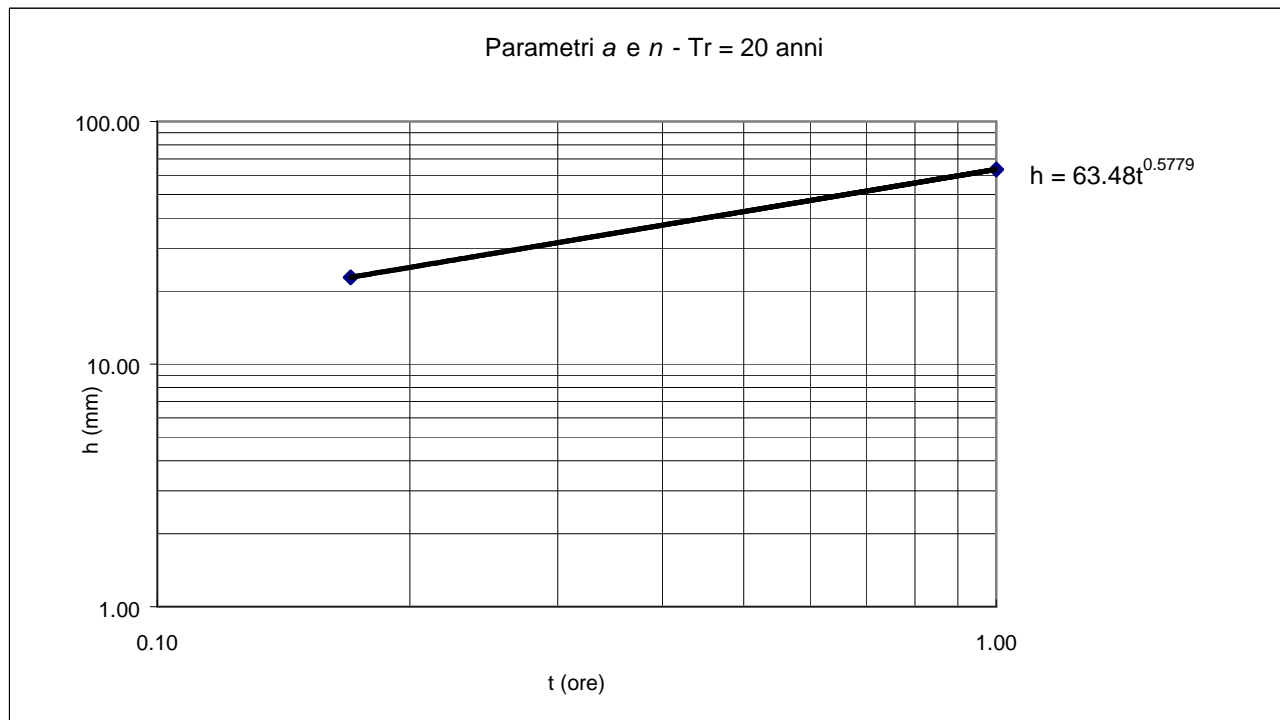


Figura 5 – Parametri a e n piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi