COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO
SETTORE ATTUAZIONE OPERE IDRAULICHE

PROGETTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO FEGINO - III° LOTTO (CODICE MOGE 12367)

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA
(integrazione per estensione incarico a monte della sez. 20)

Scala:	Data:	Codice:
-	**06/02/2023**	**PD-Id-B**

Il Responsabile Unico del Procedimento:
Ing. Giuseppe Vestrelli

Progetto
STRUTTURALE
- ING.DANIELE CANALE
VIA CORSICA 2/1 - GENOVA



Firmato digitalmente da CANALE DANIELE
C: IT

Progetto
ARCHITETTONICO
- STUDIO MARCOLINI BARSOTTI
VIA CORSICA 6 / 9 SCALA DX - GENOVA

Progetto
INDAGINI GEOLOGICHE
- DOTT. GEOL. STEFANO MONTALDO
VIA CORSICA 2/1 - GENOVA

Approvato:	Revisione:

Oggetto:

1. Indice

1. Indice 0
2. Oggetto della relazione e descrizione dei luoghi 1
3. Descrizione del modello HEC-RAS e delle scelte progettuali 1
4. Scatti fotograficidei tratti di alveo indagati 8
4.1. Scatti fotografici del rio Burlo 8
4.2. Scatti fotografici del rio Fegino – tratto di monte 10
5. Normativa urbanistica vigente 14
5.1. Leggi e normative idrauliche 14
5.2. Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico – PTCP 15
5.3. Piano di Bacino – PdB 15
5.4. Piano Urbanistico Comunale Vigente – PUC Vigente 19
6. Verifiche idrauliche 19
6.1. Portate di riferimento 19
6.2. Determinazione dei parametri di scabrezza 20
6.3. Metodo di calcolo 22
6.4. Parametri e configurazione di verifica 25
6.5. Risultati delle verifiche idrauliche 25
6.6. Considerazioni in merito agli attraversamenti 31
7. Ulteriori accorgimenti e miglioramenti idraulici 31
8. Considerazioni conclusive 32
9. Allegato A – Risultati configurazioni 1 e 2 33
9.1. Risultati configurazione 1 33
9.2. Risultati configurazione 2 40
10. Allegato B – Risultati in forma numerica e grafica 47
10.1. Risultati analisi allo stato attuale (PAA) 47
10.2. Risultati analisi allo stato di progetto (VPP) 78

2. Oggetto della relazione e descrizione dei luoghi

Oggetto della presente relazione è la verifica idraulica degli interventi di miglioramento del "*rio Fegino Tratto di monte*" (detto anche rio Pianego) e del *rio Burlo* in corrispondenza dei rispettivi attraversamenti presso il primo tornante di Via Borzoli, in prossimità dei Giardini Comunali "Montecucco". La relazione integra e completa quella relativa al tratto di Rio Fegino compreso tra la SEZ-19 e la SEZ-0.30 più a valle.

A seguito di estensione di incarico riguardante la progettazione definitiva ed esecutiva delle opere di miglioramento necessarie alla messa in sicurezza del tratto residuo del rio Fegino a monte della sezione 19 (sezione limite dell'intervento di adeguamento illustrato nella Relazione Idraulica del 30/09/2022) e dei due suoi rami immediatamente a monte di tale sezione (ramo sinistro denominato "*rio Fegino di monte*" e ramo destro denominato "*rio Burlo*"), si è provveduto a far eseguire un accurato rilievo topografico dell'area in oggetto e, successivamente, a modellare idraulicamente mediante il software di simulazione idraulica HEC-RAS (nella versione 4.1.0 del Gennaio 2010) tali rami, andandoli a connettere al modello precedentemente predisposto per tutto il tratto di rio Fegino di valle (vedere la citata Relazione Idraulica del 30/09/2022).

Per le sezioni, le planimetrie ed i profili dei tratti di rii indagati citati nel seguito della presente relazione si rimanda alle tavole grafiche di progetto dalla tavola PD-Id.01 alla tavola PD-Id.16 facenti parte integrante della presente relazione.

Il rilievo del rio Burlo, in prima battuta spinto a monte fino alla sezione 61 è stato poi esteso, per maggior completezza e dopo un'accurata pulizia del rio avvolto da folta vegetazione da parte del Comune di Genova, fino alla sezione 65, posta circa a 140 m a monte della confluenza con il rio Fegino di monte (sezione 20); analogamente, il rilievo del rio Fegino di monte, inizialmente eseguito fino alla sezione 30 è stato poi esteso verso monte fino alla sezione 45 (posta circa a 300 m a monte della confluenza con il rio Burlo nella sezione 20) in modo da avere informazioni dettagliate delle eventuali criticità idrauliche dovute agli attraversamenti presenti a monte (ponti privati in corrispondenza delle sezioni 31 e 34 e ponte comunale in corrispondenza della sezione 40).

3. Descrizione del modello HEC-RAS e delle scelte progettuali

La simulazione idraulica mediante HEC-RAS è stata svolta in diverse configurazioni al fine di determinare quella maggiormente efficace ai fini del miglioramento idraulico, visti i molteplici vincoli geometrici che l'area in oggetto presenta.

Le sezioni idrauliche sono state posizionate sul rilievo geometrico dell'area in modo da consentire una accurata modellazione dei due rii in oggetto, una precisa modellazione della confluenza degli stessi nel "rio Fegino di valle" ed in modo tale

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

che la medesima sezione fosse utile ai fini della modellazione della geometria allo stato attuale e di quella allo stato di progetto.

In particolare il "rio Burlo" è stato suddiviso nelle seguenti sezioni numerate da monte verso valle:

- Sezione 65: sezione di controllo di monte;
- Sezioni 64, 63, 62 e 61: sezioni lungo il tratto naturale del rio Burlo, non oggetto di interventi idraulici;
- Sezione 60: sezione immediatamente a valle della nuova briglia a progetto necessaria per l'abbassamento del fondo del rio in vista dell'imminente ingresso dello stesso nel tratto tombinato;
- Sezioni 59, 58 e 57: sezioni a cielo aperto nelle quali è previsto l'abbassamento del fondo del rio mediante la realizzazione di nuovi muri d'argine;
- Sezione 56: sezione corrispondente all'inizio del nuovo scatolato a progetto di sezione rettangolare, avente base pari a circa 3.20 m ed altezza pari a circa 2.20 m (area pari a 7.04 m^2), corrispondente anche all'inizio della tombinatura attuale di sezione rettangolare 2.35 x 1.70 m;
- Sezioni 55, 54, 53, 52, 51 lungo lo scatolato a progetto; la sezione 54 è stata posizionata in corrispondenza di un'esistente tombinatura che determina l'attuale passaggio dello scatolato esistente da una sezione rettangolare 2.40 x 1.70 m ad una sezione ad arco 1.57 x 1.26 m di altezza massima;
- Sezione 20.9 posta solo 1.0 m a valle della sezione 51 a simulare la nuova configurazione a progetto a cielo aperto del ramo "rio Burlo" e l'ultima sezione della tombinatura esistente ad arco allo stato attuale di base pari a circa 1.53 m ed altezza massima pari a circa 1.28 m;
- Sezioni 20.5 e 20.4 a cielo aperto posizionate in modo da trovarsi immediatamente a monte e immediatamente a valle di una *piccola briglia* prevista a progetto con lo scopo di "tagliare" gli effetti di innalzamento del pelo libero dell'acqua che si verificano immediatamente a valle per via della confluenza dei due rami ed *evitare che tali effetti si ripercuotano a monte dentro lo scatolato a progetto*;
- Sezione 20.1 a cielo aperto posta immediatamente prima della sezione 20 a costituire l'ultima sezione a valle del ramo "rio Burlo", prima appunto della confluenza con il ramo sinistro "rio Fegino di monte"; la sezione 20 rappresenta infatti, come già detto, la prima sezione del "rio Fegino tratto di valle".

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Dal punto di vista delle scelte geometriche fatte per la definizione della nuova tombinatura del rio Burlo si precisano i seguenti vincoli che, di fatto, hanno reso obbligata la geometria appena descritta:

1. La presenza di numerose utenze sia in corrispondenza del tornante di Via Borzoli (in primis la condotta fognaria) sia in corrispondenza di Via Salita al lago (strada carrabile) che comportano l'impossibilità di innalzare l'estradosso della soletta di copertura dello scatolato a progetto oltre la quota proposta sezione per sezione; si evidenzia anche la presenza su Via Salita al lago di numerose porte di accesso agli edifici prospicienti la via a causa delle quali non è pensabile eseguire un innalzamento dell'intero piano viario;

2. La necessità di mantenere immediatamente a valle dello scatolato proposto a progetto una *piccola briglia* con lo scopo, come detto e come si vedrà dai risultati delle varie configurazioni di modellazione svolte, di "tagliare" gli effetti di innalzamento del pelo libero dell'acqua che si verificano immediatamente a valle per via della confluenza dei due rami;

3. La necessità di mantenere in funzione la parte terminale della tombinatura esistente (dalla sezione 53 verso valle) per parte della durata dei lavori necessari alla realizzazione della tombinatura a progetto, e dunque la necessità di affiancare planimetricamente la nuova tombinatura a quella attuale (vedere posizione in pianta nella tavola di progetto PD-Id.02).

Con riferimento adesso al "rio Fegino di monte", esso è stato suddiviso nelle seguenti sezioni numerate da monte verso valle:

- Sezione 45: sezione di controllo di monte;

- Sezioni 44, 43, 42 e 41 a cielo aperto procedendo verso valle; lungo tali sezioni Via Pianego (strada pubblica) è posta sul lato destro orografico rispetto al rio;

- Sezione 40 (suddivisa per la modellazione nelle sezioni 40.4, 40.3, 40.2 e 40.1) in corrispondenza del ponte comunale che consente, procedendo da valle verso monte, il passaggio della Via Pianego dalla sinistra orografica alla destra orografica del rio;

- Sezioni 39, 38, 37, 36 e 35 a cielo aperto; lungo tali sezioni la Via Pianego è posta sul lato sinistro orografico rispetto al rio;

- Sezione 34 (suddivisa per la modellazione nelle sezioni 34.4, 34.3, 34.2 e 34.1) in corrispondenza di un ponte privato;

- Sezioni 33 e 32 a cielo aperto in corrispondenza di una accentuata curva del rio verso destra;

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

- Sezione 31 (suddivisa per la modellazione nelle sezioni 31.4, 31.3, 31.2 e 31.1) in corrispondenza di un secondo ponte privato; a partire da questa sezione Via Pianego si allontana dal tracciato del rio che procede verso valle a cielo aperto e con un edificio sul filo dell'argine sinistro fino in corrispondenza della sezione 30;

- Sezioni 30, 29 e 28 a cielo libero con un argine sinistro più alto costituito da un muro di cinta a separazione da un piazzale ed un argine destro più basso;

- Sezioni 27, 26 e 25 a cielo aperto in corrispondenza di una curva verso sinistra del rio quasi ad angolo retto; ad esterno della curva, a filo con il muro d'argine, è presente l'edificio denominato "casetta" a servizio dei giardini comunali Montecucco; internamente è presente il muro di cinta posto sul muro d'argine a protezione del piazzale privato retrostante;

- Sezione 24: ultima sezione (procedendo da monte verso valle) sulla quale non si interviene con opere idrauliche, posta immediatamente a monte della *briglia a progetto*;

- Sezione 23: prima sezione oggetto di opere di adeguamento idraulico posta immediatamente a valle della briglia a progetto; è previsto l'abbassamento del fondo del rio con la realizzazione di nuovi muri d'argine in sponda destra e sinistra a consentire tale abbassamento; la quota del fondo di tale sezione, così come quella delle sezioni successive fino alla sezione 19 del "rio Fegino tratto di valle" è stata definita prolungando verso monte la pendenza costante data in fase di progetto al "rio Fegino tratto di valle" (vedere progetto definitivo già depositato);

- Sezioni 22 e 21: sezioni poste all'inizio ed alla fine del ponte su cui passa il primo tornante di Via Borzoli; tali sezioni rappresentano l'inizio e la fine sia dell'attraversamento attuale che di quello di progetto ("ponte"); l'attraversamento attuale presenta sezione ad arco di larghezza media pari a circa 3.1 m ed altezza massima in chiave di circa 1.5 m; l'attraversamento a progetto presenta sezione rettangolare pari a 5.5 x 3.0 m (area pari a 16.5 m^2);

- Sezione 20.2 a cielo aperto posta immediatamente prima della sezione 20 a costituire l'ultima sezione a valle del ramo "rio Fegino di monte" prima appunto della confluenza con il ramo destro "rio Burlo"; la sezione 20 rappresenta infatti, come già detto, la prima sezione del "rio Fegino tratto di valle".

Dal punto di vista delle scelte geometriche fatte per la definizione del nuovo ponte del "rio Fegino di monte" si precisano i seguenti vincoli che di fatto hanno reso obbligata la geometria appena descritta:

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

1. La presenza di numerose utenze in corrispondenza del tornante di Via Borzoli (in primis la condotta fognaria) che comportano l'impossibilità di innalzare l'estradosso della soletta di copertura dell'attraversamento a progetto oltre la quota proposta per le sezioni 22 e 21;

2. La larghezza del rio all'imboccatura dettata dalla larghezza tra gli argini attuali; dovendo provvedere all'abbassamento del fondo del rio di circa 2.2 m (vedere sezione 23) è necessario realizzare internamente al rio nuovi paramenti in calcestruzzo armato che vanno così a restringere la sezione d'alveo a circa 5.5 m, stesso valore della larghezza scelta per l'attraversamento a progetto in modo da non perturbare il pelo libero della portata duecentennale (costanza della sezione idraulica e della pendenza a favorire il moto permanente uniforme).

Fissato il limite di intervento alla briglia posta tra le sezioni 23 e 24, mantenendo gli argini esistenti (semplicemente rinforzati da contromuri) e mantenendo la pendenza del tratto di valle del rio Fegino, la geometria del rio a progetto è risultata completamente obbligata.

Discorso lievemente differente invece per quanto riguarda il rio Burlo in quanto, fissato il tracciato planimetrico della nuova tombinatura (adiacente per il tratto finale a quella esistente per necessità di coesistenza in fase di cantiere), fissato il limite superiore di intervento alla sezione a partire dalla quale, verso monte, le verifiche idrauliche risultano soddisfatte (sezione 61), e fissata la quota della soletta di copertura dello scatolato a progetto risultava possibile scegliere tra diverse opzioni di pendenza del fondo. Il criterio di scelta è stato il seguente: dapprima è stata stabilita una larghezza sufficientemente abbondante della sezione rettangolare (pari a 3.2 m) ma tale da non interferire con la tombinatura esistente, poi si è valutata una pendenza del fondo che garantisse un non eccessivo stramazzo a monte (in corrispondenza della briglia della sezione 60) ed un franco sulla portata duecentennale pari ad almeno 1.0 m; la configurazione così trovata (denominata configurazione 1) presenta le seguenti caratteristiche:

- **Configurazione 1**: stramazzo a valle (sez. 20.4) pari a circa 63 cm, stramazzo a monte (sez. 60) pari a circa 1.6 m, pendenza pari a circa 4.0%, franco per la duecentennale sempre superiore ad 1.0 m ed energia per la cinquantennale leggermente oltre l'intradosso della soletta di copertura (di circa 30 cm). Quest'ultimo aspetto non consente la riclassificazione dell'attuale zona rossa in zona gialla ai fini della definizione delle aree inondabili.

Prima di illustrare le ulteriori configurazioni di pendenza del fondo effettuate si precisa il seguente aspetto fondamentale: durante la definizione della configurazione 1 si riscontrava sempre, nelle sezioni terminali, un risalto all'interno dello scatolato che non consentiva di avere franco sulla duecentennale superiore ad 1.0 m; si è così riscontrato che tale fenomeno si verificava a causa della non sufficiente larghezza delle sezioni d'alveo immediatamente a valle (sezioni dalla 19

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

alla 17) oggetto del progetto del tratto di valle del rio Fegino. Tale fenomeno, non riscontrabile progettando il solo adeguamento del tratto d rio Fegino di valle, deriva dalla modellazione più precisa dell'effetto della confluenza dei 2 rami, adesso sviluppata nel modello completo di HEC-RAS.

Per il motivo di cui sopra le sezioni 19, 18 e 17 vengono allargate verso destra comportando la necessità di espropriare una striscia di terreno privato costituente il piazzale del condominio limitrofo (vedere tavola PD-Id.14).

Ciò premesso, fermo restando le modifiche necessarie alle sezioni 19, 18 e 17, si è provato a modificare la pendenza dello scatolato del rio Burlo a progetto in diverse configurazioni, la più estrema delle quali è risultata essere la seguente (che ha sostanzialmente mantenuto la pendenza media del 4% ma eliminato lo stramazzo di valle - sez. 20.4 -, aumentando quello di monte - sez. 60 - ed abbassando il fondo):

Configurazione 2: stramazzo a valle (sez. 20.4) pari a circa 0 cm, stramazzo a monte (sez. 60) pari a circa 2.23 m, pendenza pari a circa 4.0%, franco per la duecentennale superiore ad 1.0 m per le sezioni 56, 55, 54 e 53 ma pari a pochi decimetri per le sezioni 52 e 51 (dunque inferiore ad 1.0 m) ed energia riferita alla portata con tempo di ritorno cinquantennale sempre entro l'intradosso della soletta di copertura. Nemmeno questa ultima configurazione consentirebbe la riclassificazione dell'attuale zona rossa in zona gialla ai fini della definizione delle aree inondabili per via del mancato rispetto del franco su 2 delle 6 sezioni della tombinatura.

Altre configurazioni: si sono infine provate altre configurazioni, intermedie tra le 2 estreme precedentemente descritte: la configurazione 1 verificava in termini di franchi rispetto alla duecentennale (e non in termini di energia rispetto alla cinquantennale) mentre la configurazione 2 verificava in termini di energia rispetto alla cinquantennale me non in termini di franchi per quanto riguarda le ultime 2 sezioni della tombinatura. Tutte le altre configurazioni intermedie provate, con stramazzo di valle variabile da 0 cm a 63 cm, fornivano risultati intermedi che non soddisfacevano le verifiche né in termini di franco sulla duecentennale né in termini di carico cinetico sulla cinquantennale. Per questa ragione tali ulteriori configurazioni intermedie sono state considerate meno efficienti rispetto alle sopra descritte "configurazione 1" e "configurazione 2".

Dovendo pertanto scegliere tra le 2 configurazioni denominate "configurazione 1" e "configurazione 2" si è optato per la "configurazione 1" che garantiva franco nei confronti della portata duecentennale superiore ad 1.0 m per tutte e 6 le sezioni dello scatolato a progetto sebbene la verifica in termini di energia rispetto alla portata cinquantennale non fosse soddisfatta e non abbia, di conseguenza, consentito una riclassificazione da zona rossa a zona gialla dell'area inondabile della porzione terminale del rio Burlo (per le immagini più significative delle verifiche idrauliche svolte si rimanda all'Allegato A).

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Si ritiene pertanto, per i succitati motivi, di aver definito geometricamente la soluzione idraulica migliore possibile per i 2 attraversamenti in oggetto, soluzione che abbassa enormemente il rischio idraulico dell'area in oggetto rispetto allo stato attuale. Basti pensare che, come si mostrerà nel seguito con i modelli HEC-RAS svolti allo stato attuale, il "rio Burlo" verifica nei confronti della sola portata con tempo di ritorno quinquennale (T=5 anni) mentre il "rio Fegino di monte" nei confronti della sola portata con tempo di ritorno decennale (T=10 anni) e che allo stato di progetto finale entrambi gli attraversamento sotto il tornante di Via Borzoli garantiranno il soddisfacimento di franchi per la portata duecentennale pari ad almeno 1.0 m per tutte le sezioni indagate.

Sulla base di quanto sopra riportato, è stato realizzato un modello col programma HEC-RAS predisponendo differenti "Plan" ognuno dei quali risulta caratterizzato da un determinato assetto geometrico (file Geometry Data) e da determinate condizioni al contorno e portate critiche con differenti tempi di ritorno (file Flow Data). Per semplicità di comprensione dei differenti assetti geometrici che i tre tratti di rio posso assumere, si è deciso di contrassegnare ciascun Geometry Data con tre lettere,ognuna riferita allo stato morfologico in cui si presentano rispettivamente il rio Fegino di valle, il rio Burlo ed il rio Fegino di monte (o rio Pianego); gli stati possibili in cui si possono trovare gli alvei dei vari rii sono lo stato attuale (A), lo stato di progetto (P) e lo stato di variante (V), quest'ultimo riferito esclusivamente al tratto di valle del rio Fegino (sezioni 19, 18 e 17).

- Plan 1 – PAA (FEG-P_BUR-A_PIA_A): Plan che presenta il rio Fegino di valle allo stato di progetto così come presentato nei documenti datati 10/03/2015 (P), il rio Burlo allo stato attuale (A) ed il rio Fegino di monte allo stato attuale (A);

- Plan 2 – PPP (FEG-P_BUR-P_PIA_P): Plan che presenta il rio Fegino di valle allo stato di progetto come presentato nei documenti datati 10/03/2015 (P), il rio Burlo allo stato di progetto (P) ed il rio Fegino di monte allo stato di progetto (P);

- Plan 3 – VPP (FEG-V_BUR-P_PIA_P): Plan che presenta il rio Fegino di valle allo stato di variante rispetto a quanto presentato nei documenti datati 10/03/2015 (V), il rio Burlo allo stato di progetto (P) con stramazzo a valle del tratto tombinato (piccolo stramazzo di altezza pari a 63 cm) ed il rio Fegino di monte allo stato di progetto (P); tale Plan coincide con quanto in precedenza descritto come "Configurazione 1";

- Plan 4 – VPP_Rev1 (FEG-V_BUR-P_PIA_P_Rev1): Plan che presenta il rio Fegino di valle allo stato di variante rispetto a quanto presentato nei documenti datati 10/03/2015 (V), il rio Burlo allo stato di progetto (P) senza stramazzo a valle del tratto tombinato ed il rio Fegino di monte allo stato di progetto (P); tale Plan coincide con quanto in precedenza descritto come "Configurazione 2".

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

L'impiego dei sopra descritti Plan all'interno del modello HEC-RAS (allegato sottoforma di file alla presente relazione idraulica) consente un rapido controllo di quanto descritto e dei vari tentativi di configurazione effettuati in fase di definizione di quella che risulta essere ritenuta la migliore configurazione di miglioramento idraulico. Per quanto riguarda invece le condizioni al contorno e le portate critiche con differenti tempi di ritorno, è stato impiegato lo stesso Flow Data per tutte le varie condizioni descritte in precedenza (stessi valori di portata); si riportano due tabelle riassuntive di tali dati inseriti in ciascun Plan:

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates				
	River	Reach	RS	Q50	Q200	Q30	Q10	Q5
1	fegino	burlo	65	14	20.2	11.7	7.2	5.2
2	fegino	fegino-monte	45	45.6	54.8	34	21	15
3	fegino	fegino	20	61	74	45.7	28.2	20.2

Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
fegino	burlo	all	Critical Depth	Junction=fe-bu
fegino	fegino-monte	all	Critical Depth	Junction=fe-bu
fegino	fegino	all	Junction=fe-bu	Critical Depth

4. Scatti fotograficidei tratti di alveo indagati

4.1. Scatti fotografici del rio Burlo

Si riportano di seguito alcune fotografie del tratto di rio in esame.



Foto 1 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 65 (sezione di controllo) verso valle.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 2 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 61 verso valle.*



Foto 3 – *Foto scattata dall'alto che inquadra il tratto di alveo ove sono tracciate le sezioni 59-58-57.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 4 – *Foto che inquadra, verso valle, la sezione di imbocco del tratto tombinato esistente (sez. 57); foto scattata dopo la pulizia dell'alveo eseguita recentemente dal Comune di Genova.*

4.2. Scatti fotografici del rio Fegino – tratto di monte



Foto 1 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 31 verso valle ad inquadrare il tratto di rio Fegino di monte ove sono tracciate le sezioni 30 e 29; si osserva il già citato fabbricato presenta sull'argine sinistro.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 2 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 31 ove è situato il secondo attraversamento privato.*



Foto 3 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 33 verso monte, subito prima un'accentuata curva del tracciato del fiume verso destra di quasi 90°.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 4 – *Foto scattata (verso valle) subito a monte della sezione 34, in corrispondenza del primo attraversamento privato.*



Foto 5 – *Foto scattata (verso monte) in corrispondenza della sezione 35 ove è possibile vedere il tratto di rio lungo il quale sono tracciate le sezioni 39, 38, 37 e 36.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 6 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 38, da monte verso valle.*



È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Foto 7 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 39 verso monte ove si può notare il passaggio di via Pianego dalla sinistra orografica (destra della foto) alla destra orografica (sinistra della foto).*



Foto 7 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 45 (sezione di controllo di monte) verso monte ove si può notare la presenza di una bassa briglia in c.a.*

5. Normativa urbanistica vigente

5.1. Leggi e normative idrauliche

- Regio decreto n°523/1904.
- Legge n°183/1989: “norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”.
- Legge Regionale n°9/1993: “Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione alla legge 18 maggio 1989 n°183”.
- Circolare Regionale n°3410/1993 Servizio difesa del suolo – Uff. Opere Idrauliche “art.26 L.R. 9/1993 – Regime Transitorio”.
- Circolare Comitato Tecnico Provinciale del 30/10/1998: “Indicazioni riguardanti la redazione di relazioni idrauliche finalizzate all’ottenimento di autorizzazioni o pareri ai sensi del R.D. 523/1904 e L.R. 9/1993”.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

- Legge Regionale 21 giugno 1999 n. 18: “Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia”

- Regolamento Regionale 14 luglio 2011 n. 3: “Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua”.

- Regolamento Regionale n.1 del 16 Marzo 2016: “Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua”.

5.2. Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico – PTCP

Si rimanda a tal proposito alla Relazione Idraulica del tratto di rio Fegino di valle del 30/09/2022 per i riferimenti inerenti al Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico (PTCP).

5.3. Piano di Bacino – PdB

La normativa di riferimento da un punto di vista idraulico per l’area in oggetto è costituita dal *Piano di Bacino del Torrente Polcevera* per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia dellarete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive, approvato con Delibera del Consiglio della Città Metropolitana di Genova n. 26 del 25/06/2015 la cui ultima variante è entrata in vigore il 17/02/2021 a seguito dell’approvazione con DDG n.435 del 28/01/2021.

L’area di intervento risulta in buona parte soggetta a vincolo idrogeologico.

Il Piano inserisce il torrente Fegino tra i corsi d’acqua significativi del reticolo idrografico; secondo la mappatura delle aree inondabili riportata nel Piano le aree limitrofe al corso d’acqua nel tratto oggetto di intervento ricadono nella fascia delle aree inondabili per eventi di piena 50-ennale (fascia fluviale A).

Le relazione generale di Piano individua quali criticità la confluenza del Rio Fegino con il rio Burlo in quanto tale confluenza è indicata nelle aree storicamente inondate. In tale tratto le portate di riferimento si verificano livelli del pelo libero tali da causare l’esondazione lungo tutto il tratto in sponda sinistra del Rio Fegino ed in alcuni punti anche in sponda destra. In diverse sezioni si nota insufficienza arginale in alcuni casi di rilevante entità (superiore al metro per la 50-ennale). La confluenza con il rio Burlo risulta un nodo molto critico in quanto entrambi i rii sono tombinati poco prima della confluenza, il Burlo per un tratto lungo circa 60 m. I tombini sono entrambi insufficienti per portata 50-ennale e causano l’allagamento di una zona piuttosto estesa.

La DGR 1360 del 19/11/2010, tradotta nel Regolamento regionale 14 luglio 2011 n. 3 (Regolamentorecante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua) con le modifiche apportate dal Regolamento Regionale n.1 del 16

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Marzo 2016 ridefinisce la significatività idraulica dei corsi d'acqua nella pianificazione di bacino con la relativa normativa associata.

In base a tali Deliberazioni il rio Fegino rientra tra i corsi d'acqua del reticolo significativo definiti come principali, per i quali è stabilita una fascia di inedificabilità assoluta dai limiti dell'alveo pari a 10 m. Sono fatti salvi gli interventi sulla viabilità, purché a raso. Rispetto a quanto già stabilito dal Piano di Bacino le stesse DGR riformulano i limiti dei franchi minimi ammissibili tra il livello di piena e la sommità degli argini e l'intradosso dei ponti e dei parametri discabrezza da assumere nelle verifiche idrauliche.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione Idraulica del tratto di rio Fegino di valle del 30/09/2022.

Si riportano di seguito alcuni stralci cartografici desunti dal Piano di Bacino del Torrente Polcevera.

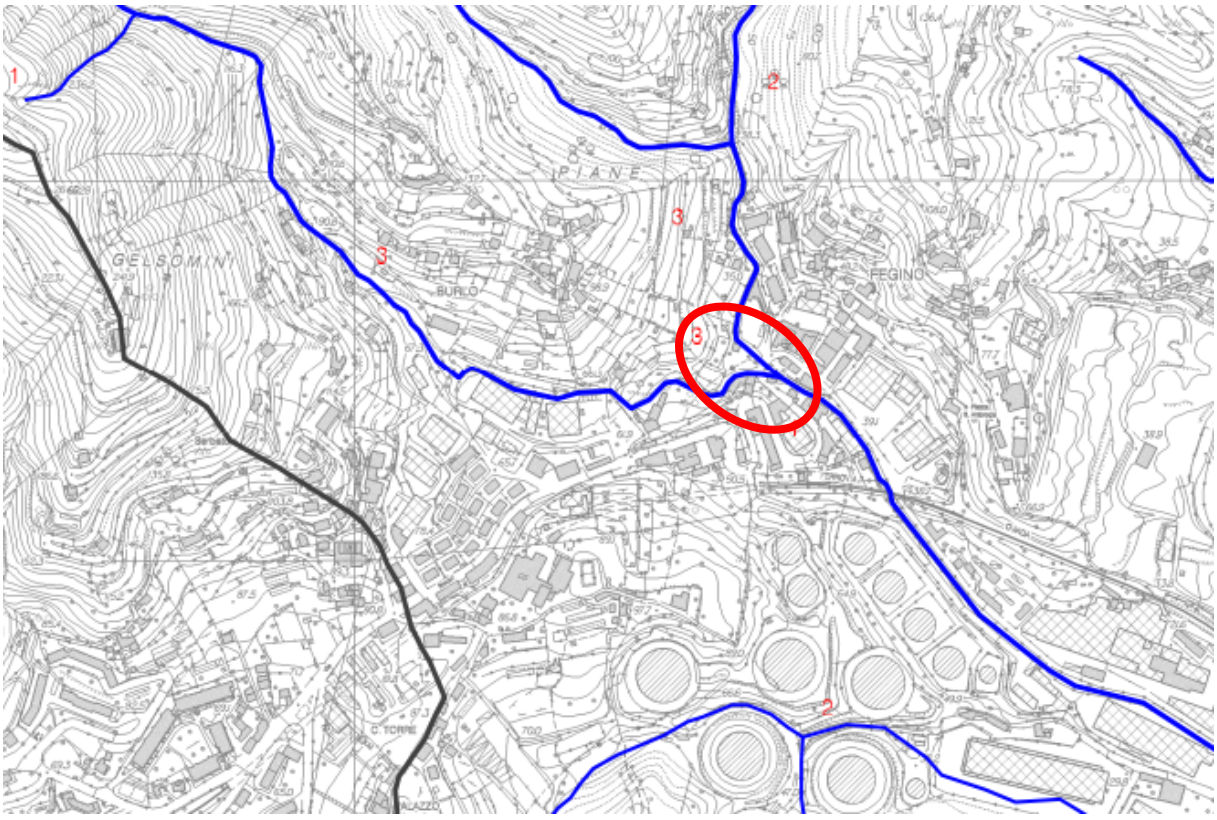


Figura 1 *– Stralcio della carta del reticolo idrografico del PdB.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Figura 2 – *Stralcio carta aree storicamente inondate.*

Aree inondabili:

con tempo di ritorno fino a 50 anni

con tempo di ritorno fino a 200 anni

con tempo di ritorno fino a 500 anni

Aree storicamente inondate:

da studi propedeutici

da DGR 594/01 (scala originale 1:25.000)

evento del 4 ottobre 2010

evento del 4 novembre 2011

da DGR 59/2015 (eventi del 2014)

-

Alveo a cielo aperto

Alveo tombinato

Proiezione dei viadotti

Limite del bacino

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

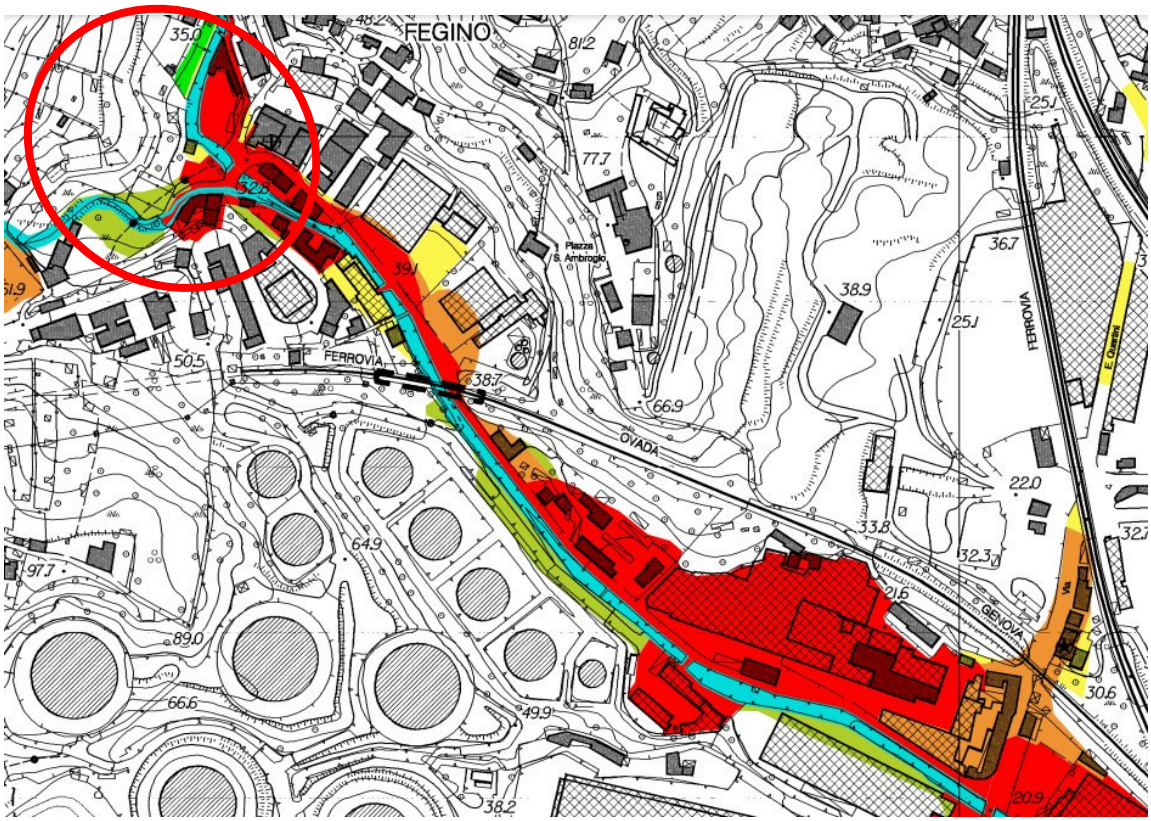


Figura 3 – *Stralcio carta fasce inondabilità.*

	FASCE FLUVIALI:	NORME DI ATTUAZIONE
	FASCIA A	Art. 15, c. 2
	FASCIA A*	Art. 15, c. 4-bis
	FASCIA B	Art. 15, c. 3
	FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4-bis
	FASCIA B (Aree a minor pericolosità ai fini dell'espressione del parere ex art. 15, comma 3, lettera a)	Art. 15, c. 3, lettera a
	FASCIA C	Art. 15, c. 4
	FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
	FASCIA C (Aree storicamente allagate)	Art. 15, c. 4
	FASCIA C (Aree ex inondabili)	Art. 15, c. 4
	Alveo a cielo aperto	Art. 13
	Alveo tombinato	Art. 13
-----	Proiezione dei viadotti	
	Limite del bacino	

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

5.4. Piano Urbanistico Comunale Vigente – PUC Vigente

Si rimanda a tal proposito alla Relazione Idraulica del tratto di rio Fegino di valle del 30/09/2022 per i riferimenti inerenti al Piano Urbanistico Comunale (PUC), con particolare riferimento all'ambito AR-UR.

6. Verifiche idrauliche

6.1. Portate di riferimento

I valori di portata per assegnato tempo di ritorno del "*rio Fegino di monte*" e del "rio Burlo" alla confluenza con il "rio Fegino di valle" e i valori di portata per assegnato tempo di ritorno del "*rio Fegino di valle*" risultanti dal *Piano di Bacino* sono:

Rio Fegino di Monte

T = 50 anni Q=45.6 m^3/s

T = 200 anni Q=54.8 m^3/s

Rio Burlo

T = 50 anni Q=14.0 m^3/s

T = 200 anni Q=20.2m^3/s

Rio Fegino di Valle (*stesse portate di cui alla Relazione Idraulica del 30/09/2022*)

T = 50 anni Q=61 m^3/s

T = 200 anni Q=74 m^3/s

Per le verifiche idrauliche allo stato attuale, poiché le portate cinquantennali non erano smaltite dal ponte a valle del rio Fegino di monte e dalla tombinatura del rio Burlo, si è reso necessario determinare portate con tempi di ritorno inferiori.

Note le aree dei bacini scolanti in oggetto (rio Fegino di Monte = 1.59 km^2 e rio Burlo = 0.66 km^2) ed utilizzato il metodo CIMA per piccoli bacini (A < 2 km^2) si sono valutate le seguenti portate con tempi di ritorno trentennale, decennale e quinquennale.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Rio Fegino di Monte

T = 30 anni Q=34.0 m^3/s

T = 10 anni Q=21.0 m^3/s

T = 5anni Q=15.0 m^3/s

Rio Burlo

T = 30 anni Q=11.7 m^3/s

T = 10 anni Q=7.2 m^3/s

T = 5 anni Q=5.2 m^3/s

Rio Fegino di Valle

T = 30 anni Q=45.7 m^3/s

T = 10 anni Q=28.2 m^3/s

T = 5 anni Q=20.2 m^3/s

Si evidenzia la particolarità per cui le portate cinquantennali e duecentennali del rio Fegino di valle desunte da Piano di Bacino sono pari alla somma delle rispettive portate dei due affluenti (rio Burlo e rio Fegino di monte), anch'esse tratte dal Piano di Bacino.

Quale riferimento per le successive verifiche idrauliche allo stato di progetto è stato adottato il valore della portata con tempo di ritorno 200 anni.

6.2. Determinazione dei parametri di scabrezza

Il modello del tratto del rio in esame è stato realizzato considerando il corso d'acqua rettilineo (approssimazione necessaria visto l'impossibilità di modellare tramite HEC-RAS corsi d'acqua in curva) ed inserendo le coordinate assolute dei punti più significativi di ciascuna delle sezioni considerate.

Per quanto riguarda la determinazione dei parametri di scabrezza dell'alveo e delle sponde, si è fatto riferimento al Bollettino Ufficiale della Regione Liguria n. 3 del 14/07/2011, Allegato 1 ove sono riportati i coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler di cui si riporta una tabella riassuntiva nel seguito:

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Descrizione corso d'acqua	Coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler K_s $(m^{1/3}s^{-1})$
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
Corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40-45

Nello specifico, si è deciso di assumere come valore di K_s un valore pari a 35 $m^{1/3}s^{-1}$ per quanto riguarda i tratti di corso naturale con vegetazione e movimento di materiale sul fondo ed un valore pari a 45 per i corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque.

Essendo poi il numero di Manning esprimibile attraverso la seguente formula:

$$n = \frac{1}{k_s}$$

sono stati assunti, a seconda dei casi, i seguenti valori di tale parametro (conformemente anche a quanto già illustrato nella precedente Relazione Idraulica del 10/03/2015):

- corso naturale con vegetazione e movimento di materiale sul fondo: $n = \frac{1}{35} = 0.028\ s/m^{1/3}$;
- corso d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque: $n = \frac{1}{45} = 0.022\ s/m^{1/3}$.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

6.3. Metodo di calcolo

La verifica idraulica è stata effettuata mediante l'ausilio di un *software*1 per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H1[*m*] ed H2[*m*] sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f*[m]* sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre h_e*[m]* è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza *L[m]*.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice *J* in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove Q[m^3/s] è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A[m^2] l'area della sezione liquida, R[*m*] il raggio idraulico e *n*[$m^{-1/3}$ *s*] è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine *he* dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

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

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, *V1* e *V2* [*m/s*] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α1 e α2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Yarnell per correnti lente.

Allo stesso modo il funzionamento in pressione può essere simulato, oltre che attraverso il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), anche mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove Q[m^3/s] è la portata defluita attraverso la luce di area A[m^2], H[m] è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove Q[m^3/s] è la portata defluita sulla soglia di larghezza L[m] e H[m] è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato può essere determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

6.4. Parametri e configurazione di verifica

E' stata eseguita la verifica dei tratti di rii Fegino di monte, Burlo e Fegino di valle soggetti ad interventi di adeguamento idraulico e, per completezza, sono state svolte le medesime analisi anche sulle porzioni di alveo non soggette a modifiche (tratti più a monte). Tali analisi sono state effettuate con il valore delle portate 200ennali risultanti dal piano di bacino vigente ed esplicate nei paragrafi precedenti.

Relativamente al coefficiente di scabrezza n di Manning si è assunto un valore pari a 0.028 per le zone di alveo naturale (corrispondente alla situazione di alveo naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, presenza di ostruzioni in alveo, scarsa presenza di vegetazione) ed un valore pari a 0.022 per le zone plateate/cementate (corrispondente alla situazione di corso d'acqua con fondo e argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con l'acqua); tali valori, il cui procedimento matematico è esplicitato nei paragrafi precedenti, risultano in accordo con quanto indicato nella DGR 1360 e nel successivo regolamento n. 3/2011.

Lungo l'intero tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.), numerate da valle verso monte secondo lo schema desumibile dagli elaborati grafici di progetto.

6.5. Risultati delle verifiche idrauliche

I risultati sono riassuntiin forma numerica nelle tabelle di seguito riportate e in forma grafica nelle *tavole dalla PD-Id.01 alla PD-Id.16* costituenti parte integrante della presente relazione. Di seguito si riporta la descrizione di quanto ottenuto a seguito dell'analisi.

La sistemazione prevista consente lo smaltimento della portata 200-ennale lungo tuttii tratti confranchi adeguatiper quanto riguarda il pelo libero dell'acqua.

Nel tratto indagato di rio Burlo (tra SEZ-65 e SEZ-20.1) il deflusso della portata 200-ennale avviene con numeri di Froude variabili tra circa 0.20e 3.52, altezze del pelo libero comprese tra 0.53 m e 3.39 m circa e velocità dell'ordine di 5.0 m/s; per quanto riguarda i tratti di rio soggetti a miglioramento idraulico, il franco rispetto all'argine caratterizzato da quota altimetrica minima è sempre pari o superiore a 0.5 m e superiore ad 1.0 m rispetto all'intradosso per i tratti di rio tombinati.

Nel tratto indagato di rio Fegino di monte (tra SEZ-45 e SEZ-20.2) il deflusso della portata 200-ennale con numeri di Froude variabili tra circa 0.33 e 2.98, altezze del pelo libero comprese tra 0.96 m e 4.08 m circa e velocità dell'ordine di 6.0 m/s; per quanto riguarda i tratti di rio soggetti a miglioramento idraulico, il franco rispetto all'argine caratterizzato da quota altimetrica minima è sempre pari o superiore a 0.5

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

m e superiore ad 1.0 m rispetto all'intradosso per i tratti di rio caratterizzati da attraversamenti.

Nelle pagine seguenti si riportano le tabelle contenenti i risultati delle verifiche idrauliche condotte su differenti tratti di rio Burlo, Fio Fegino di monte e Rio Fegino di valle (in azzurro è evidenziato il rio Burlo, in verde il rio Fegino, sia tratto di monte che tratto di valle).

Rio	sez	note	WS [m] (Q200)	Min.El. [m]	MOB.El. [m]	Intrad.El. [m]	WS-Min.El. [m]	MOB-Min.El. [m]	Fr. Argine [m]	Fr. Min [m]	Check 1	Δ Franco idr.
Burlo	65	argine	36.48	35.08	36.97	-	1.40	1.89	0.49	0.5	No fr.min.	-0.01
Burlo	64	argine	36.26	35.03	36.45	-	1.23	1.42	0.19	0.5	No fr.min.	-0.31
Burlo	63	argine	35.19	34.48	35.80	-	0.71	1.32	0.61	0.5	OK	0.11
Burlo	62	argine	34.67	33.85	36.55	-	0.82	2.70	1.88	0.5	OK	1.38
Burlo	61	argine	34.62	33.46	35.54	-	1.16	2.08	0.92	0.5	OK	0.42
Burlo	**60**	**argine**	**33.15**	**32.59**	**35.76**	**-**	**0.56**	**3.17**	**2.61**	**0.5**	**OK**	2.11
Burlo	**59**	**argine**	**31.25**	**30.72**	**35.64**	**-**	**0.53**	**4.92**	**4.39**	**0.5**	**OK**	3.89
Burlo	**58**	**argine**	**31.26**	**30.65**	**35.57**	**-**	**0.61**	**4.92**	**4.31**	**0.5**	**OK**	3.81
Burlo	**57**	**argine**	**31.27**	**30.58**	**35.50**	**-**	**0.69**	**4.92**	**4.23**	**0.5**	**OK**	3.73
Burlo	**56**	**tombinatura**	**31.36**	**30.38**	**32.58**	**32.58**	**0.98**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Burlo	**55**	**tombinatura**	**30.61**	**29.68**	**31.88**	**31.88**	**0.93**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Burlo	**54**	**tombinatura**	**30.19**	**29.23**	**31.43**	**31.43**	**0.96**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Burlo	**53**	**tombinatura**	**29.95**	**29.00**	**31.20**	**31.20**	**0.95**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Burlo	**52**	**tombinatura**	**29.33**	**28.35**	**30.55**	**30.55**	**0.98**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Burlo	**51**	**tombinatura**	**28.83**	**27.85**	**30.05**	**30.05**	**0.98**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Burlo	**20.9**	**argine**	**30.29**	**27.81**	**31.71**	**-**	**2.48**	**3.90**	**1.42**	**0.5**	**OK**	0.92
Burlo	**20.5**	**argine**	**30.33**	**27.67**	**32.00**	**-**	**2.66**	**4.33**	**1.67**	**0.5**	**OK**	1.17
Burlo	**20.4**	**argine**	**30.34**	**27.00**	**32.00**	**-**	**3.34**	**5.00**	**1.66**	**0.5**	**OK**	1.16
Burlo	**20.1**	**argine**	**30.33**	**26.94**	**32.00**	**-**	**3.39**	**5.06**	**1.67**	**0.5**	**OK**	1.17
Fegino di monte	45	argine	37.40	34.99	37.54	-	2.41	2.55	0.14	0.5	No fr.min.	-0.36
Fegino di monte	44	argine	37.17	34.90	36.83	-	2.27	1.93	-0.34	0.5	esonda	-0.84
Fegino di monte	43	argine	36.51	34.63	36.77	-	1.88	2.14	0.26	0.5	No fr.min.	-0.24
Fegino di monte	42	argine	37.16	34.11	36.66	-	3.05	2.55	-0.50	0.5	esonda	-1.00
Fegino di monte	41	argine	37.34	33.70	36.48	-	3.64	2.78	-0.86	0.5	esonda	-1.36
Fegino di monte	40.4	attraversamento	37.00	33.59	36.38	-	3.41	2.79	-0.62	0.5	esonda	-1.12
Fegino di monte	40.3	attraversamento	37.08	33.59	36.13	35.89	3.49	2.54	-0.95	-	-	-
Fegino di monte	40.2	attraversamento	36.99	33.50	35.96	35.78	3.49	2.46	-1.03	-	-	-
Fegino di monte	40.1	attraversamento	37.07	33.41	35.88	-	3.66	2.47	-1.19	0.5	esonda	-1.69
Fegino di monte	39	argine	36.96	32.88	35.50	-	4.08	2.62	-1.46	0.5	esonda	-1.96
Fegino di monte	38	argine	36.23	32.86	35.30	-	3.37	2.44	-0.93	0.5	esonda	-1.43
Fegino di monte	37	argine	35.15	32.79	34.95	-	2.36	2.16	-0.20	0.5	esonda	-0.70
Fegino di monte	36	argine	34.67	32.16	34.89	-	2.51	2.73	0.22	0.5	No fr.min.	-0.28
Fegino di monte	35	argine	35.83	32.46	34.62	-	3.37	2.16	-1.21	0.5	esonda	-1.71
Fegino di monte	34.4	attraversamento	35.81	32.14	34.27	-	3.67	2.13	-1.54	0.5	esonda	-2.04
Fegino di monte	34.3	attraversamento	35.33	32.11	34.54	34.09	3.22	2.43	-0.79	-	-	-
Fegino di monte	34.2	attraversamento	35.00	32.02	34.33	33.82	2.98	2.31	-0.67	-	-	-
Fegino di monte	34.1	attraversamento	34.48	31.99	34.80	-	2.49	2.81	0.32	0.5	No fr.min.	-0.18
Fegino di monte	33	argine	34.02	31.69	34.60	-	2.33	2.91	0.58	0.5	OK	0.08
Fegino di monte	32	argine	33.72	31.59	34.60	-	2.13	3.01	0.88	0.5	OK	0.38
Fegino di monte	31.4	attraversamento	34.98	31.50	33.67	-	3.48	2.17	-1.31	0.5	esonda	-1.81
Fegino di monte	31.3	attraversamento	33.60	31.45	33.67	33.07	2.15	2.22	0.07	-	-	-
Fegino di monte	31.2	attraversamento	33.45	31.17	33.64	33.02	2.28	2.47	0.19	-	-	-

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Fegino di monte	31.1	attraversamento	34.14	31.24	34.70	-	2.90	3.46	0.56	0.5	OK	0.06
Fegino di monte	30	argine	33.41	31.09	34.47	-	2.32	3.38	1.06	0.5	OK	0.56
Fegino di monte	29	argine	32.12	30.55	33.77	-	1.57	3.22	1.65	0.5	OK	1.15
Fegino di monte	28	argine	31.95	30.48	34.62	-	1.47	4.14	2.67	0.5	OK	2.17
Fegino di monte	27	argine	33.13	30.30	33.74	-	2.83	3.44	0.61	0.5	OK	0.11
Fegino di monte	26	argine	33.26	30.15	35.00	-	3.11	4.85	1.74	0.5	OK	1.24
Fegino di monte	25	argine	32.34	30.04	32.55	-	2.30	2.51	0.21	0.5	No fr.min.	-0.29
Fegino di monte	**24**	**argine**	**31.29**	**29.85**	**32.60**	**-**	**1.44**	**2.75**	**1.31**	**0.5**	**OK**	0.81
Fegino di monte	**23**	**argine**	**28.49**	**27.53**	**32.61**	**-**	**0.96**	**5.08**	**4.12**	**0.5**	**OK**	3.62
Fegino di monte	**22**	**attraversamento**	**28.61**	**27.30**	**30.30**	**30.30**	**1.31**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Fegino di monte	**21**	**attraversamento**	**28.56**	**27.14**	**30.14**	**30.14**	**1.42**	**-**	**-**	**-**	**-**	-
Fegino di monte	**20.2**	**argine**	**29.92**	**26.95**	**30.85**	**-**	**2.97**	**3.90**	**0.93**	**0.5**	**OK**	0.43
Fegino di valle	**20**	**argine**	**30.16**	**26.92**	**31.04**	**-**	**3.24**	**4.12**	**0.88**	**0.5**	**OK**	0.38
Fegino di valle	**19**	**argine**	**29.69**	**26.77**	**30.90**	**-**	**2.92**	**4.13**	**1.21**	**0.5**	**OK**	0.71
Fegino di valle	**18**	**argine**	**29.12**	**26.32**	**30.56**	**-**	**2.80**	**4.24**	**1.44**	**0.5**	**OK**	0.94
Fegino di valle	**17**	**argine**	**29.08**	**26.04**	**30.00**	**-**	**3.04**	**3.96**	**0.92**	**0.5**	**OK**	0.42
Fegino di valle	16	argine	28.56	25.85	30.11	-	2.71	4.26	1.55	0.5	OK	1.05
Fegino di valle	15	attraversamento	28.33	25.72	30.00	29.80	2.61	4.28	1.67	0.5	OK	1.17
Fegino di valle	14	argine	27.99	25.53	29.55	-	2.46	4.02	1.56	0.5	OK	1.06

Figura 3 (parte A) – *Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi allo stato di progetto.*

Fr. Intrad [m]	Fr. Min [m] (*)	Check 2	Δ Franco idr.	Froude	Vel [m/s]	Vel.Head [m]	E.G.elev [m]	Check 3	Δ Energia	note	Rio	sez
-	-	-	-	0.88	2.72	0.38	36.86	OK	0.11	argine	Burlo	65
-	-	-	-	1.01	3.20	0.52	36.78	no	-0.33	argine	Burlo	64
-	-	-	-	2.20	5.00	1.27	36.46	no	-0.66	argine	Burlo	63
-	-	-	-	1.90	4.83	1.19	35.86	OK	0.69	argine	Burlo	62
-	-	-	-	1.44	4.11	0.86	35.48	OK	0.06	argine	Burlo	61
-	**-**	**-**	**-**	**2.60**	**6.07**	**1.88**	**35.03**	**OK**	0.73	**argine**	**Burlo**	**60**
-	**-**	**-**	**-**	**3.52**	**8.05**	**3.30**	**34.55**	**OK**	1.09	**argine**	**Burlo**	**59**
-	**-**	**-**	**-**	**3.11**	**7.61**	**2.95**	**34.21**	**OK**	1.36	**argine**	**Burlo**	**58**
-	**-**	**-**	**-**	**2.77**	**7.22**	**2.66**	**33.93**	**OK**	1.57	**argine**	**Burlo**	**57**
1.22	**1.0**	**OK**	**0.22**	**2.09**	**6.45**	**2.12**	**33.48**	**no**	-0.90	**tombinatura**	**Burlo**	**56**
1.27	**1.0**	**OK**	**0.27**	**2.16**	**6.52**	**2.17**	**32.78**	**no**	-0.90	**tombinatura**	**Burlo**	**55**
1.24	**1.0**	**OK**	**0.24**	**2.10**	**6.46**	**2.13**	**32.32**	**no**	-0.89	**tombinatura**	**Burlo**	**54**
1.25	**1.0**	**OK**	**0.25**	**2.11**	**6.45**	**2.12**	**32.07**	**no**	-0.87	**tombinatura**	**Burlo**	**53**
1.22	**1.0**	**OK**	**0.22**	**2.08**	**6.44**	**2.11**	**31.44**	**no**	-0.89	**tombinatura**	**Burlo**	**52**
1.22	**1.0**	**OK**	**0.22**	**2.08**	**6.45**	**2.12**	**30.95**	**no**	-0.90	**tombinatura**	**Burlo**	**51**
-	**-**	**-**		**0.35**	**1.62**	**0.13**	**30.42**	**OK**	1.29	**argine**	**Burlo**	**20.9**
-	**-**	**-**	**-**	**0.25**	**1.15**	**0.07**	**30.40**	**OK**	1.60	**argine**	**Burlo**	**20.5**
-	**-**	**-**	**-**	**0.20**	**1.01**	**0.05**	**30.39**	**OK**	1.61	**argine**	**Burlo**	**20.4**
-	**-**	**-**	**-**	**0.20**	**1.04**	**0.06**	**30.39**	**OK**	1.61	**argine**	**Burlo**	**20.1**
-	-	-	-	0.85	3.82	0.74	38.14	no	-0.60	argine	Fegino di monte	45
-	-	-	-	0.85	3.99	0.81	37.98	no	-1.15	argine	Fegino di monte	44
-	-	-	-	1.20	5.09	1.32	37.83	no	-1.06	argine	Fegino di monte	43
-	-	-	-	0.57	3.04	0.47	37.63	no	-0.97	argine	Fegino di monte	42
-	-	-	-	0.33	1.87	0.18	37.52	no	-1.04	argine	Fegino di monte	41
-	-	-	-	0.57	3.07	0.48	37.48	no	-1.10	attraversamento	Fegino di monte	40.4
-1.19	1.0	no	**-2.19**	0.44	2.63	0.35	37.43	no	-1.54	attraversamento	Fegino di monte	40.3
-1.21	1.0	no	**-2.21**	0.47	2.82	0.41	37.40	no	-1.62	attraversamento	Fegino di monte	40.2
-	-	-	-	0.40	2.31	0.27	37.34	no	-1.46	attraversamento	Fegino di monte	40.1
-	-	-	-	0.44	2.69	0.37	37.33	no	-1.83	argine	Fegino di monte	39
-	-	-	-	0.82	4.56	1.06	37.29	no	-1.99	argine	Fegino di monte	38
-	-	-	-	1.32	5.99	1.83	36.98	no	-2.03	argine	Fegino di monte	37
-	-	-	-	1.36	6.48	2.14	36.81	no	-1.92	argine	Fegino di monte	36
-	-	-	-	0.55	3.06	0.48	36.31	no	-1.69	argine	Fegino di monte	35
-	-	-	-	0.47	2.80	0.40	36.21	no	-1.94	attraversamento	Fegino di monte	34.4
-1.24	1.0	no	**-2.24**	0.70	3.82	0.74	36.07	no	-1.98	attraversamento	Fegino di monte	34.3
-1.18	1.0	no	**-2.18**	0.81	4.38	0.98	35.98	no	-2.16	attraversamento	Fegino di monte	34.2
-	-	-	-	1.09	5.36	1.46	35.94	no	-1.14	attraversamento	Fegino di monte	34.1
-	-	-	-	1.20	5.60	1.60	35.62	no	-1.02	argine	Fegino di monte	33
-	-	-	-	1.50	5.94	1.80	35.52	no	-0.92	argine	Fegino di monte	32
-	-	-	-	0.40	2.27	0.26	35.24	no	-1.57	attraversamento	Fegino di monte	31.4

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

-0.53	1.0	no	**-1.53**	1.18	5.41	1.49	35.09	no	-2.02	attraversamento	**Fegino di monte**	31.3
-0.43	1.0	no	**-1.43**	1.16	5.48	1.53	34.98	no	-1.96	attraversamento	**Fegino di monte**	31.2
-	-	-	-	0.65	3.22	0.53	34.67	OK	0.03	attraversamento	**Fegino di monte**	31.1
-	-	-	-	1.01	4.55	1.06	34.47	OK	0.00	argine	**Fegino di monte**	30
-	-	-	-	1.50	5.80	1.71	33.83	no	-0.06	argine	**Fegino di monte**	29
-	-	-	-	1.60	5.97	1.82	33.77	OK	0.85	argine	**Fegino di monte**	28
-	-	-	-	0.59	2.91	0.43	33.56	OK	0.18	argine	**Fegino di monte**	27
-	-	-	-	0.42	2.17	0.24	33.50	OK	1.50	argine	**Fegino di monte**	26
-	-	-	-	1.01	4.54	1.05	33.39	no	-0.84	argine	**Fegino di monte**	25
-	**-**	**-**	**-**	**1.60**	**6.01**	**1.84**	**33.13**	**no**	-0.53	**argine**	**Fegino di monte**	**24**
-	**-**	**-**	**-**	**2.98**	**9.14**	**4.26**	**32.75**	**no**	-0.14	**argine**	**Fegino di monte**	**23**
1.69	**1.0**	**OK**	**0.69**	**2.13**	**7.63**	**2.97**	**31.58**	**no**	-1.28	**attraversamento**	**Fegino di monte**	**22**
1.58	**1.0**	**OK**	**0.58**	**1.88**	**7.01**	**2.50**	**31.06**	**no**	-0.92	**attraversamento**	**Fegino di monte**	**21**
-	**-**	**-**	**-**	**0.62**	**3.30**	**0.56**	**30.48**	**OK**	0.37	**argine**	**Fegino di monte**	**20.2**
-	**-**	**-**	**-**	**0.38**	**2.04**	**0.21**	**30.37**	**OK**	0.67	**argine**	**Fegino di valle**	**20**
-	**-**	**-**	**-**	**0.66**	**3.49**	**0.62**	**30.31**	**OK**	0.59	**argine**	**Fegino di valle**	**19**
-	**-**	**-**	**-**	**0.83**	**4.35**	**0.96**	**30.08**	**OK**	0.48	**argine**	**Fegino di valle**	**18**
-	**-**	**-**	**-**	**0.73**	**4.01**	**0.82**	**29.90**	**OK**	0.10	**argine**	**Fegino di valle**	**17**
-	-	-	-	0.94	4.84	1.19	29.75	OK	0.36	argine	**Fegino di valle**	16
1.47	1.0	OK	**0.47**	1.00	5.06	1.30	29.63	OK	0.17	attraversamento	**Fegino di valle**	15
-	-	-	-	1.09	5.35	1.46	29.45	OK	0.10	argine	**Fegino di valle**	14

Figura 3 (parte B) – *Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi allo stato di progetto.*

Nella tabella sopra riportata, le varie colonne fanno riferimento a:

- Rio: tratto di rio in esame tra i tre tratti complessivamente sottoposti ad analisi in configurazione 1 (rio Burlo, rio Fegino di monte e rio Fegino di valle);
- Sez.: numero della sezione trasversale di riferimento;
- Note: descrizione dell'assetto dell'alveo ovvero se esso si presenti caratterizzato da argini (in qualsiasi materiale) a cielo libero, caratterizzato da un attraversamento (ponte di lunghezza inferiore a 12 m) o da una tombinatura (di lunghezza superiore a 12 m);
- WS (Q200): quota del pelo libero dell'acqua per portata con tempo di ritorno duecentennale;
- Min.El: quota del fondo;
- MOB.El: quota dell'argine più basso tra argine destro e argine sinistro;
- Intrad.El: Quota minima per cui l'intradosso dell'attraversamento o della tombinatura risulta per i 2/3 della larghezza del rio più alta di tale valore;
- WS-Min-El: differenza tra pelo libero della portata duecentennale e la quota di fondo: coincide con l'altezza dell'acqua in corrispondenza della sezione;
- MOB.El-Min.El: differenza tra la quota dell'argine più basso e la quota di fondo;
- Fr.Argine: franco rispetto all'argine più basso;

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

- Fr.Min: minimo franco accettabile da B.U.R. 3/2011 per gli argini (ovvero 50 cm);

- Fr.Intrad: franco rispetto al valore minimo di intradosso (Intrad.El);

- Fr.Min: franco minimo per tombinature ed attraversamenti assunto sempre pari a 1.0m in deroga a quanto richiesto dal Regolamento Regionale n.3/2011 (1.5 minimo) per via dell'impossibilità di ottenere tale franco minimo visti gli innumerevoli vincoli geometrici esistenti;

- Froude: numero di Froude;

- Vel: velocità di scorrimento dell'acqua nella sezione in esame;

- Vel.Head: carico cinetico nella sezione in esame;

- E.G.Elev: quota altimetrica pari alla somma raggiunta dal pelo libero dell'acqua più il carico cinetico.

Dalla tabella riassuntiva dell'analisi svolta mediante il software Hec-Ras riportata in *Figura 3* si evince quanto segue:

- Le sezioni dei rii Fegino di monte e Burlo non oggetto di interventi di miglioramento idraulico (sezioni da 65 a 61 per il rio Burlo, sezioni da 45 a 25 per il rio Fegino di monte e sezioni da 16 a 14 per il rio Fegino di valle) sono riportate in tabella in grigio in quanto alcune di esse non verificano i franchi richiesti dal regolamento (in termini di franco rispetto al pelo libero dell'acqua ed intermini di energia cinetica); la mancata verifica, peraltro conforme alle verifiche idrauliche di cui al piano di bacino del Torrente Polcevera, testimonia la necessità di futuri interventi di miglioramento non oggetto del presente incarico, in particolare sul tratto di monte del *rio Fegino di monte* (o rio Pianego);

- Le sezioni del rio Burlo dalla 65 alla 61 sono caratterizzate da argini naturali e alveo a cielo aperto; la verifica (Check 1) dei franchi rispetto all'argine più basso (MOB.El.) soddisfa il minimo di 0.5 m eccezion fatta per le sezioni 65 e 64 (seppur per la sezione 65 la verifica possa ritenersi "sostanzialmente" soddisfatta in quanto vi è una discrepanza rispetto al minimo franco accettabile di solo 1 cm); la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica (sempre riferita al tempo di ritorno T=200 anni), ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, risulta verificata eccezion fatta per le sole sezioni 64 e 63; in ogni caso si segnala che la conformazione del terreno eventualmente raggiunto dall'acqua in caso di esondazione è tale da consentirne il "rientro in alveo" più a valle, prima comunque della tombinatura a progetto;

- Le sezioni del rio Burlo dalla 60 alla 57 (tratto ove viene disposta un briglia artificiale in c.a) sono caratterizzate da sponde in c.a e alveo a cielo aperto; la

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

verifica (Check 1) dei franchi rispetto all'argine più basso (MOB.El.) soddisfa il minimo di 0.5 m per ciascuna di esse; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, risulta sempre verificata;

- Le sezioni del rio Burlo dalla 56 alla 51 sono caratterizzate da sponde in c.a e alveo tombinato; la verifica (Check2) dei franchi rispetto all'intradosso della tombinatura (Intrad.El.) soddisfa il minimo di 1.0 m per ciascuna di esse; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, non risulta mai verificata: per le motivazioni di tale fenomeno si rimanda alla spiegazione della scelta della configurazione di progetto (configurazione 1 o configurazione 2) illustrata nel precedente capitolo 3;

- Le sezioni del rio Burlo dalla 20.9 alla 20.1 sono caratterizzate da sponde in c.a e alveo a cielo aperto; la verifica (Check 1) dei franchi rispetto all'argine più basso (MOB.El.) soddisfa il minimo di 0.5 m per ciascuna di esse; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, risulta anch'essa sempre verificata;

- Le sezioni del rio Fegino di monte dalla 45 alla 25 sono caratterizzate da sponde in muri in pietra o cemento e alveo a cielo aperto con fondo naturale; lungo tale tratto di rio sono presenti tre attraversamenti (uno pubblico e due privati); la verifica (Check 1) dei franchi rispetto all'argine più basso (MOB.El.), per i tratti di rio a cielo aperto e privo di attraversamento, non soddisfa il minimo di 0.5 m per ciascuna sezione eccezion fatta per le sezioni dalla 33 alla 32 e dalla 31.1 alla 26; la verifica (Check 2) dei franchi rispetto all'intradosso dei tre attraversamenti (Intrad.El.) non soddisfa mai il minimo di 1.0 m per ciascuna di esse; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, non risulta mai verificata eccezion fatta per le sezioni 31.1, 30, 28, 27 e 26;

- Le sezioni del rio Fegino di monte dalla 24 alla 23 sono caratterizzate da sponde in c.a. e alveo a cielo aperto; la verifica (Check 1) dei franchi rispetto all'argine più basso (MOB.El.), soddisfa il minimo di 0.5 m per ciascuna sezione; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, non risulta verificata per pochi decimetri;

- Le sezioni del rio Fegino di monte dalla 22 alla 21 sono caratterizzate da sponde in c.a. ed attraversamento costituito da un tornante di via Borzoli; la verifica (Check 2) dei franchi rispetto all'intradosso dell'attraversamento (Intrad.El.), soddisfa il minimo di 1.0 m per ciascuna sezione; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, non risulta verificata;

- Le sezioni del rio Fegino dalla 20.2 alla 17 sono caratterizzate da sponde in c.a. ed alveo a cielo libero; la verifica (Check 1) dei franchi rispetto all'argine

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

più basso (MOB.El.), soddisfa il minimo di 0.5 m per ciascuna sezione; la verifica (Check 3) in termini di energia cinetica, ovvero che essa non superi la quota di franco residuo, risulta sempre verificata.

6.6. Considerazioni in merito agli attraversamenti

Con riferimento agli attraversamenti presenti lungo i due tratti di rio a progetto (attraversamento in corrispondenza del tornante di Via Borzoli per il "rio Fegino tratto di monte" e tombinatura tra le sezioni 56 e 51 per il "rio Burlo") si ritiene di aver progettato la migliore soluzione geometricamente e tecnicamente possibile stanti i molteplici vincoli presenti in situ in questa porzione di territorio fortemente antropizzata.

Per le ragioni su esposte si ritiene di aver fatto tutto il possibile, dal punto di vista tecnico, per migliorare al massimo la capacità di deflusso dei suddetti attraversamenti, **ritenendo pertanto di rientrate appieno nella casistica di cui all'art. 91 comma 1 ter 1 della L.R. n. 18 del 21 giugno 1999**.

7. Ulteriori accorgimenti e miglioramenti idraulici

Si riportano di seguito, per punti, ulteriori accorgimenti idraulici che verranno posti in atto durante la realizzazione degli interventi di miglioramento idraulico sui tratti terminali di rio Burlo e rio Fegino di monte appena descritti, ed ulteriori accorgimenti derivanti da esplicita richiesta dei tecnici della Città Metropolitana di Genova:

1) Stabilizzazione del fondo del rio immediatamente a valle delle briglie a progetto sul rio Burlo (briglia H=1.63 m) e sul rio Fegino di monte (briglia H=2.20 m) mediante posa di massi di terza categoria;

2) Vista l'inadeguatezza dell'alveo del rio Fegino di monte nei confronti della piena duecentennale sia per insufficienza degli argini che per la presenza delle ostruzioni create dai ponti e vista l'attesa esondazione di parte della portata su Via Pianego (come peraltro indicato anche dall'area rossa sul Piano di Bacino) è prevista la realizzazione di un parapetto permeabile in sponda sinistra tra le sezioni di progetto 23 e 22 (guard-rail) tale da consentire il rientro in alveo (prima del ponte sotto il tornante di Via Borzoli) dell'acqua presente lungo la sede stradale di Via Pianego;

3) La realizzazione di alcuni inghiottitoi in corrispondenza della tombinatura del rio Burlo tra le sezioni 52 e 51 tali da captare la maggior quantità di acqua possibile proveniente dal tratto di Via Borzoli che sale verso il secondo tornante (gli abitanti della zona segnalano infatti la frequente presenza di acqua corrivante in strada e proveniente probabilmente dai tornanti superiori di Via Borzoli);

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

4) L'innalzamento dell'attraversamento 13 per l'adeguamento del franco (vedere tavola PD-Id.08) sia in termini di franco minimo che in termini di carico cinetico;

5) L'inserimento di una rampa di accesso all'alveo tra le sezioni 0.34 e 0.32 per consentire l'accesso ai mezzi necessari per le future manutenzioni (vedere tavole PD-Id.05 e PD-Id.16); la posizione di tale rampa è tale da non alterare il deflusso idraulico in quanto posizionata in un'area golenale.

8. Considerazioni conclusive

Alla luce delle considerazioni riportate nei capitoli precedenti, visti i numerosissimi vincoli fisici presenti nell'area oggetto di miglioramento idraulico dei tratti terminali dei rii Burlo e Fegino di monte, si ritiene che la configurazione progettuale proposta sia sostanzialmente l'unica possibile e rispettosa di tutti i suddetti vincoli, rientrando pertanto appieno nella casistica di cui all'art. 91 comma 1 ter 1 della L.R. n. 18 del 21 giugno 1999.

Restando a disposizione per ogni chiarimento si porgono cordiali saluti.



In fede: Ing. Daniele Canale

_____

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

9. Allegato A – Risultati configurazioni 1 e 2

9.1. Risultati configurazione 1

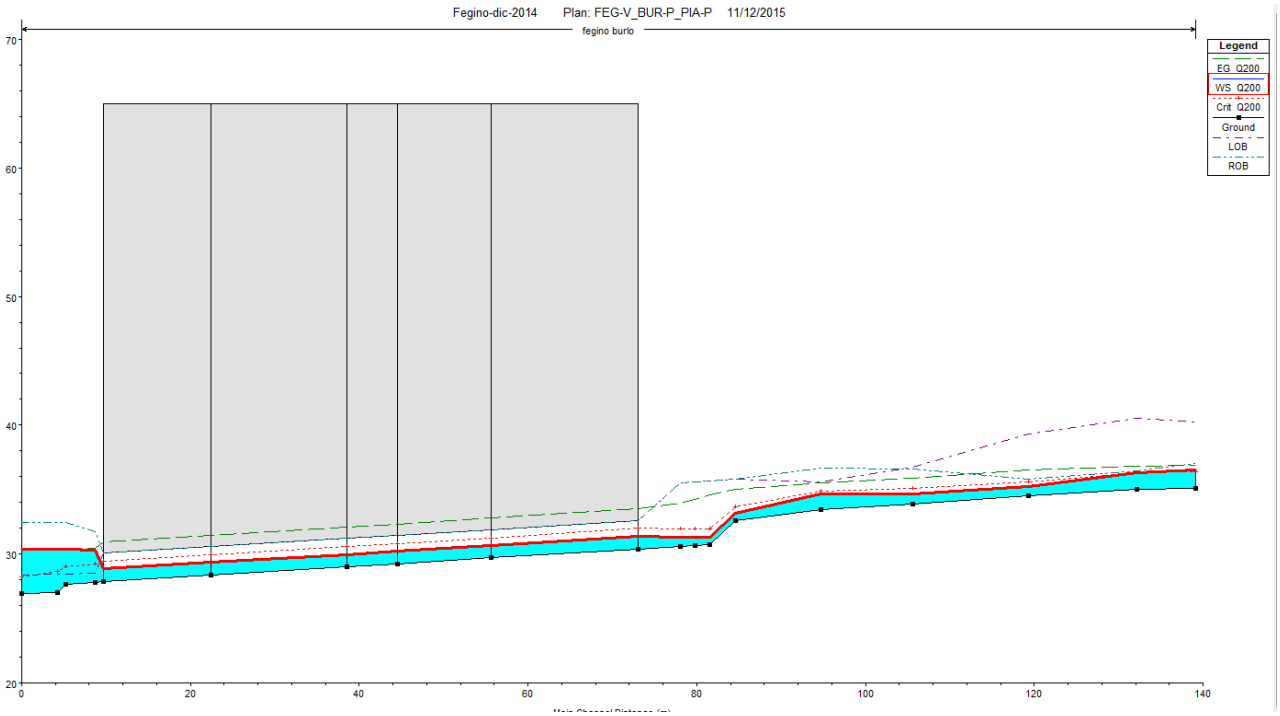


***Figura 1** – Livello portata duecentennale (Q200)_Configurazione 1*

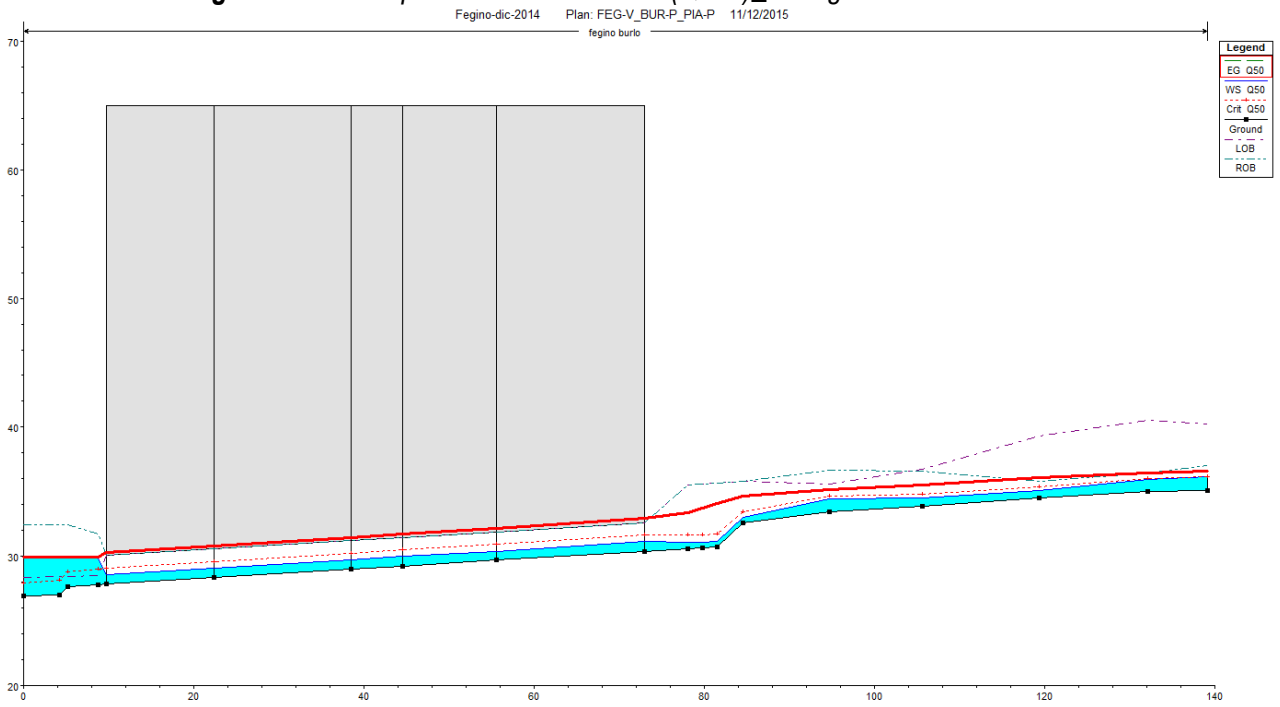


***Figura 2** – Livello energia cineticacinquantennale (Q50)_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

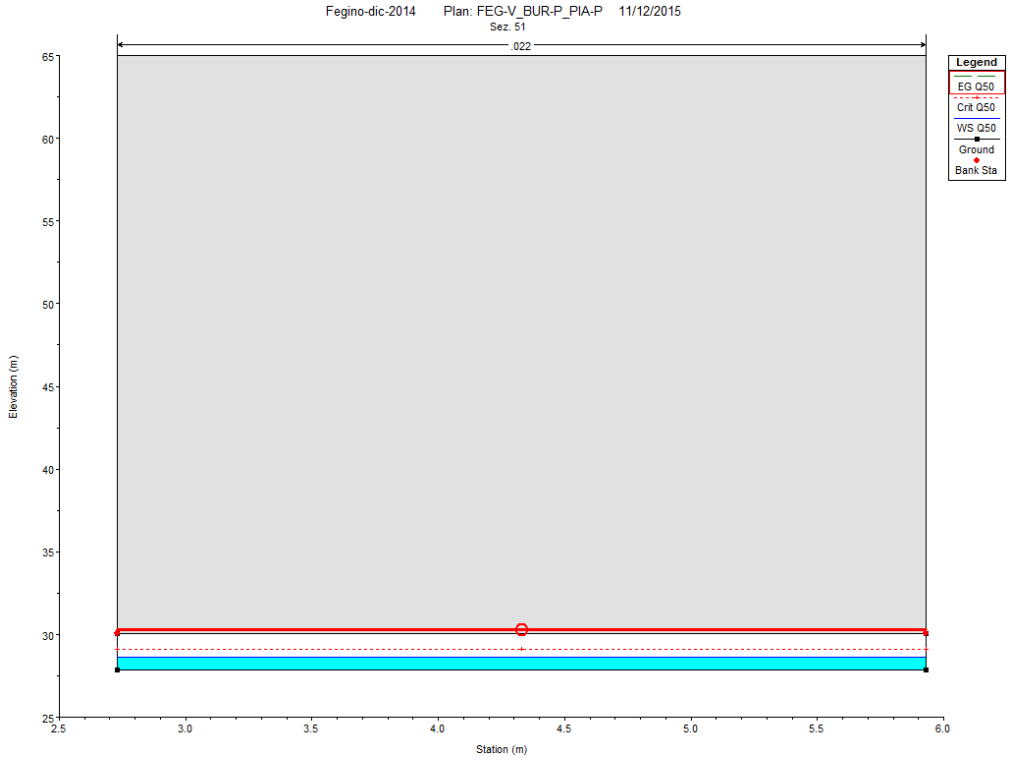


Figura 3 *– Sezione 51, livello di energia Q50_Configurazione 1*

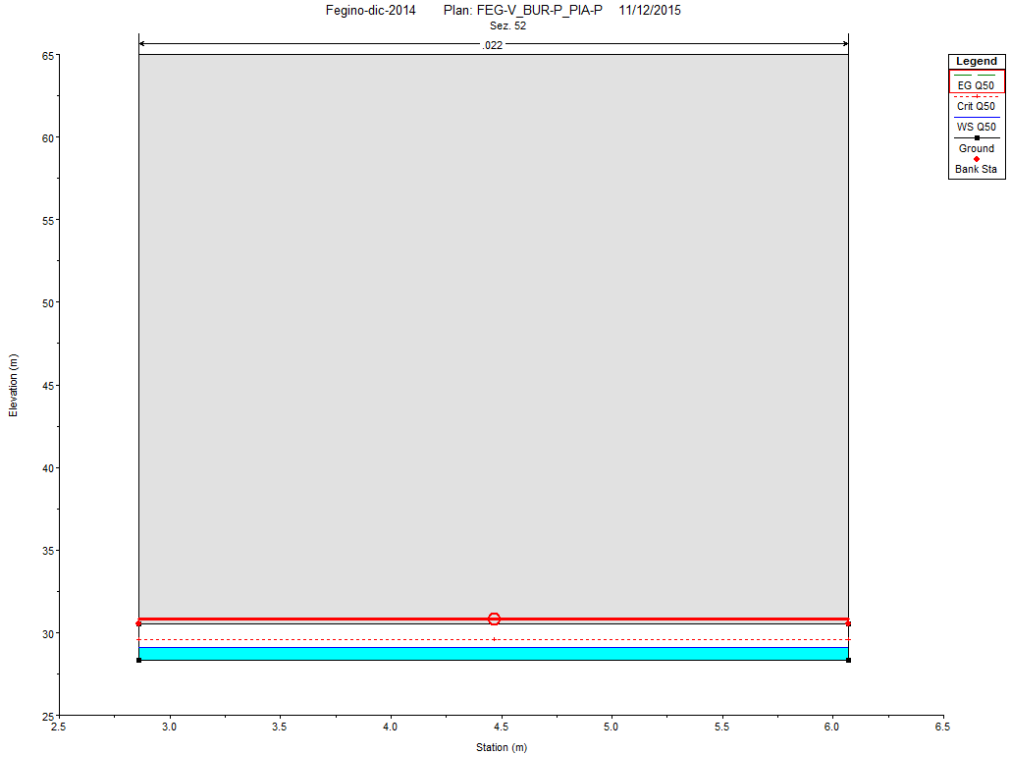


Figura 4 *– Sezione 52, livelli di energia Q50_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

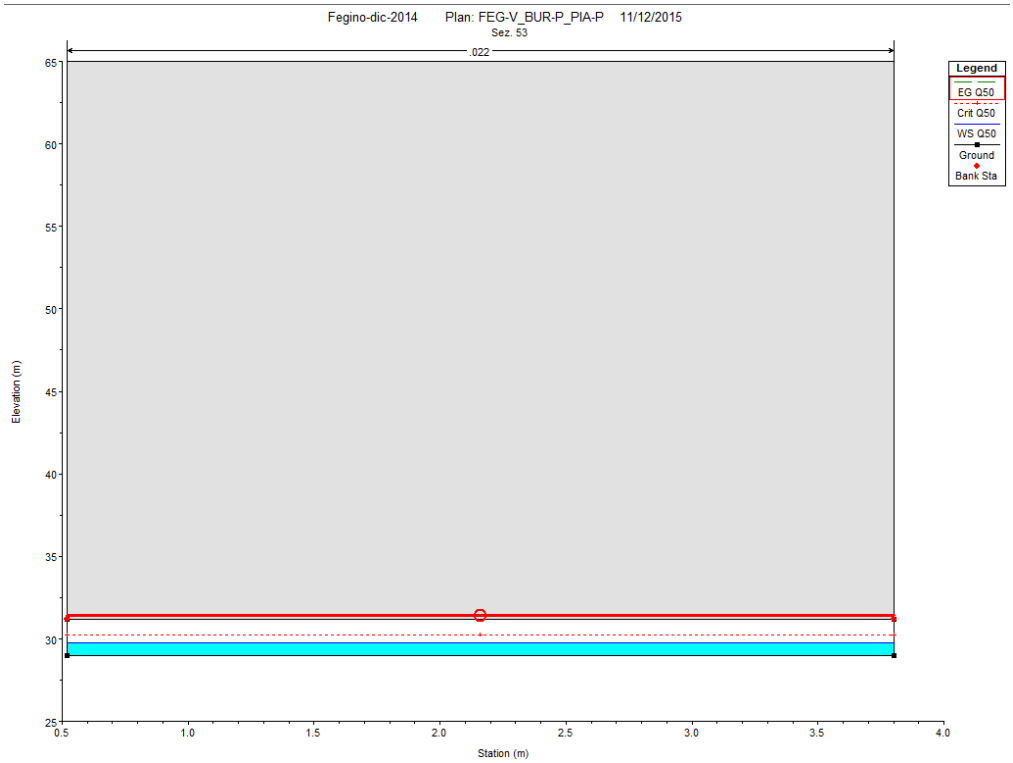


Figura 5 *– Sezione 53, livello di energia Q50_Configurazione 1*

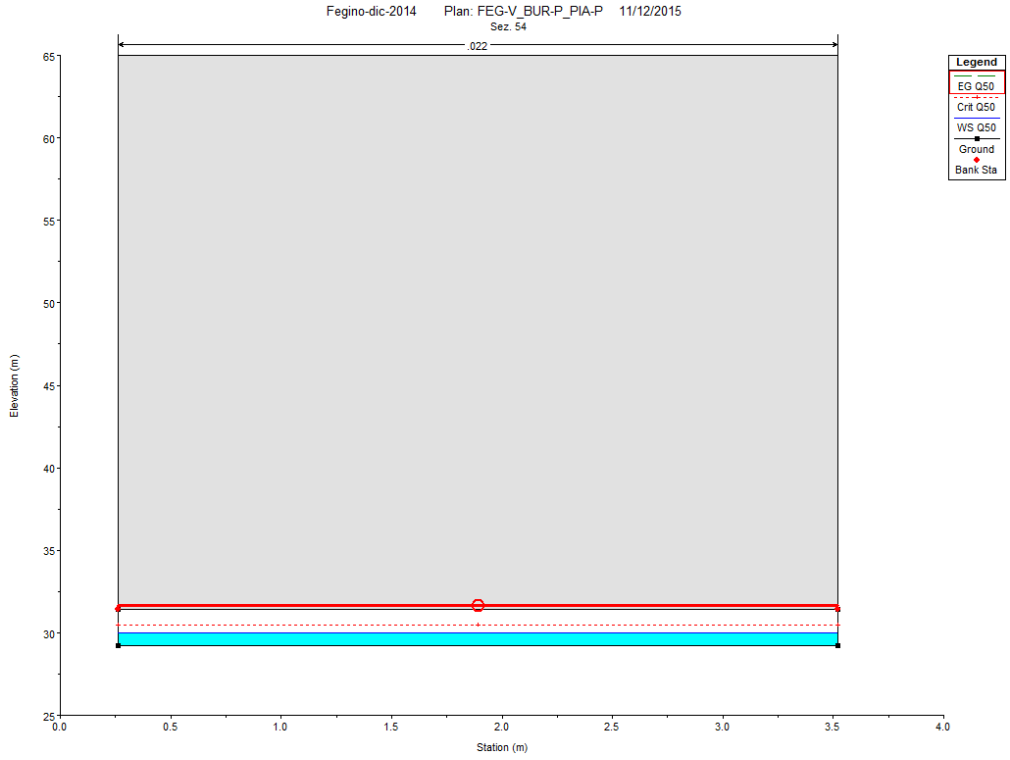


Figura 6 *– Sezione 54, livello di energia Q50_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

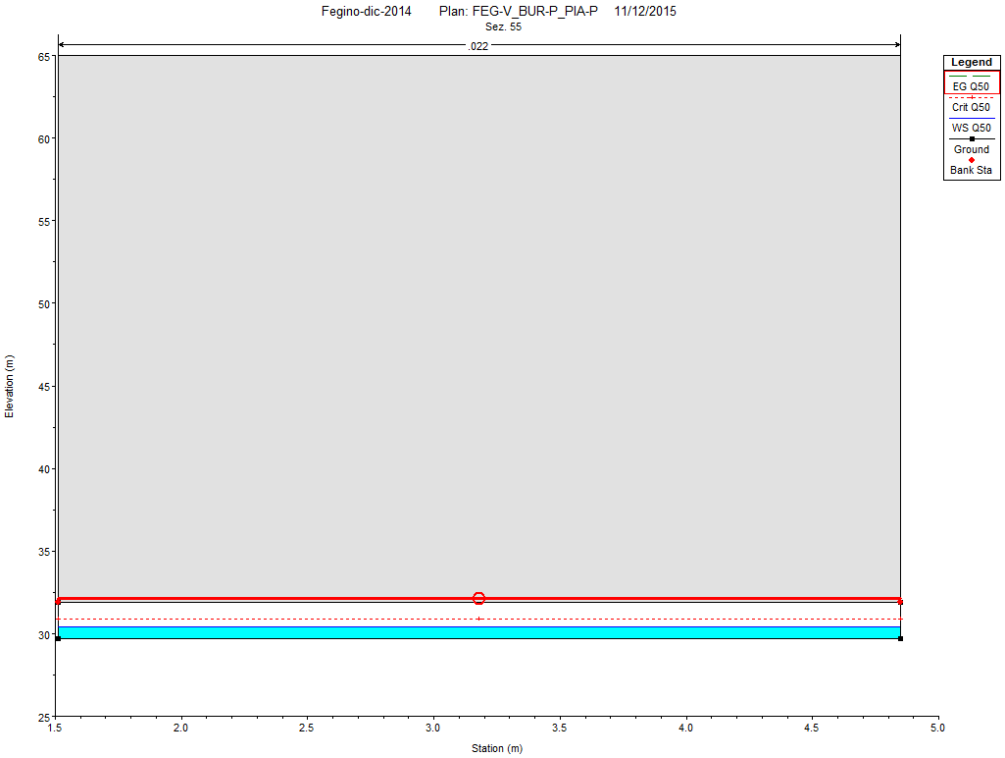


Figura 7 *– Sezione 55, livello di energia Q50_Configurazione 1*

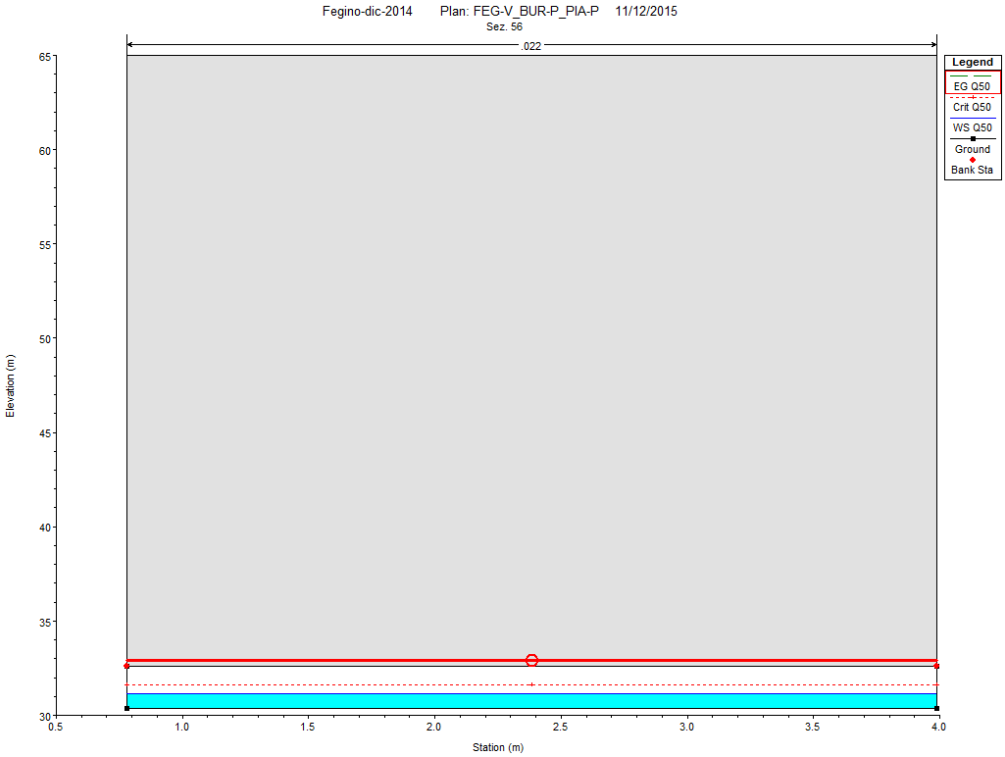


Figura 8 *– Sezione 56, livello di energia Q50_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

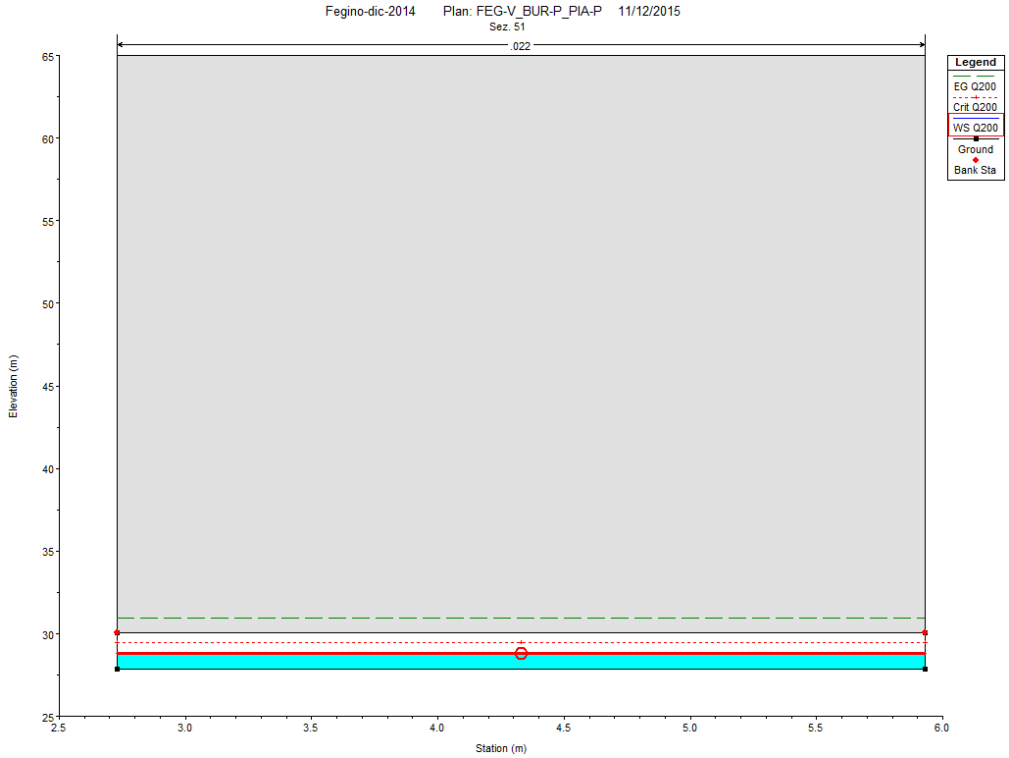


Figura 9 *– Sezione 51, portata Q200_Configurazione 1*

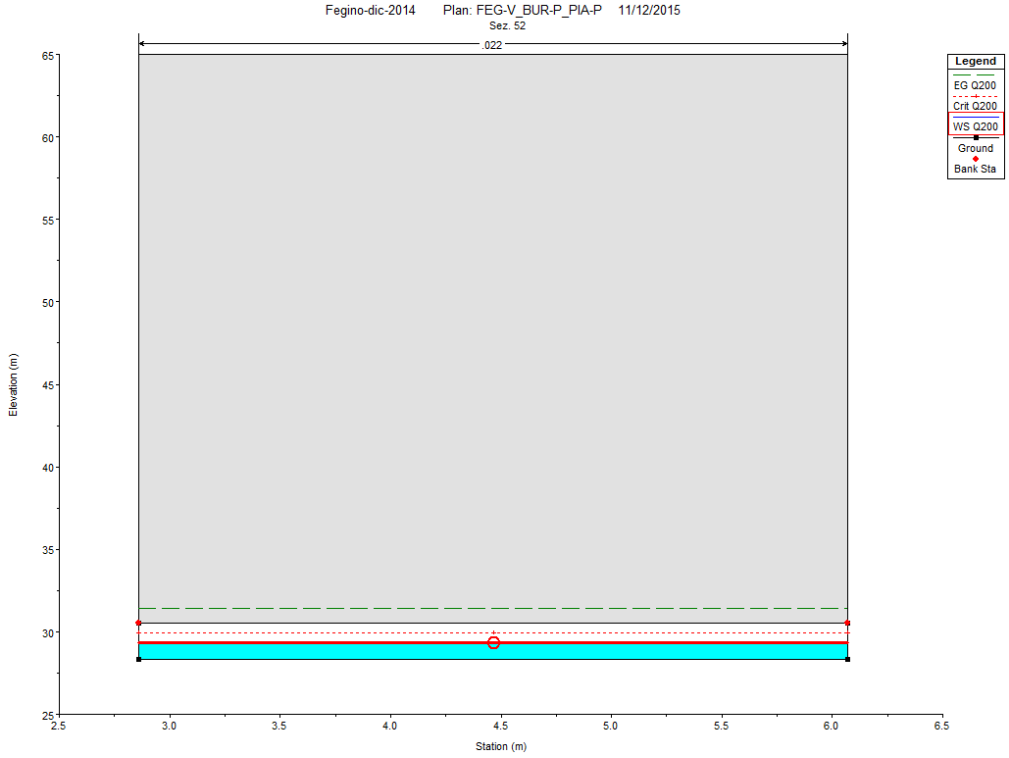


Figura 10 *– Sezione 52, portata Q200_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

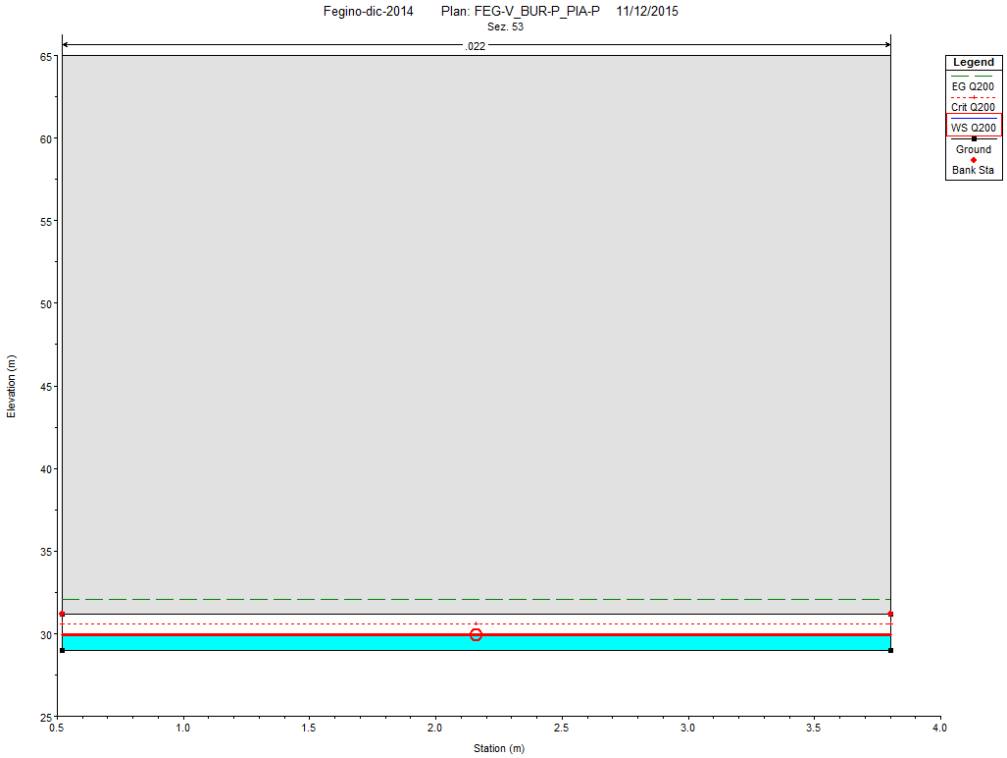


Figura 11 *– Sezione 53, portata Q200_Configurazione 1*

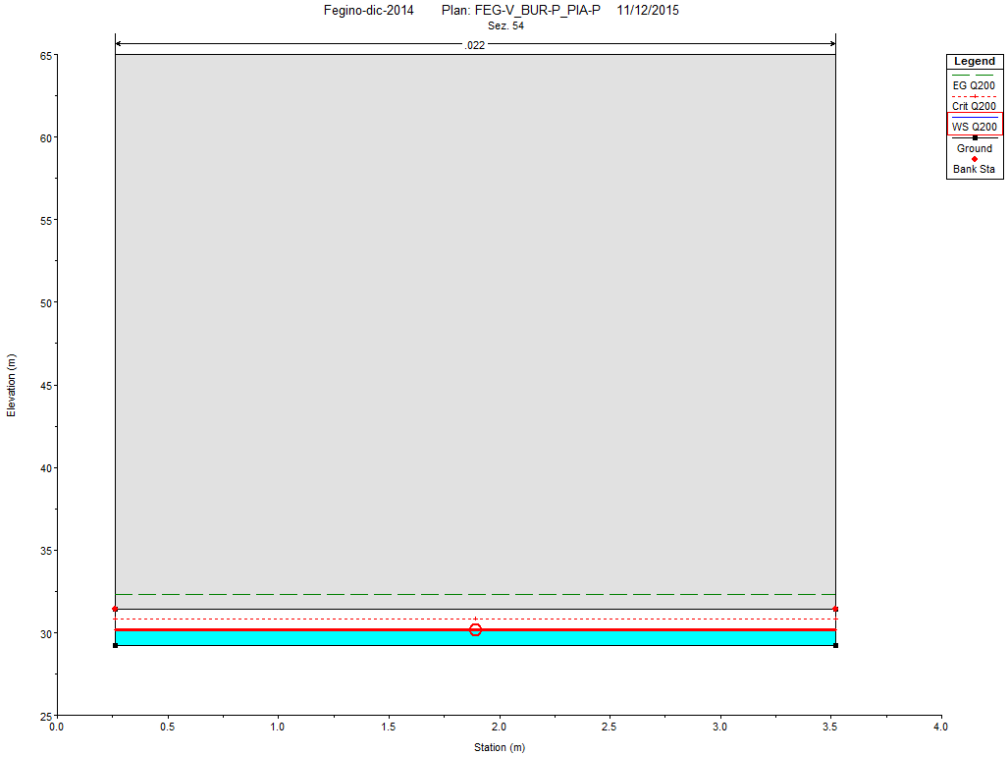


Figura 12 *– Sezione 54, portata Q200_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

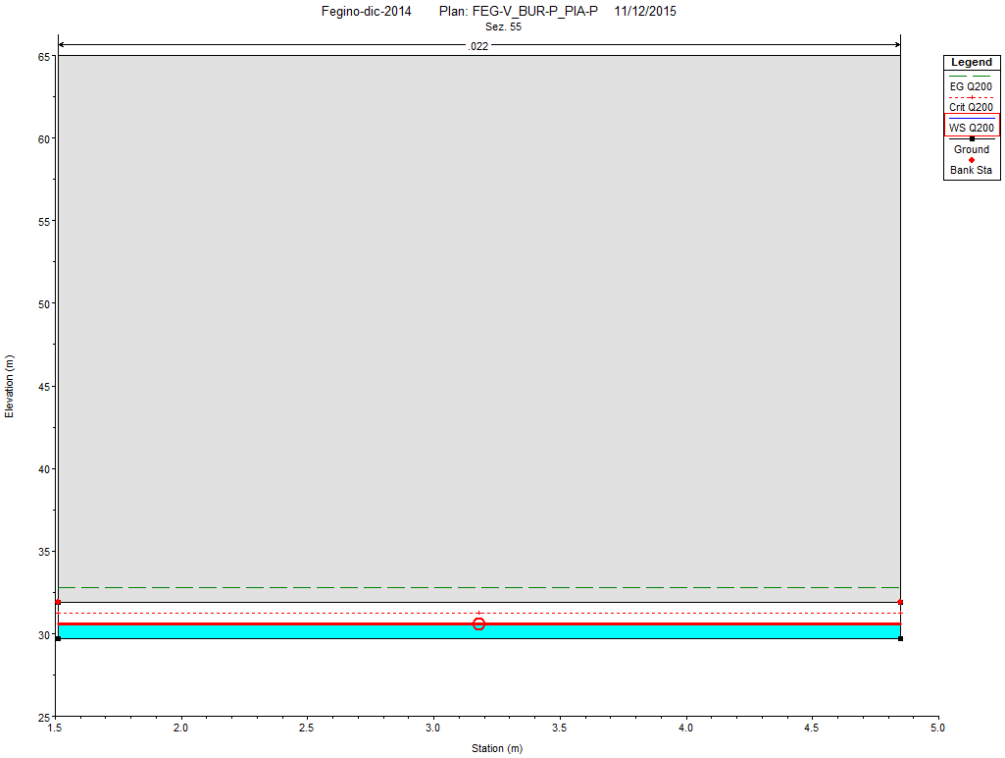


Figura 13 *– Sezione 55, portata Q200_Configurazione 1*

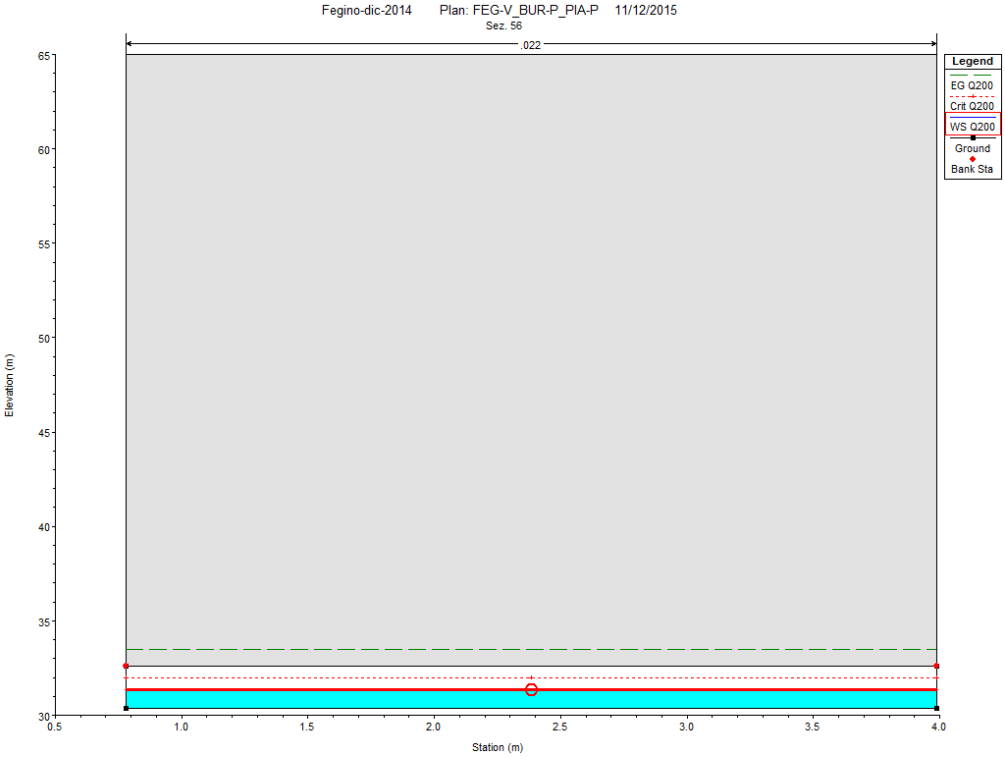


Figura 14 *– Sezione 56, portata Q200_Configurazione 1*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

9.2. Risultati configurazione 2

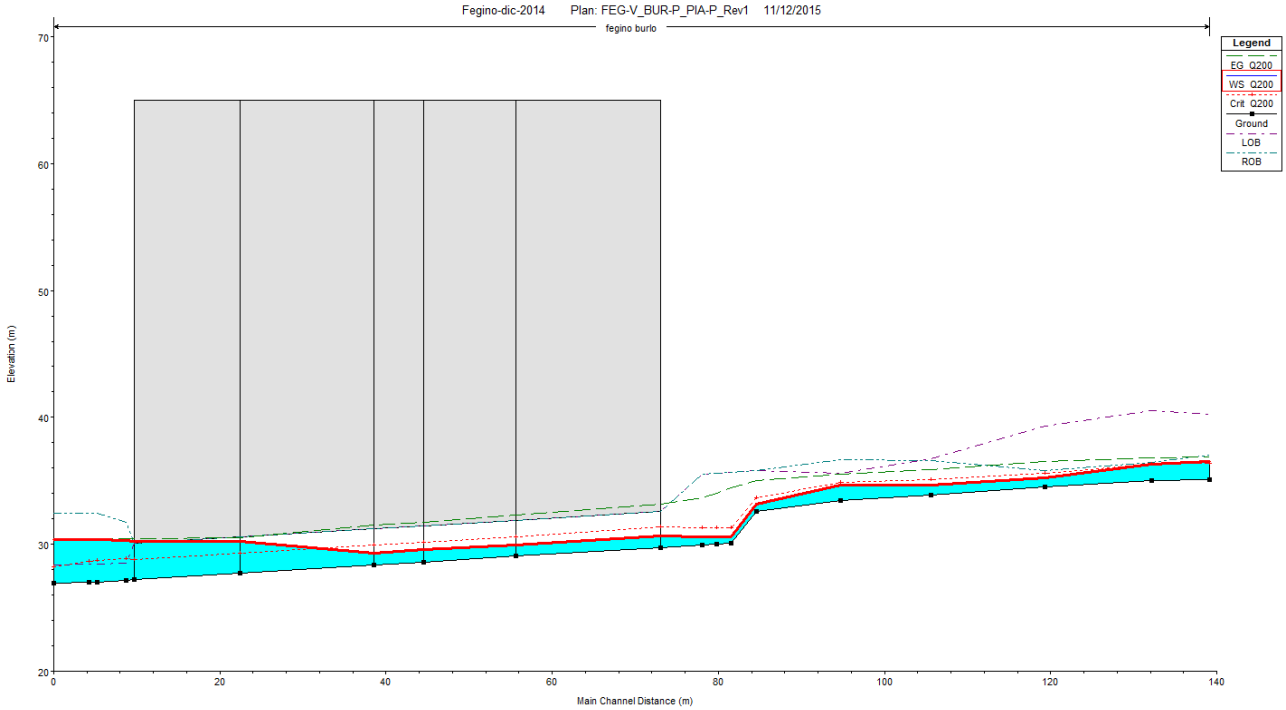


Figura 15 *– Livello portata duecentennale (Q200)_Configurazione 2*

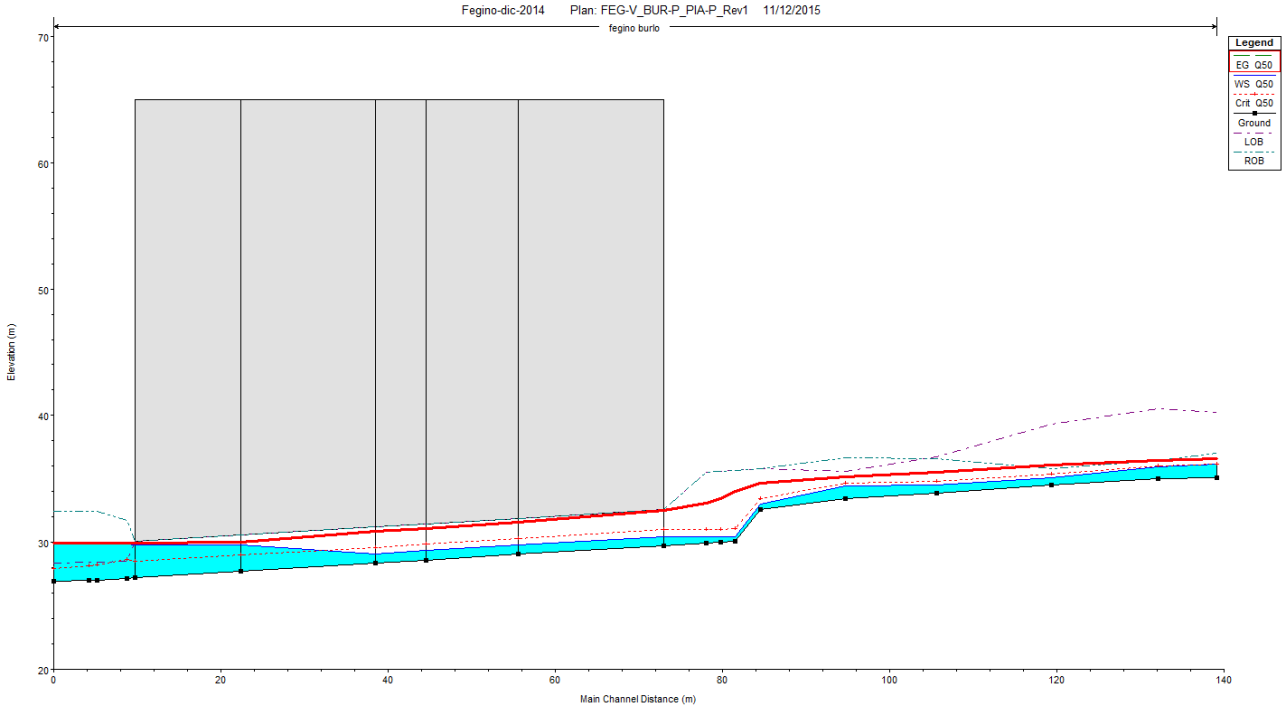


Figura 16 *– Livello energia cineticacinquantennale (Q50)_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

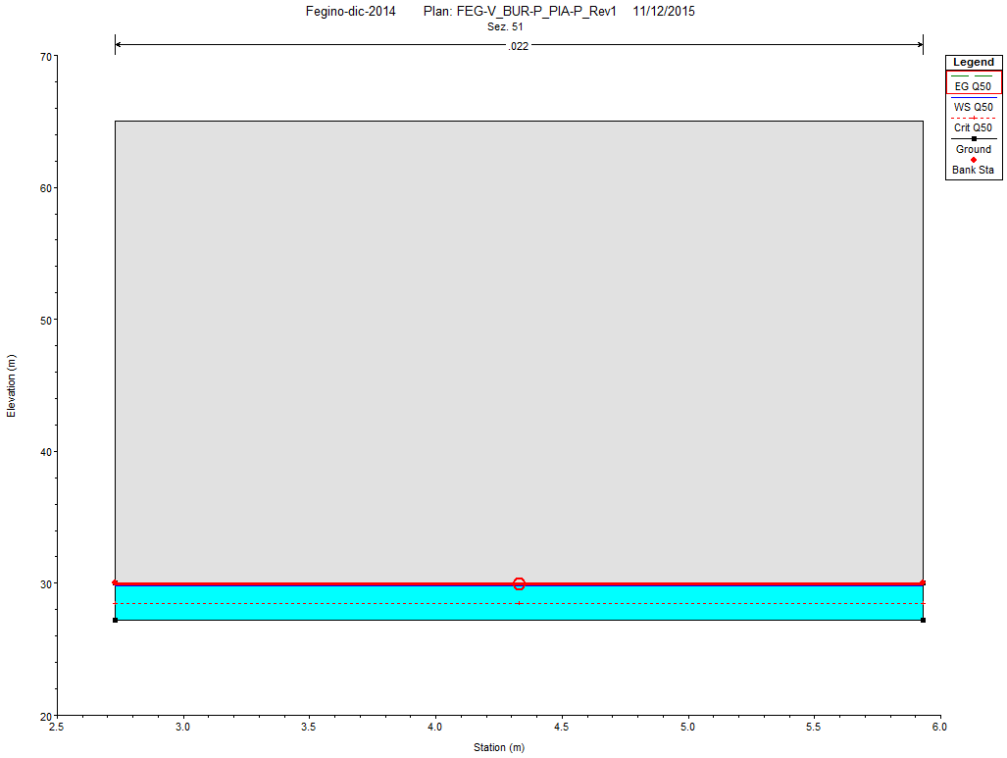


Figura 17 *– Sezione 51, livello di energia Q50_Configurazione 2*

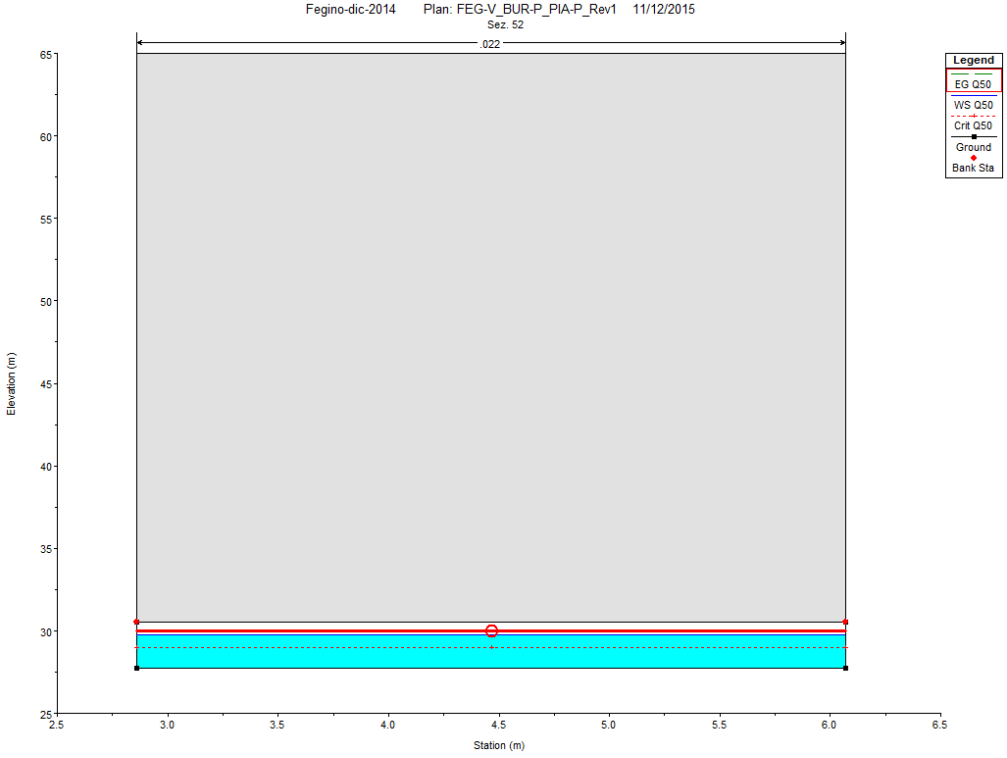


Figura 18 *– Sezione 52, livelli di energia Q50_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

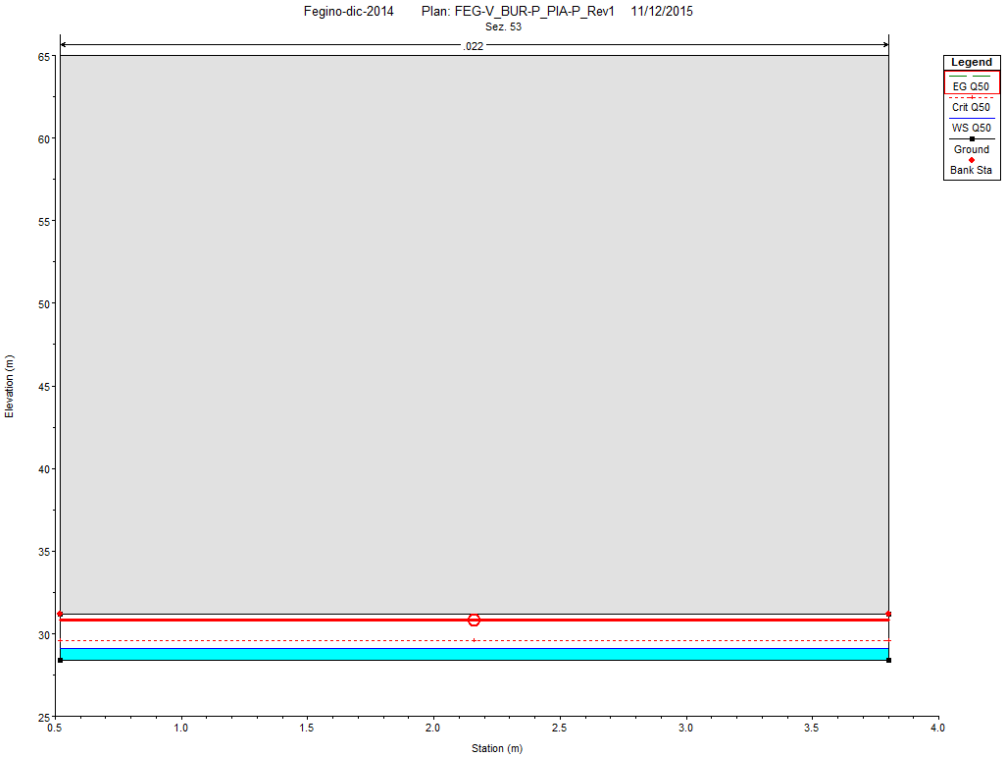


Figura 19 *– Sezione 53, livello di energia Q50_Configurazione 2*

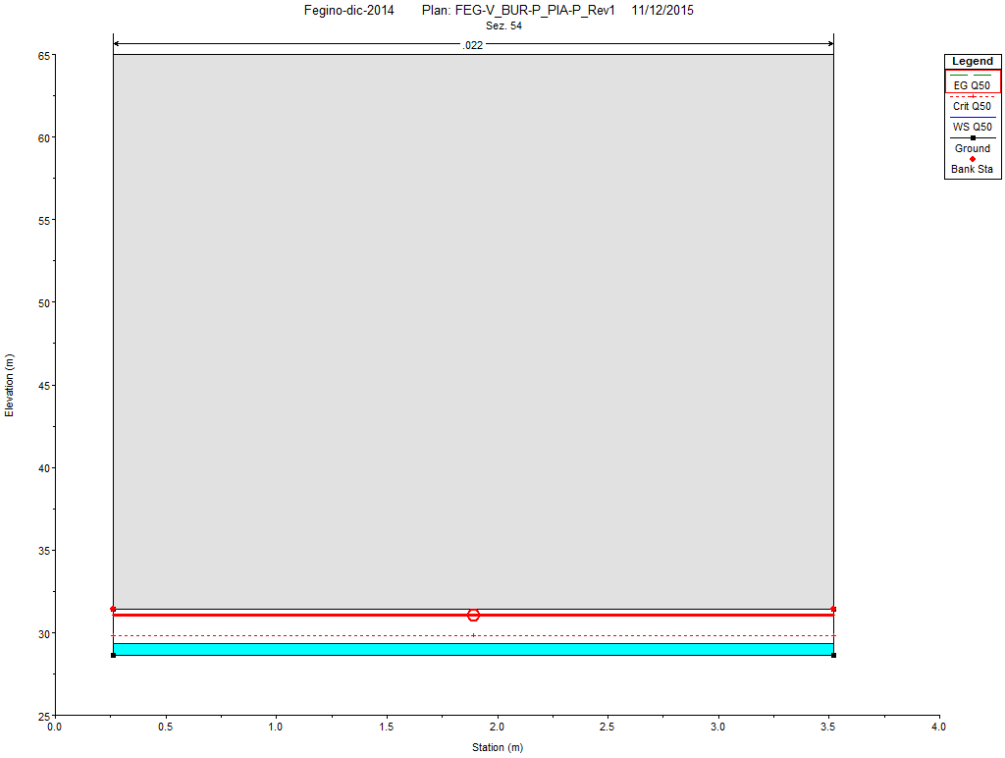


Figura 20 *– Sezione 54, livello di energia Q50_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

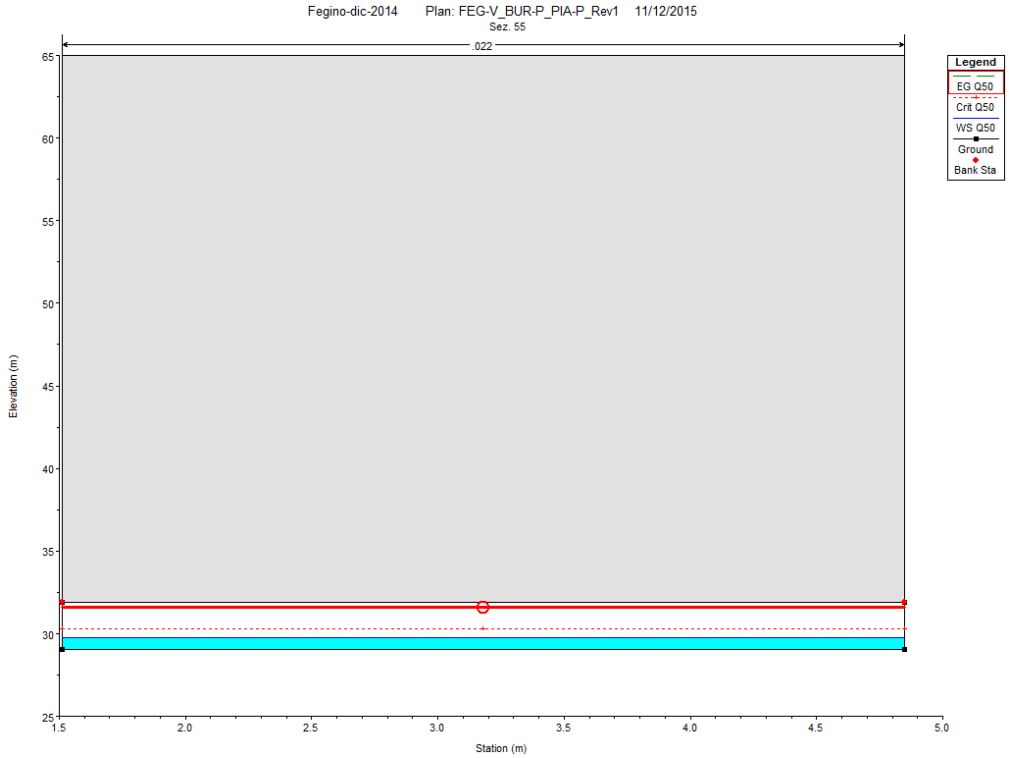


Figura 21 *– Sezione 55, livello di energia Q50_Configurazione 2*

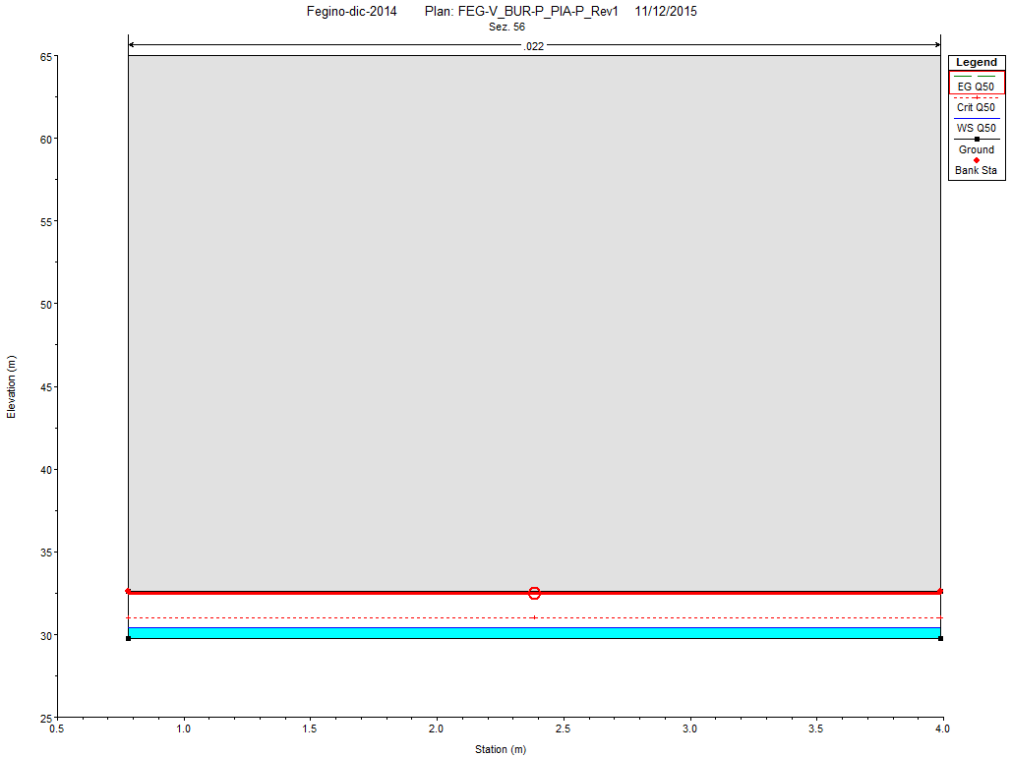


Figura 22 *– Sezione 56, livello di energia Q50_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

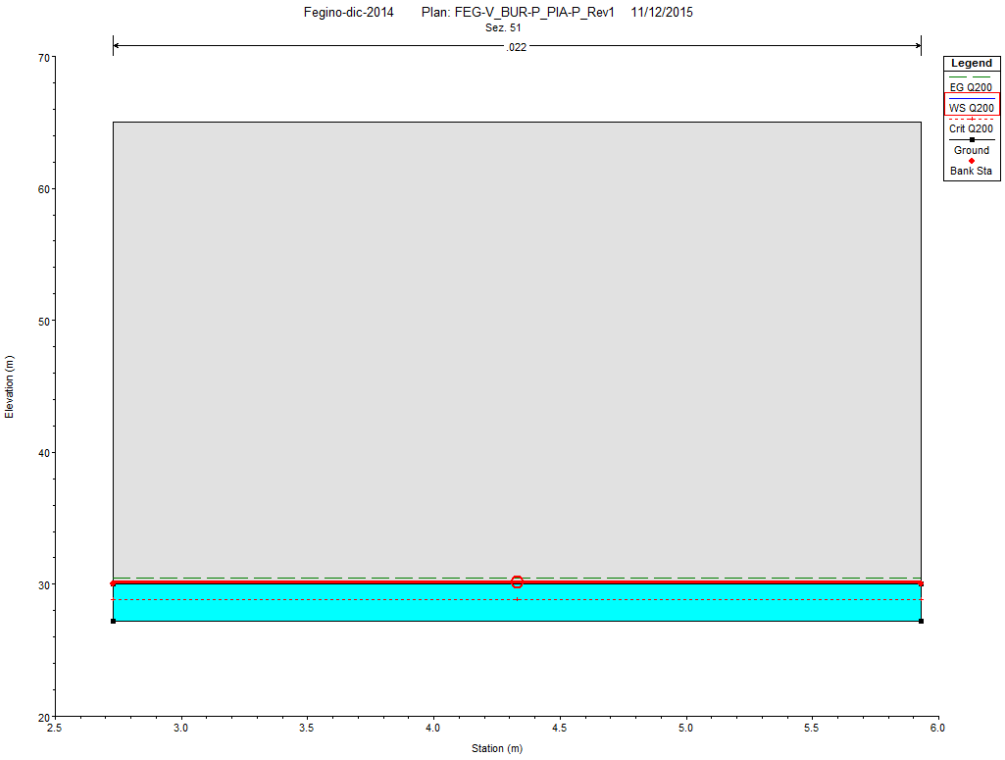


Figura 23 *– Sezione 51, portata Q200_Configurazione 2*

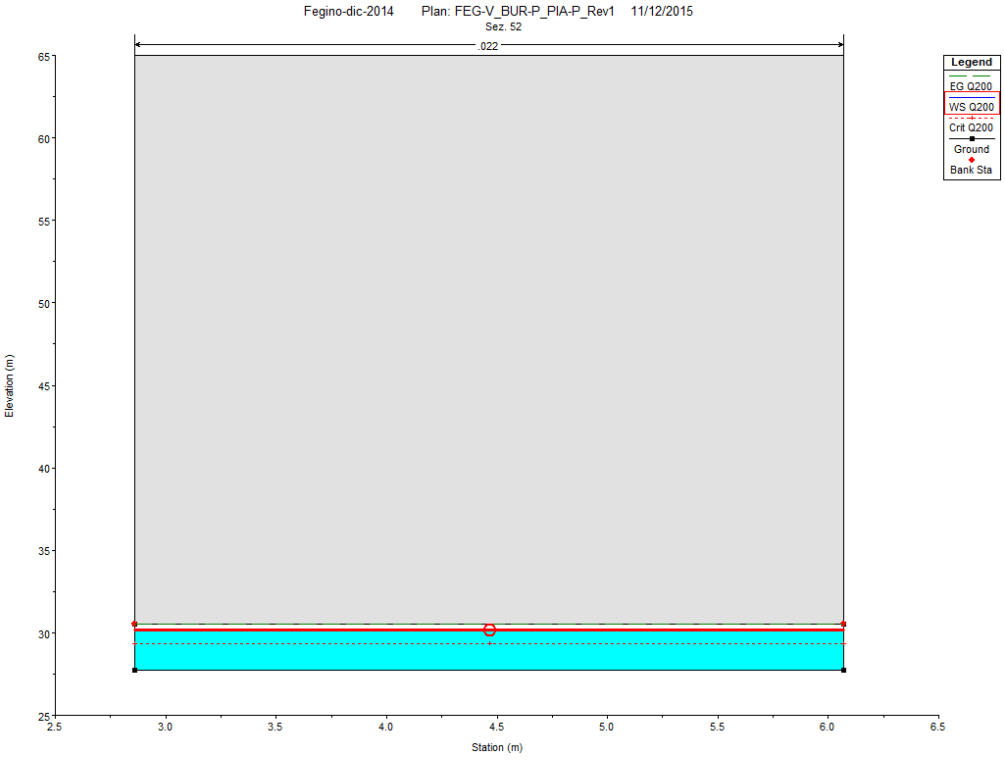


Figura 24 *– Sezione 52, portata Q200_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

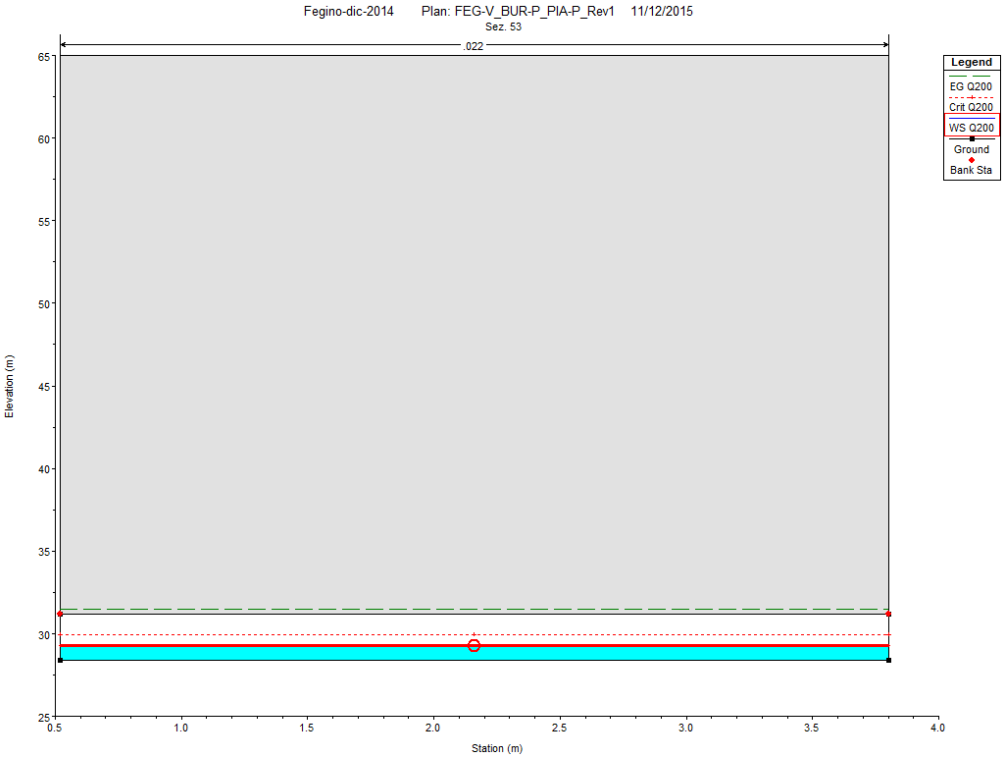


Figura 25 *– Sezione 53, portata Q200_Configurazione 2*

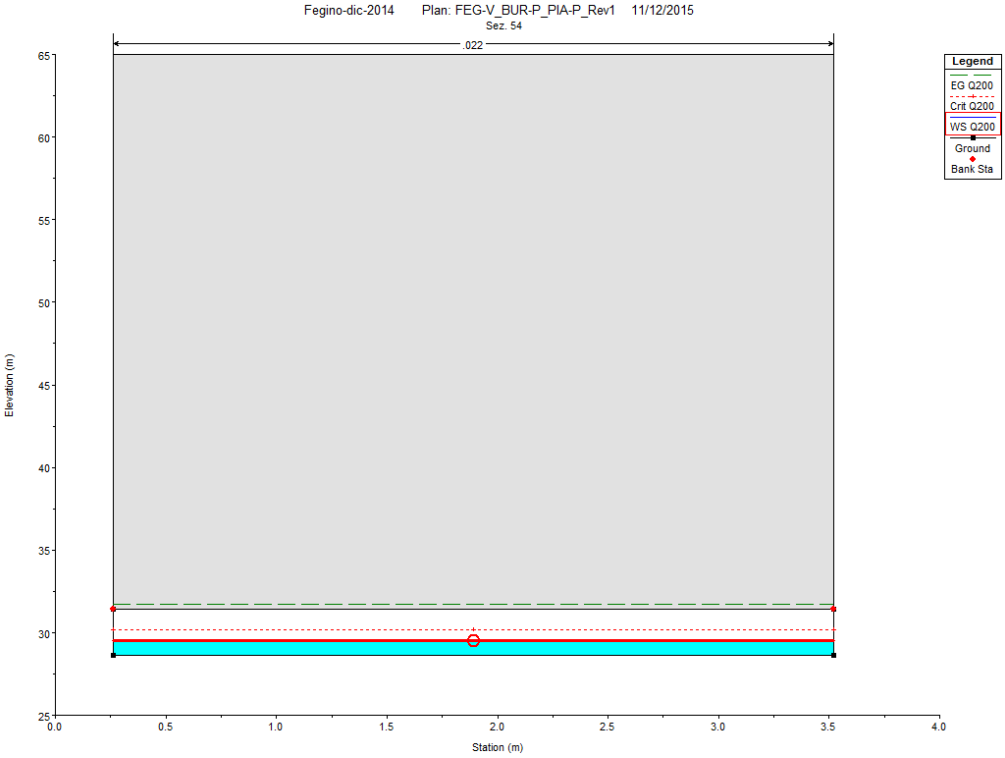


Figura 26 *– Sezione 54, portata Q200_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

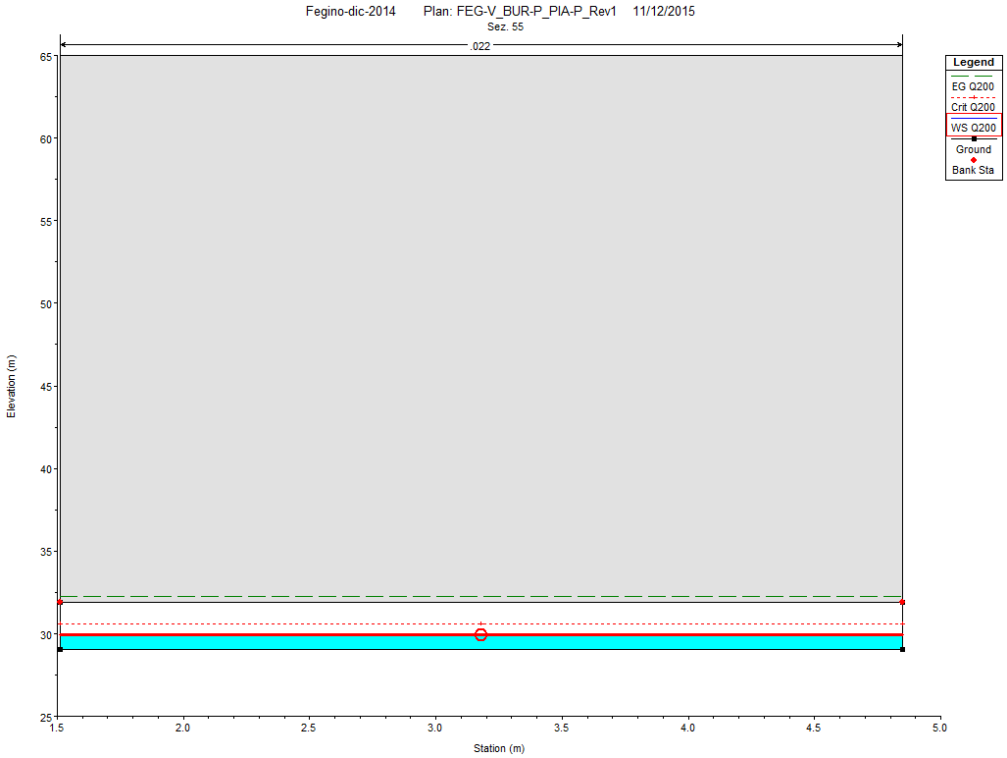


Figura 27 *– Sezione 55, portata Q200_Configurazione 2*

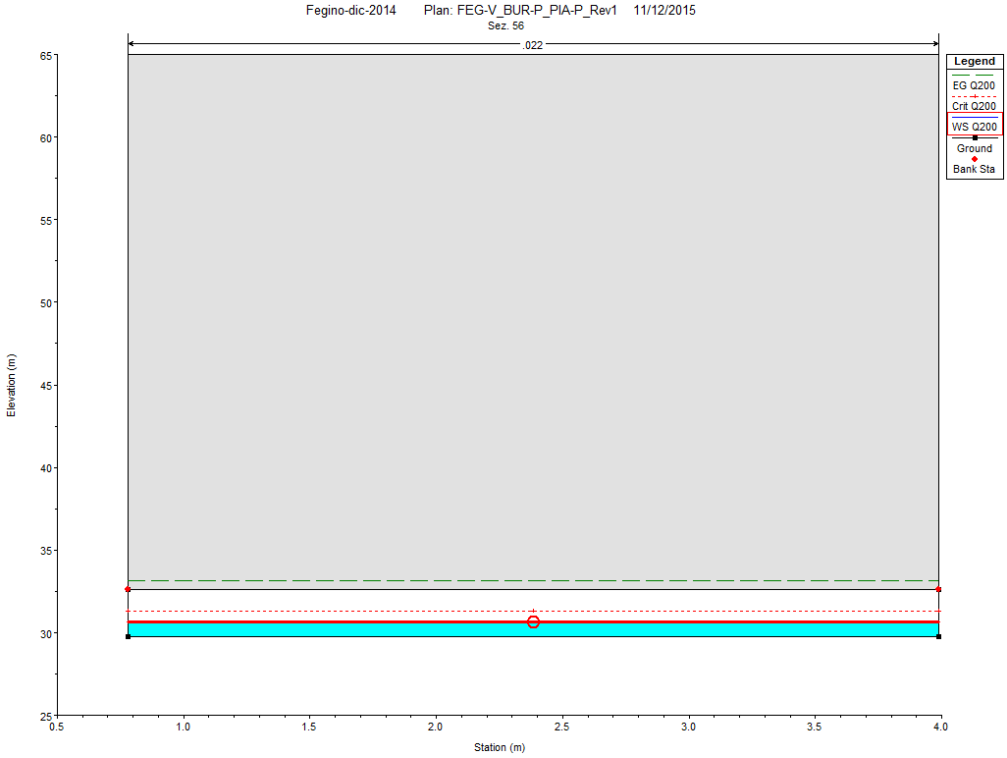


Figura 28 *– Sezione 56, portata Q200_Configurazione 2*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

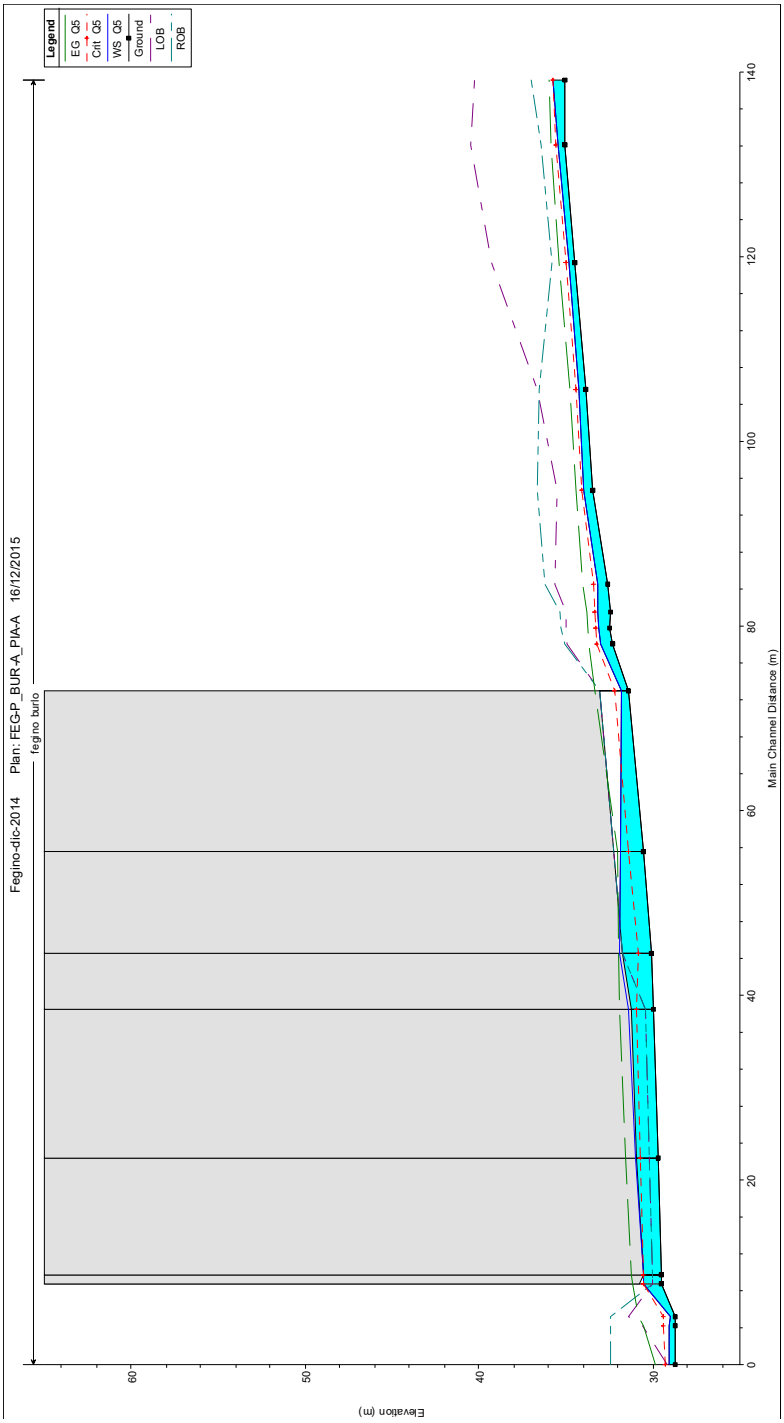
10. Allegato B – Risultati in forma numerica e grafica

10.1. Risultati analisi allo stato attuale (PAA)

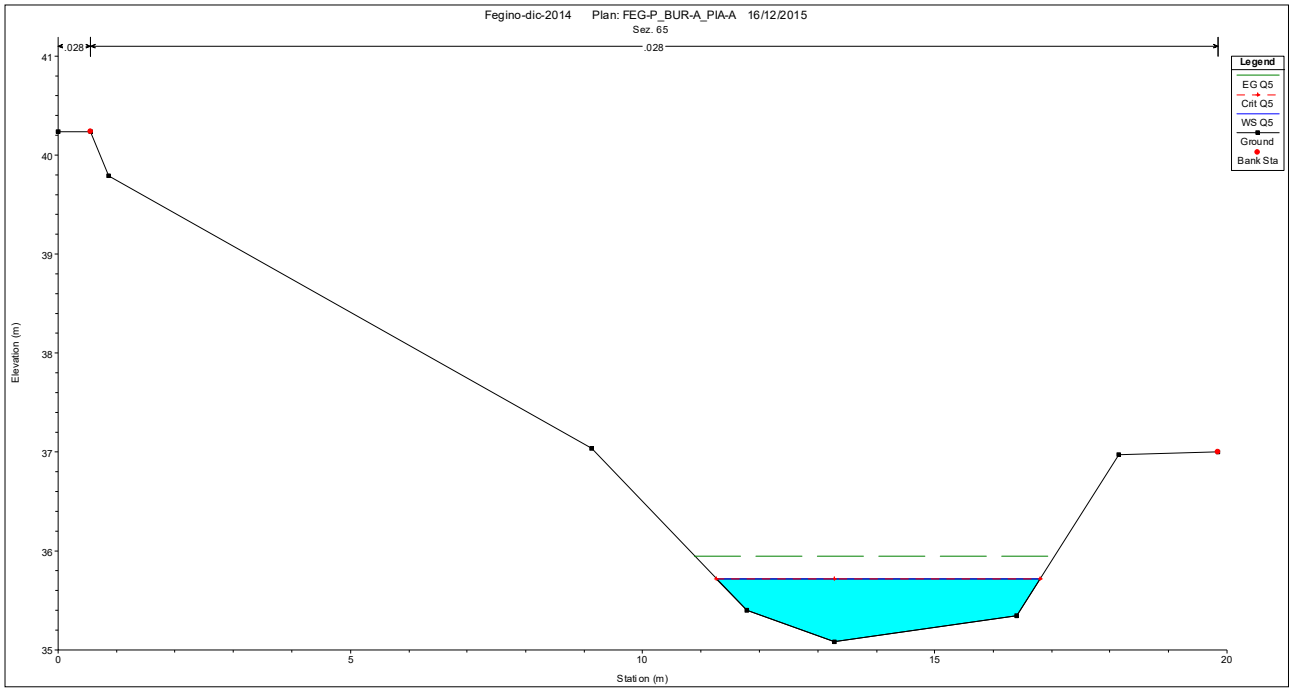
Si riportano di seguito il profilo longitudinale e le sezioni dei tratti di rii indagati (dalla SEZ-65 alla SEZ-20.1 per il rio Burlo e dalla SEZ-45 alla SEZ-20.2 per il rio Fegino di monte), nella sua configurazione allo stato attuale e con riferimento alla portata di progetto 5-ennale per quanto riguarda il rio Burlo e con riferimento alla portata 10-ennale per quanto riguarda il rio Fegino di Monte.

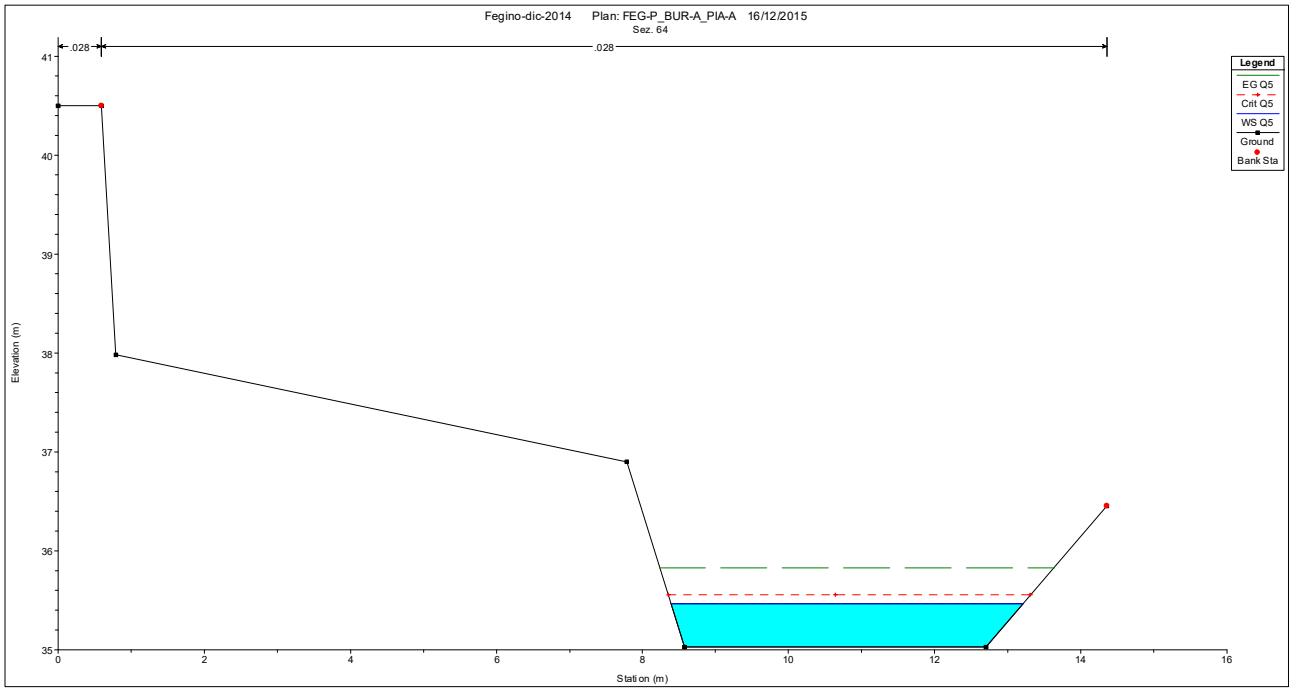
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

PPA_Rio Burlo Q5

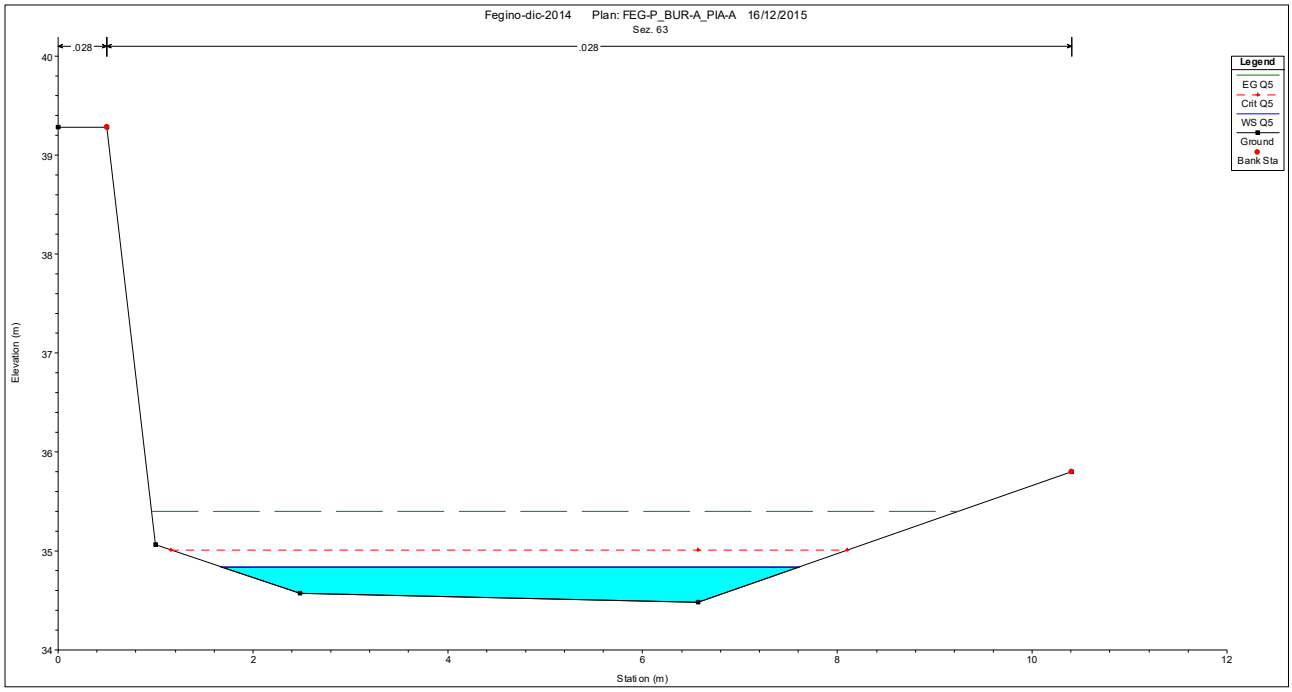


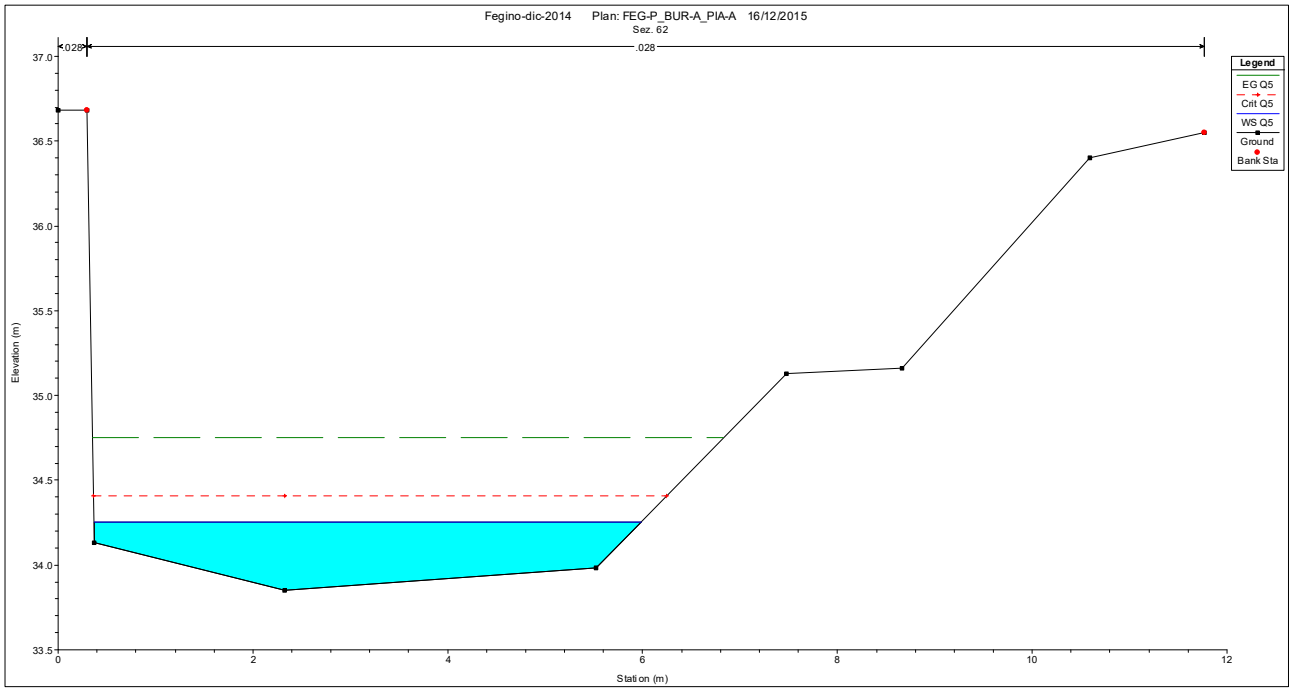
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



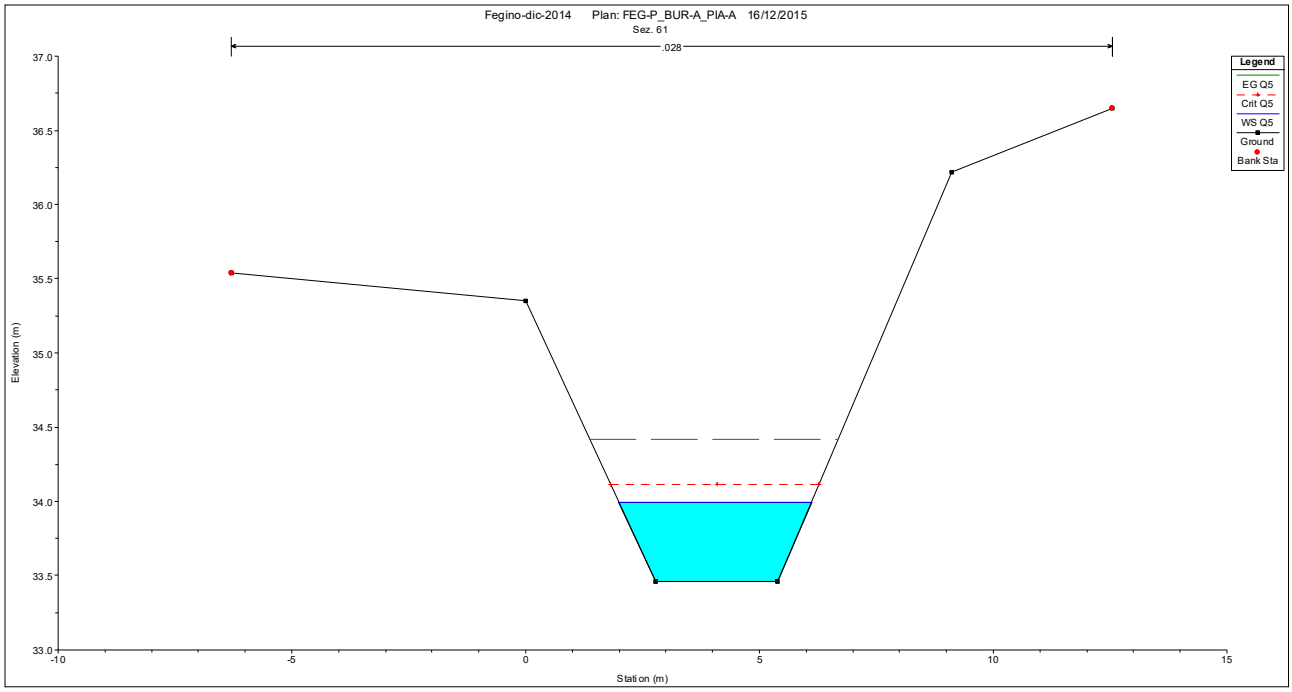


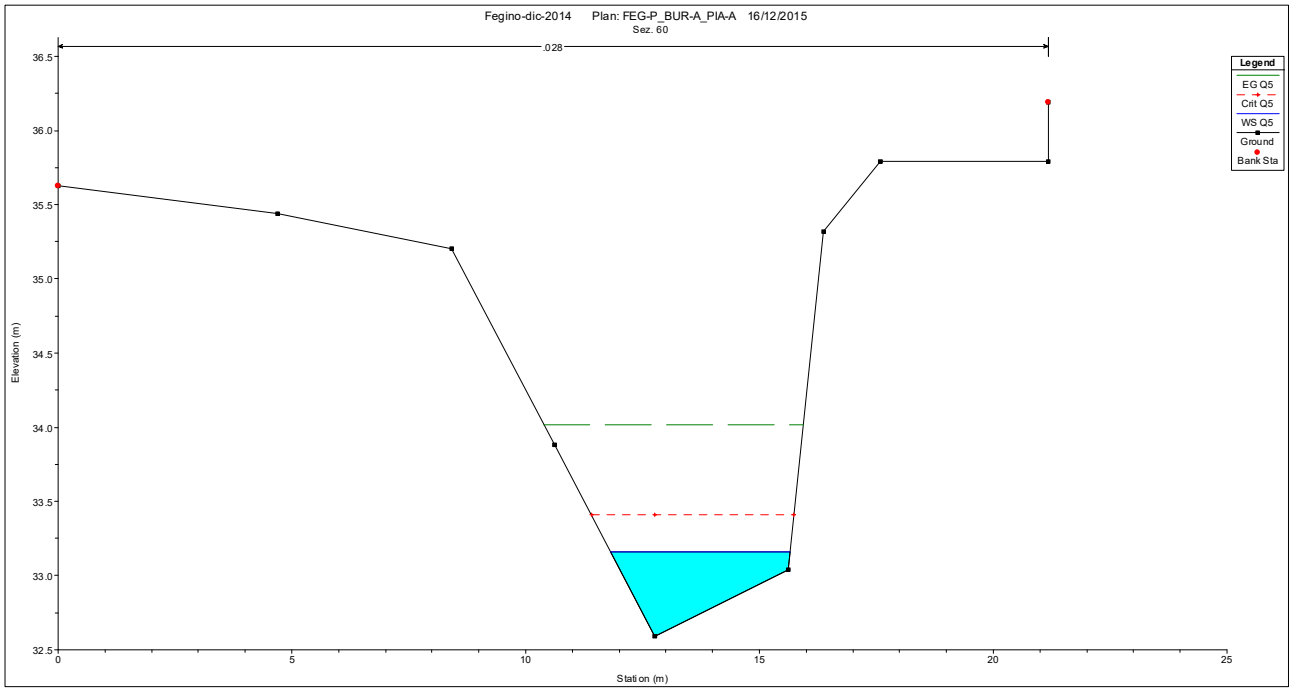
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



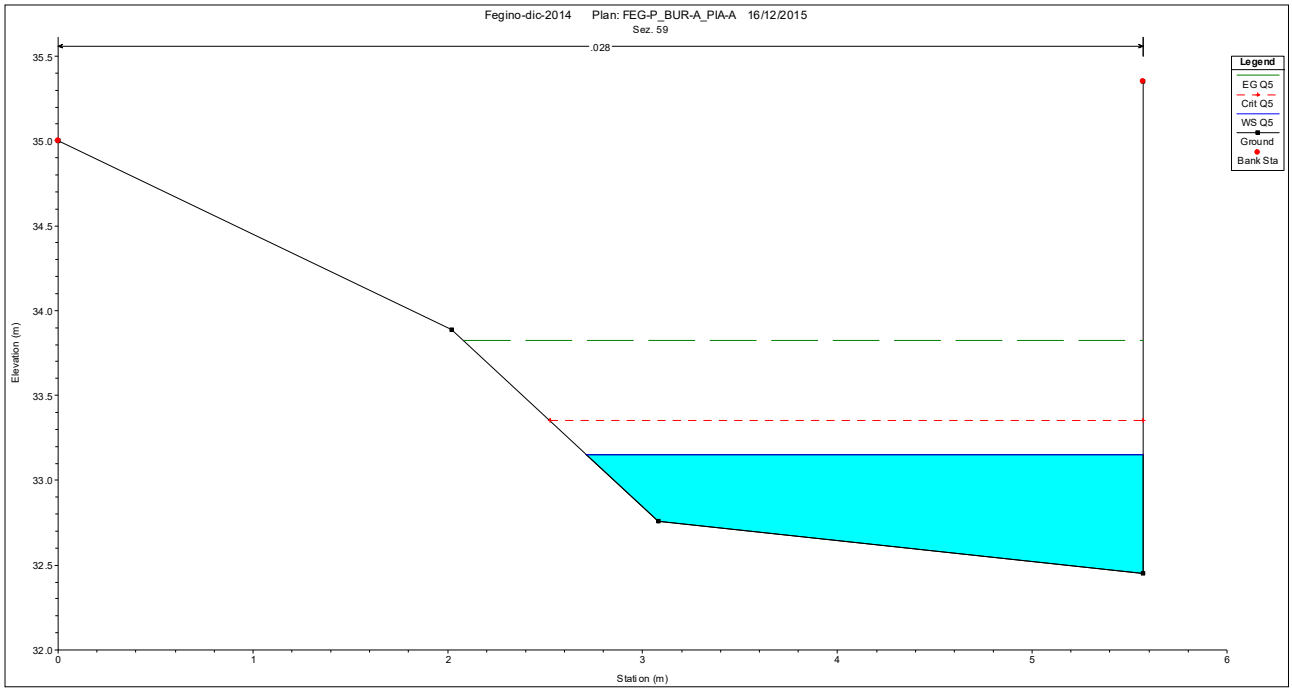


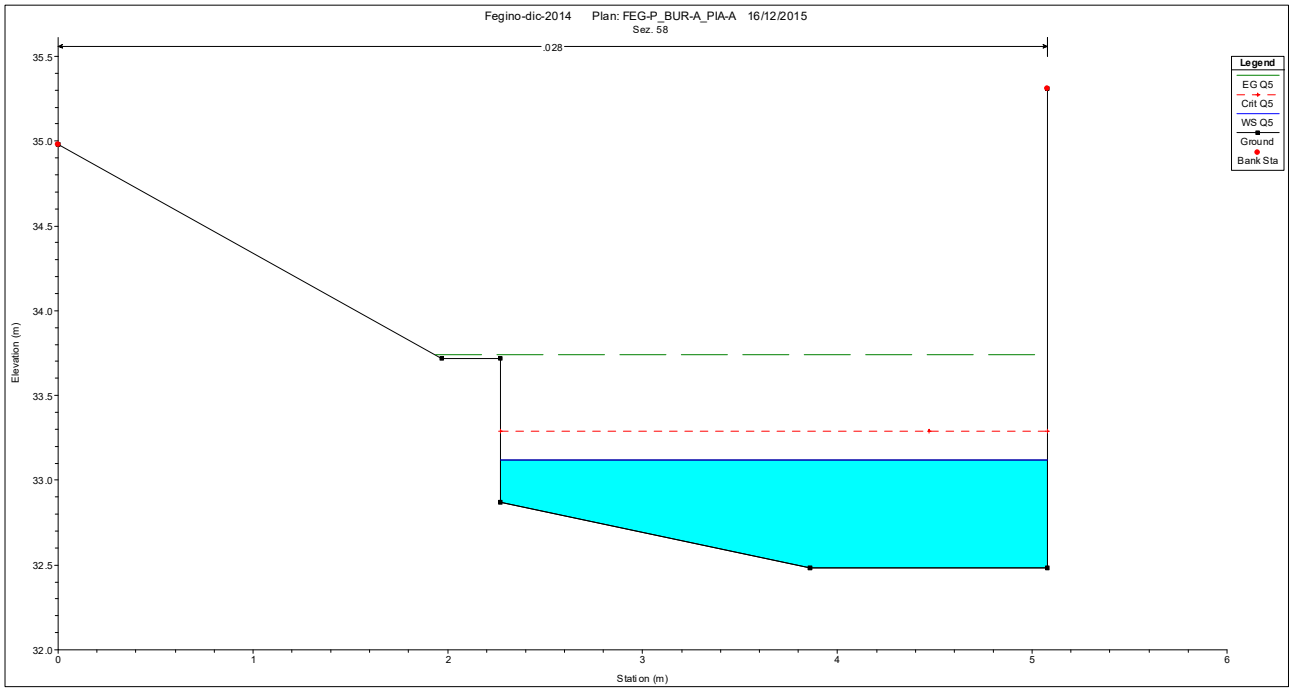
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



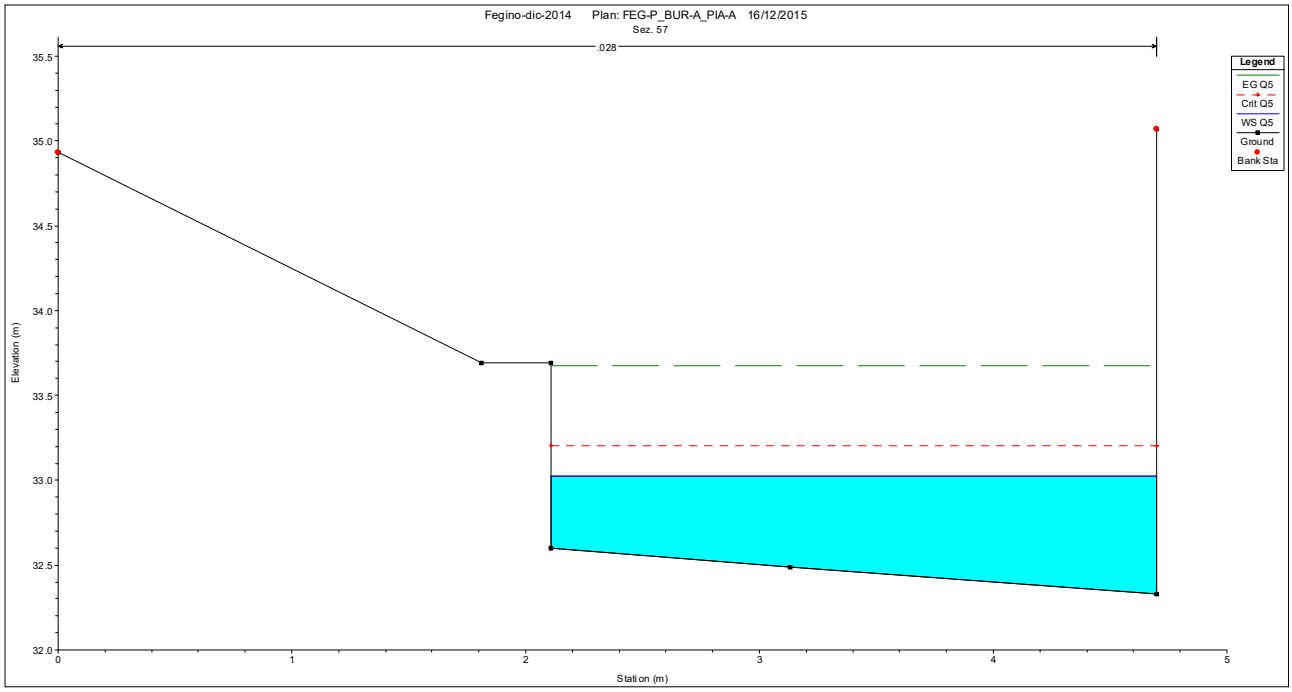


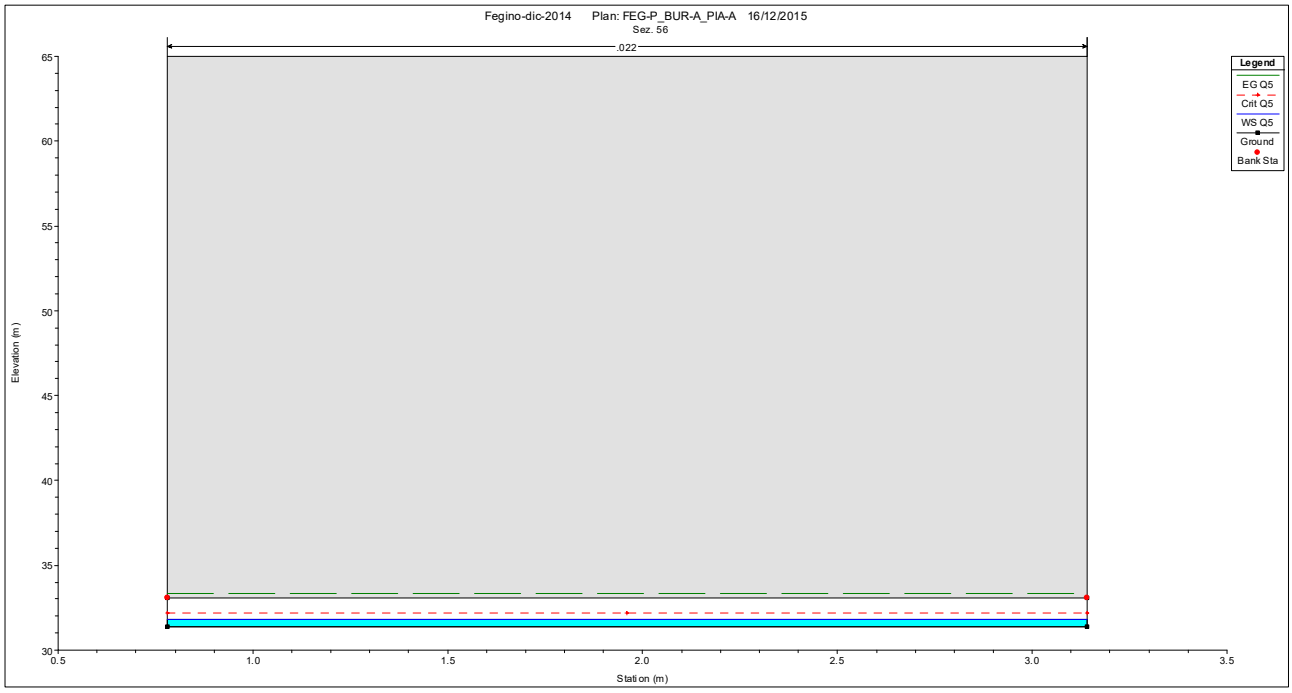
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



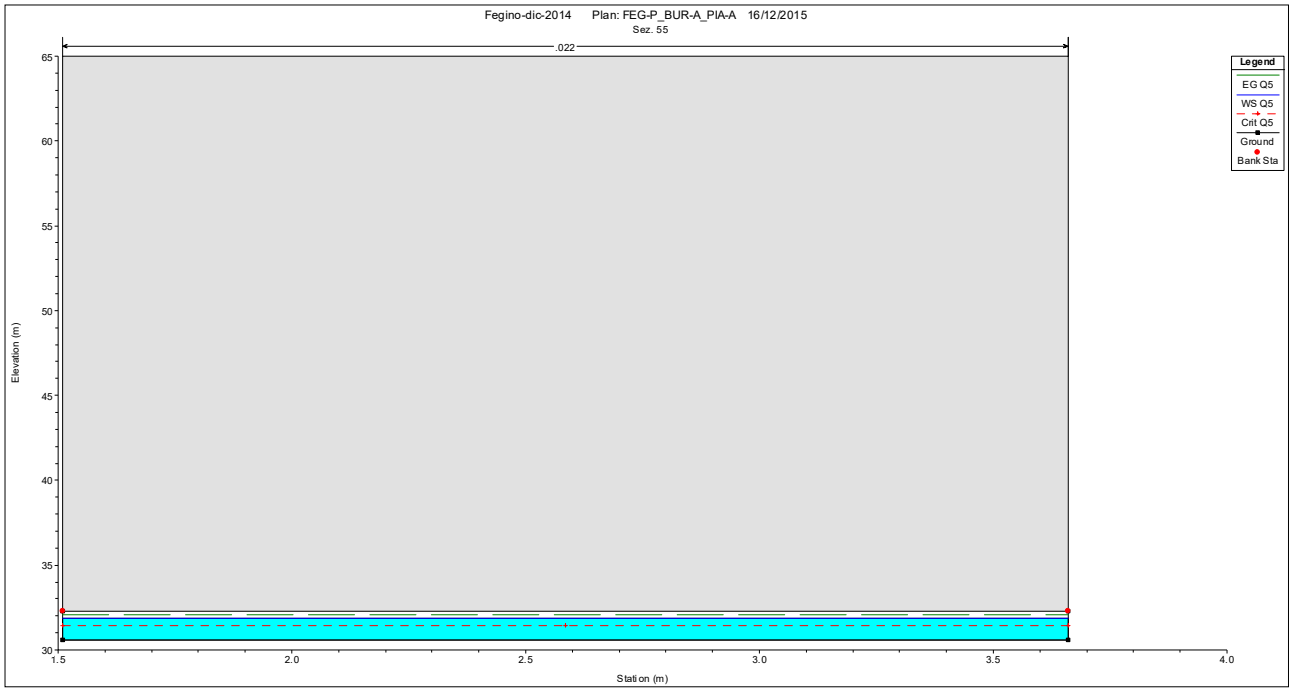


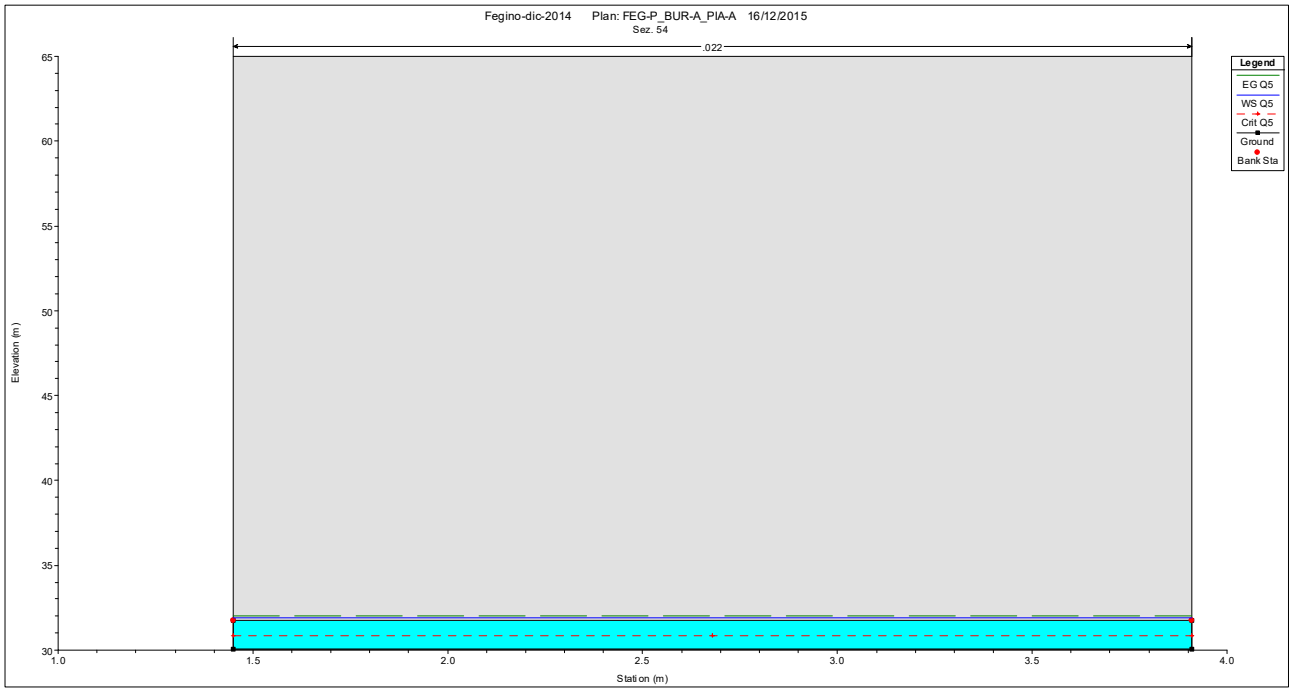
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



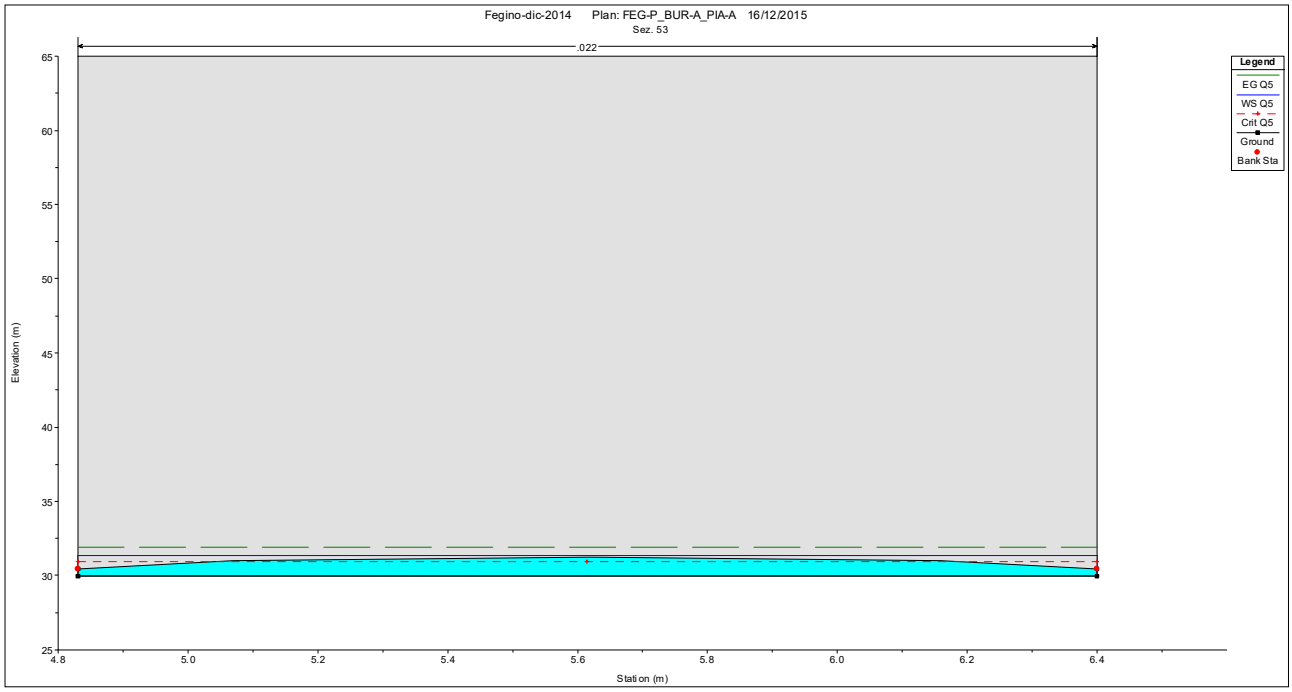


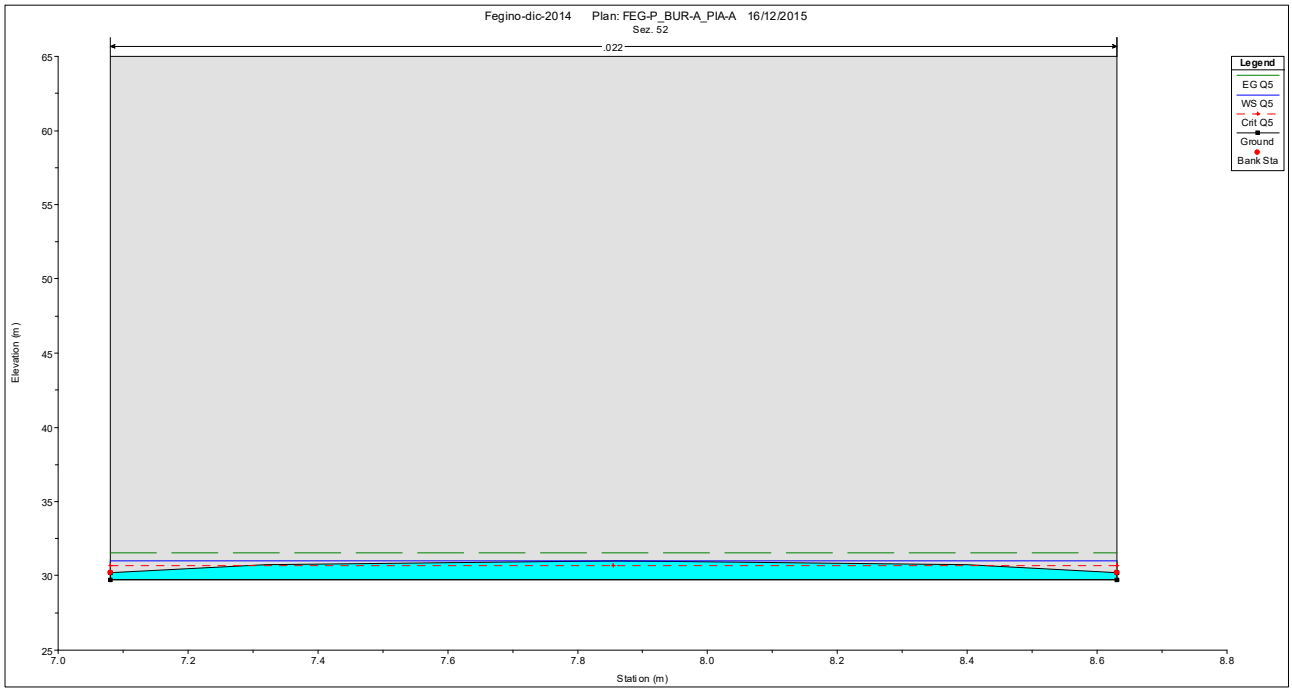
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



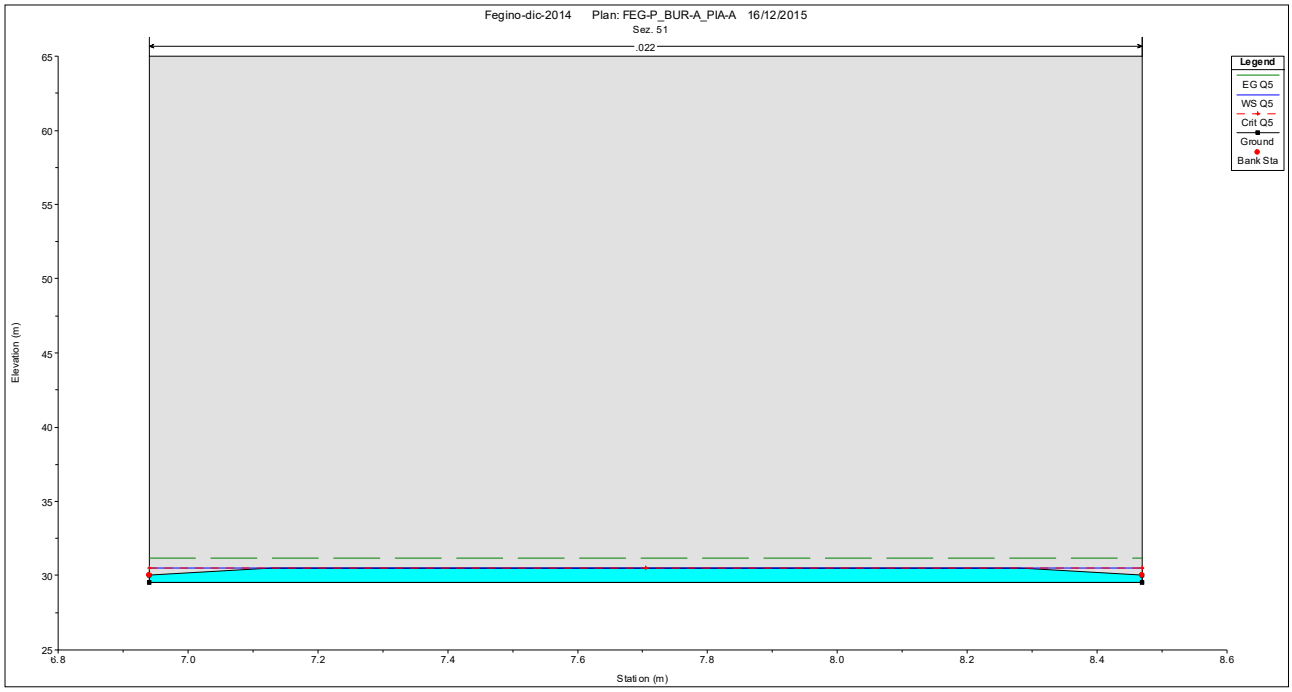


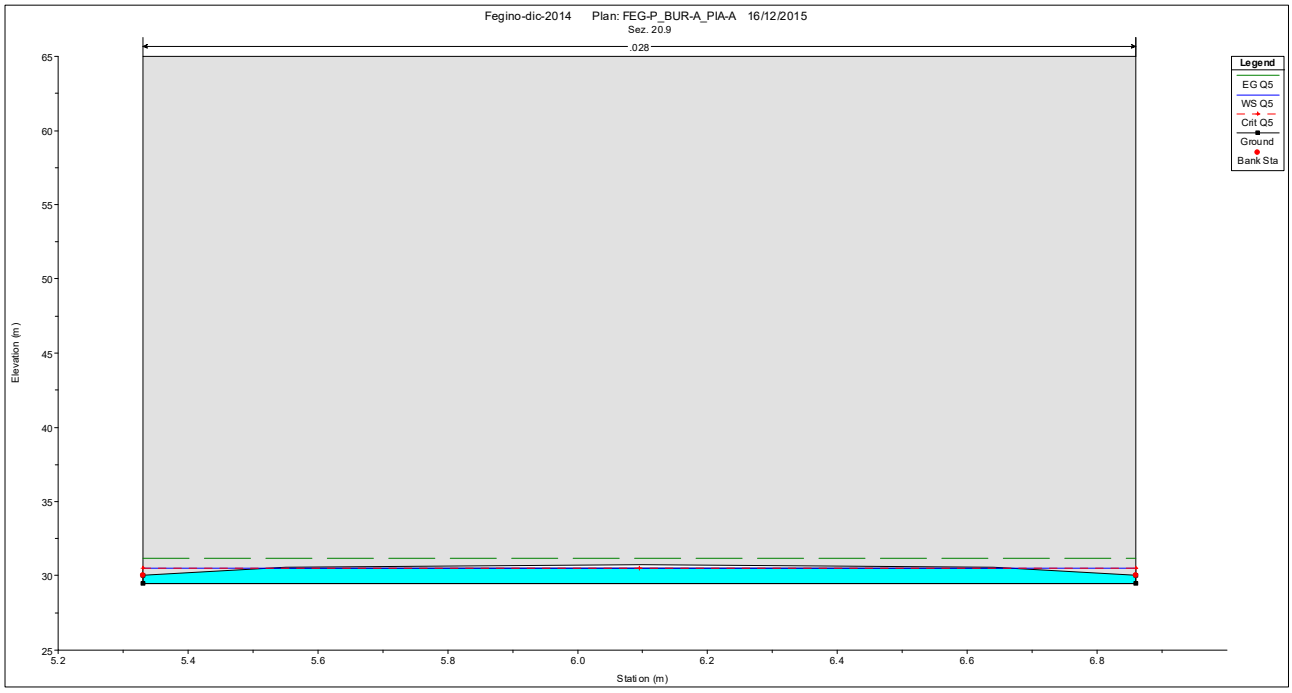
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



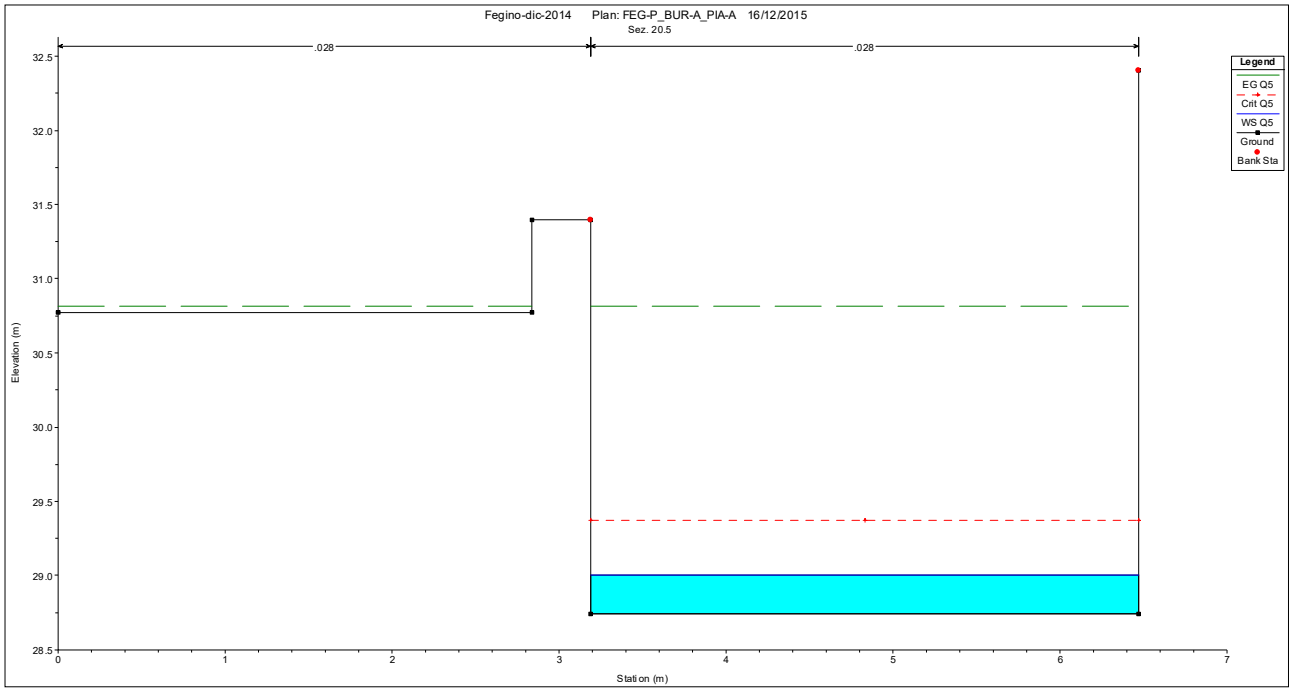


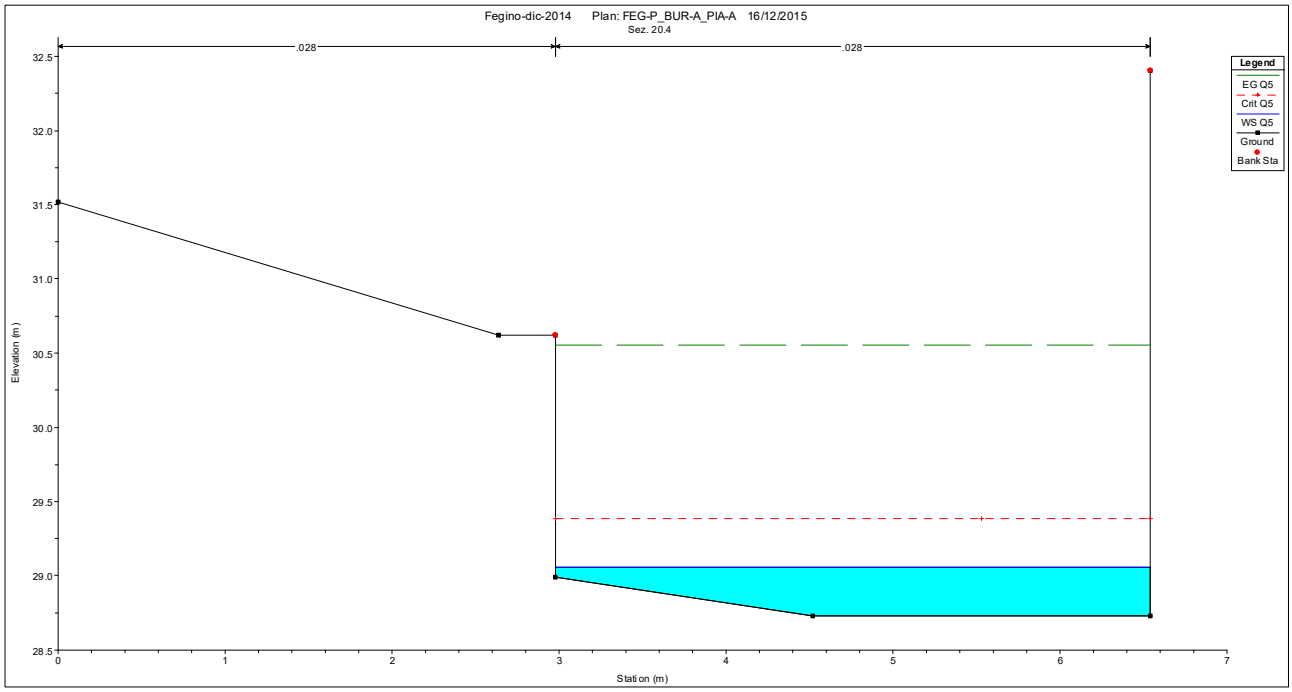
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



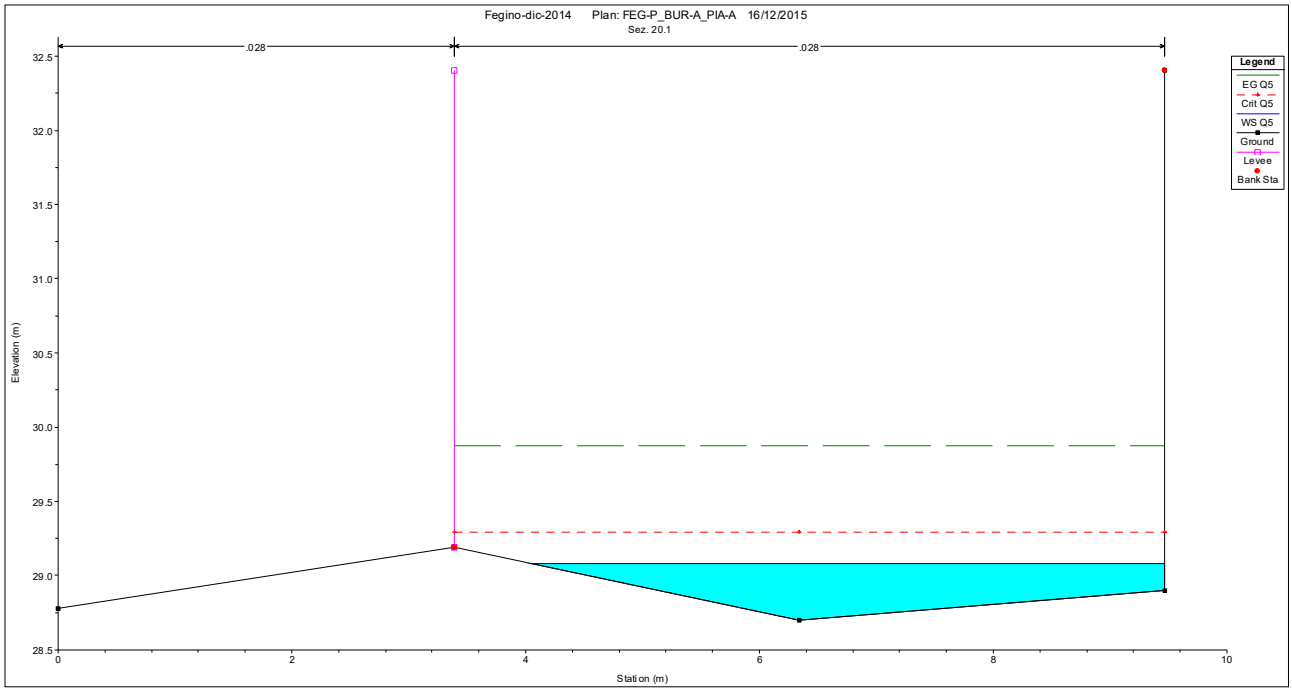


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

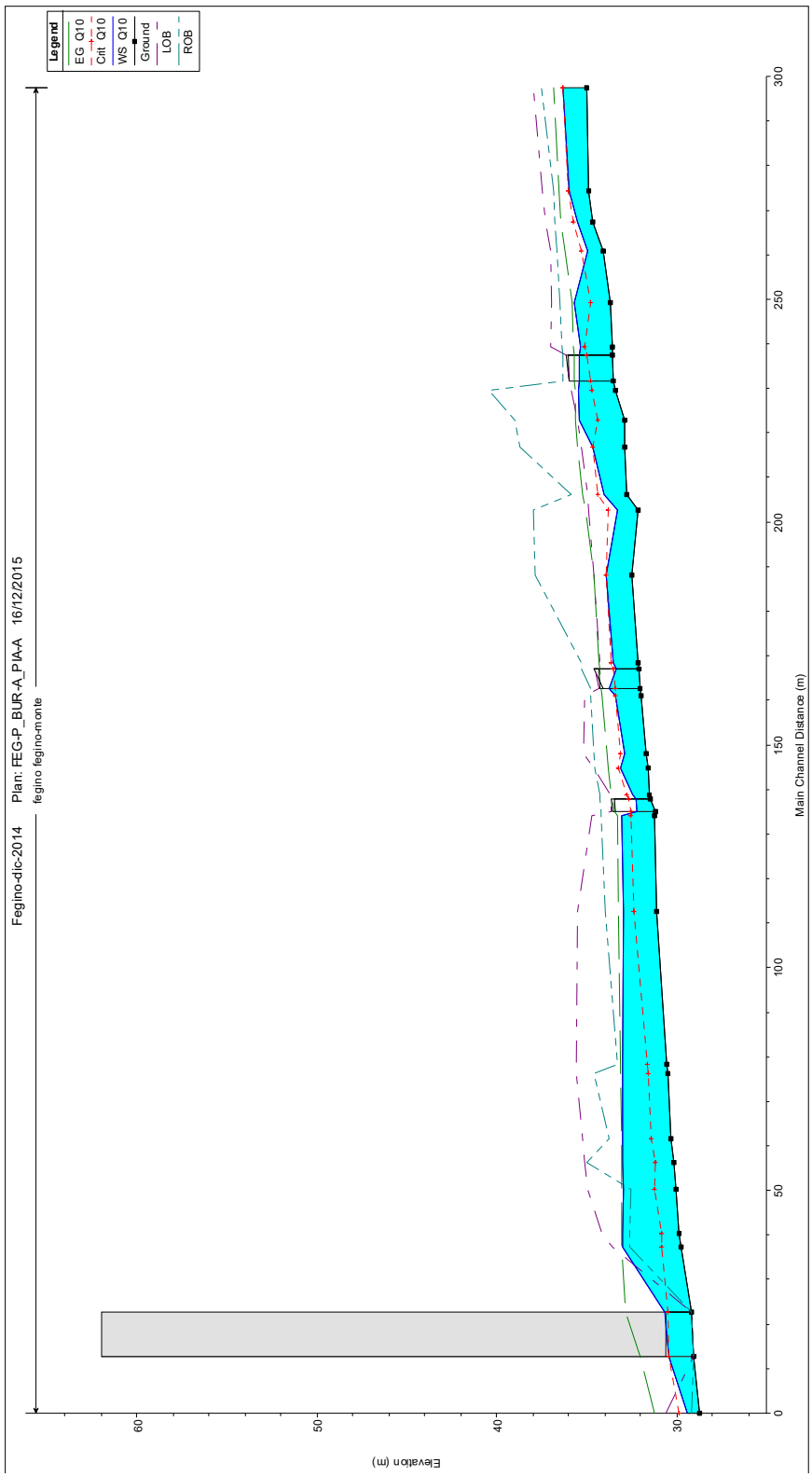




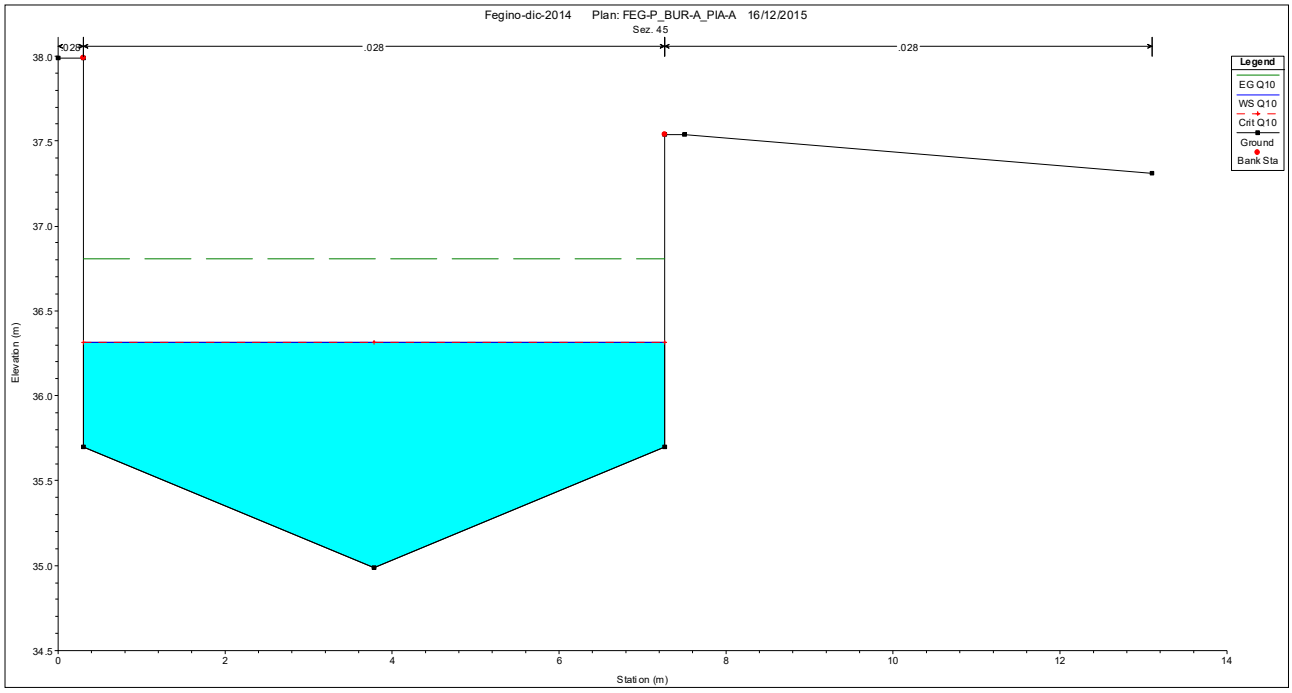
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

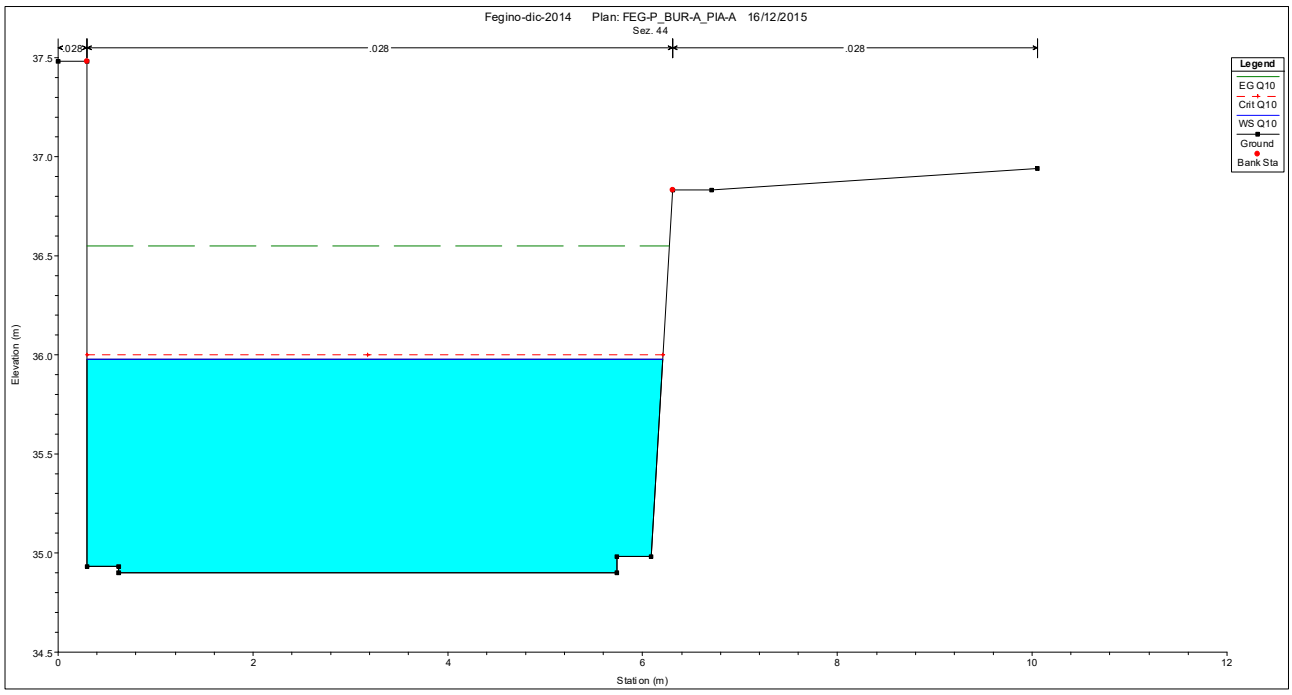

Fegino-dic-2014 Plan: FEG-P_BUR-A_PIA-A 16/12/2015
Sez. 20.1
.028
.028
Legend
EG Q5
Crit Q5
WS Q5
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
32.5
32.0
31.5
31.0
30.5
30.0
29.5
29.0
28.5
0
2
4
6
8
10
Station (m)

PAA_RioFegino di monte Q1

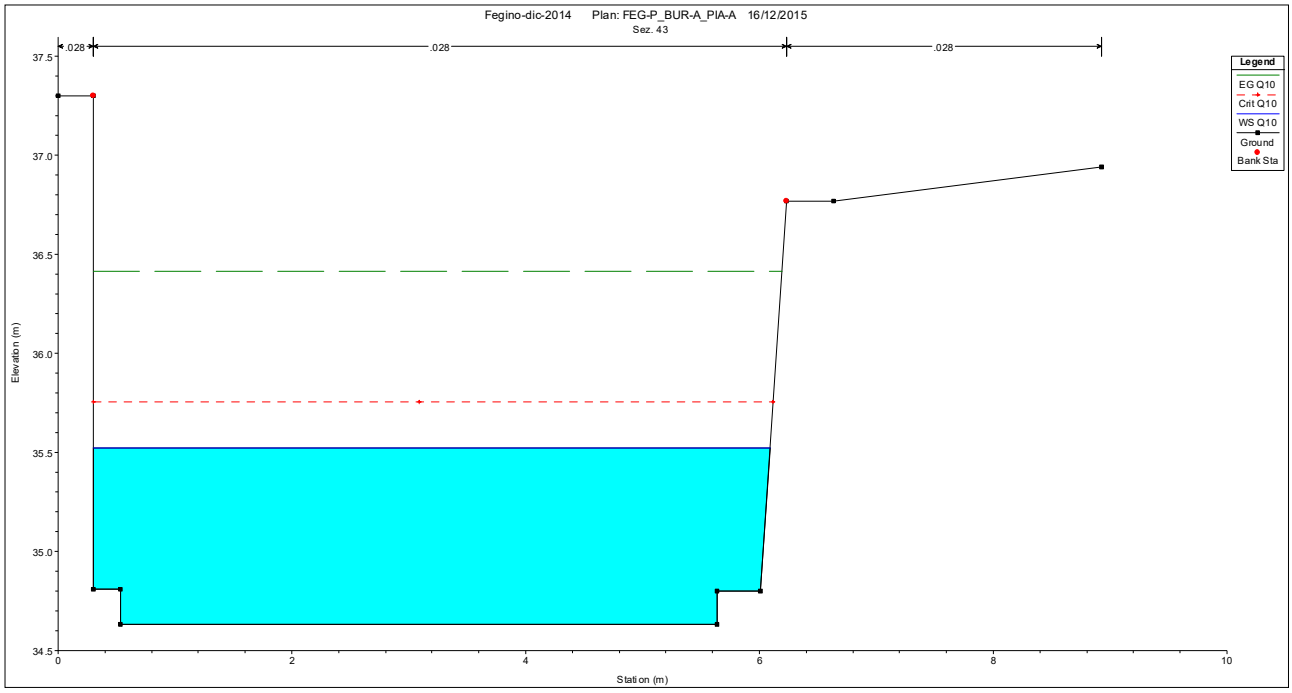


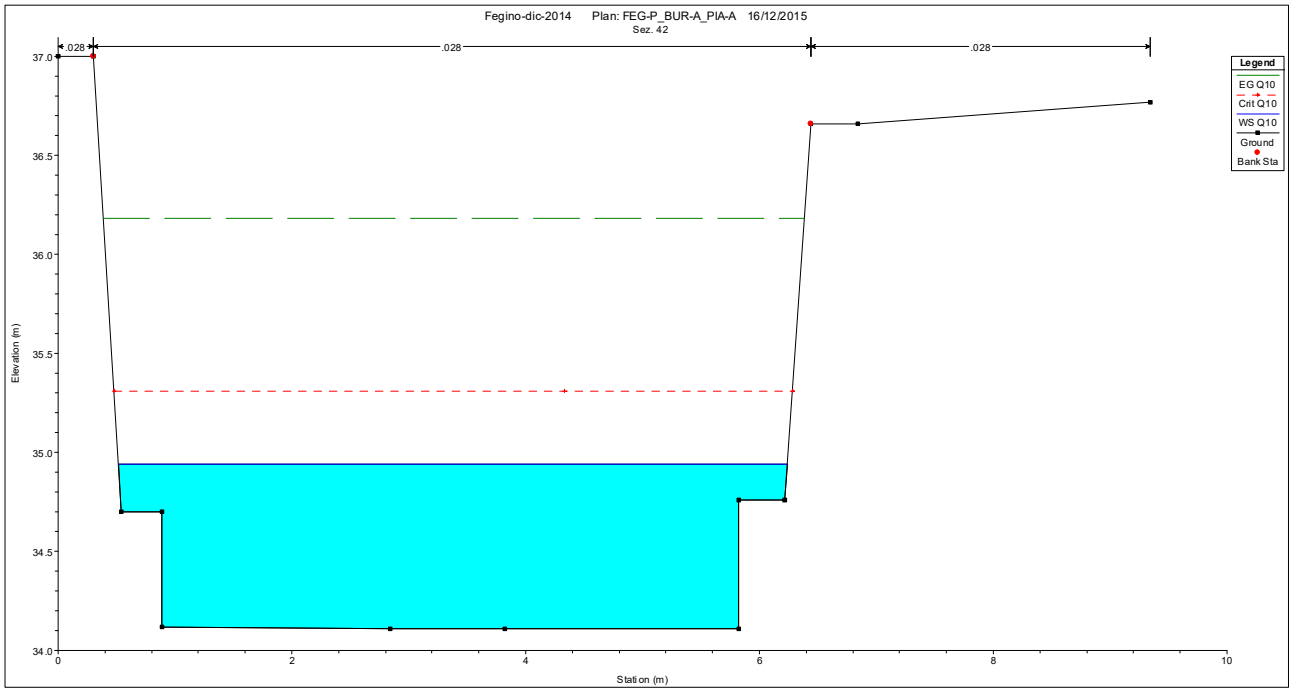
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



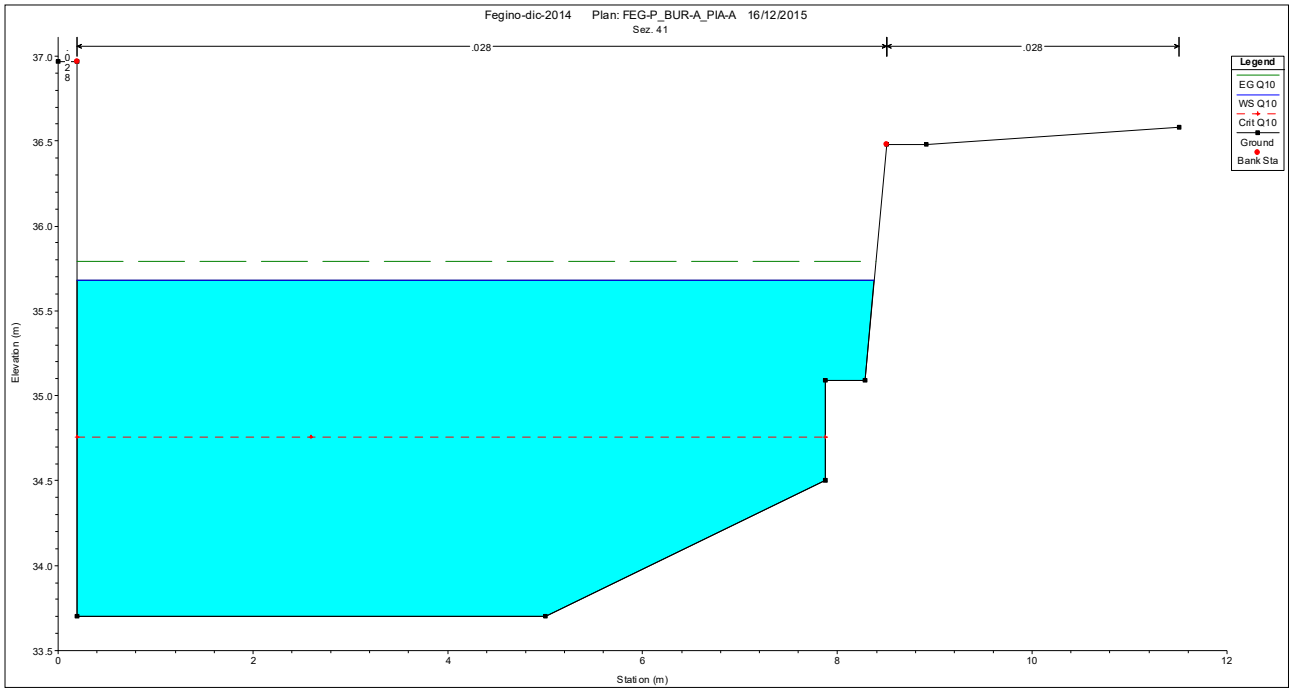


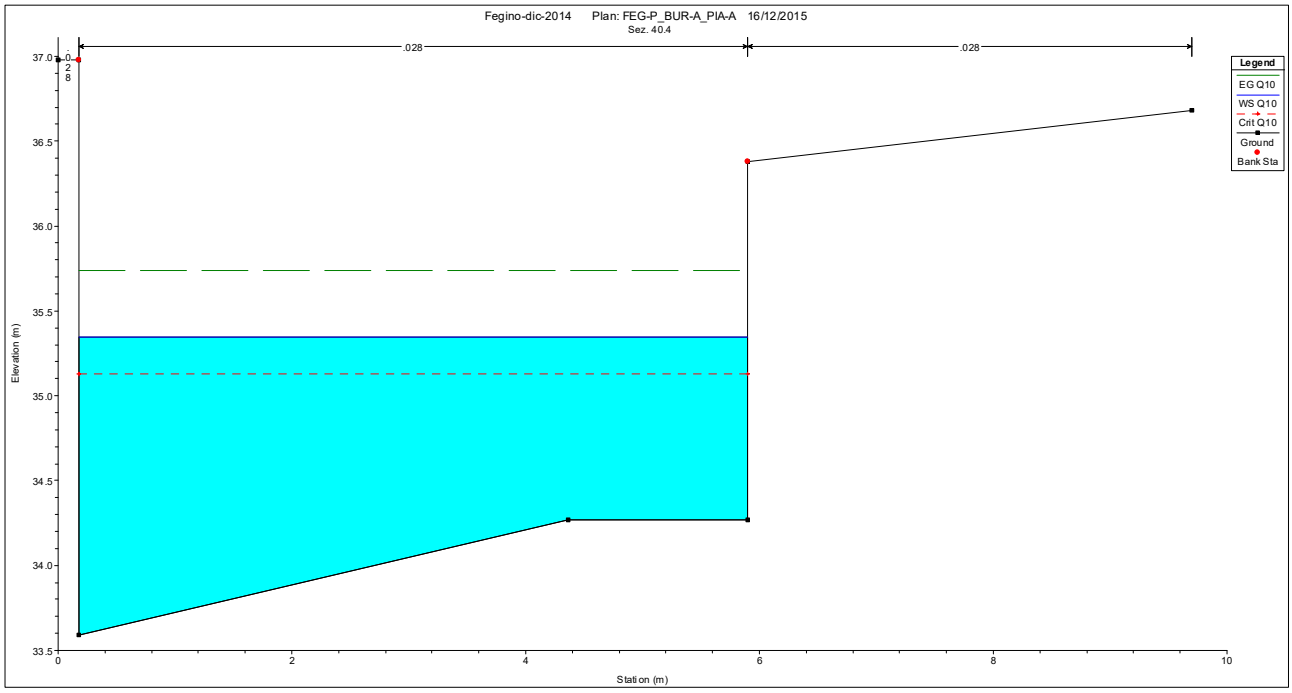
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



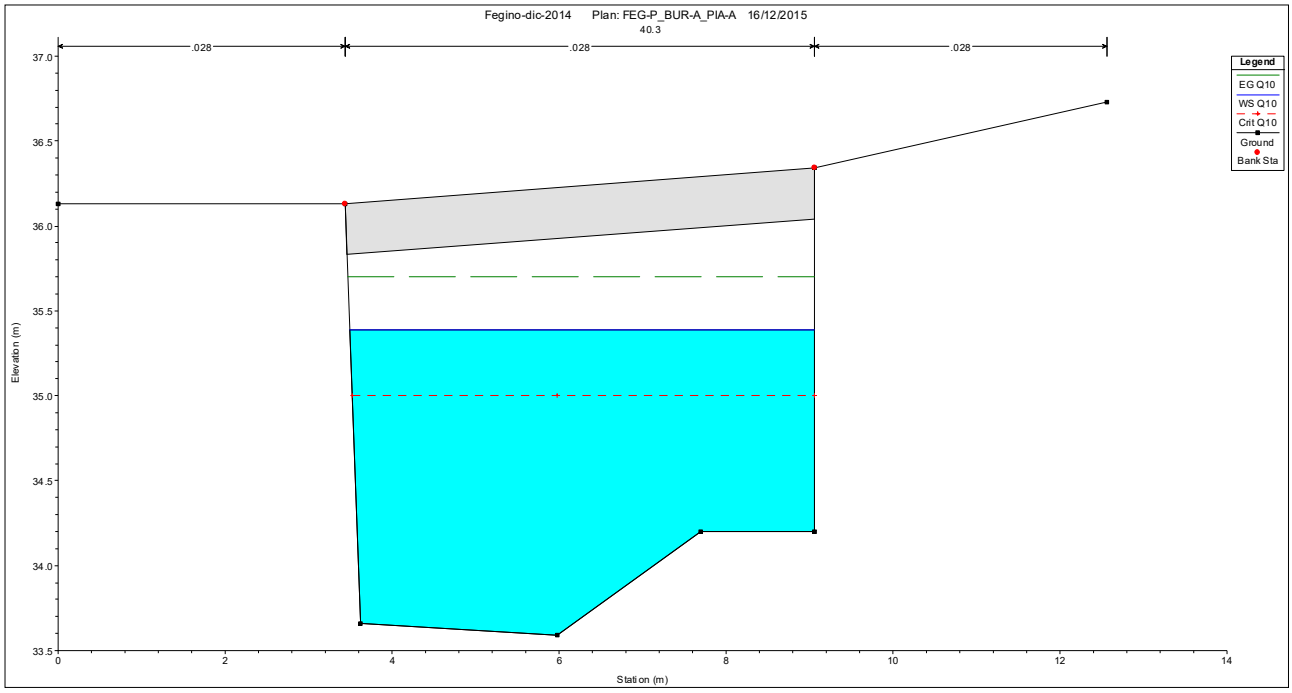


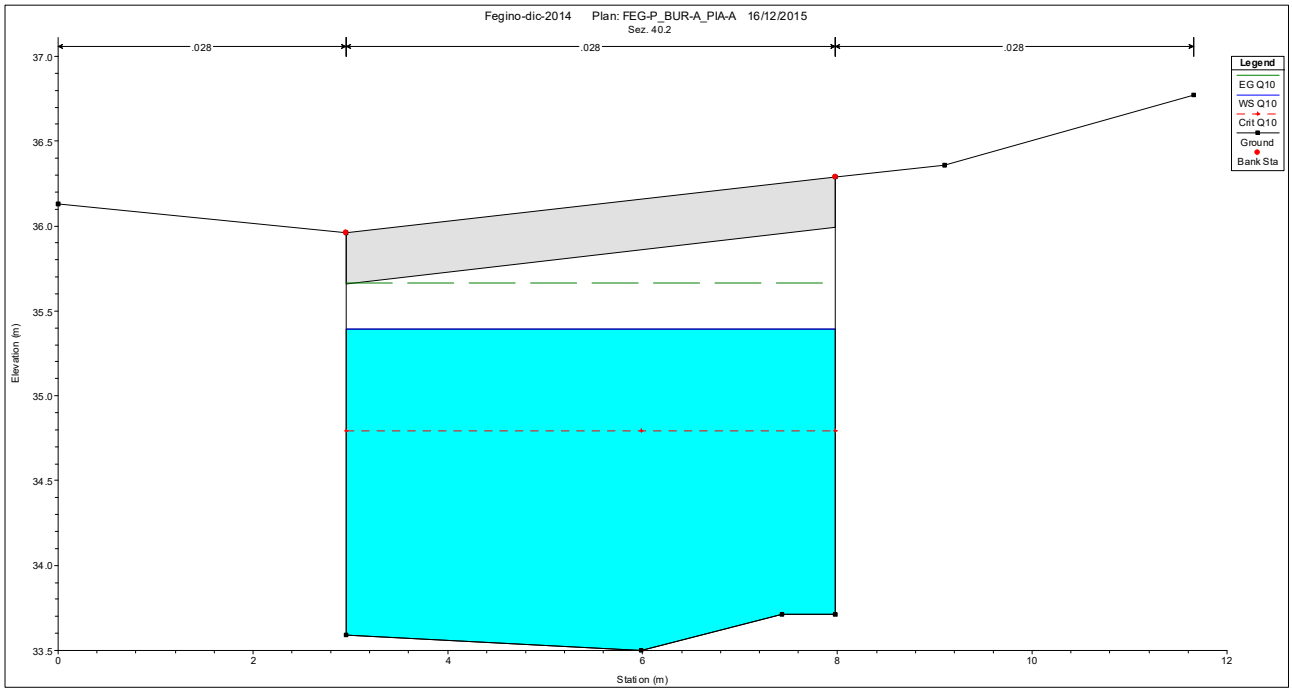
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



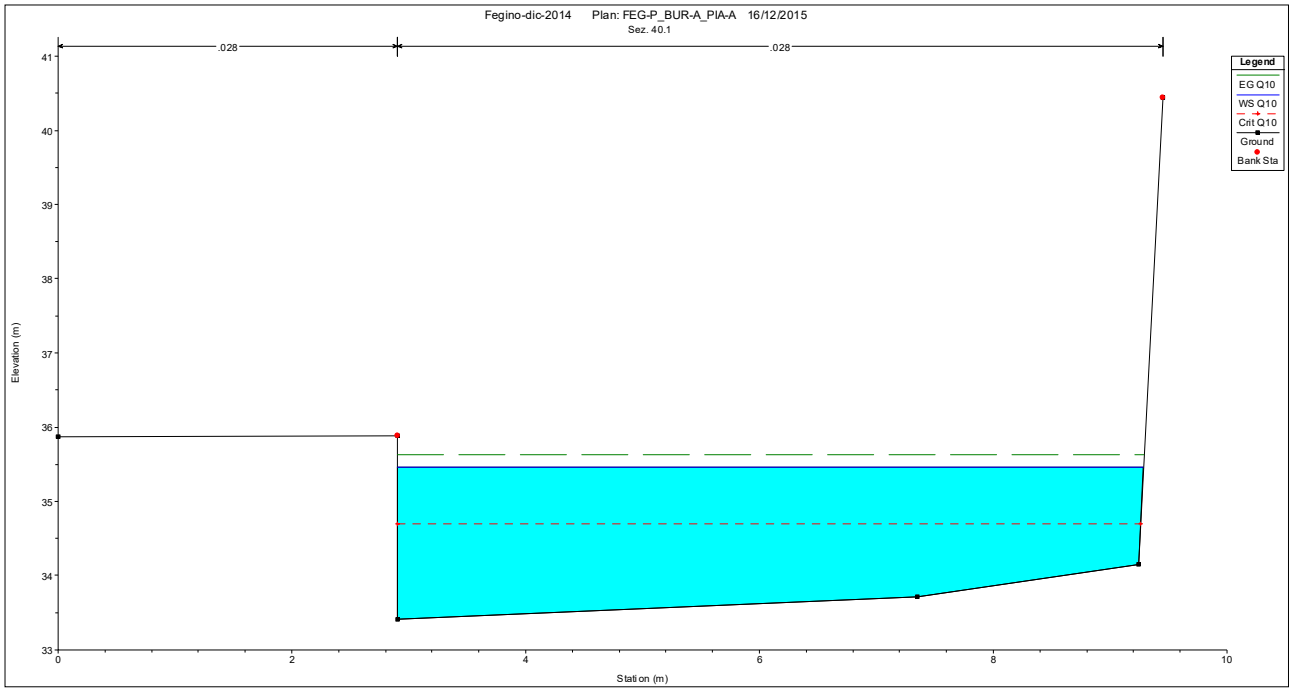


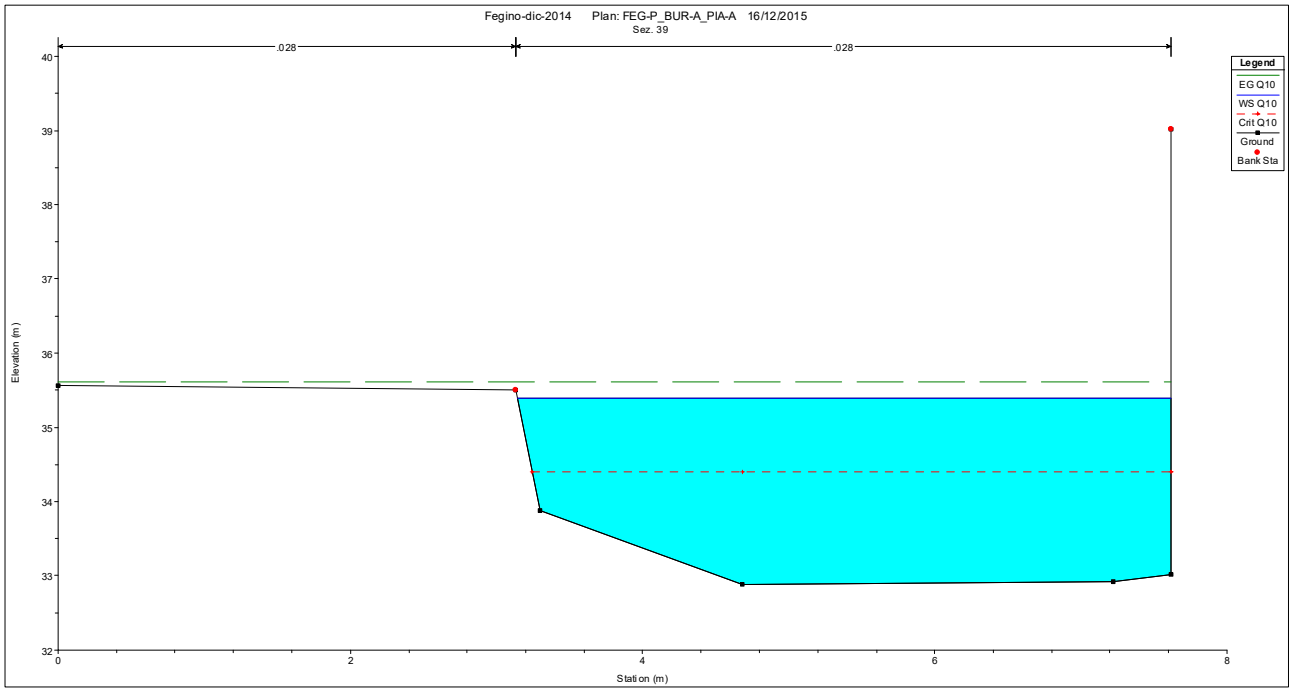
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



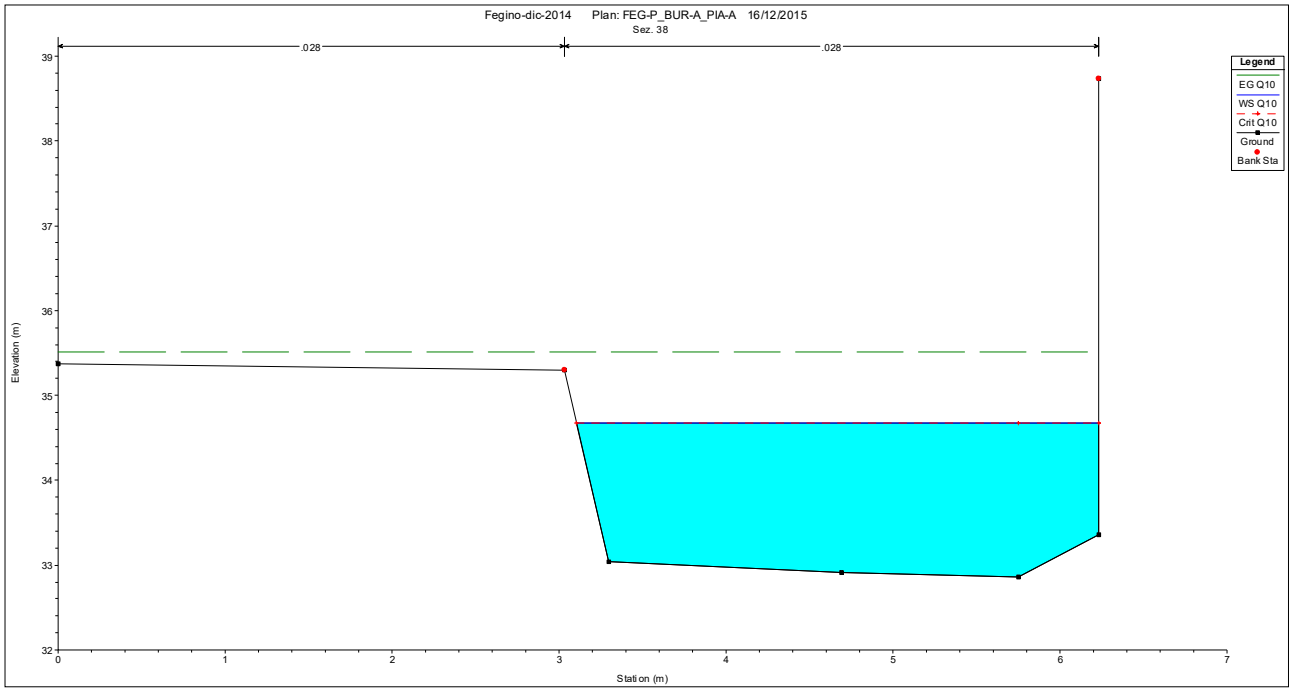


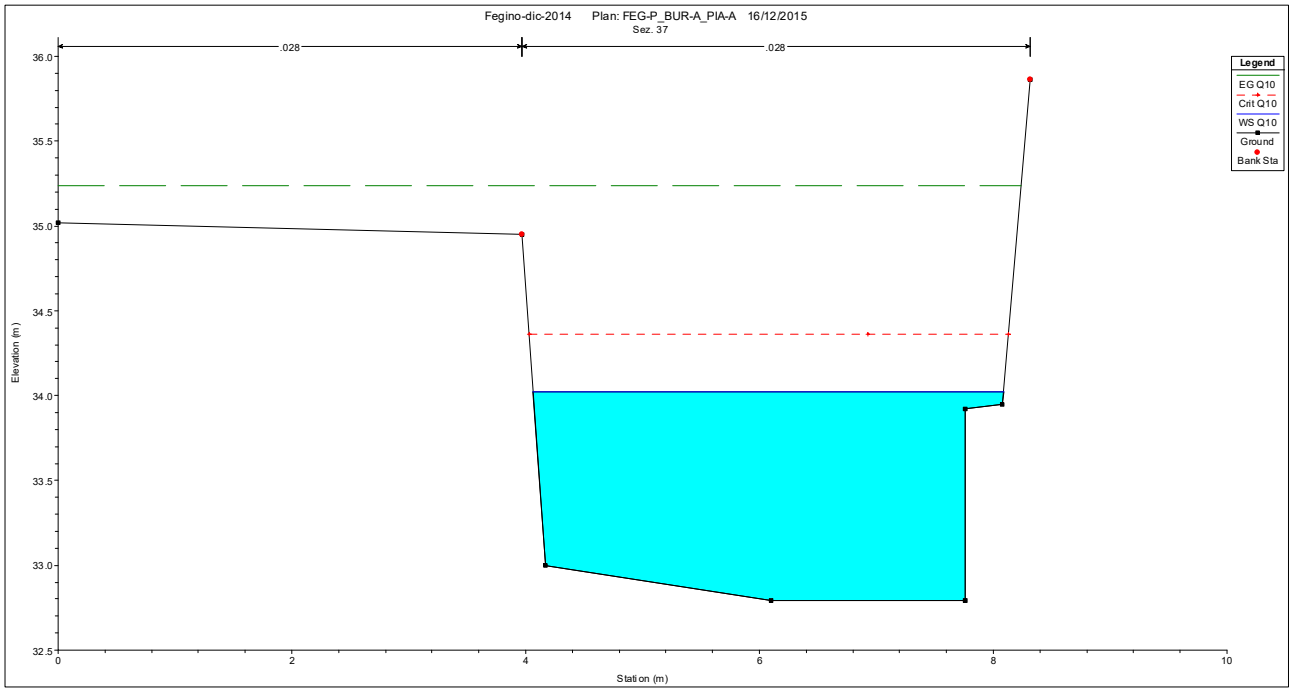
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



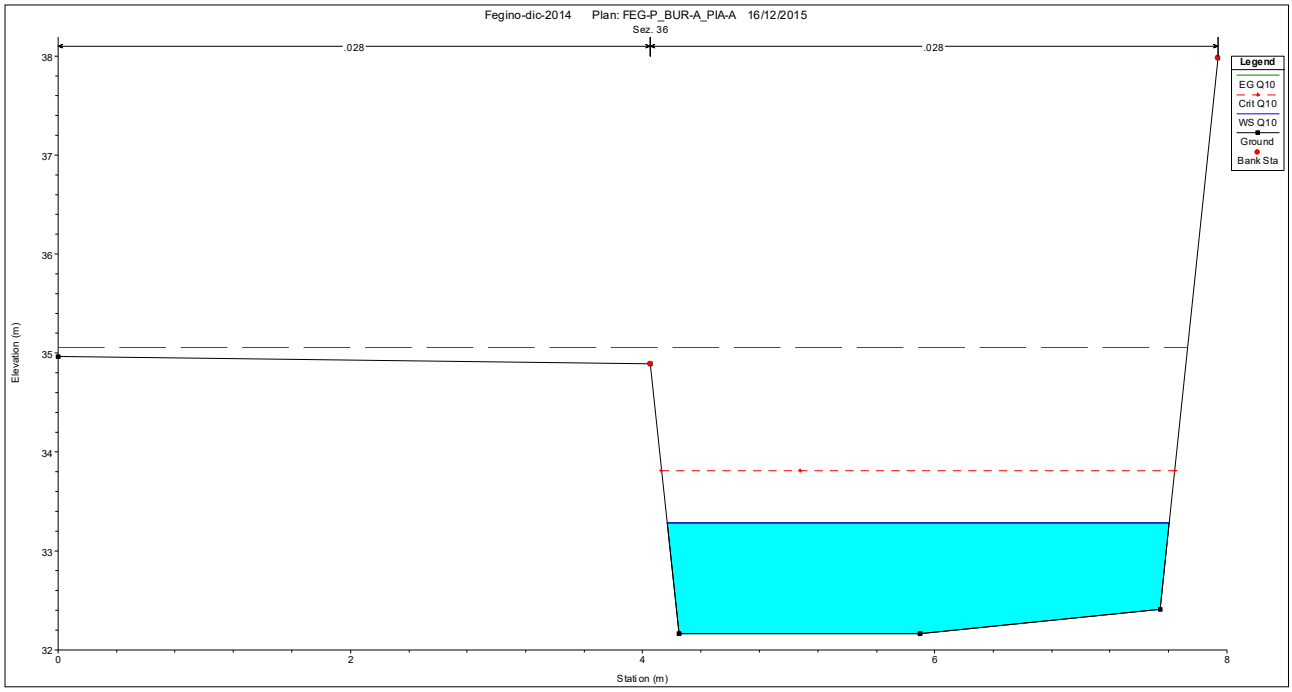


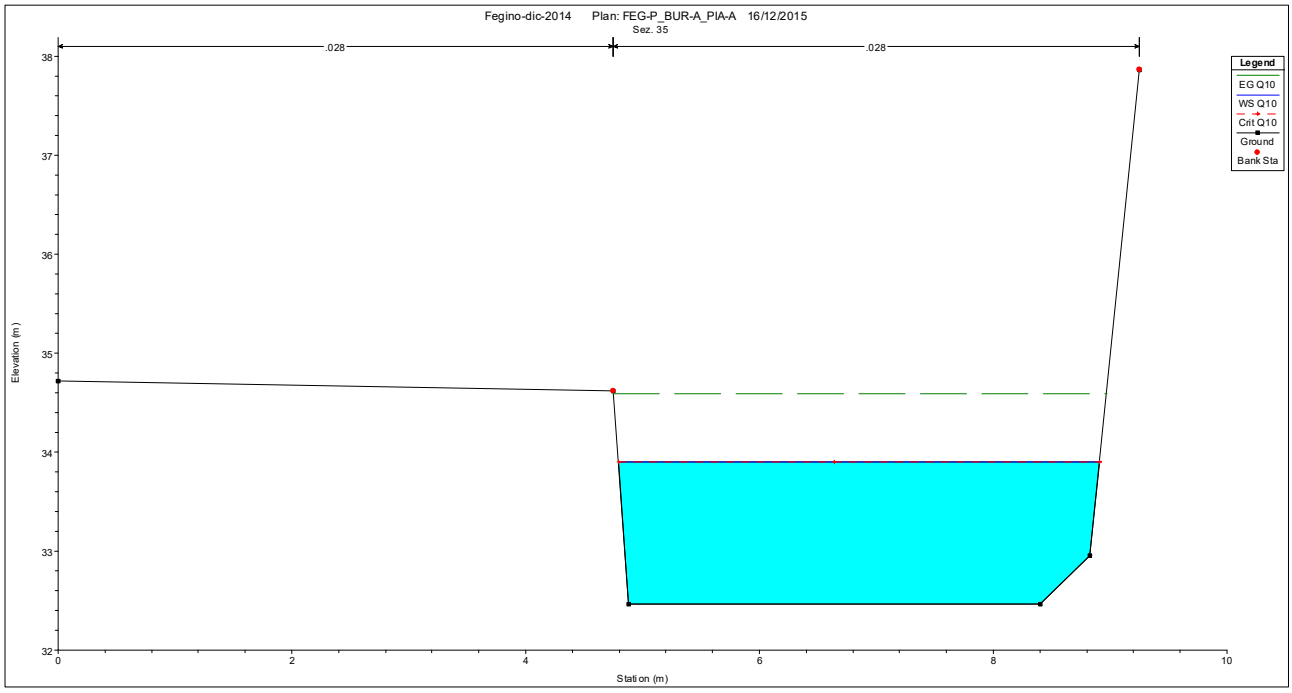
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



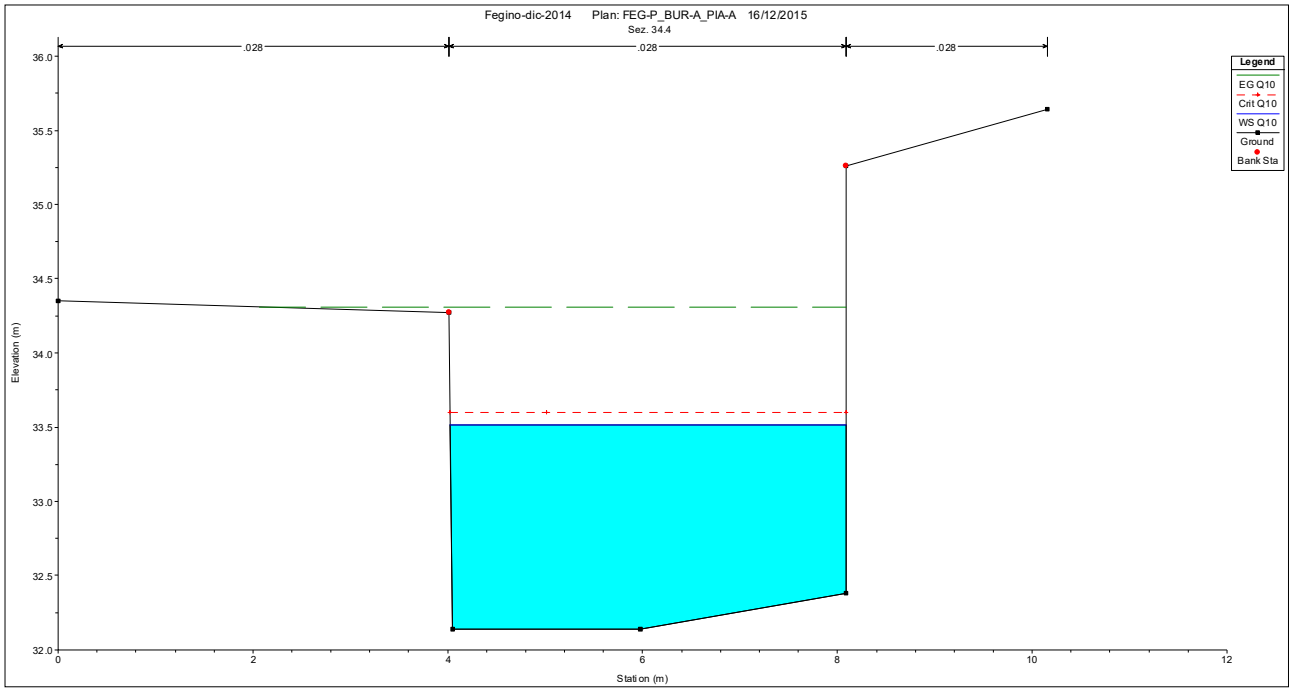


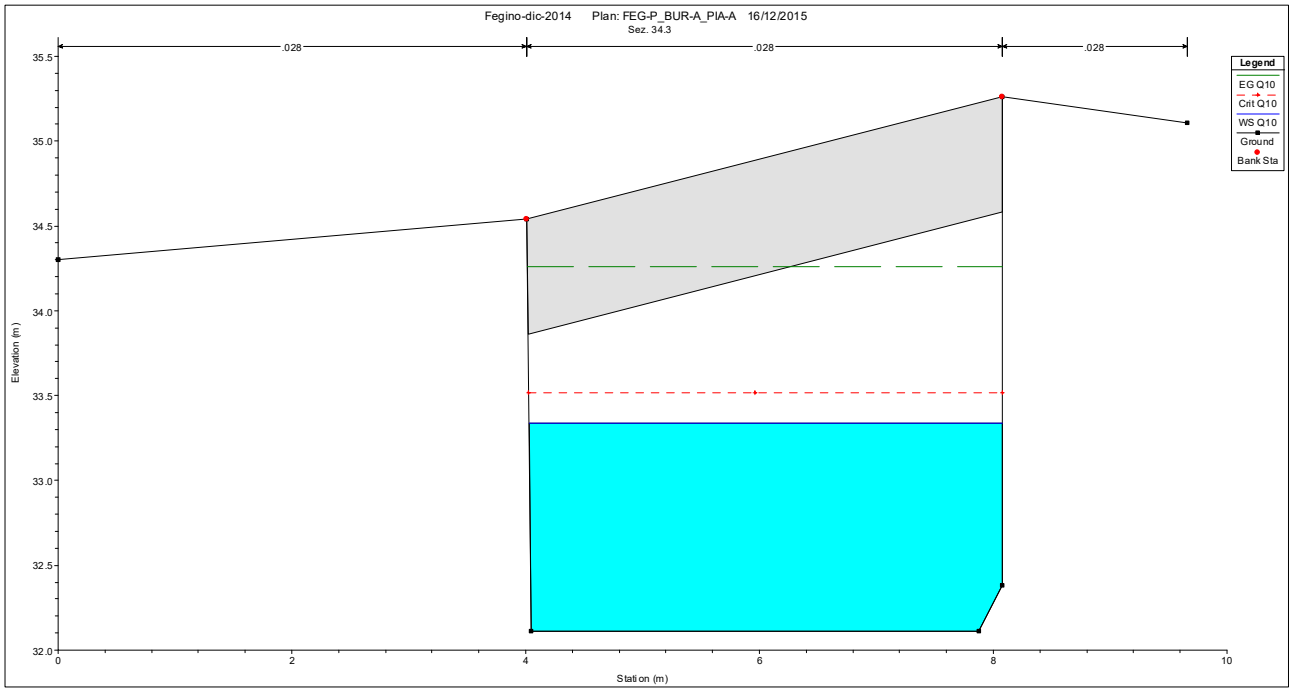
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



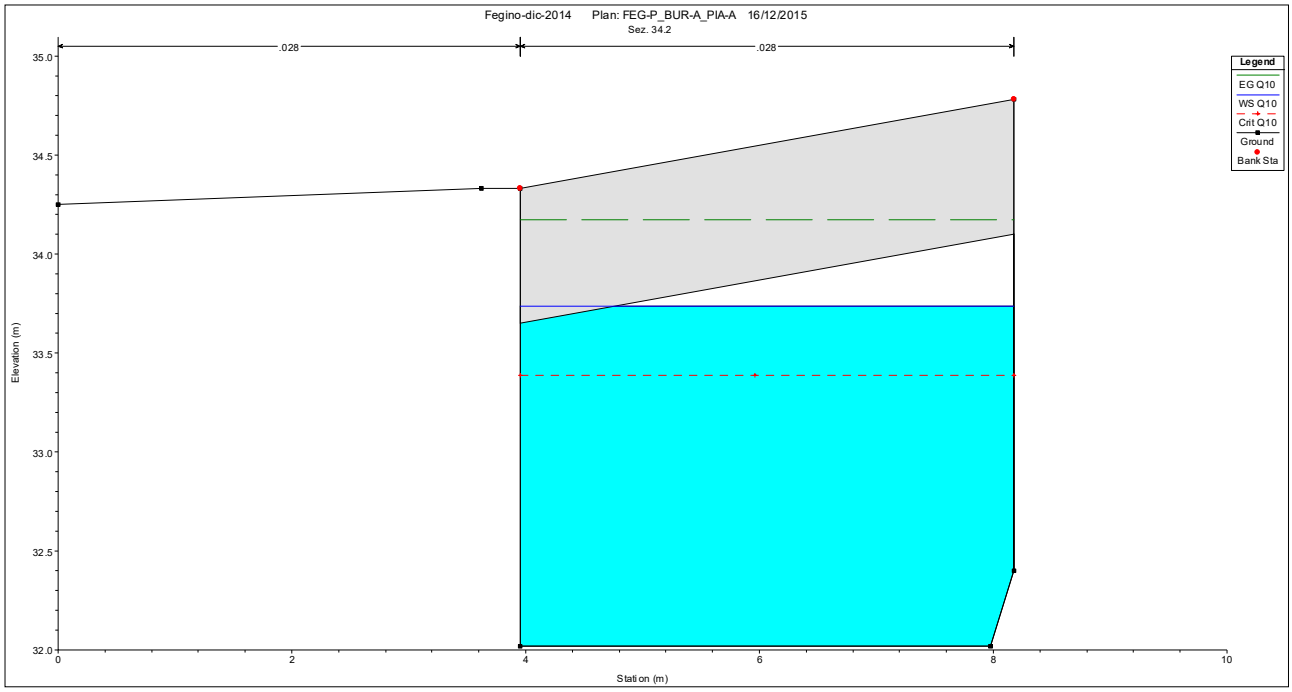


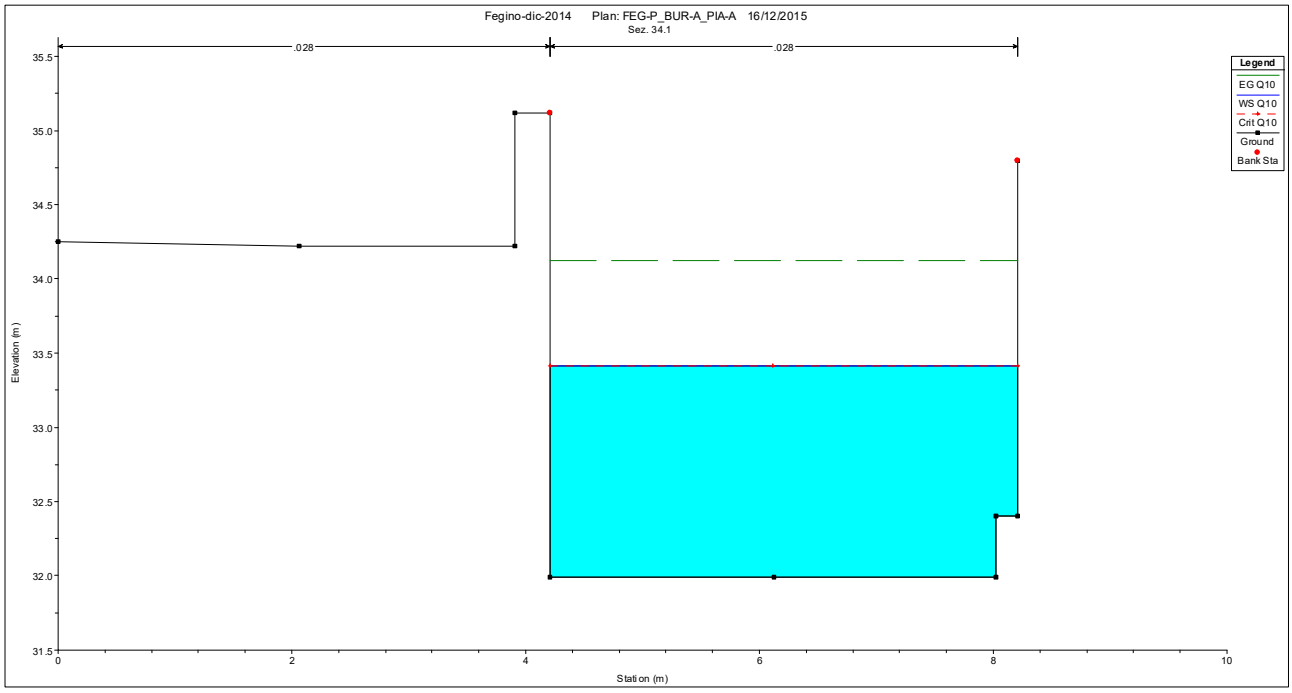
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



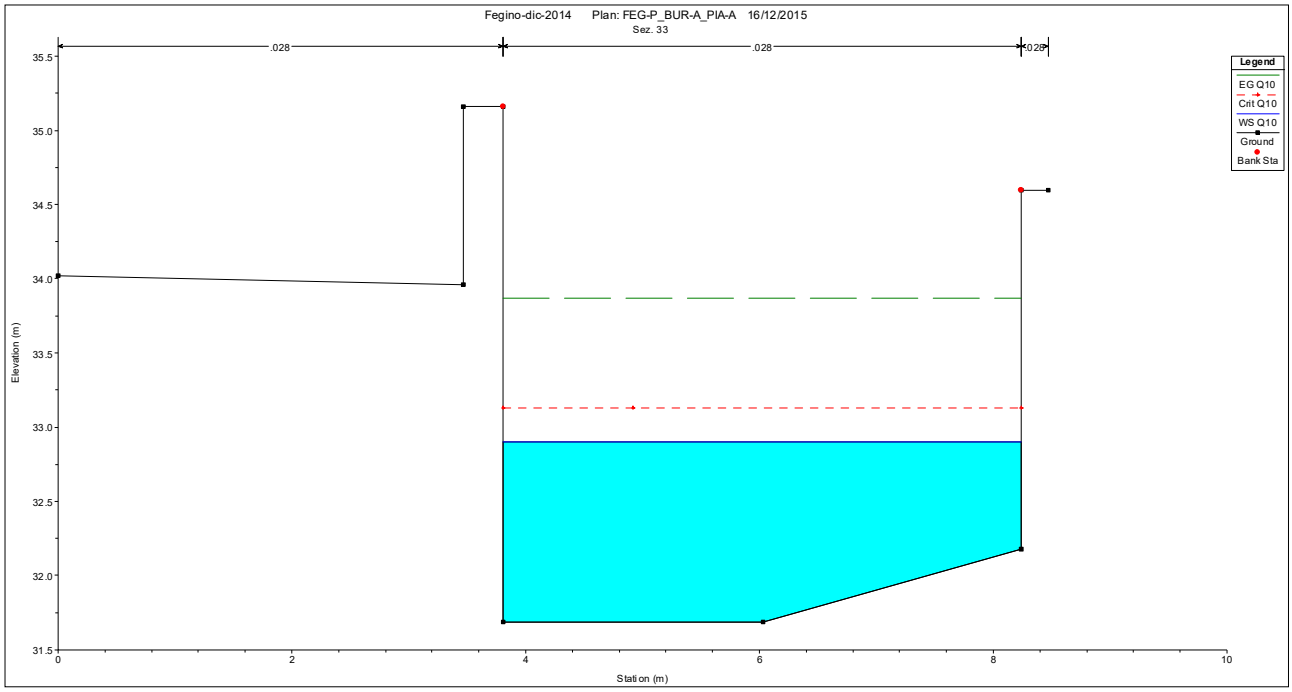


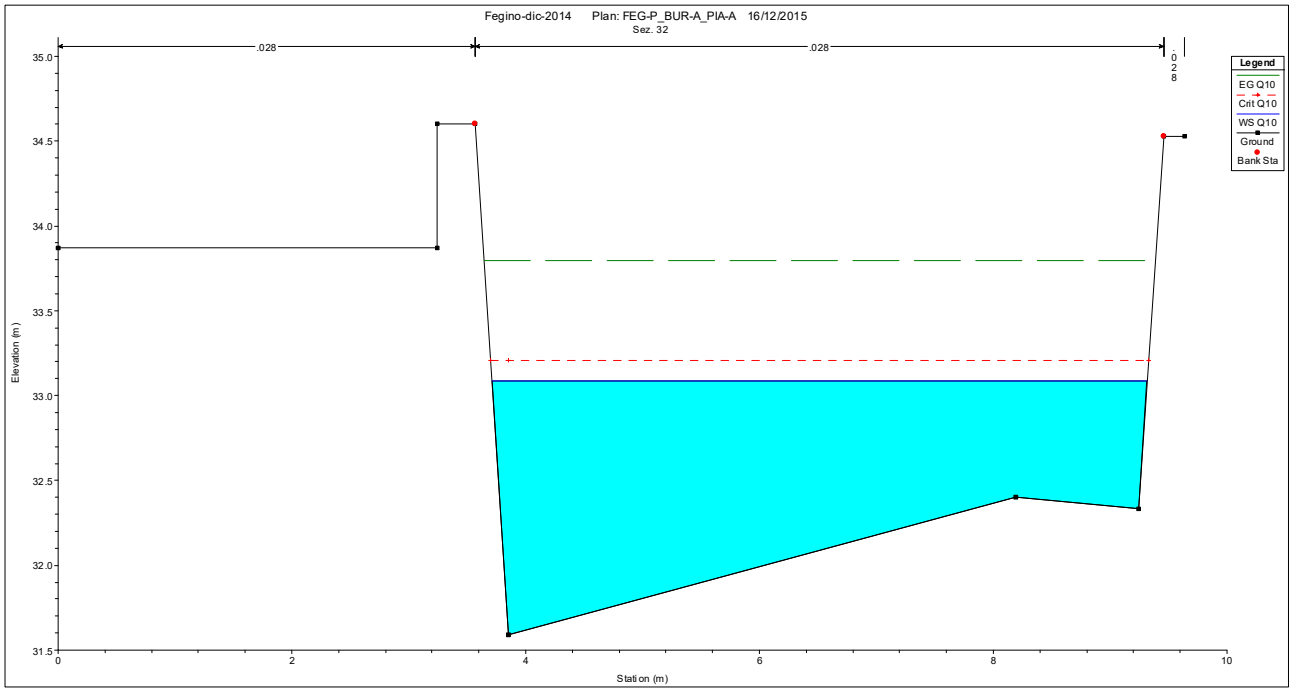
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



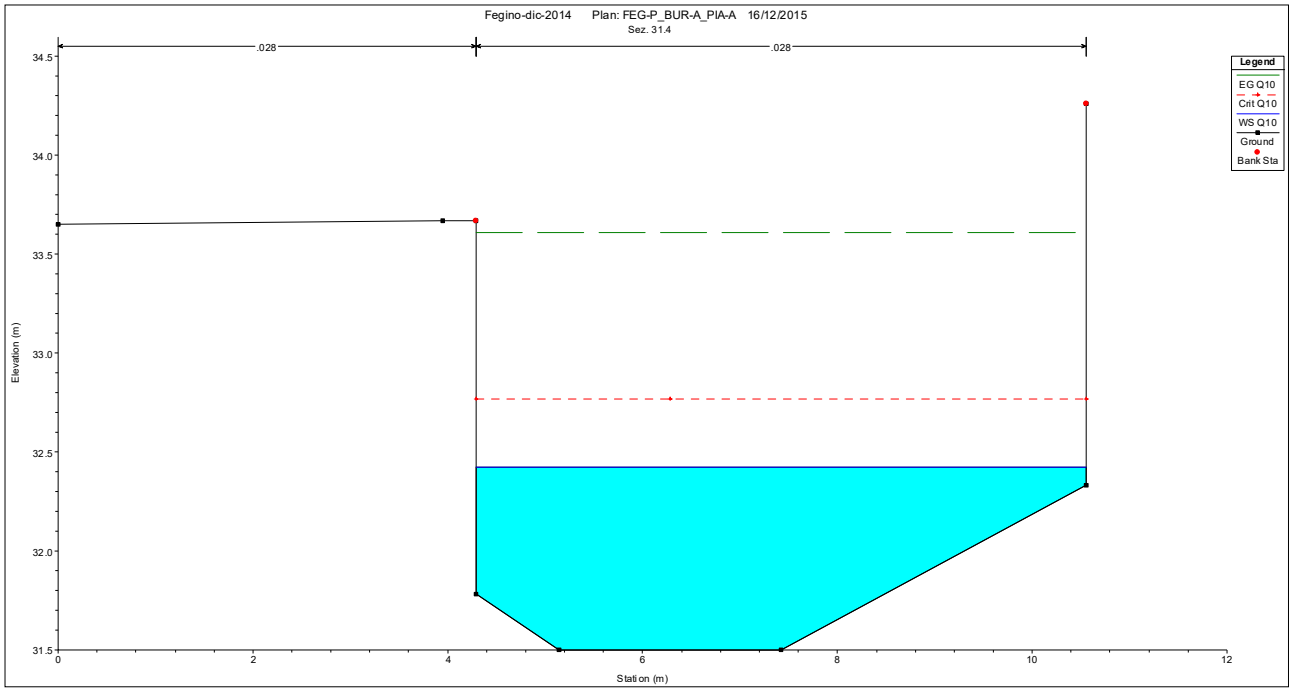


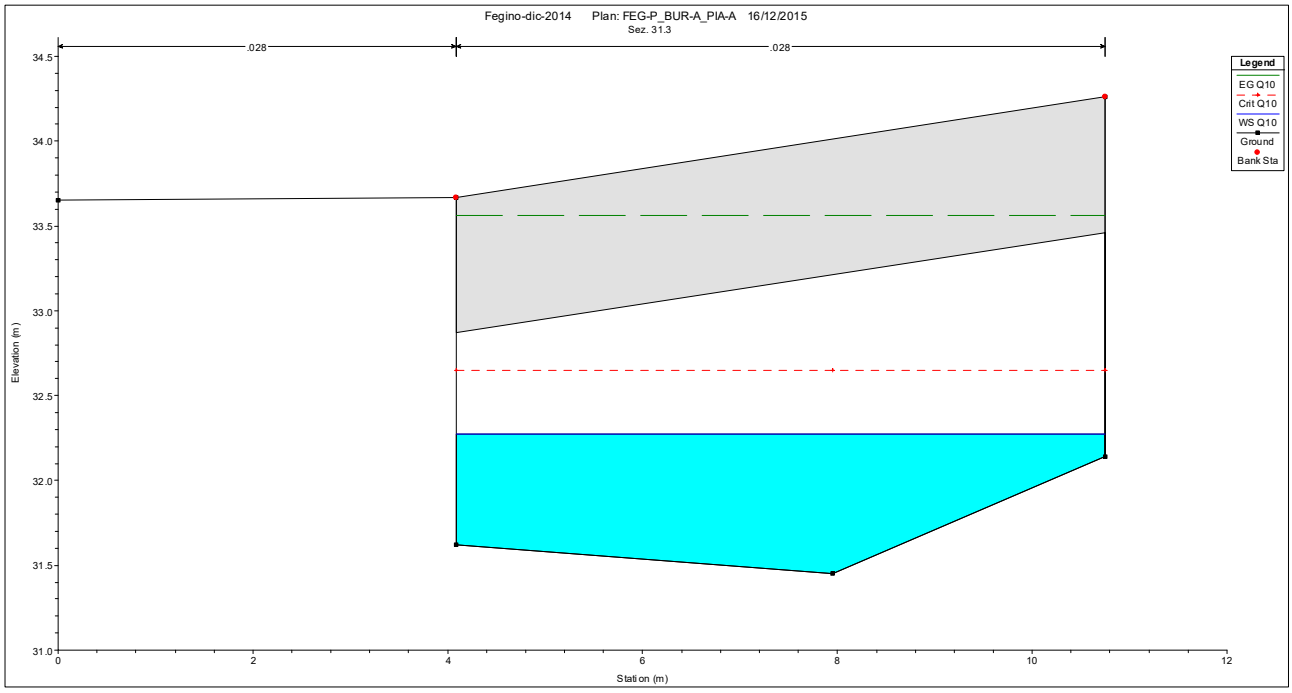
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



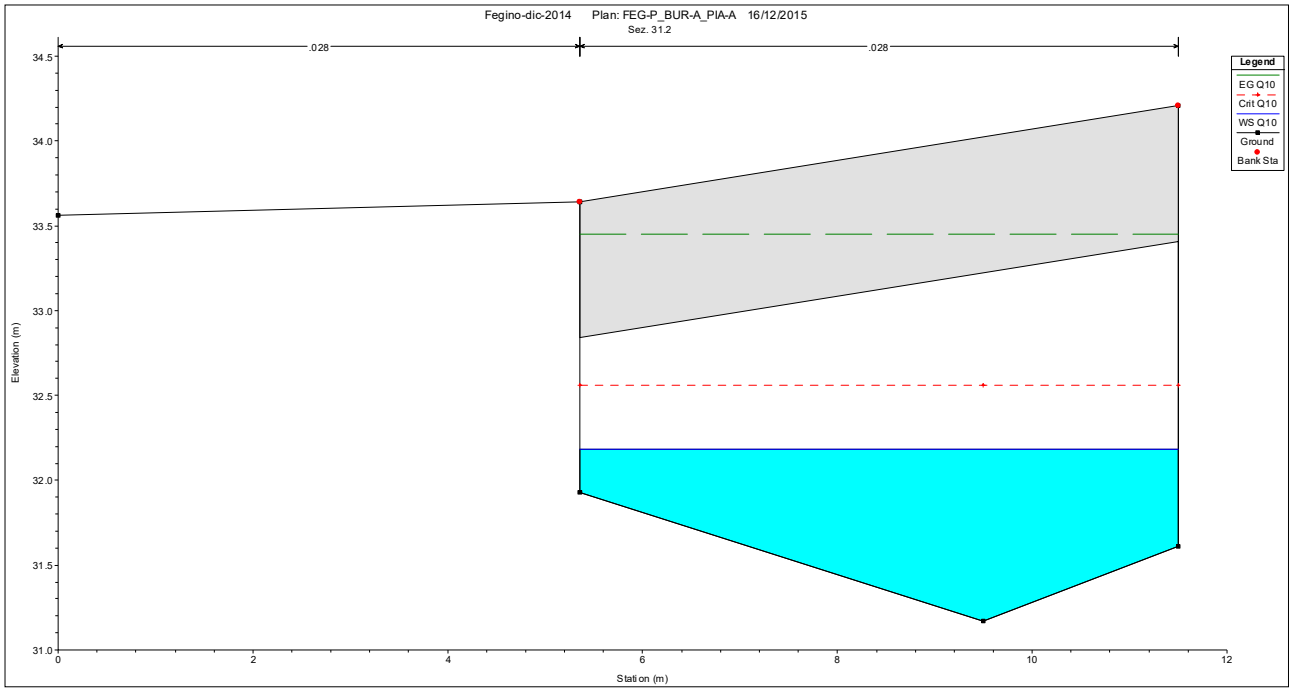


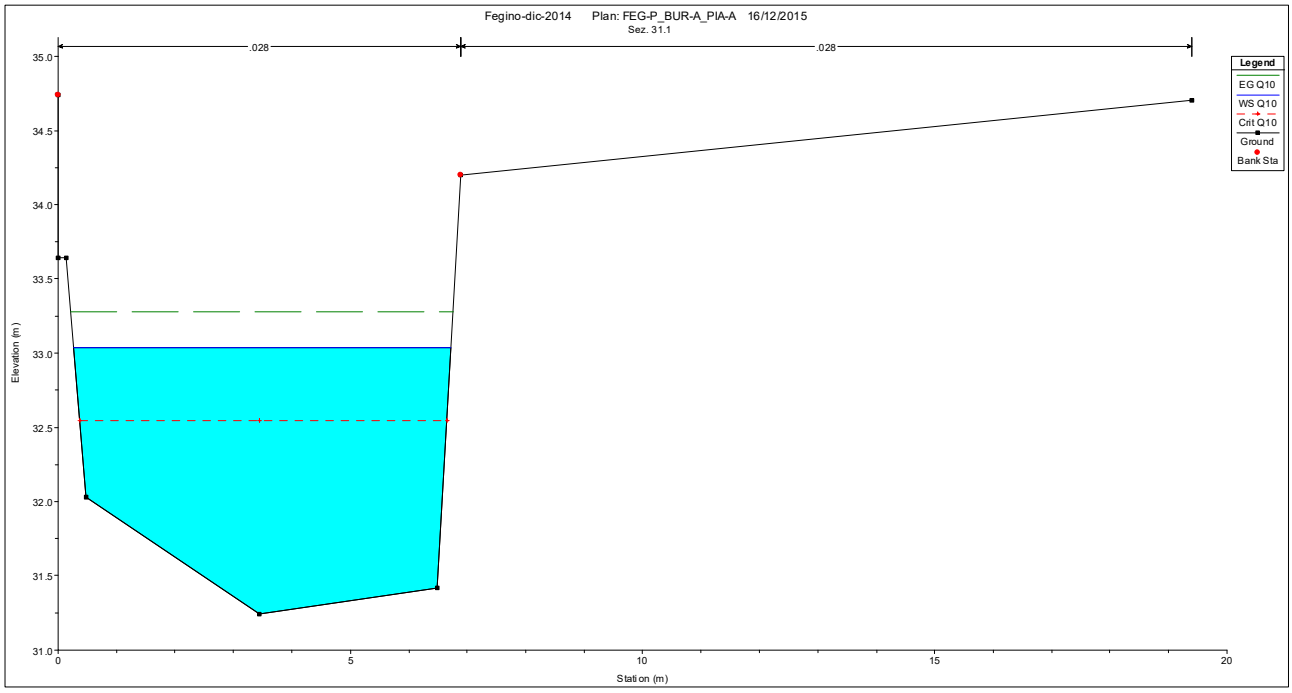
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



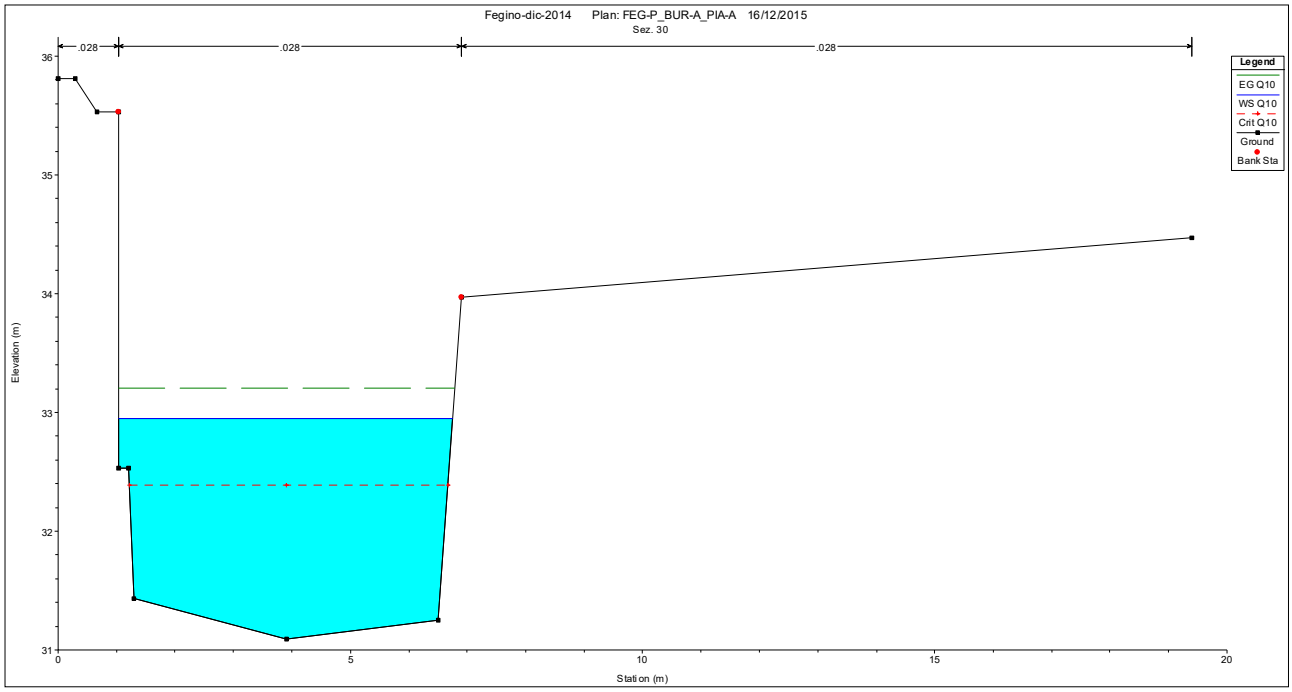


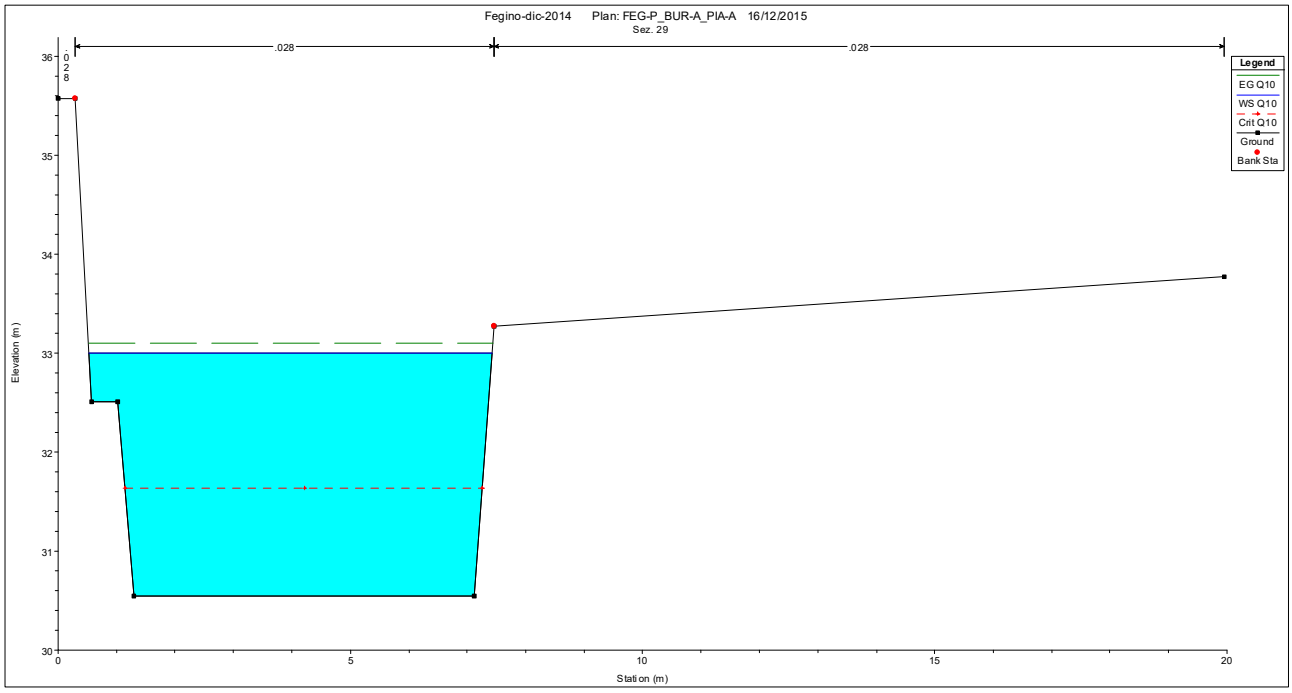
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



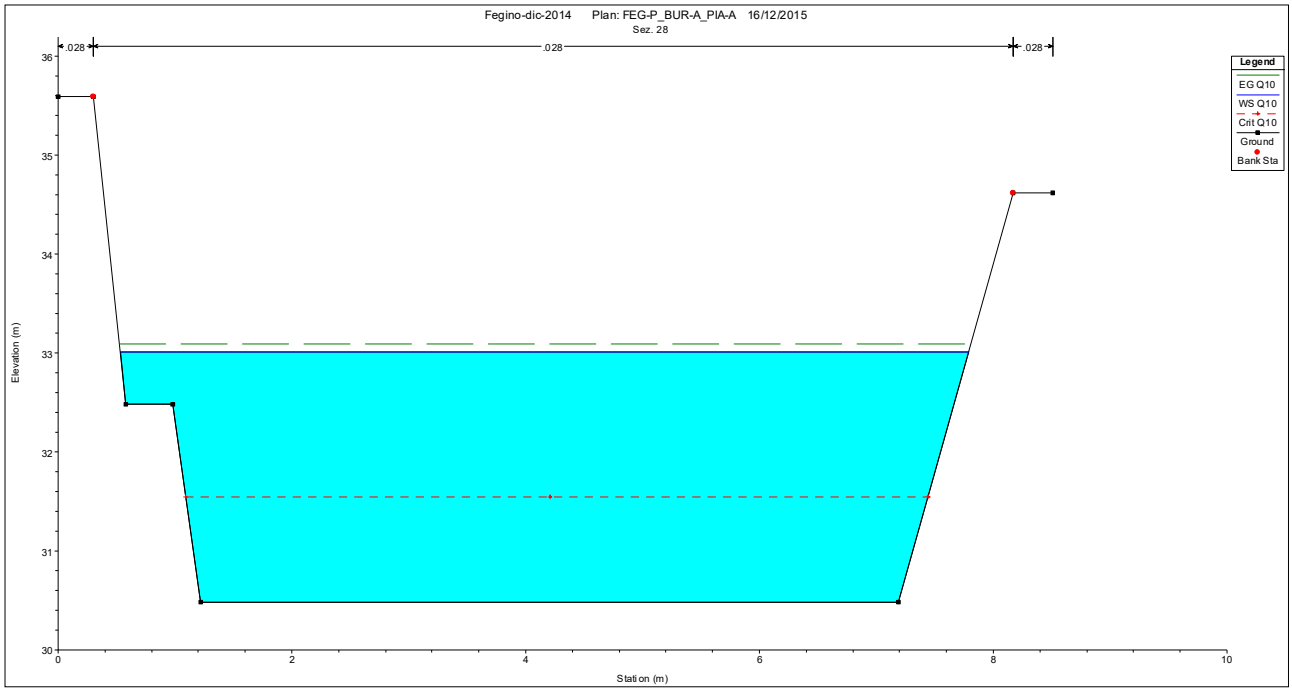


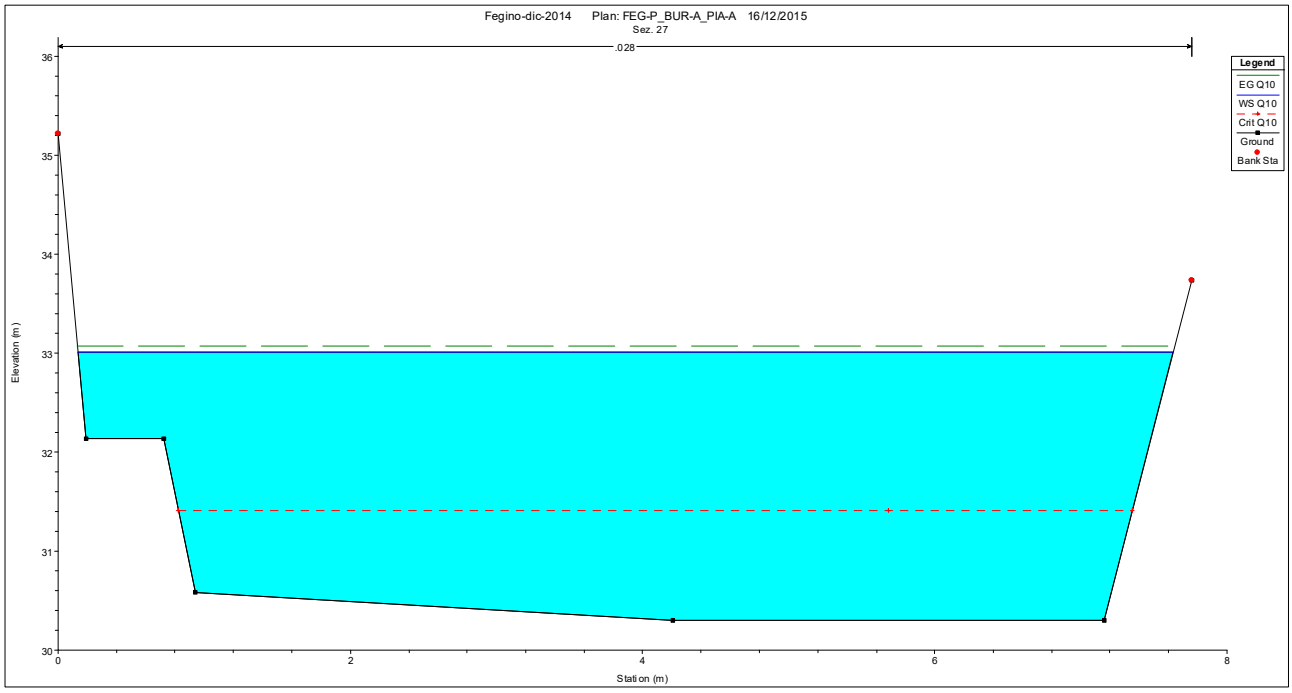
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



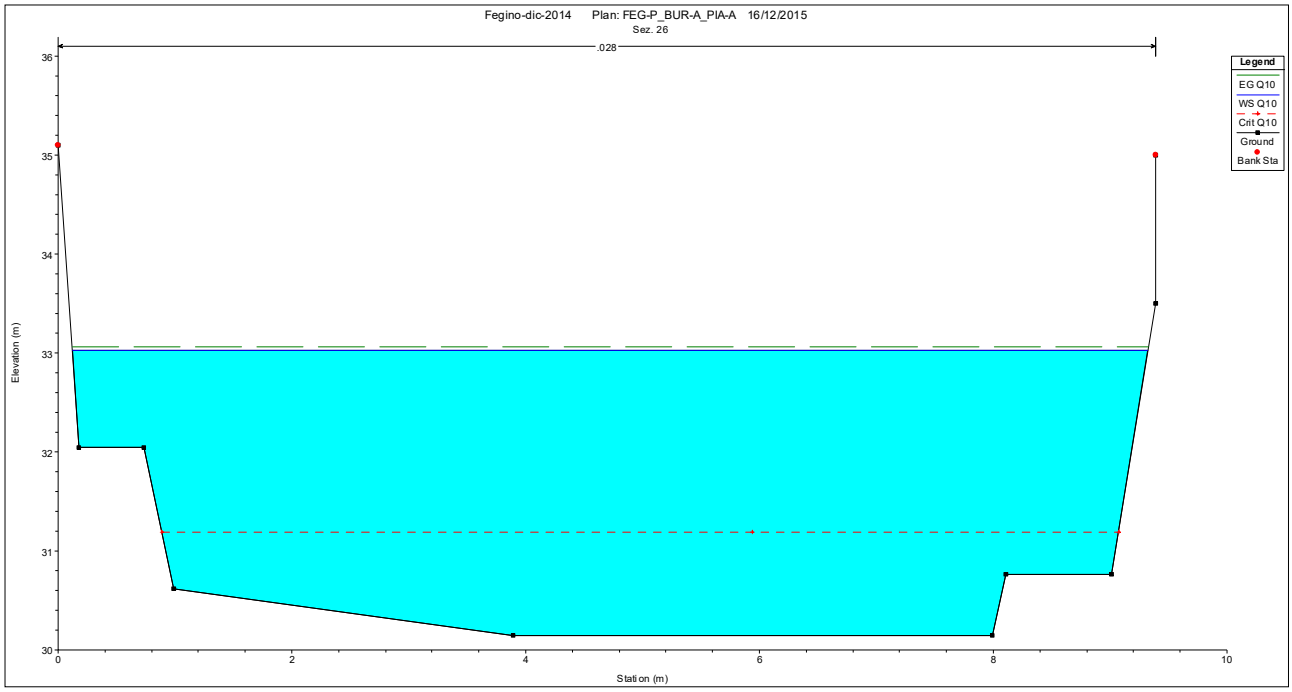


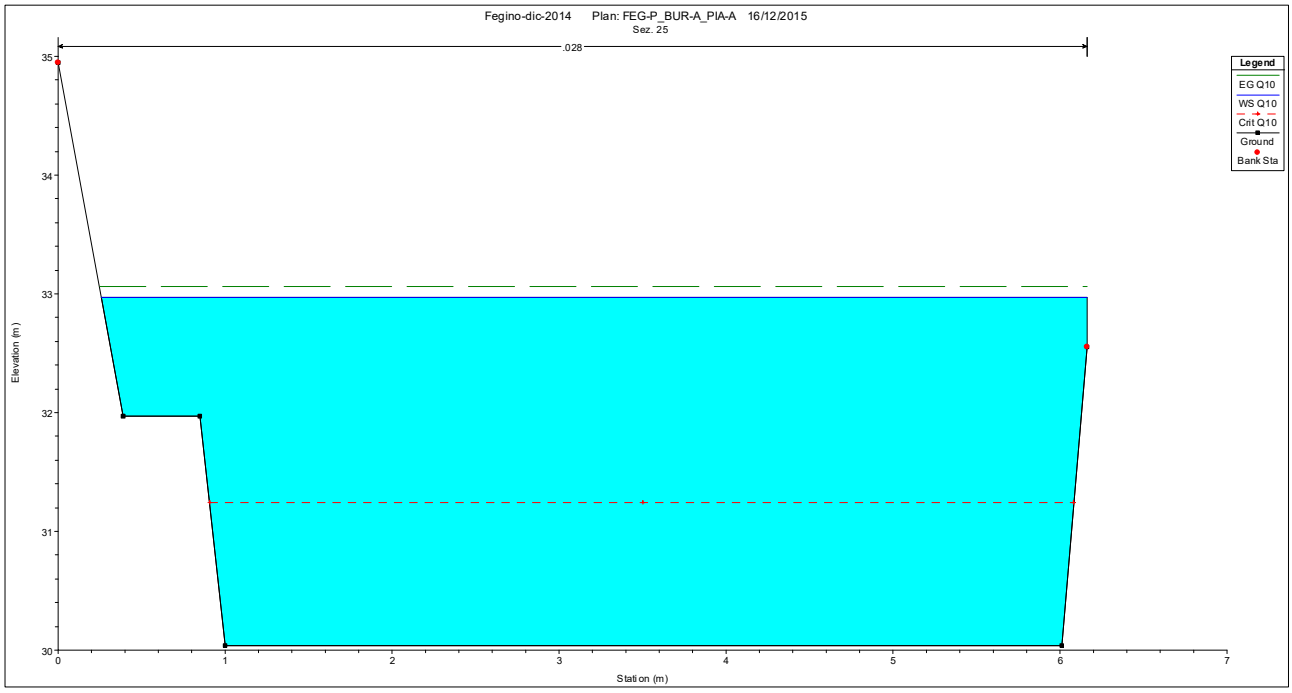
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



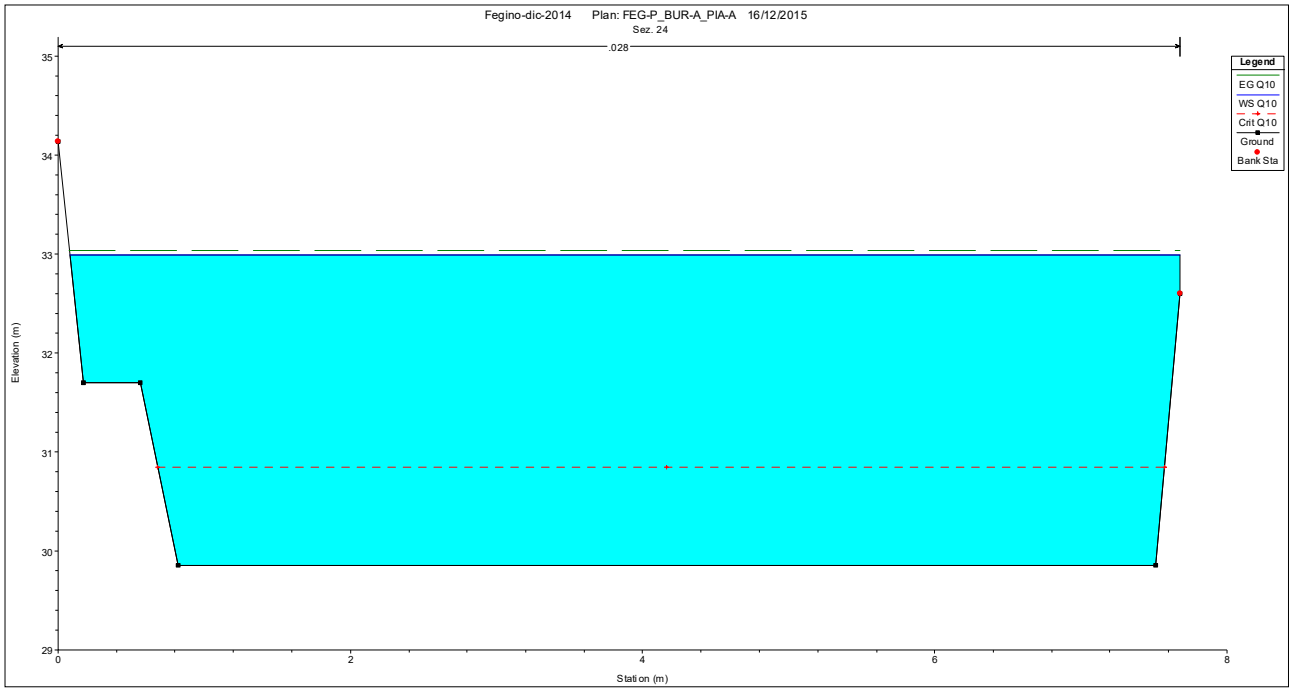


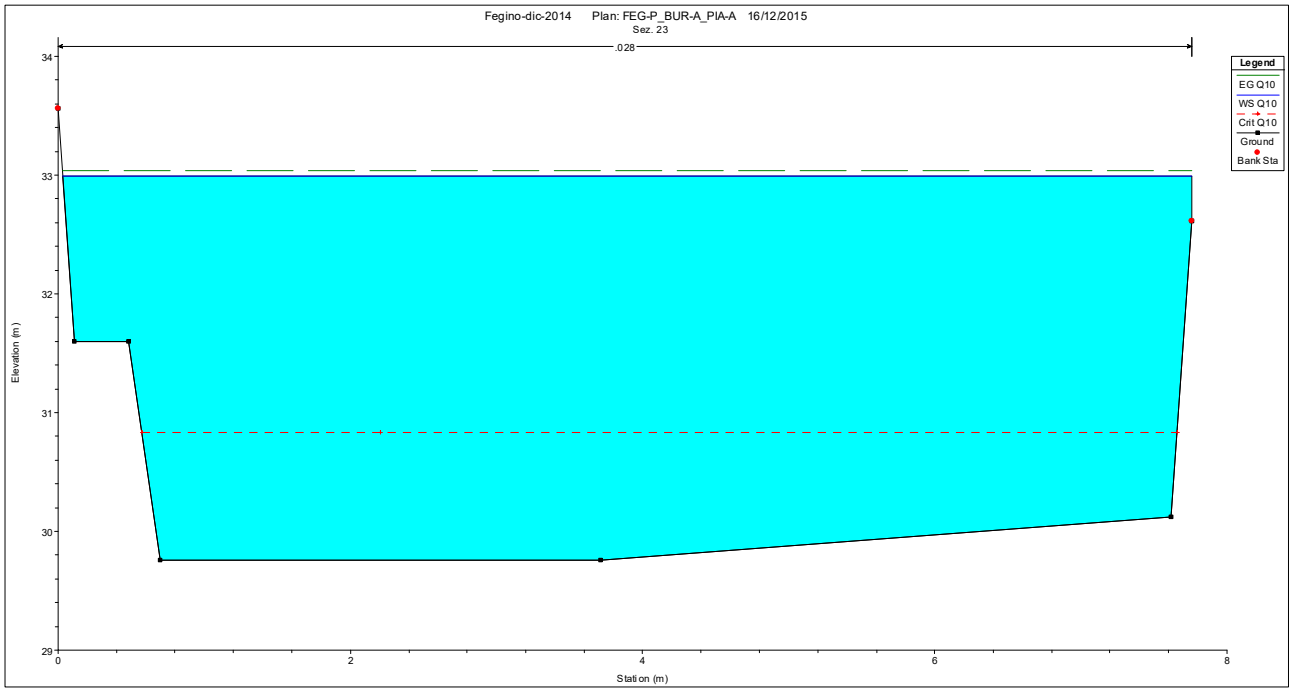
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



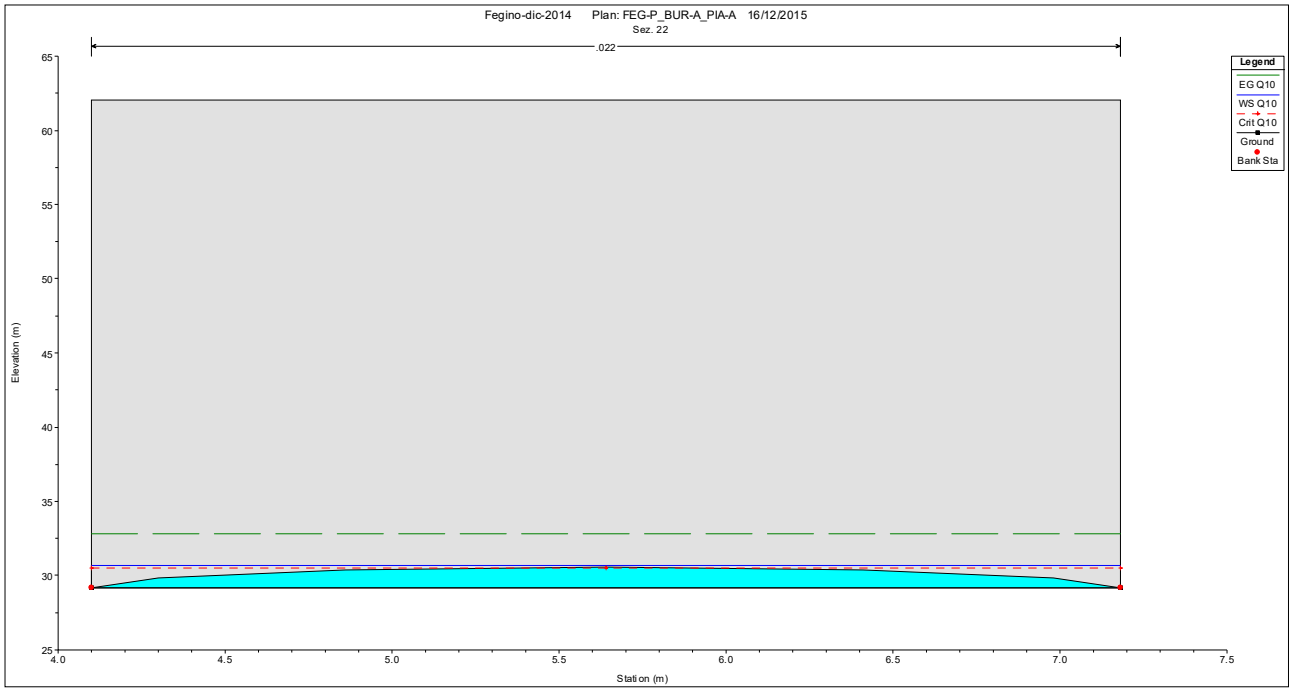


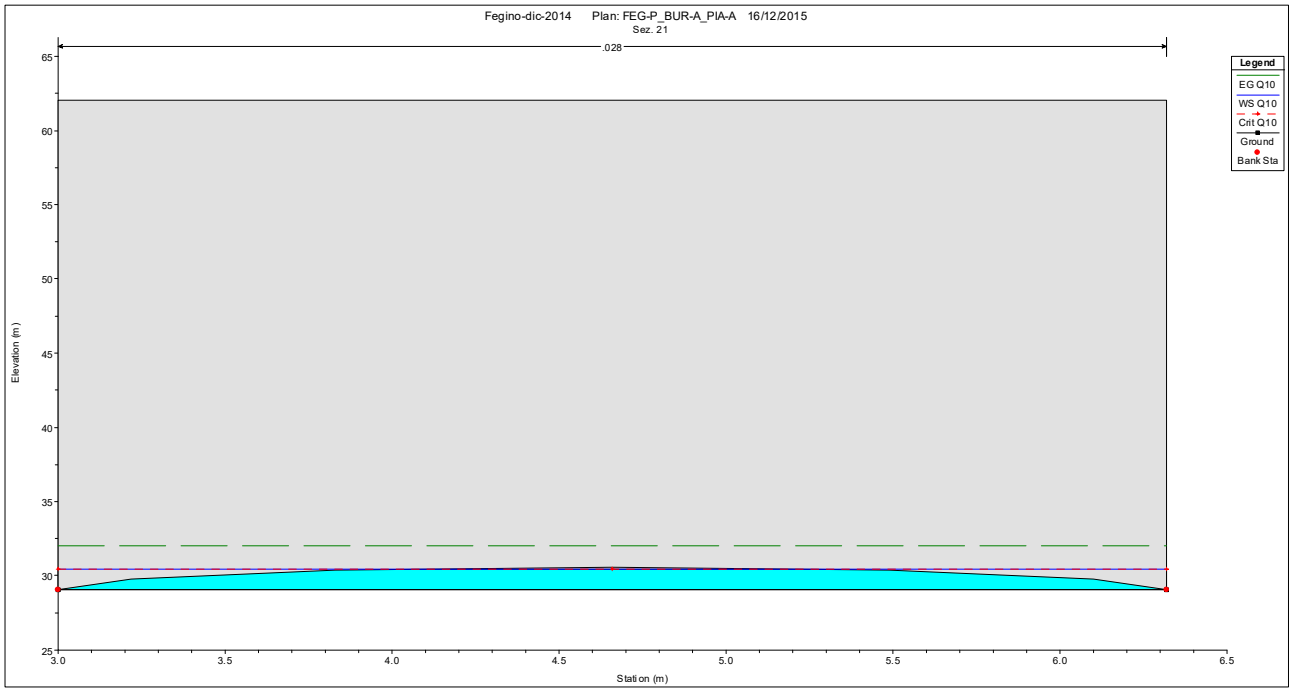
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



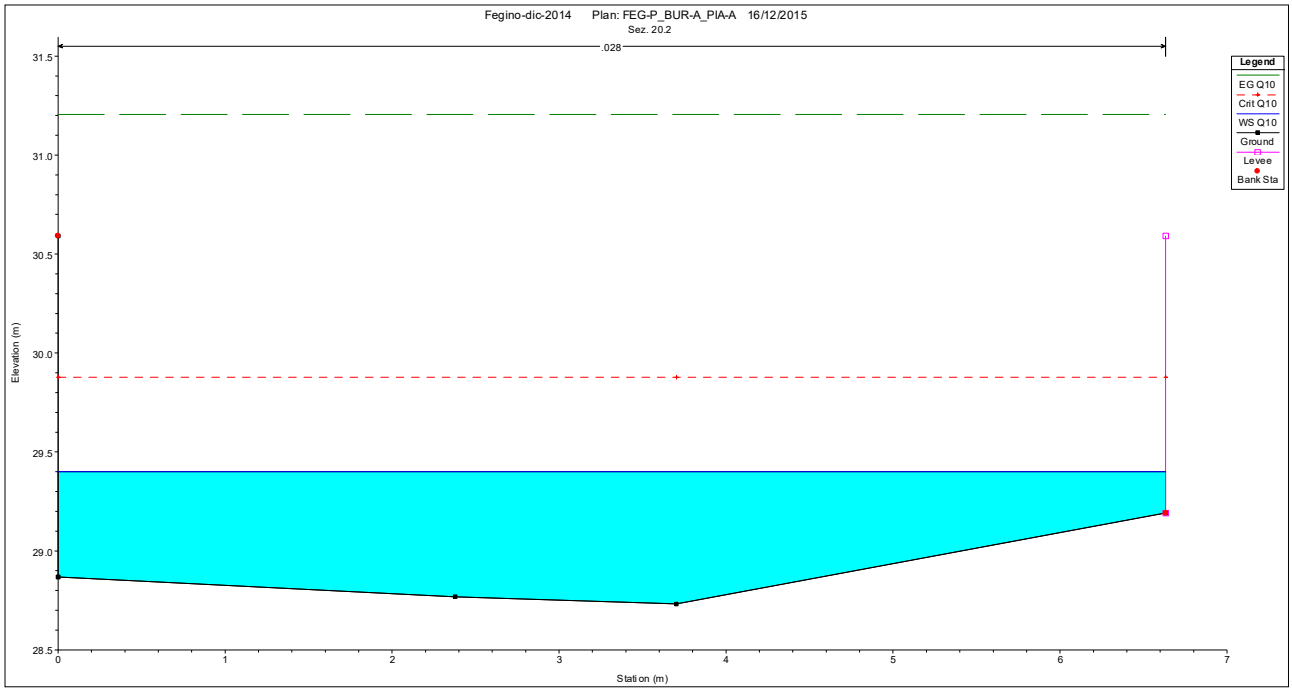


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta





È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



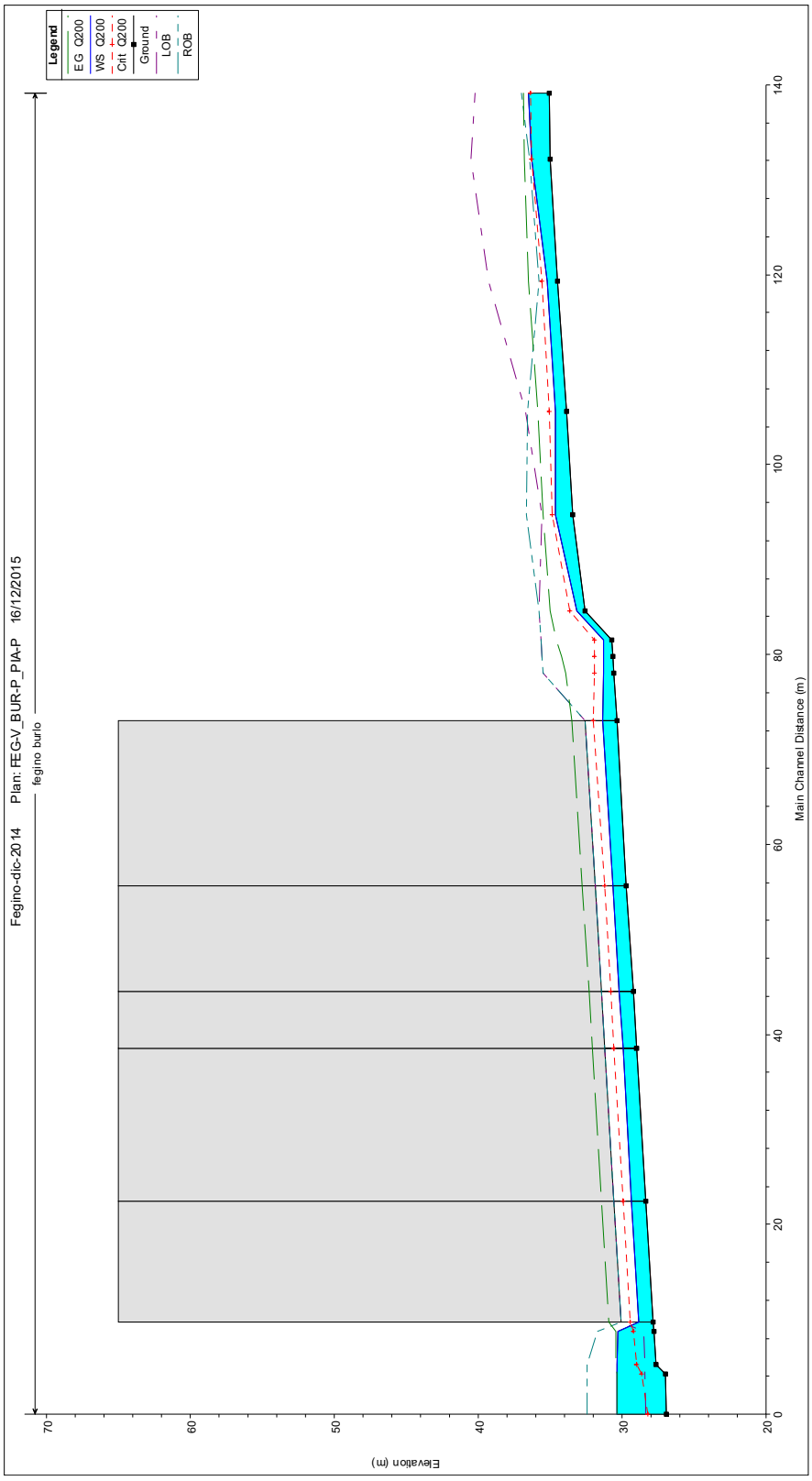
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

10.2. Risultati analisi allo stato di progetto (VPP)

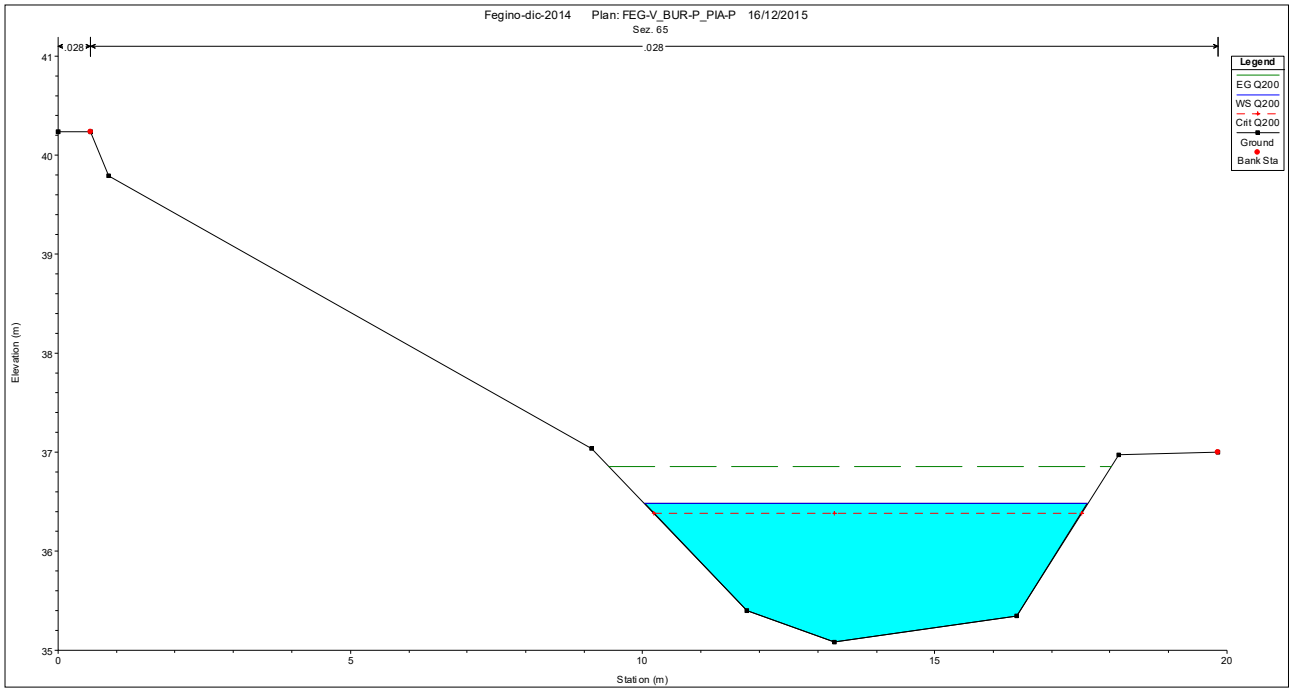
Si riportano di seguito il profilo longitudinale e le sezioni dei tratti di rii indagati (dalla SEZ-65 alla SEZ-20.1 per il rio Burlo e dalla SEZ-45 alla SEZ-17 per il rio Fegino di monte/valle), nella sua configurazione allo stato di progetto e con riferimento alla portata di progetto 200-ennale per entrambi i tratti di rio.

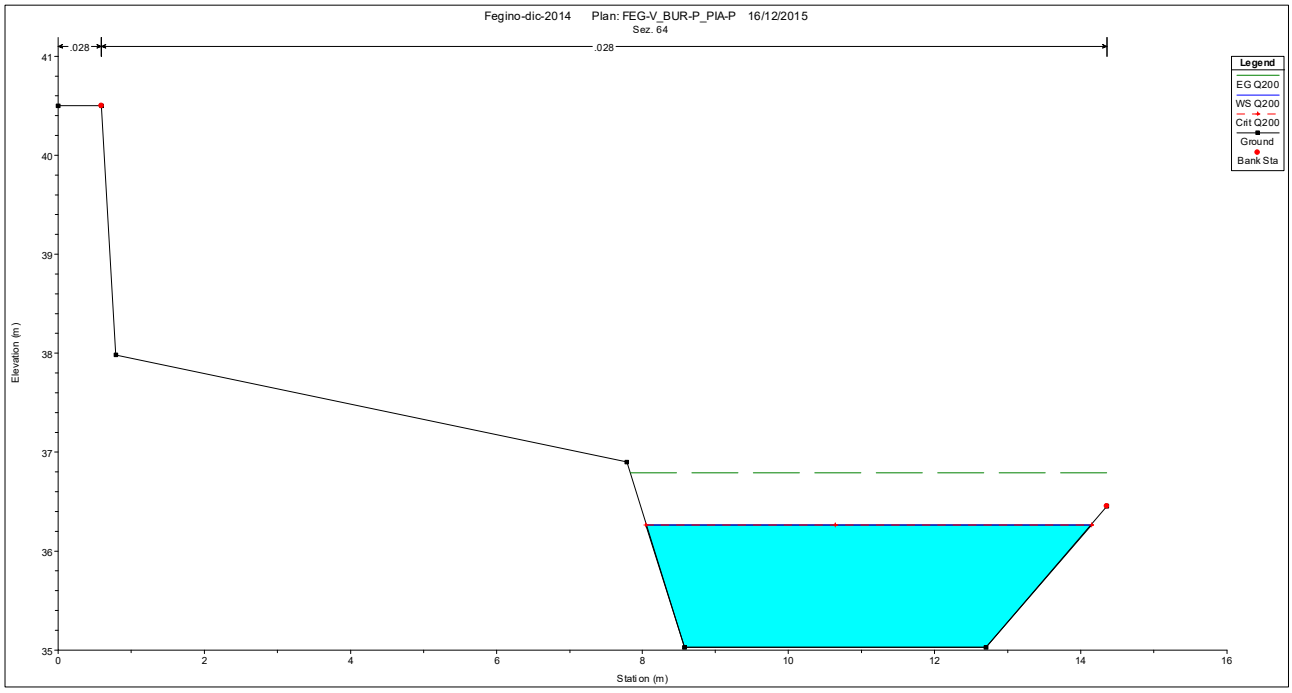
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

VPP_Configurazione 1_Rio Burlo Q200

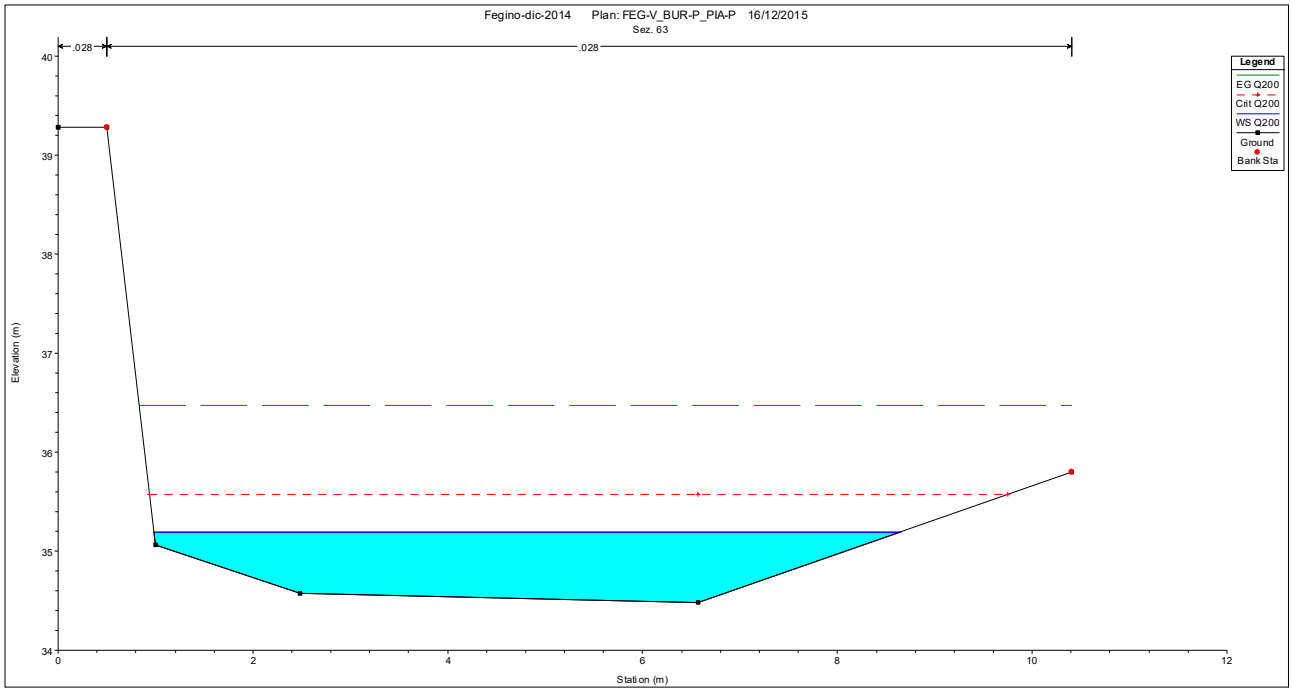


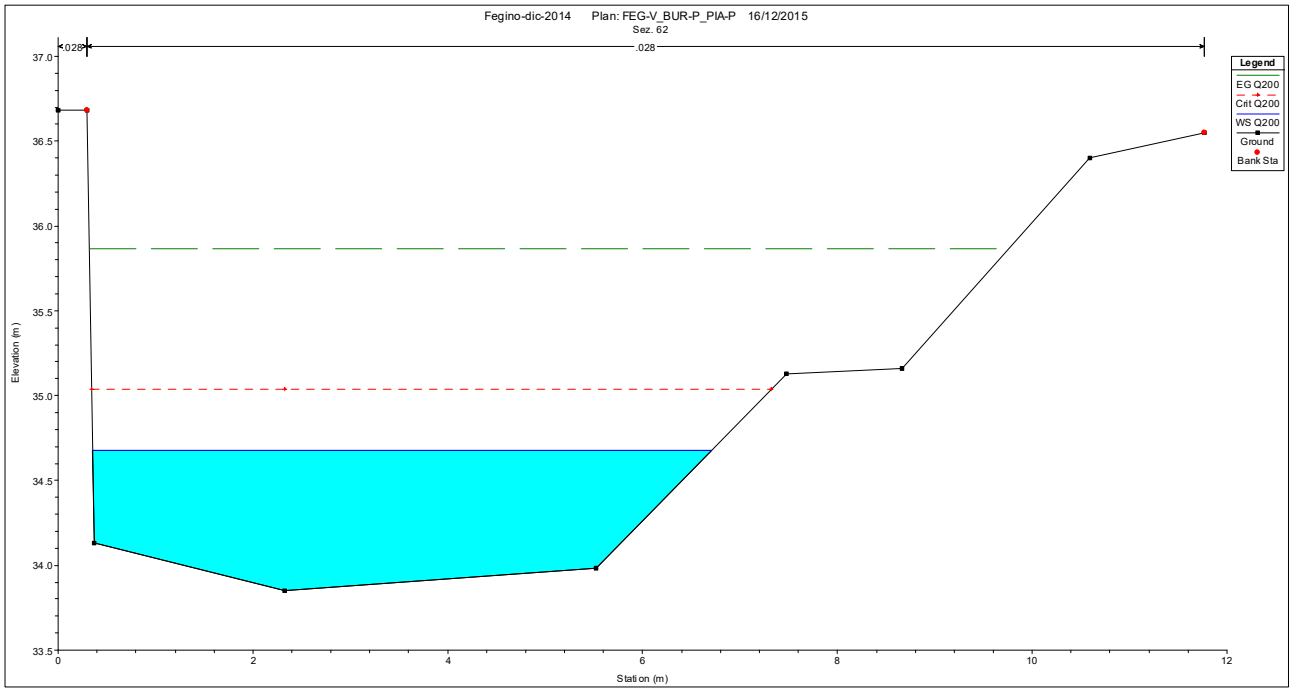
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



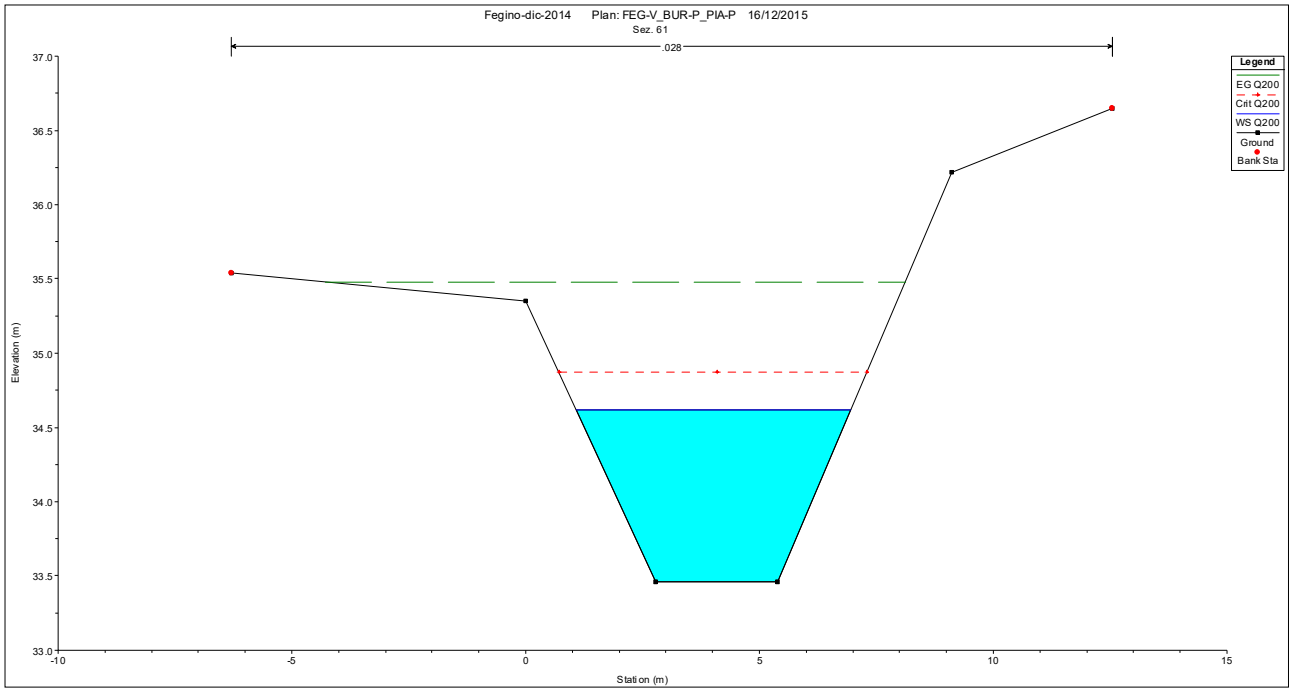


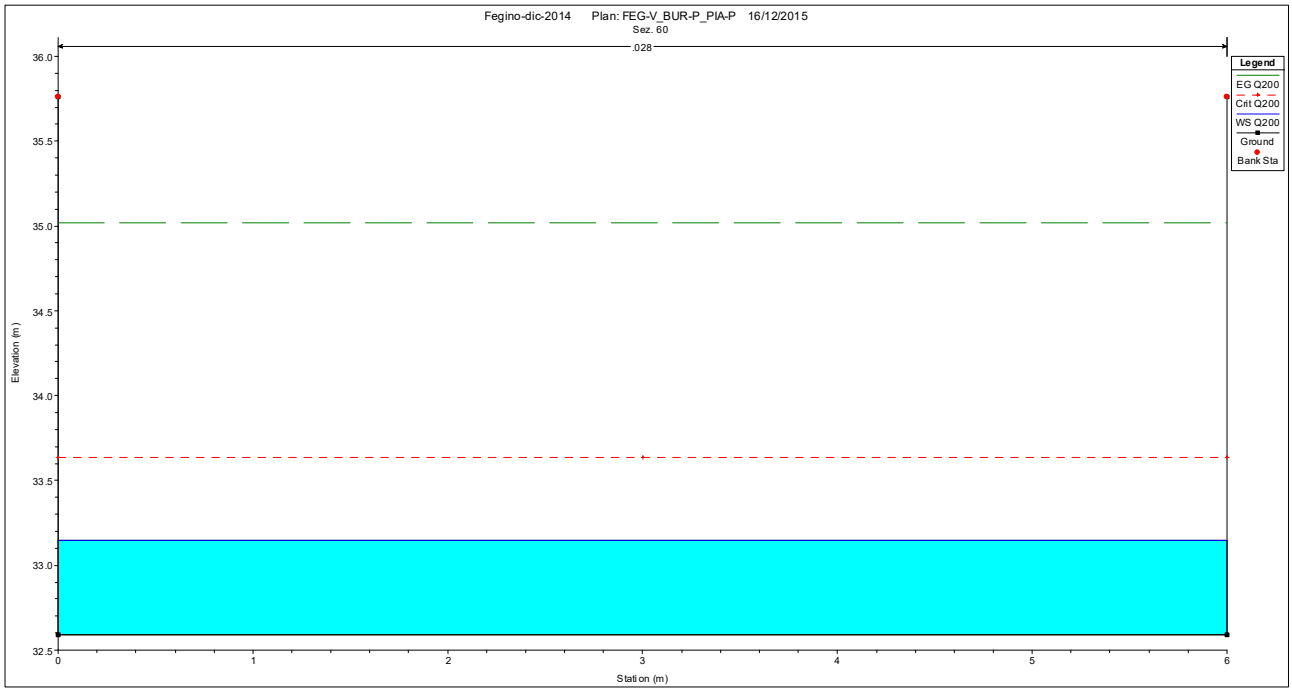
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



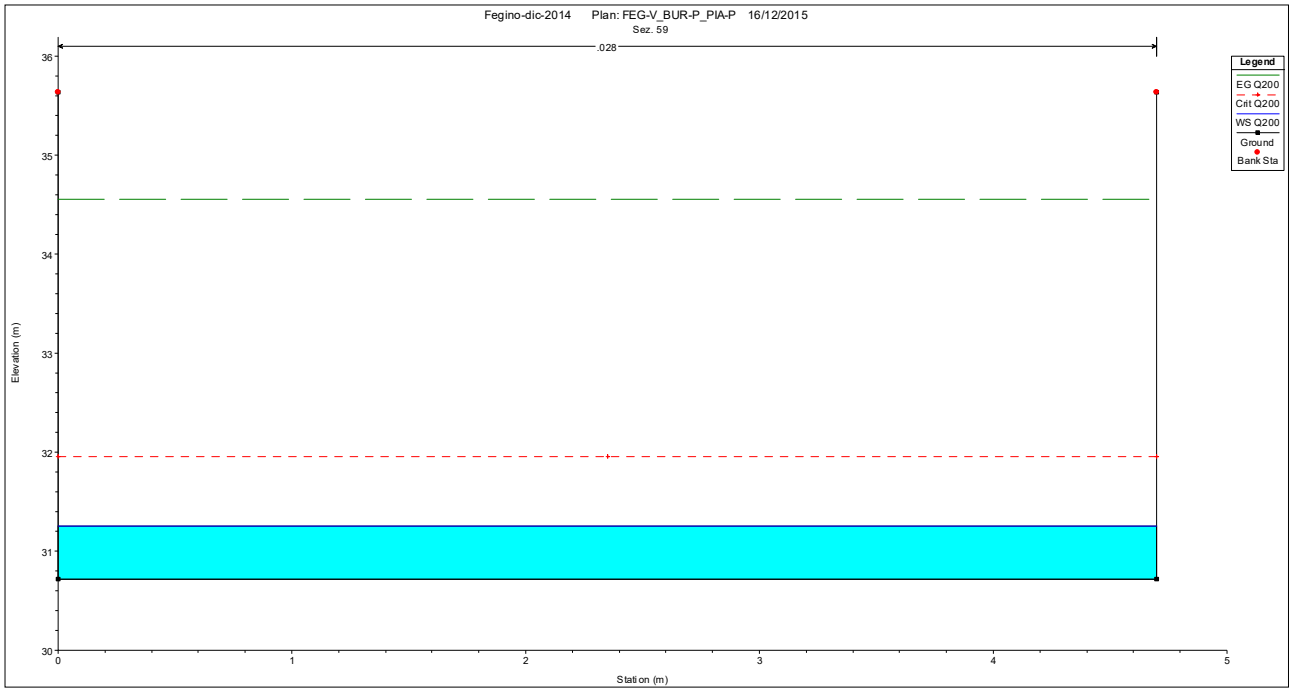


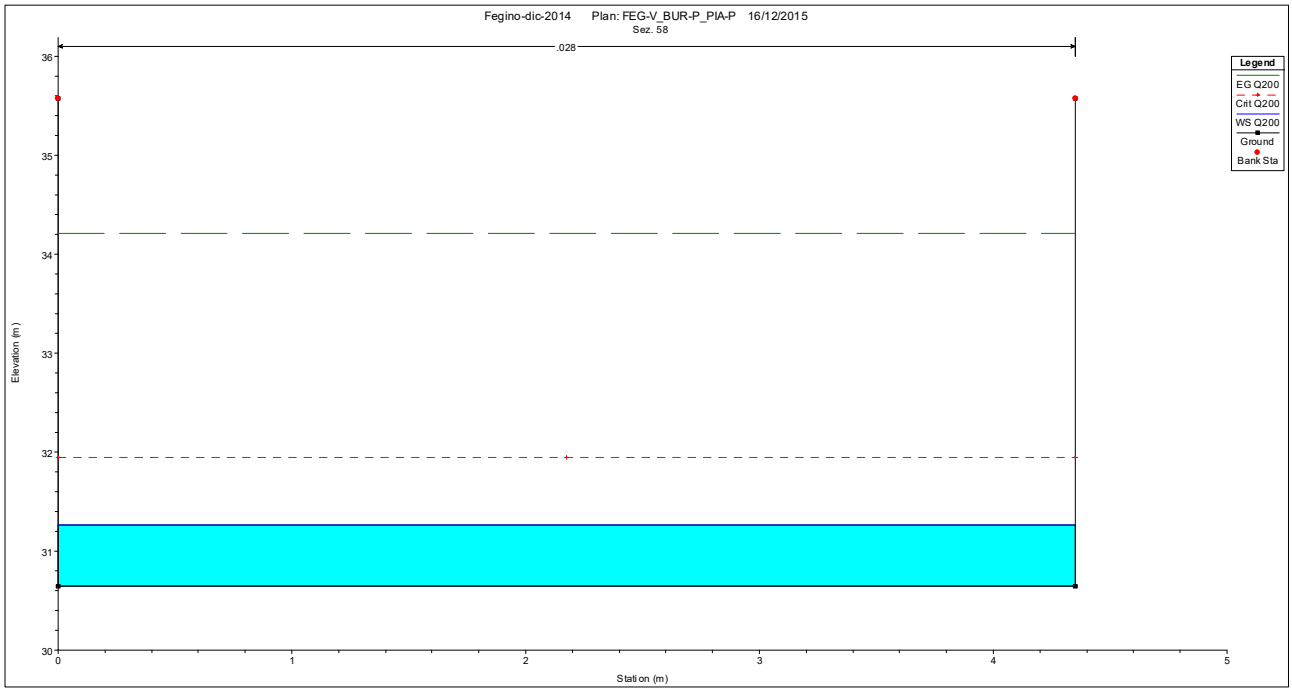
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



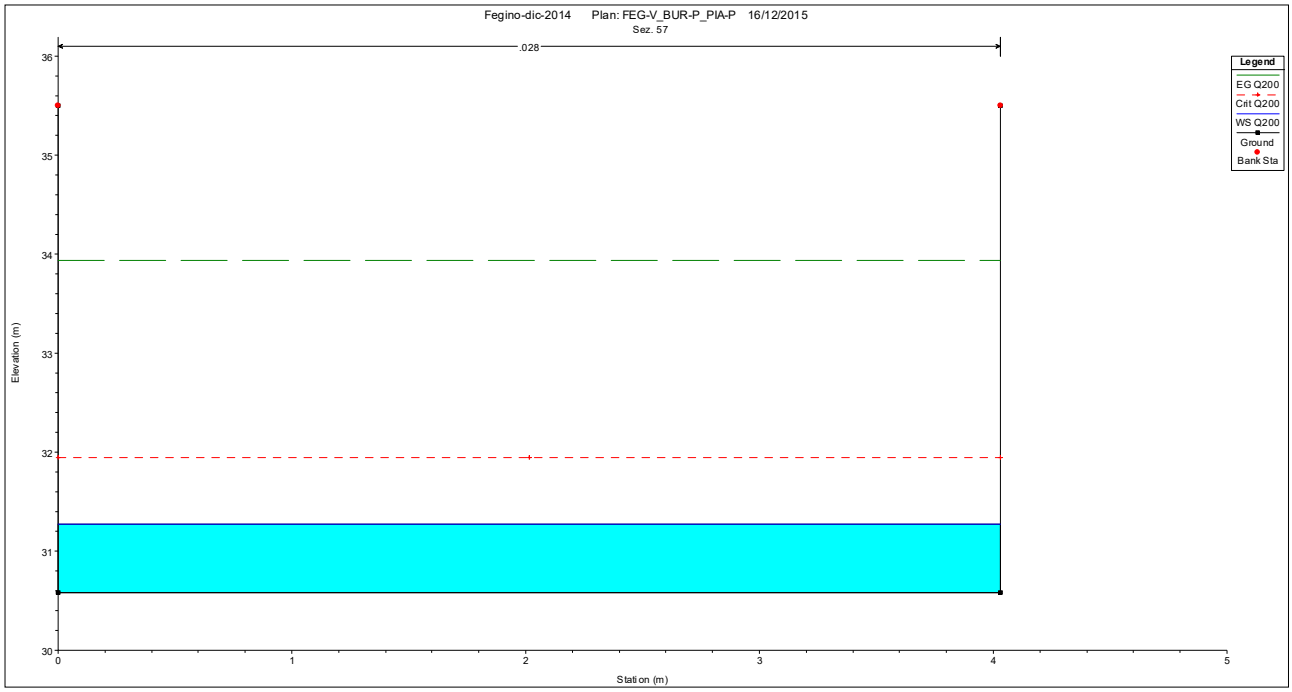


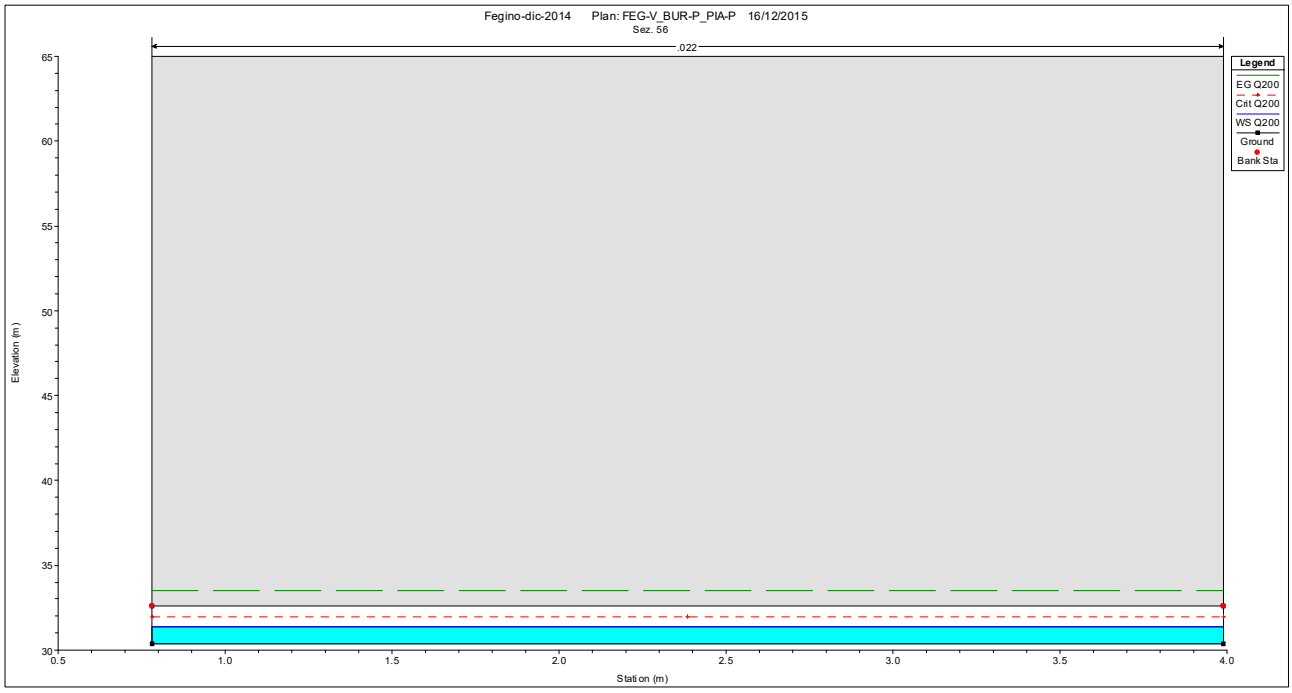
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



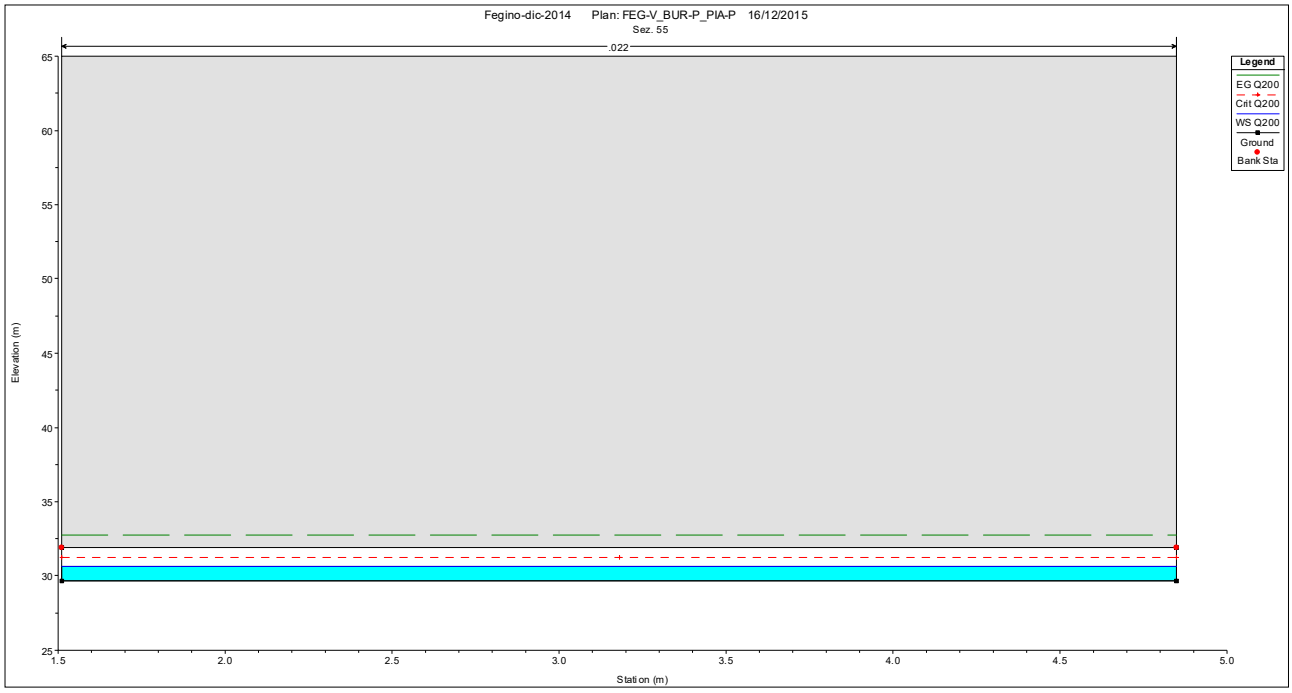


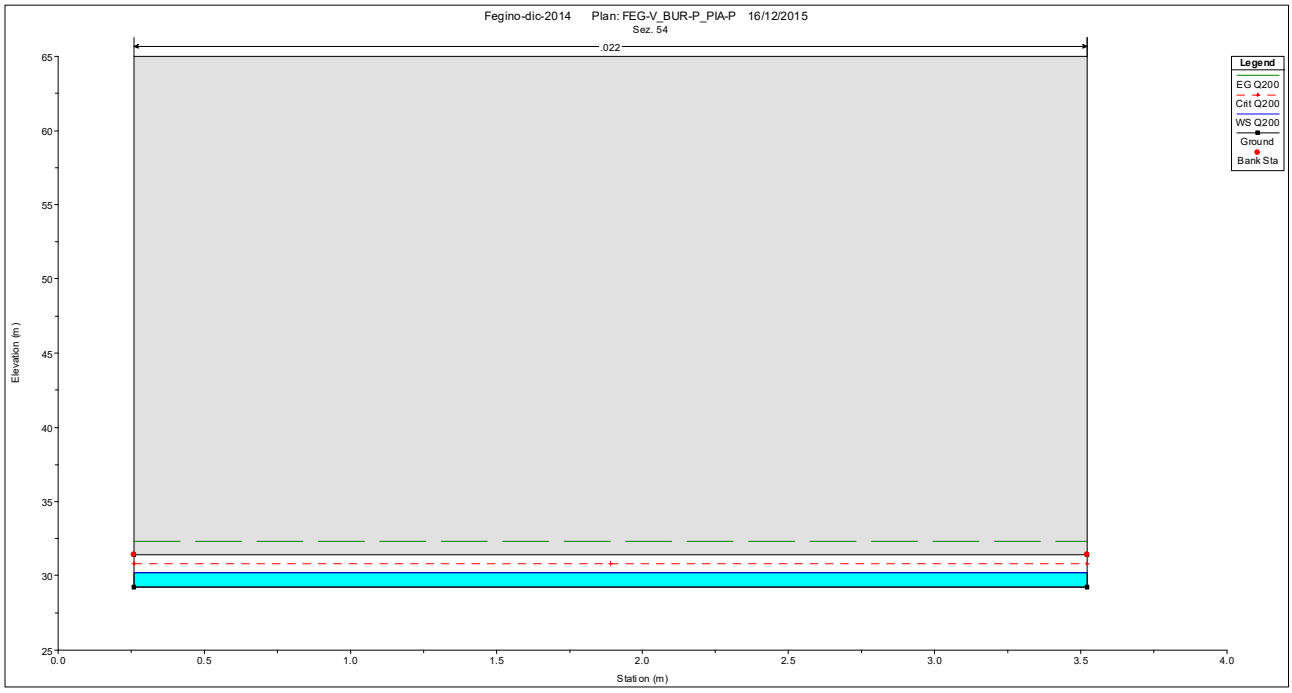
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



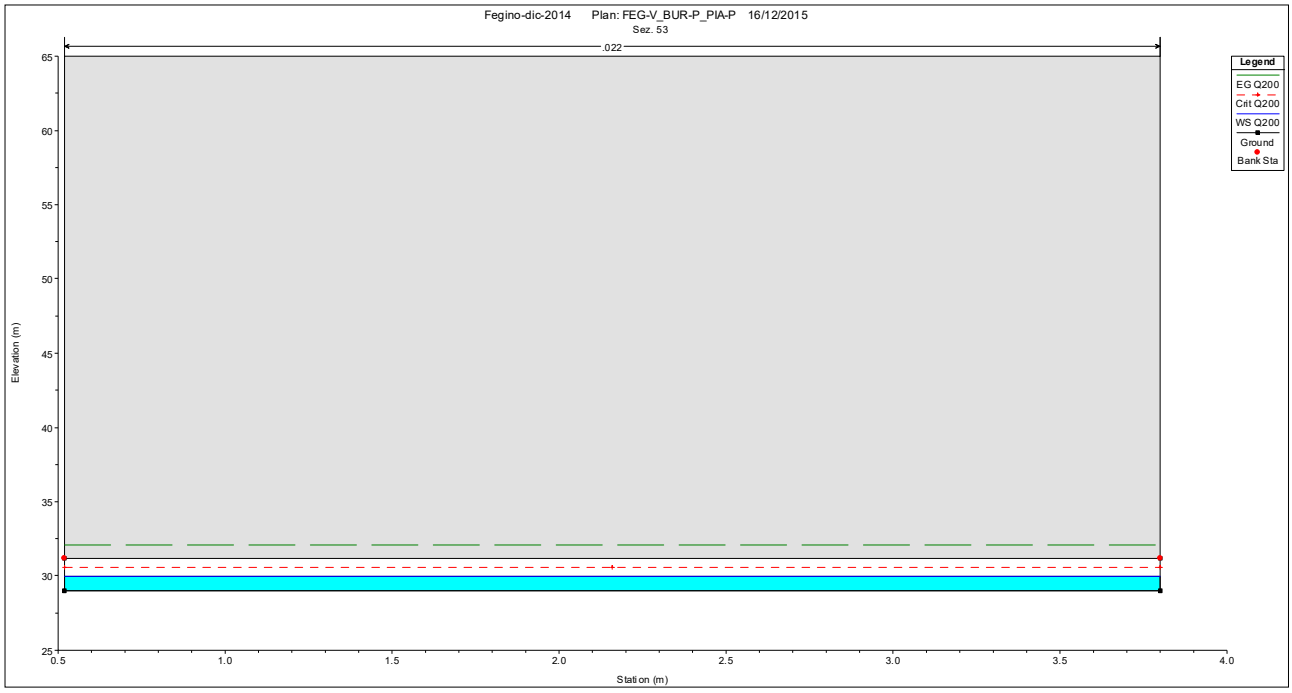


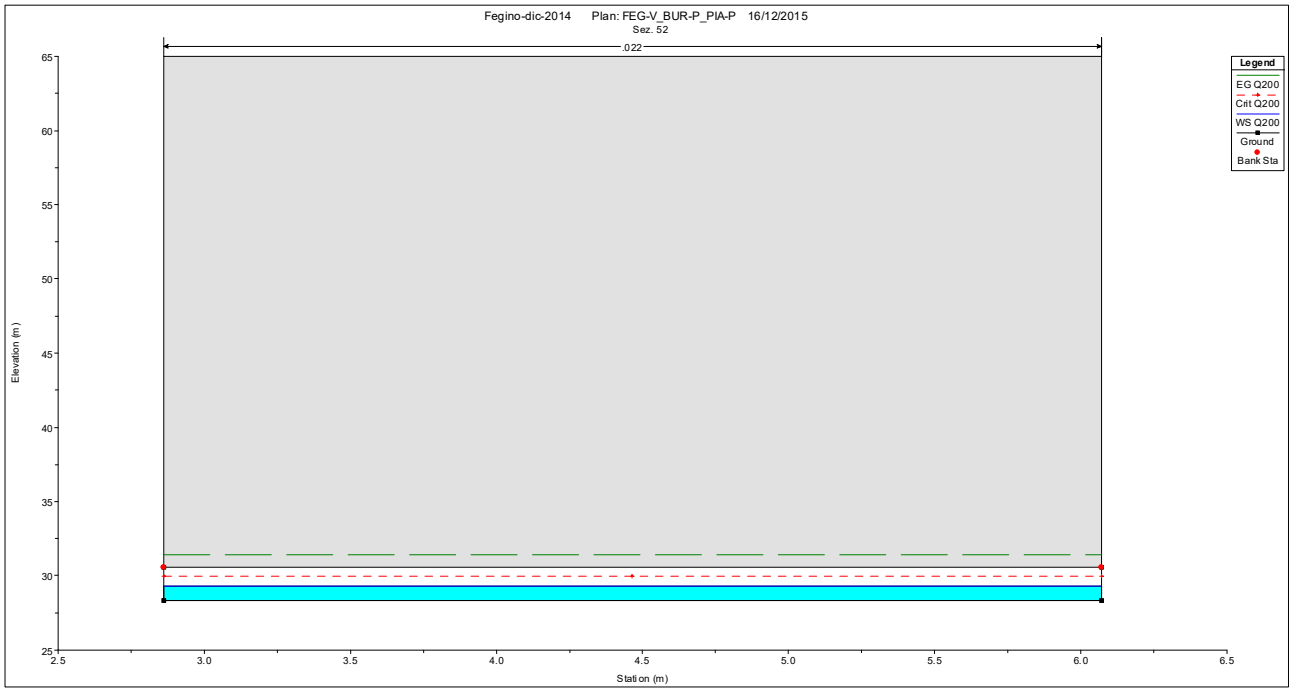
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



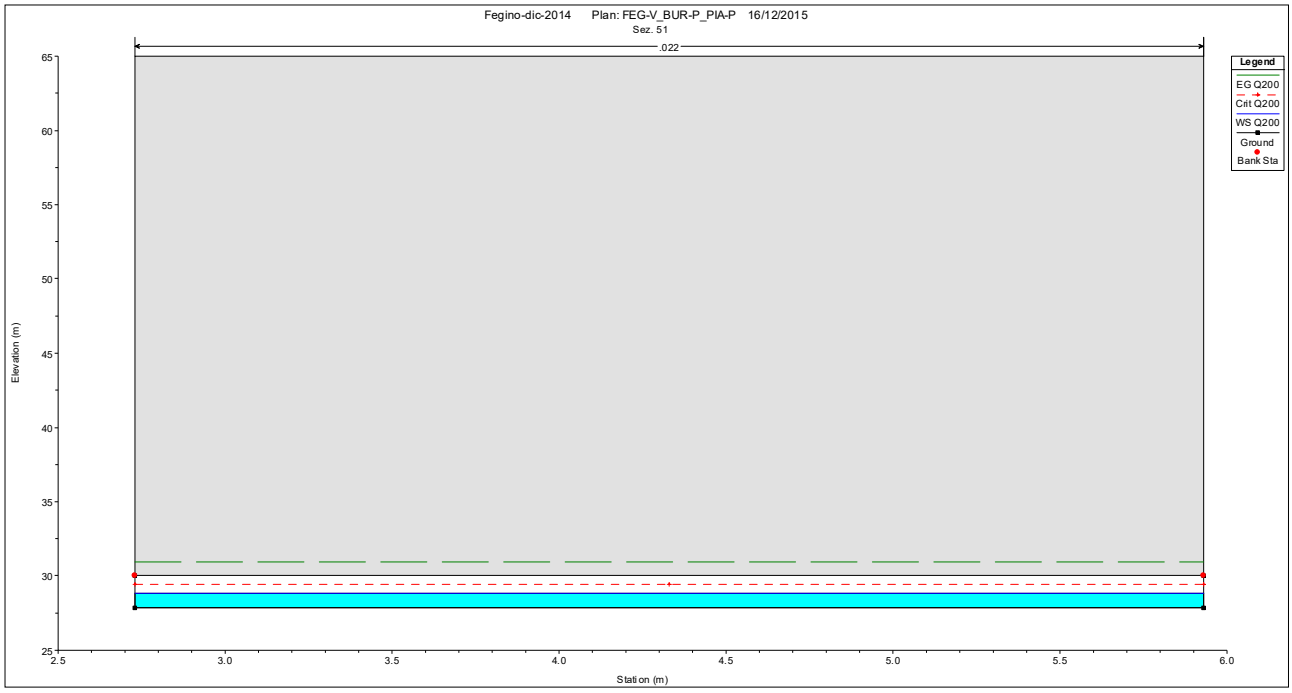


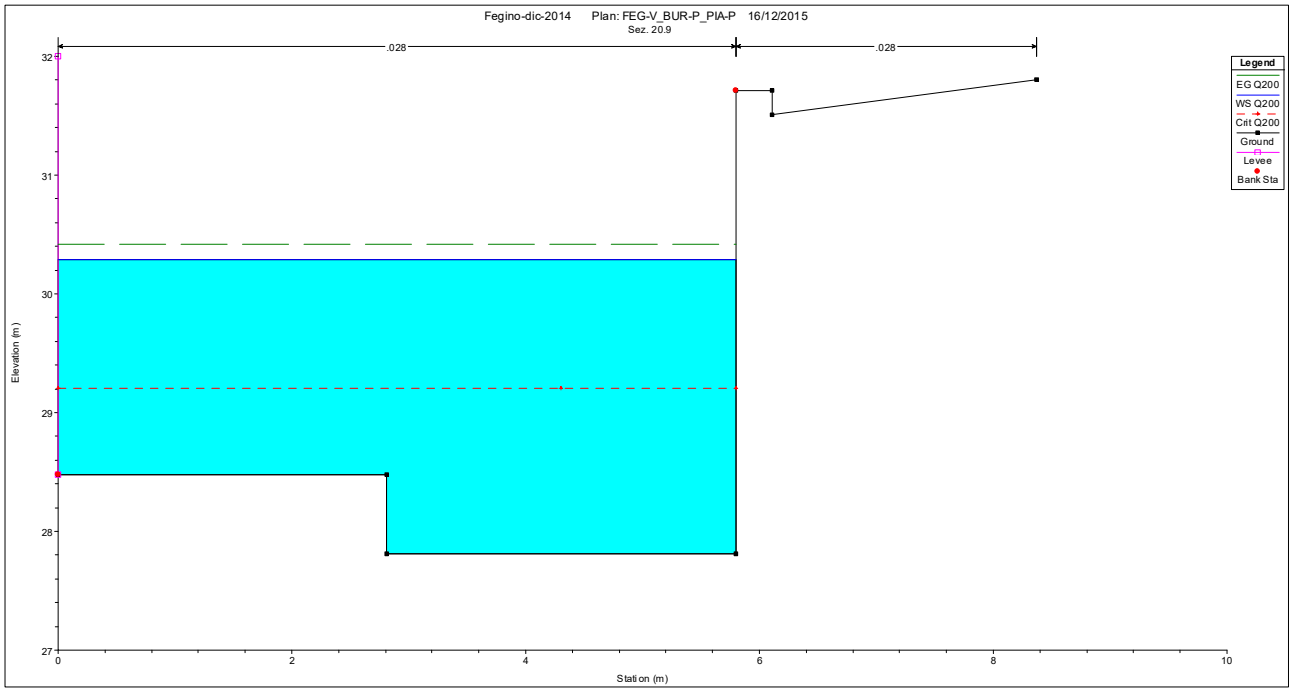
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



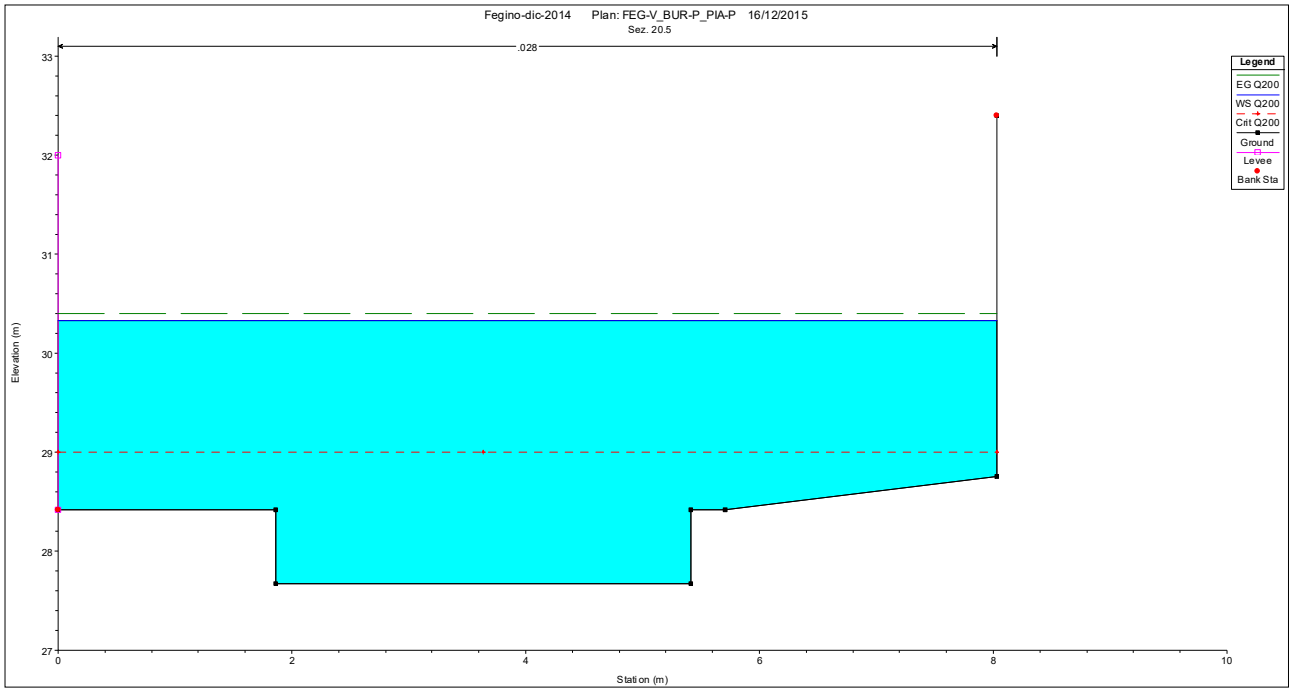


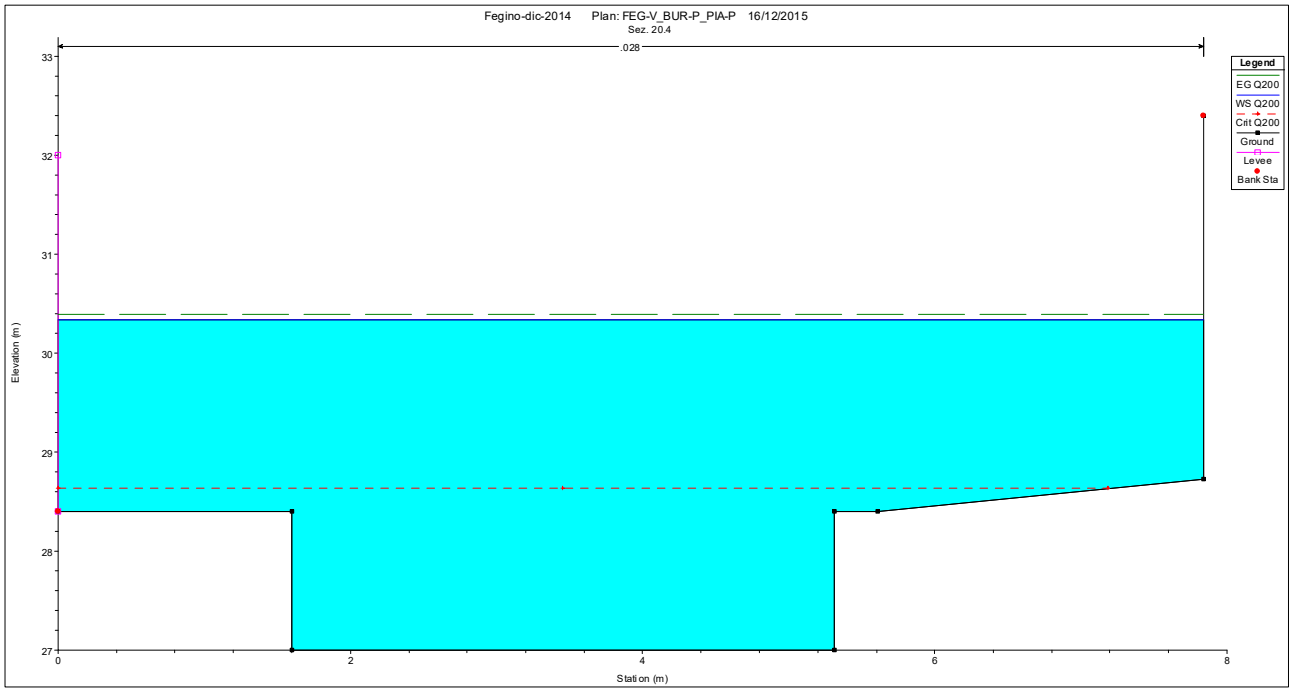
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



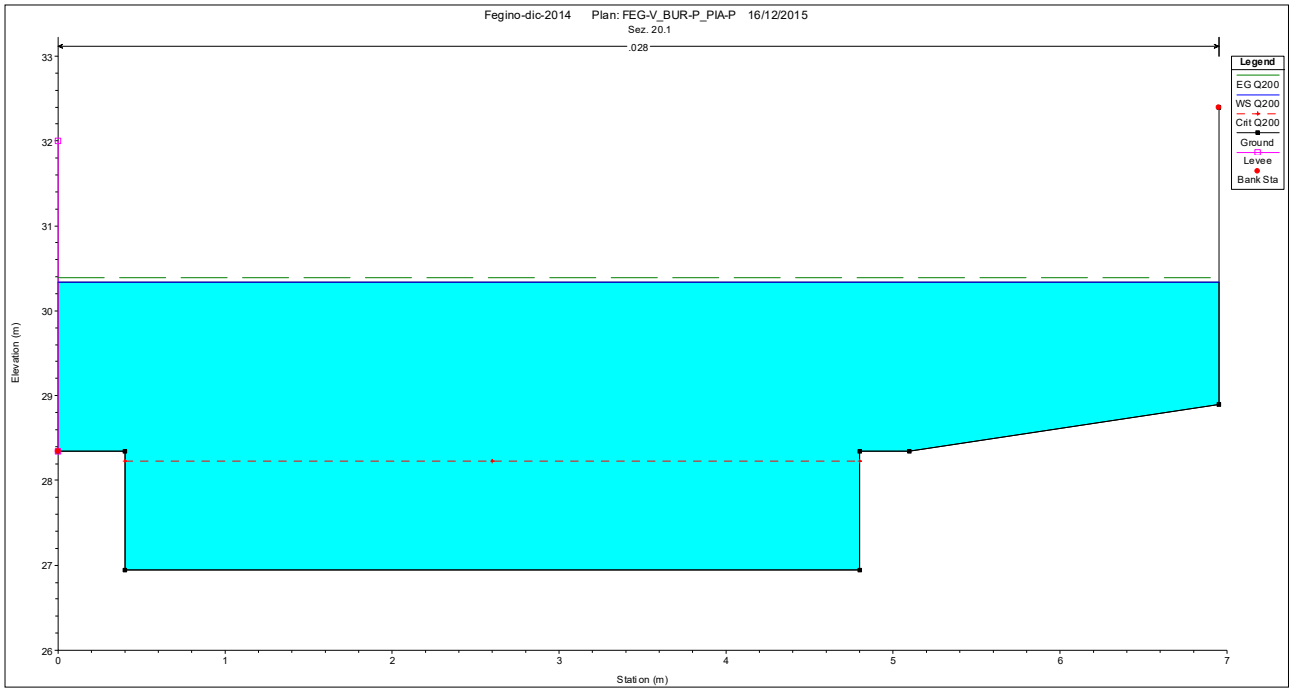


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



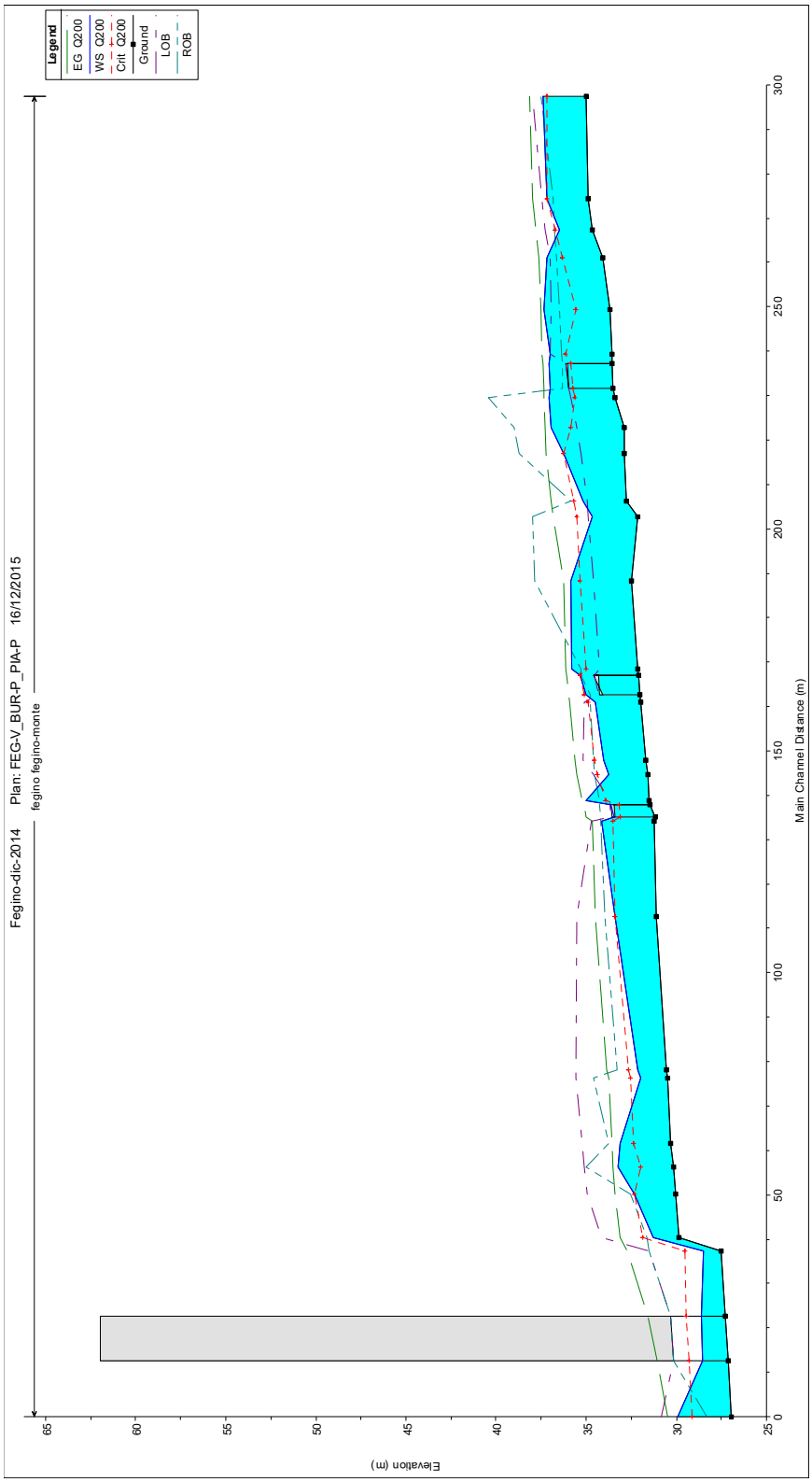


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

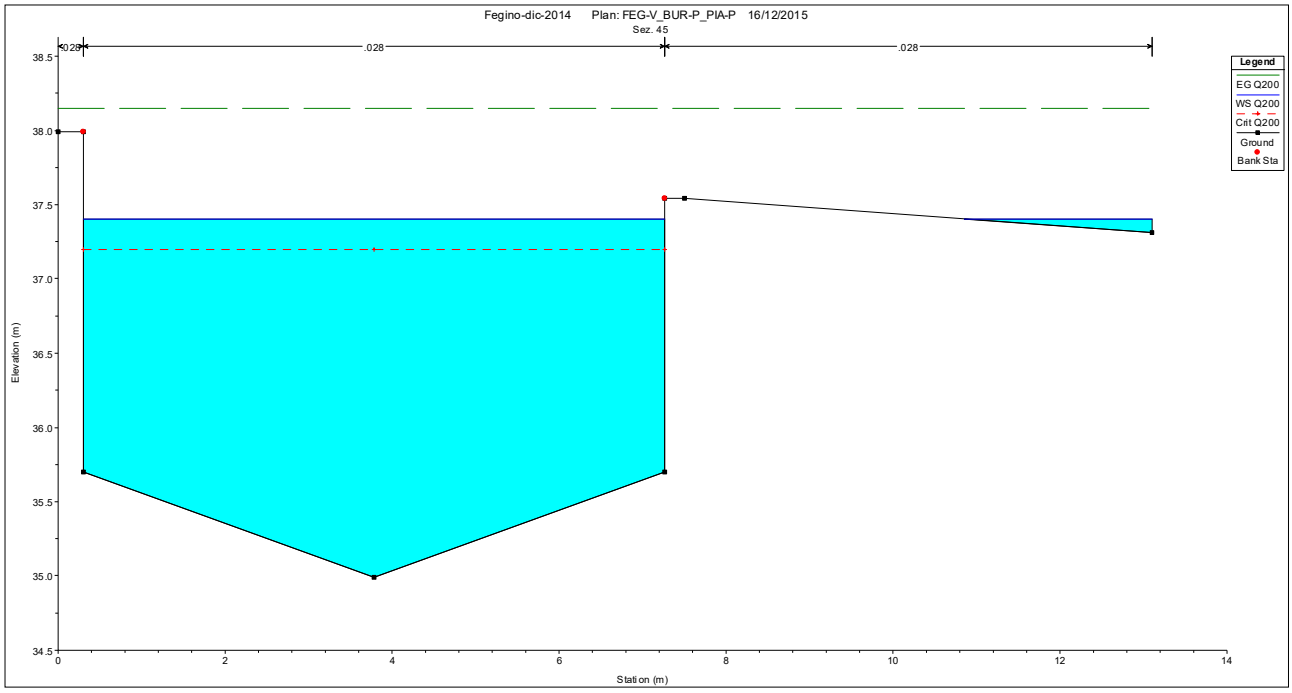


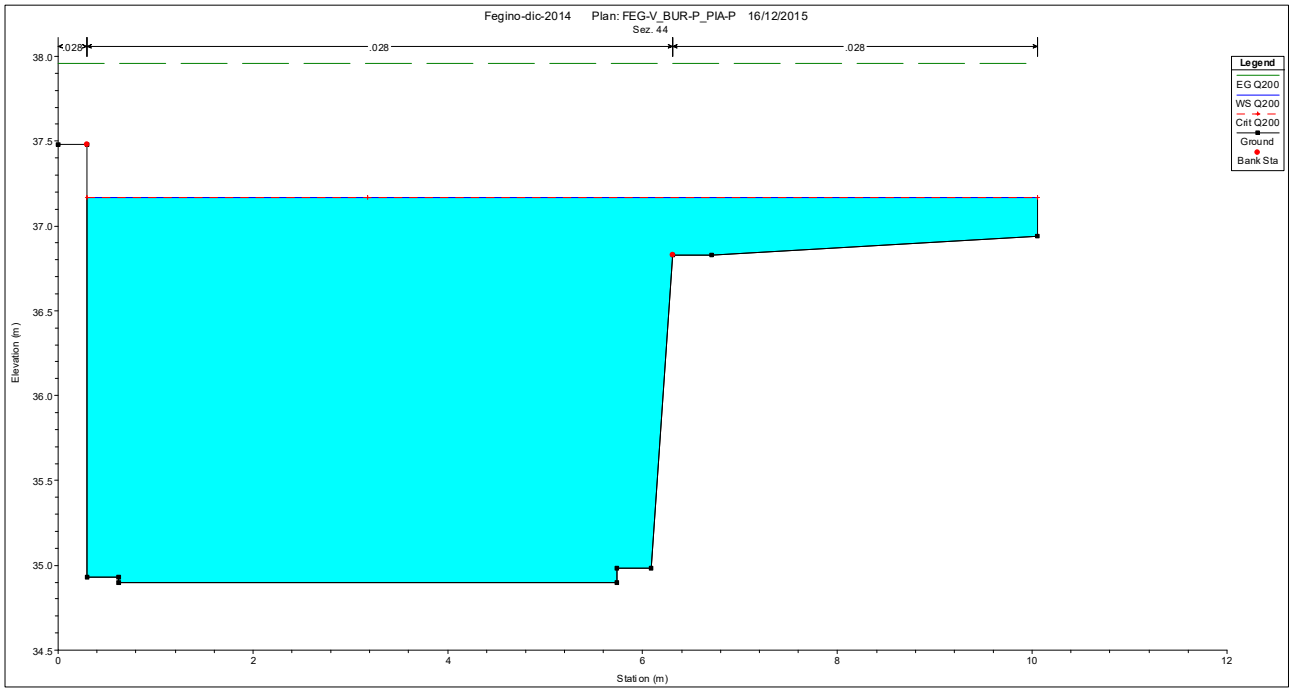
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

VPP_Configurazione 1_Rio Fegino di monte Q200

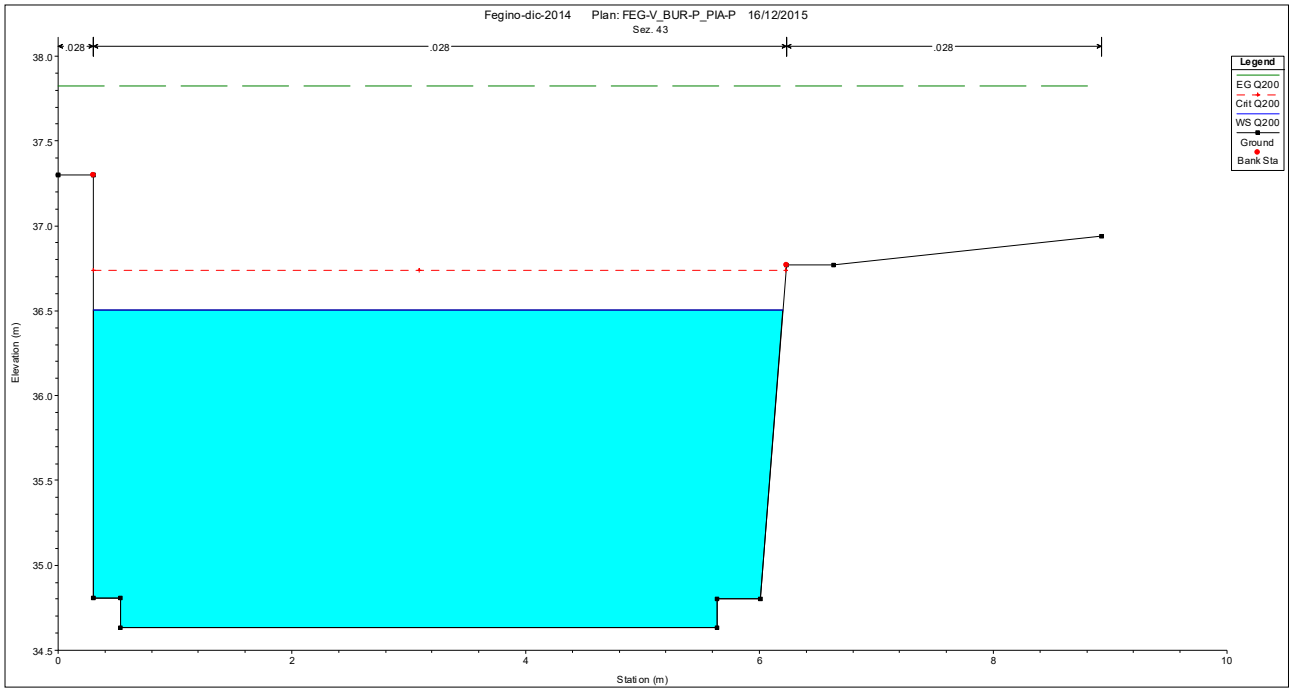


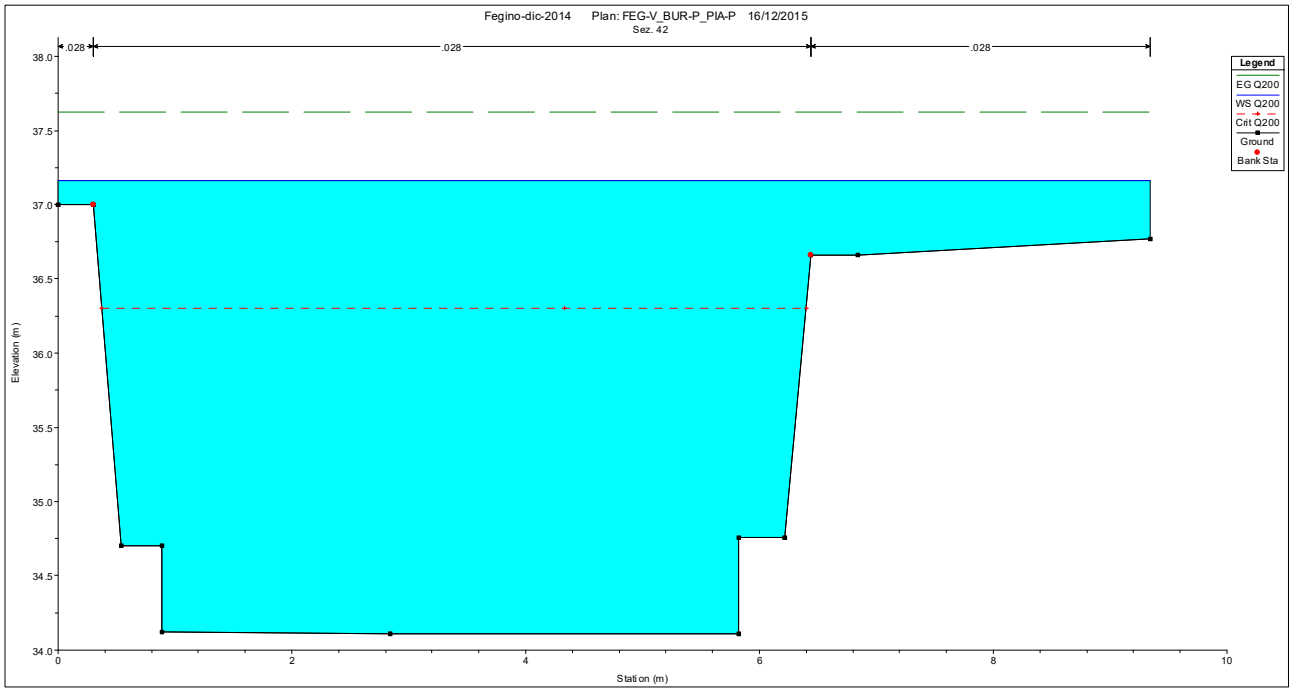
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



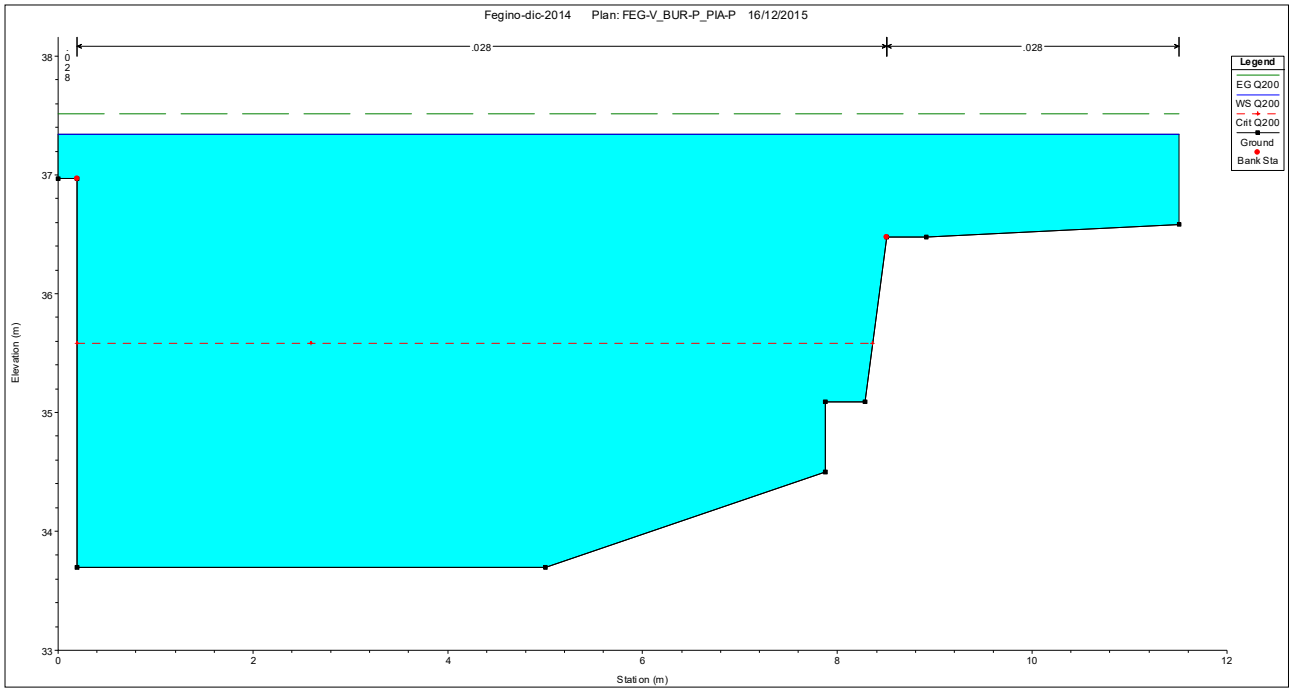


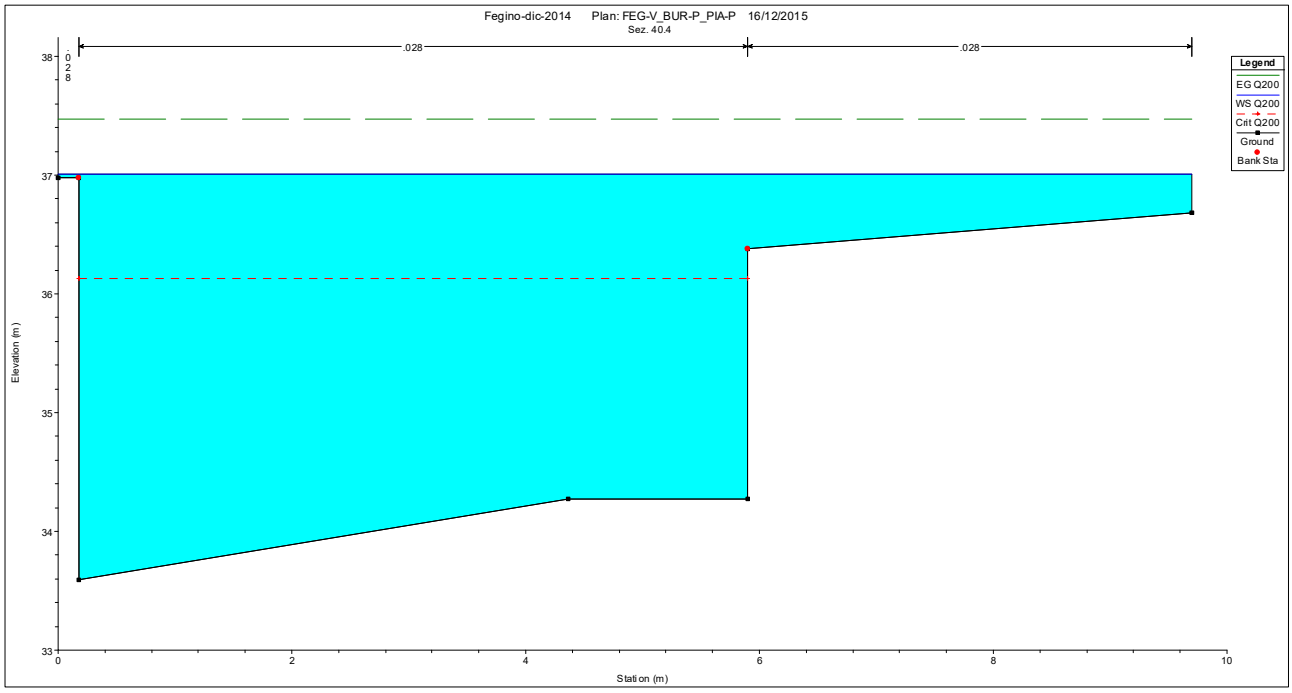
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



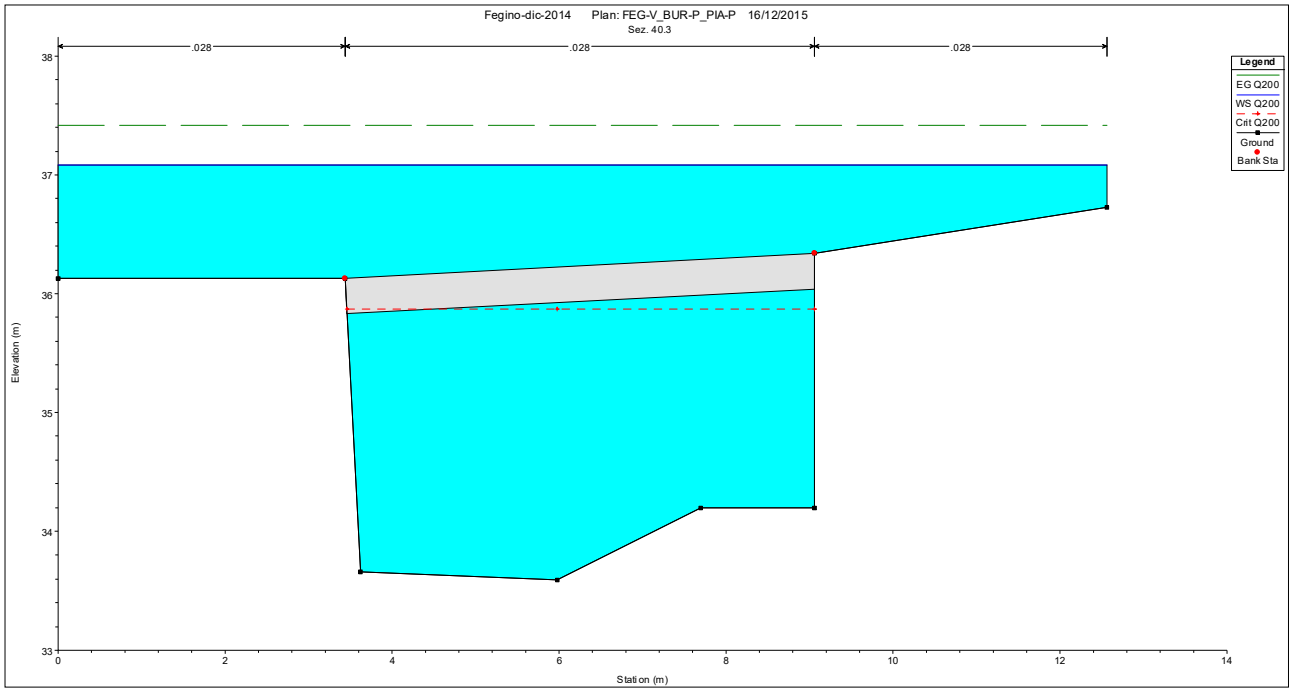


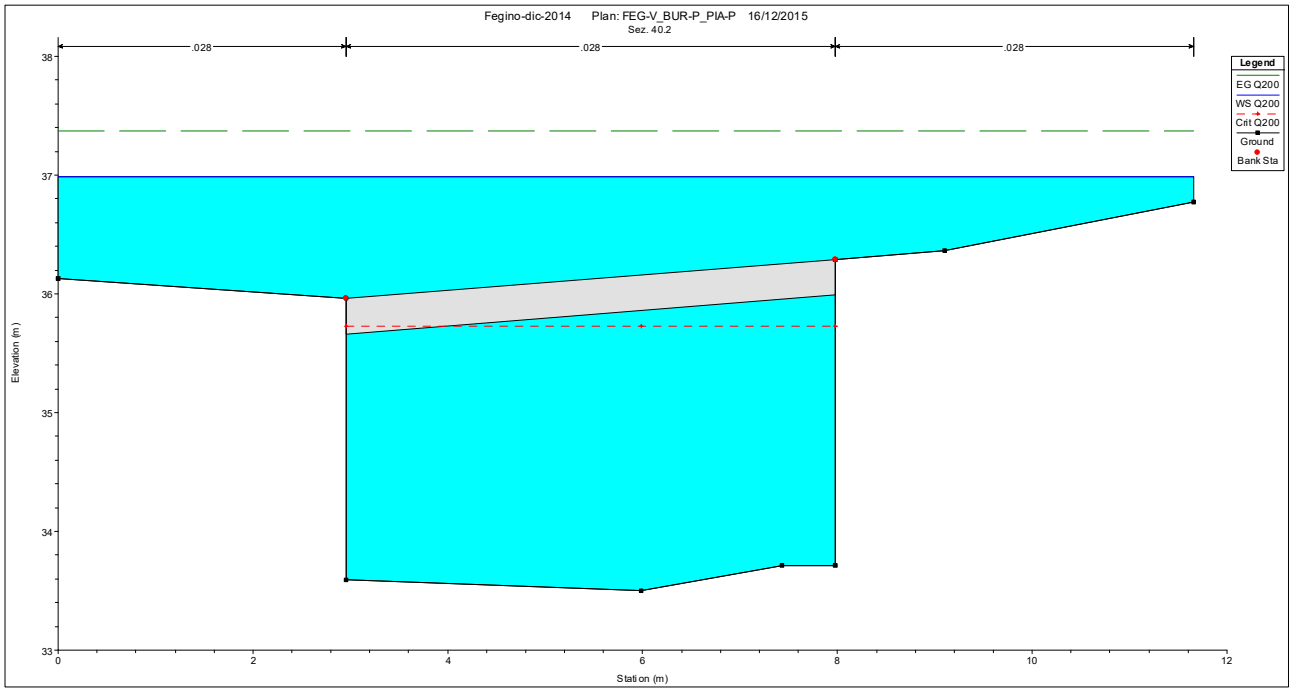
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



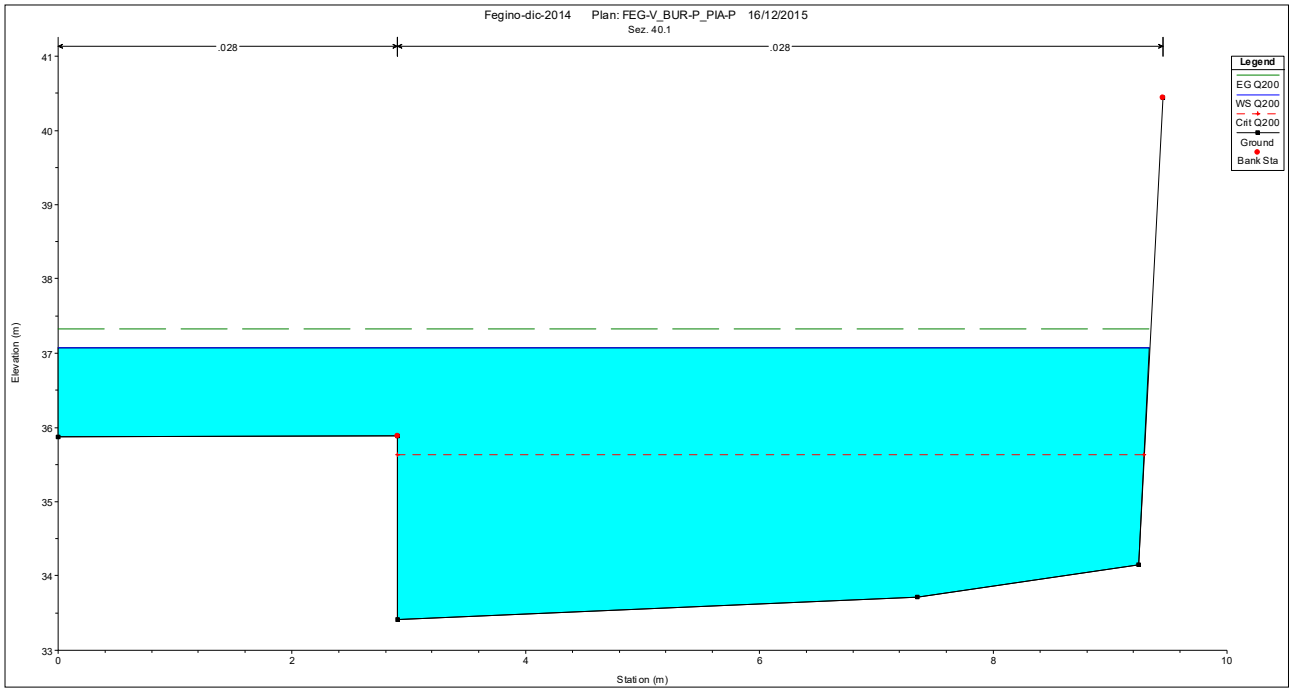


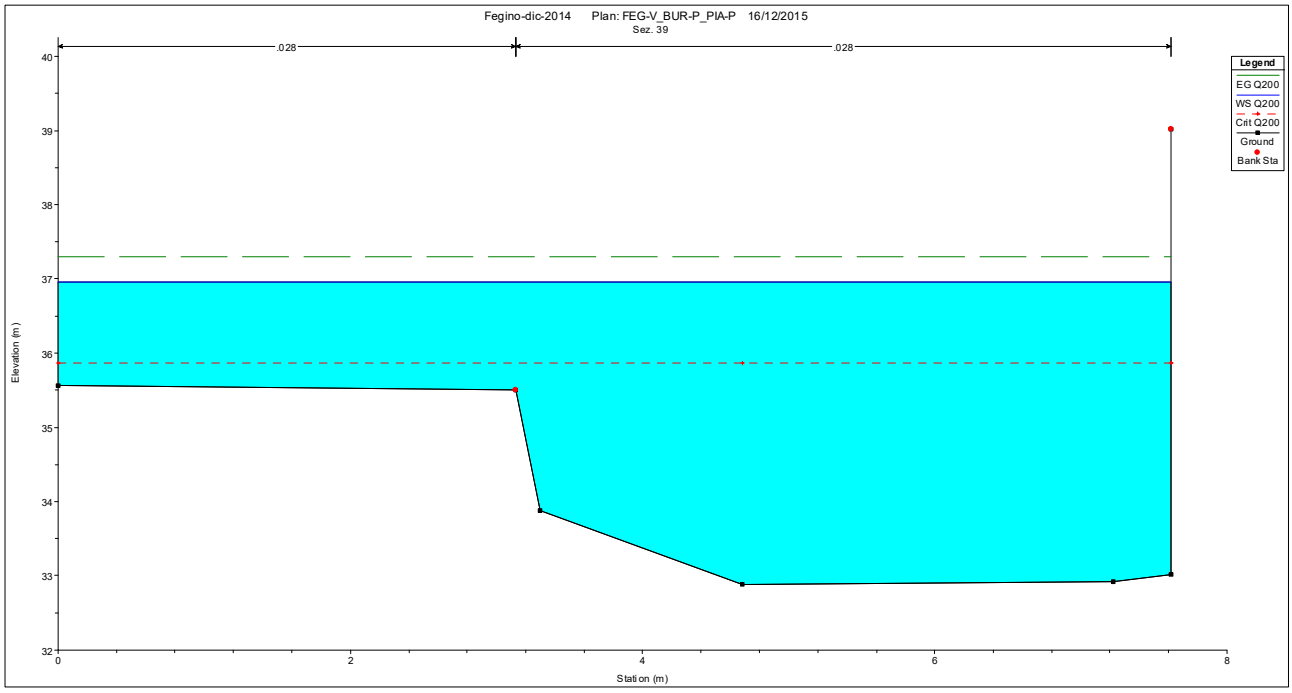
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



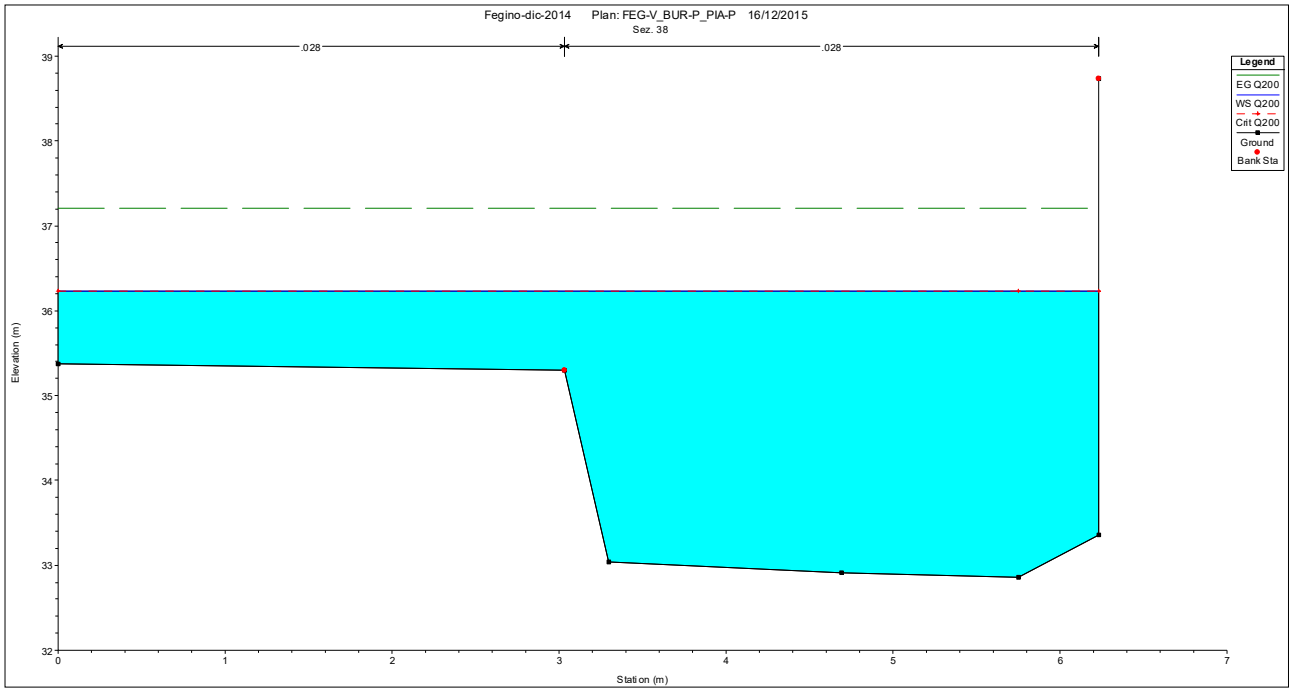


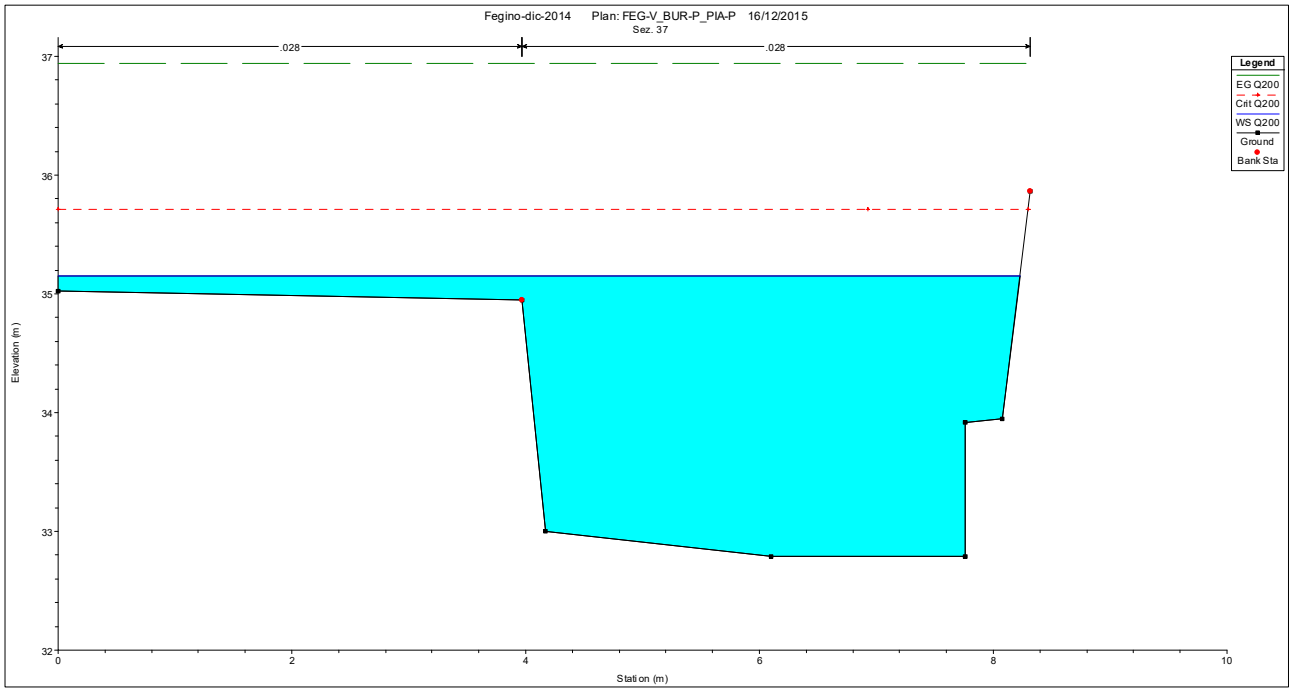
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



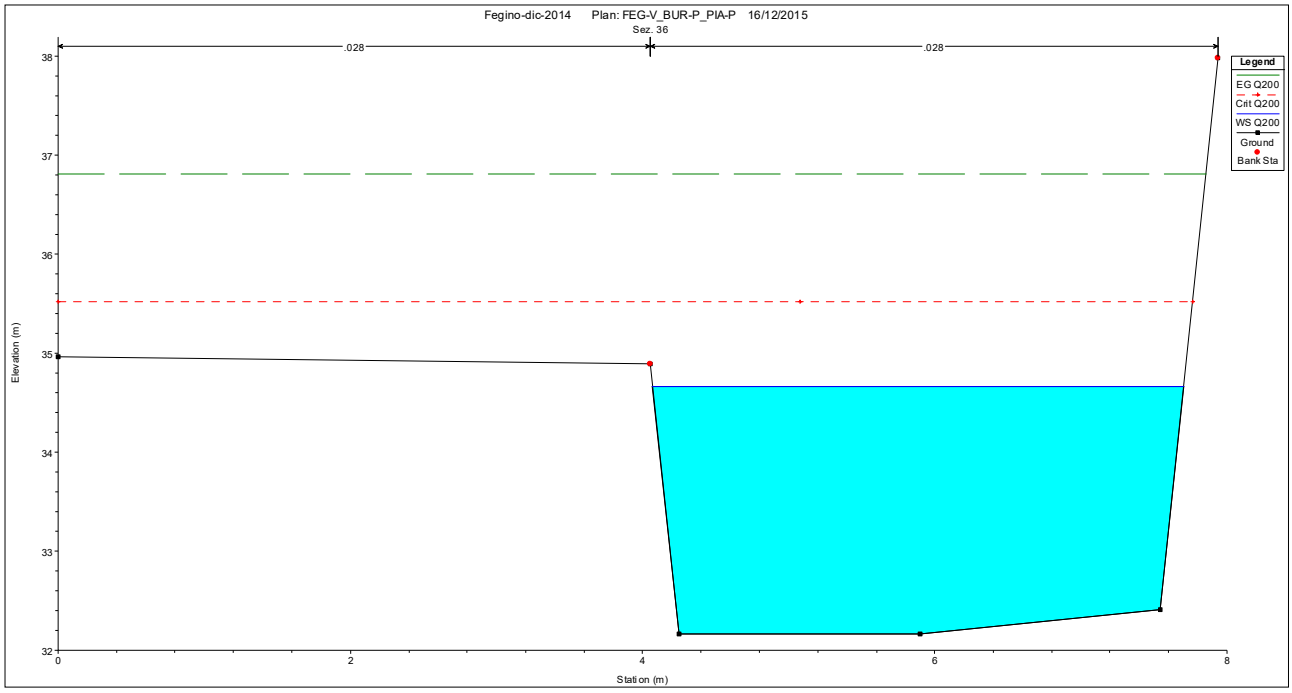


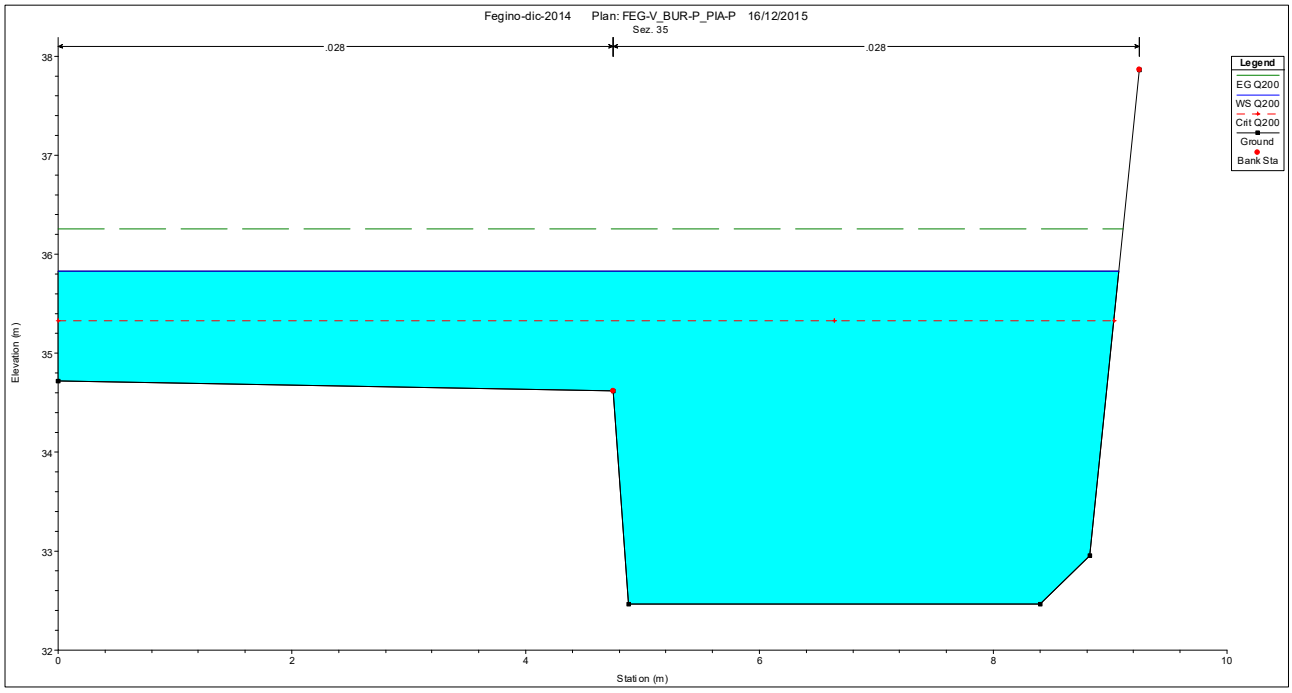
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



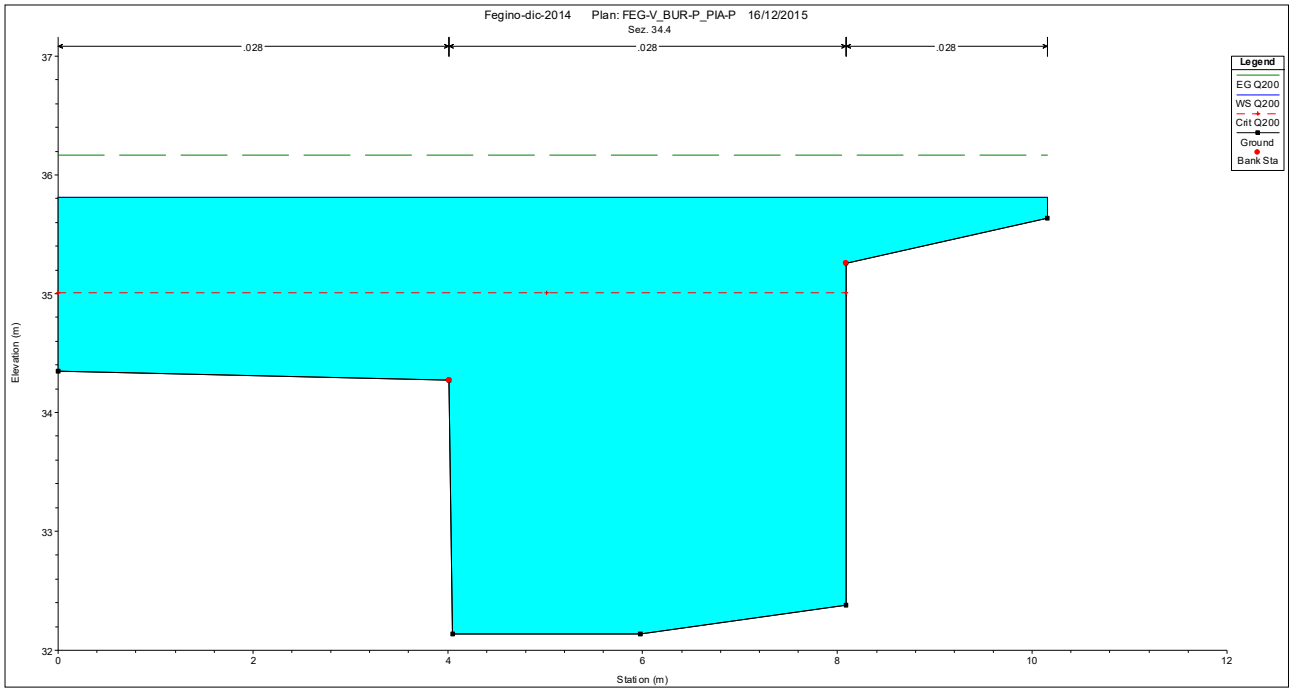


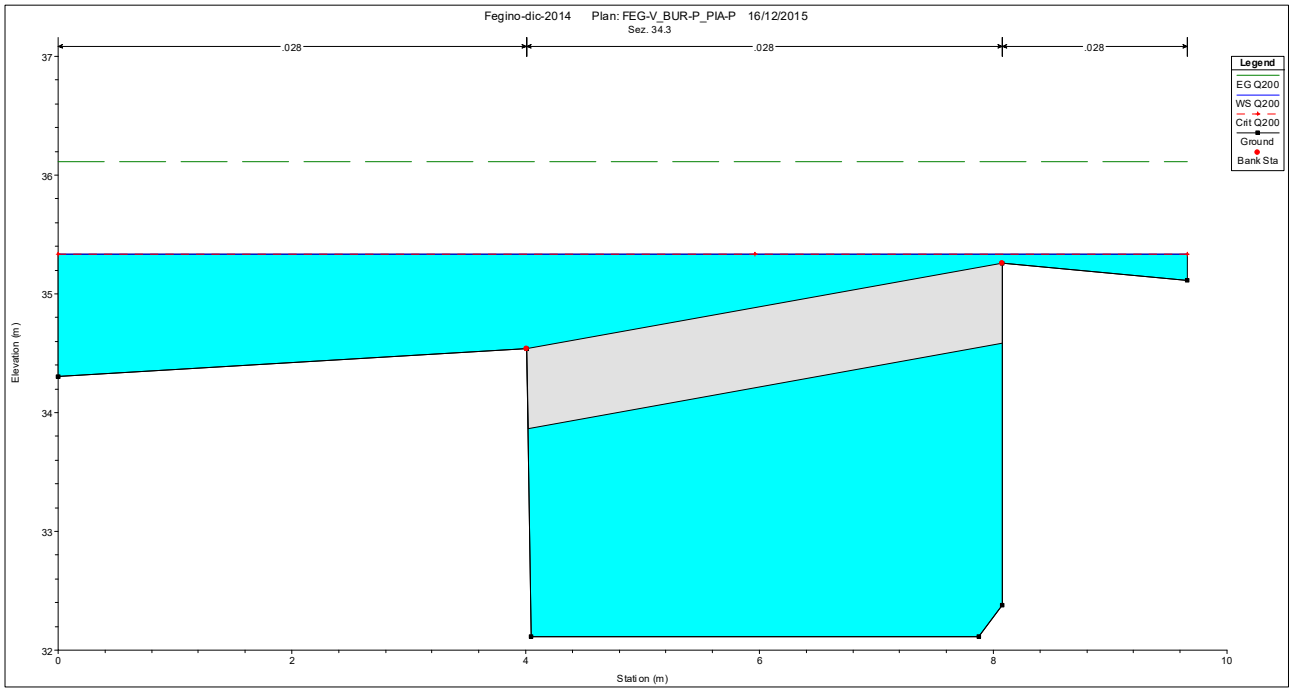
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



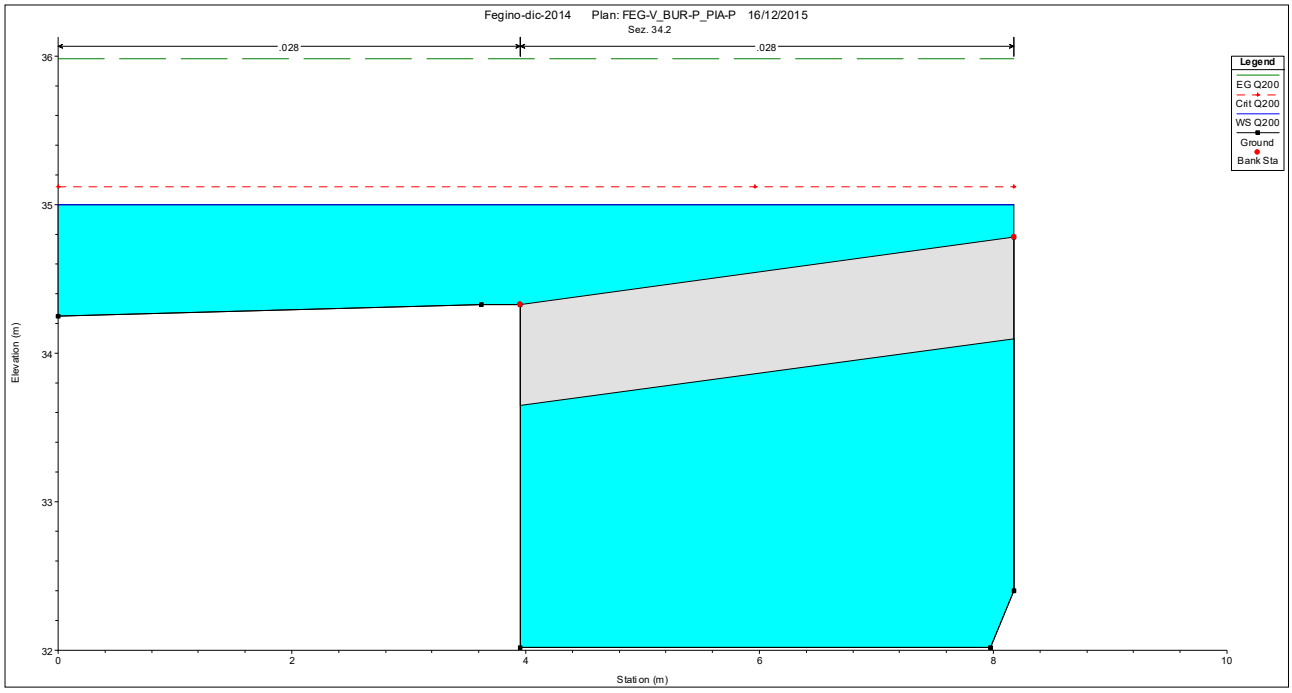


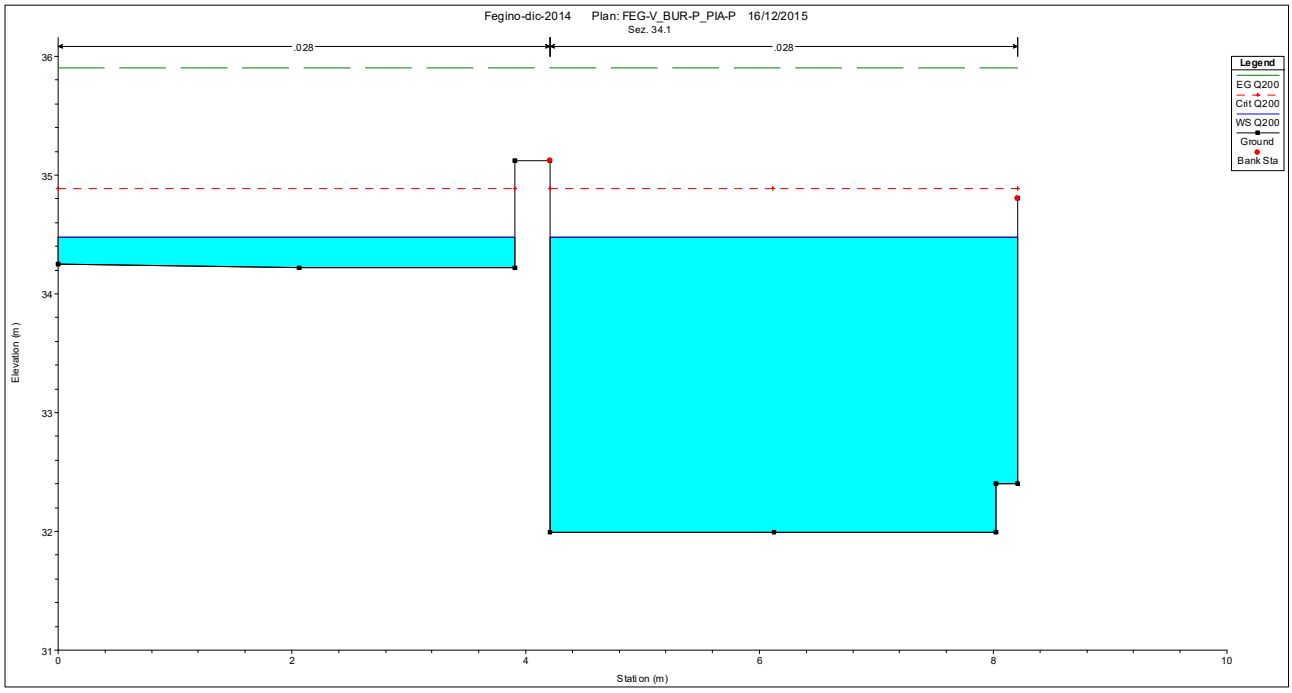
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



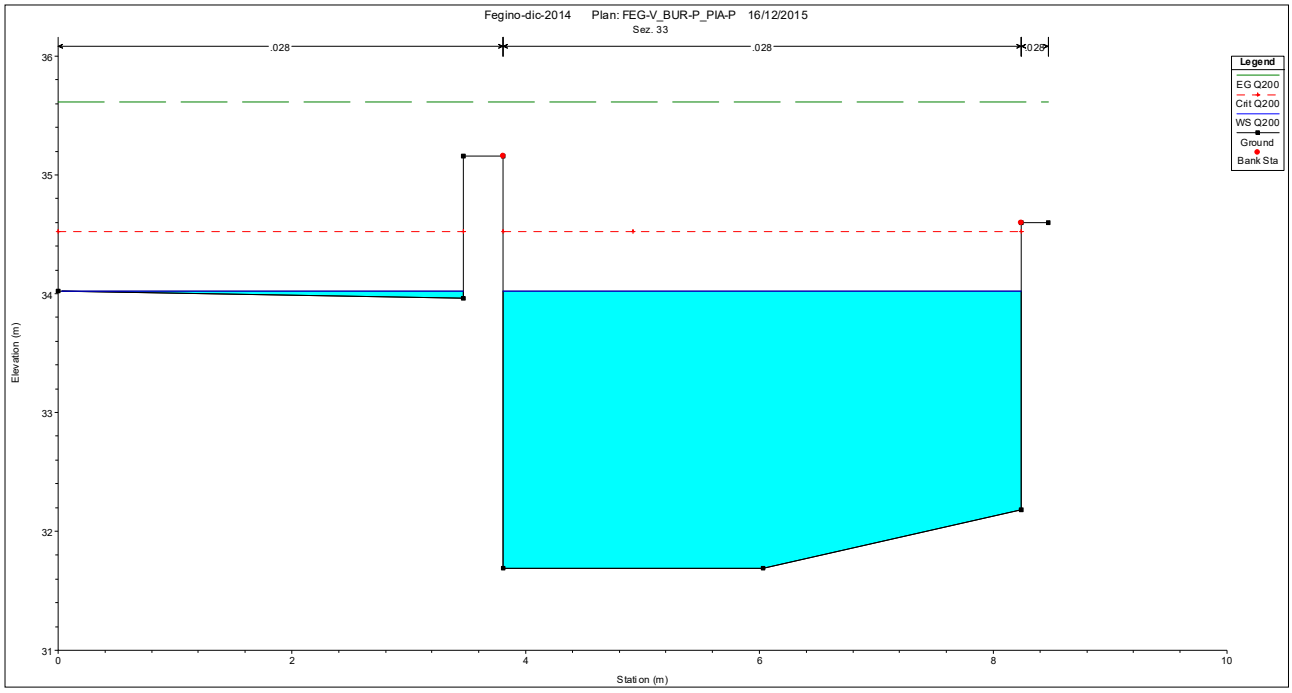


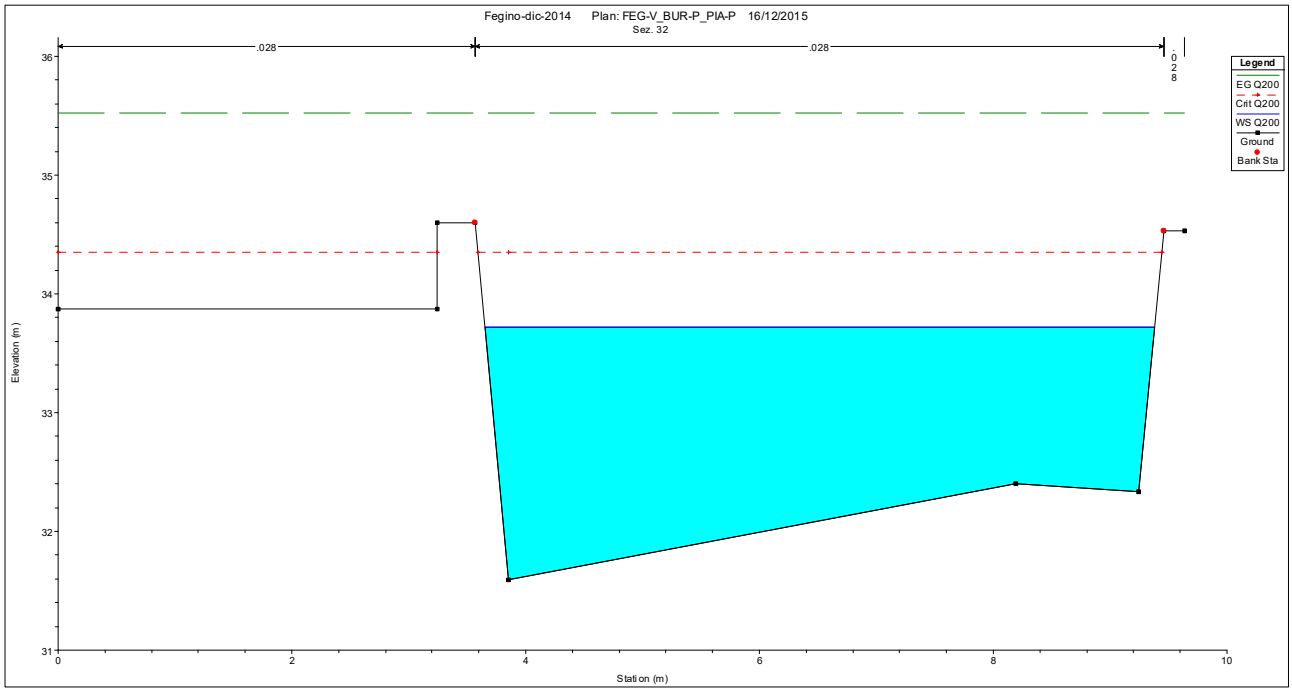
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



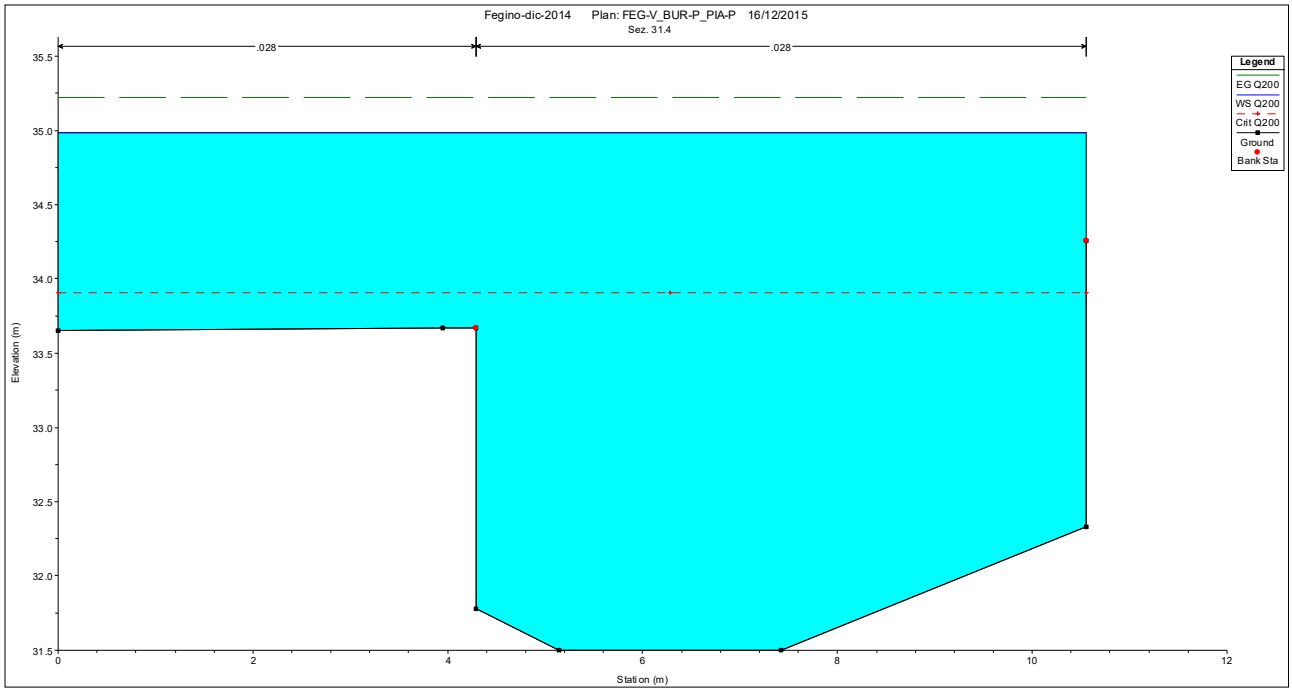


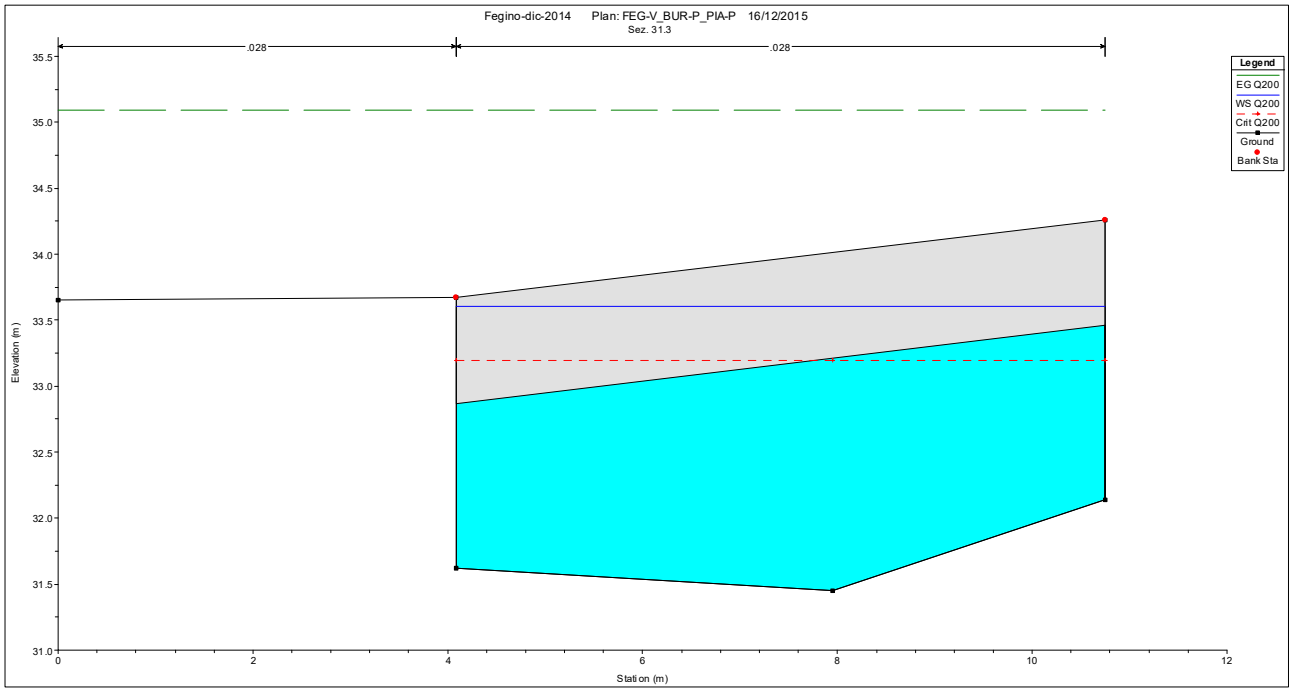
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



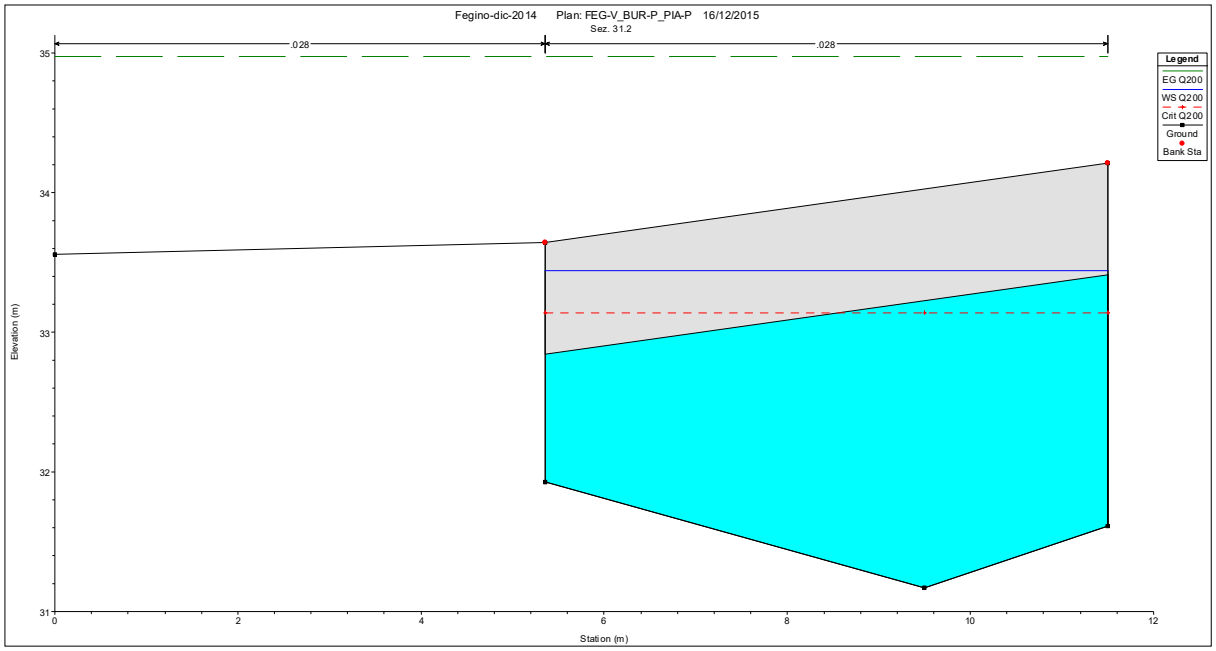


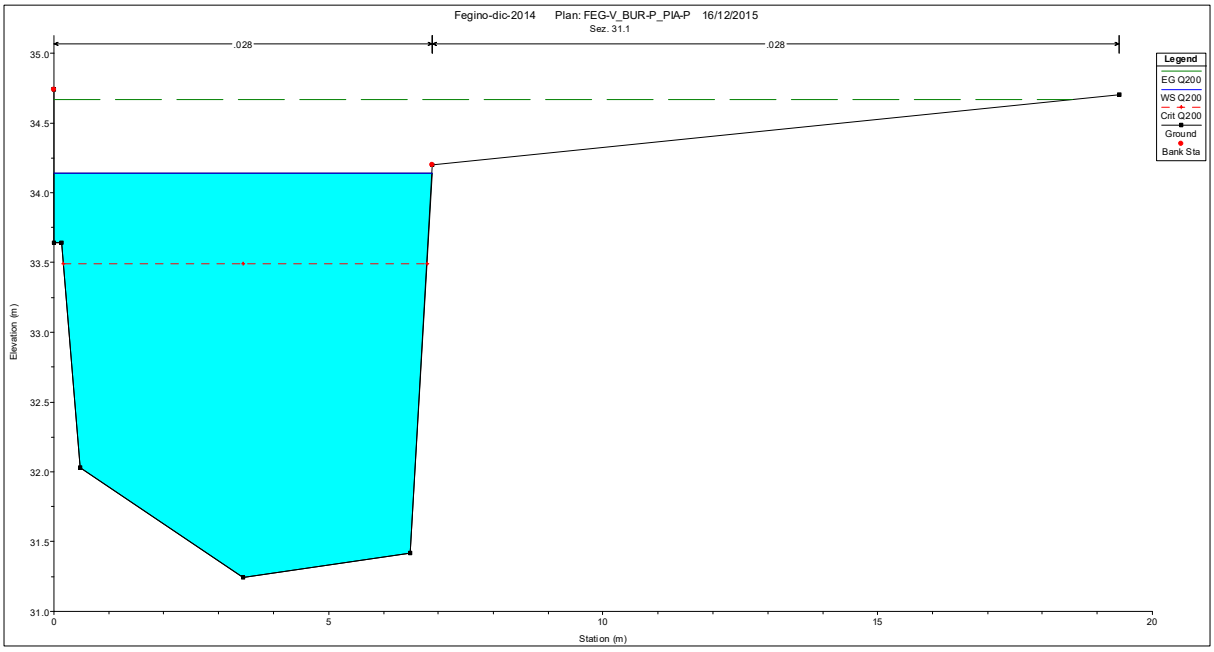
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



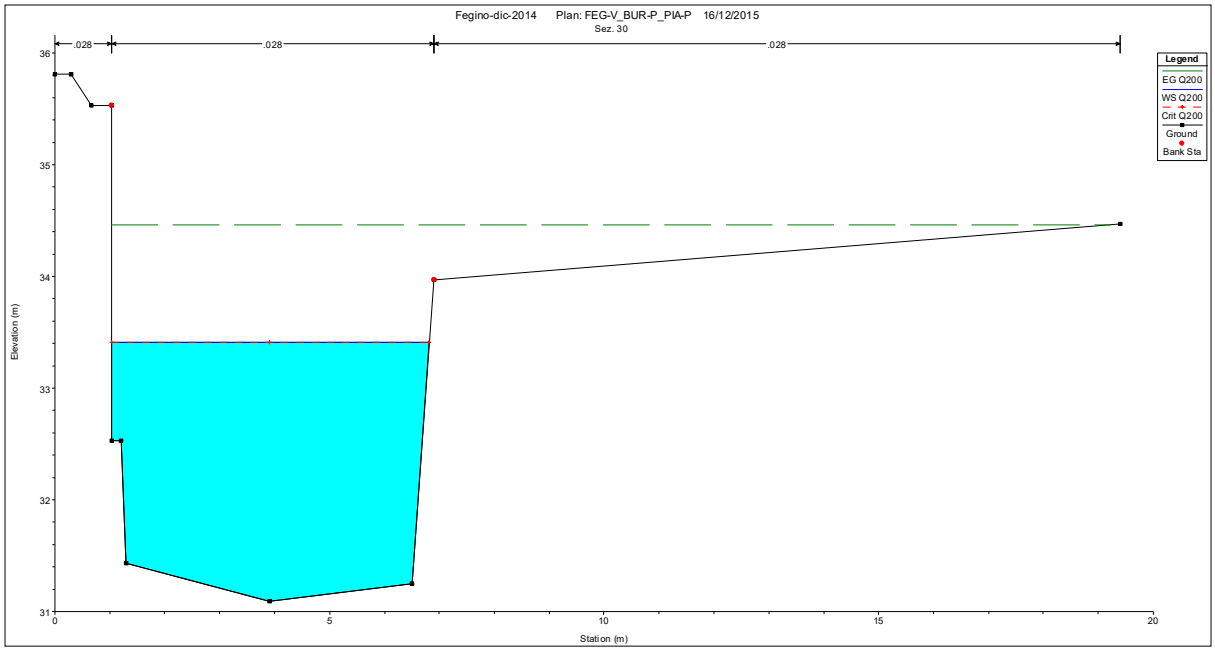


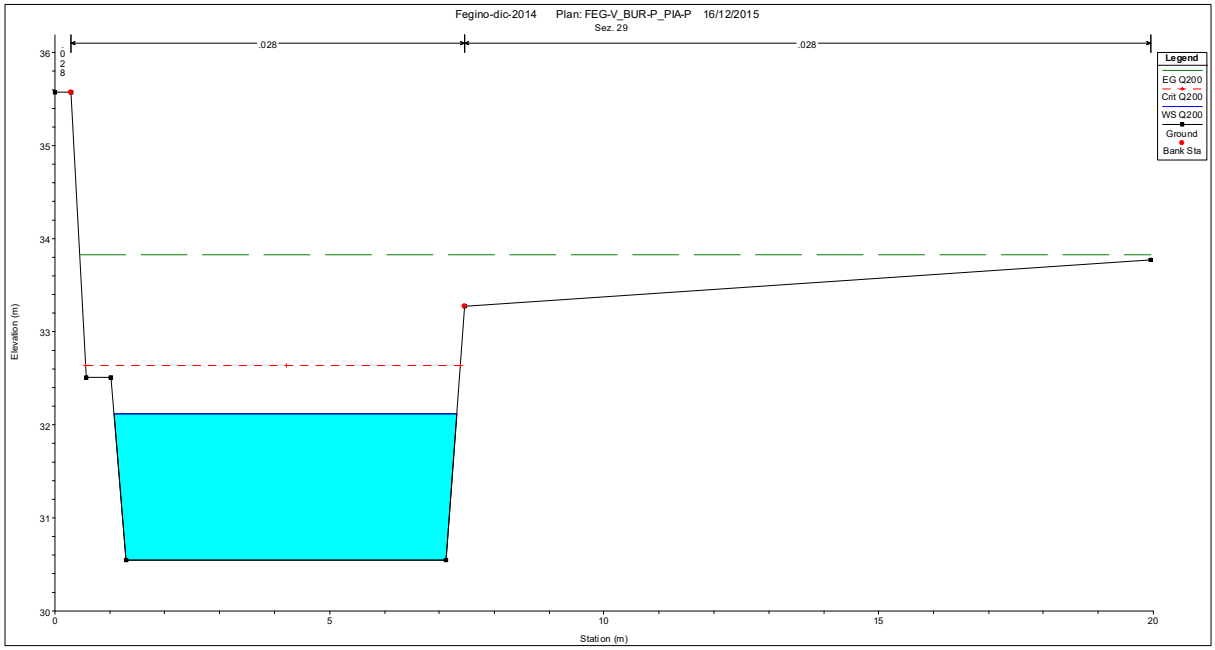
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



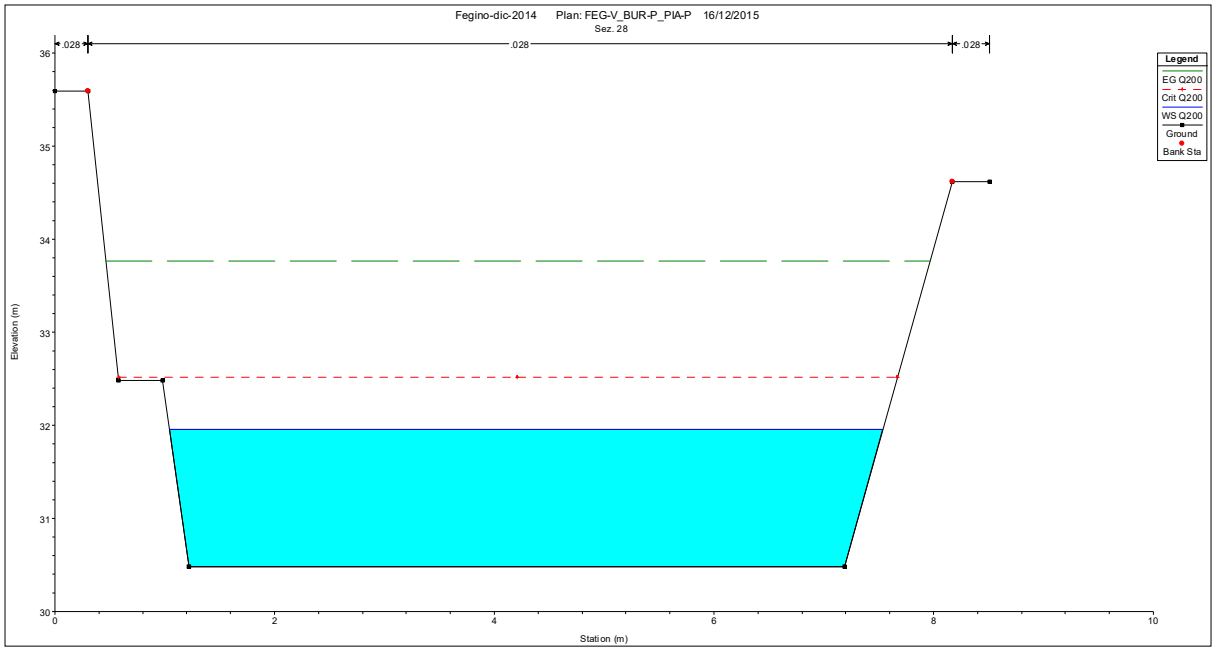


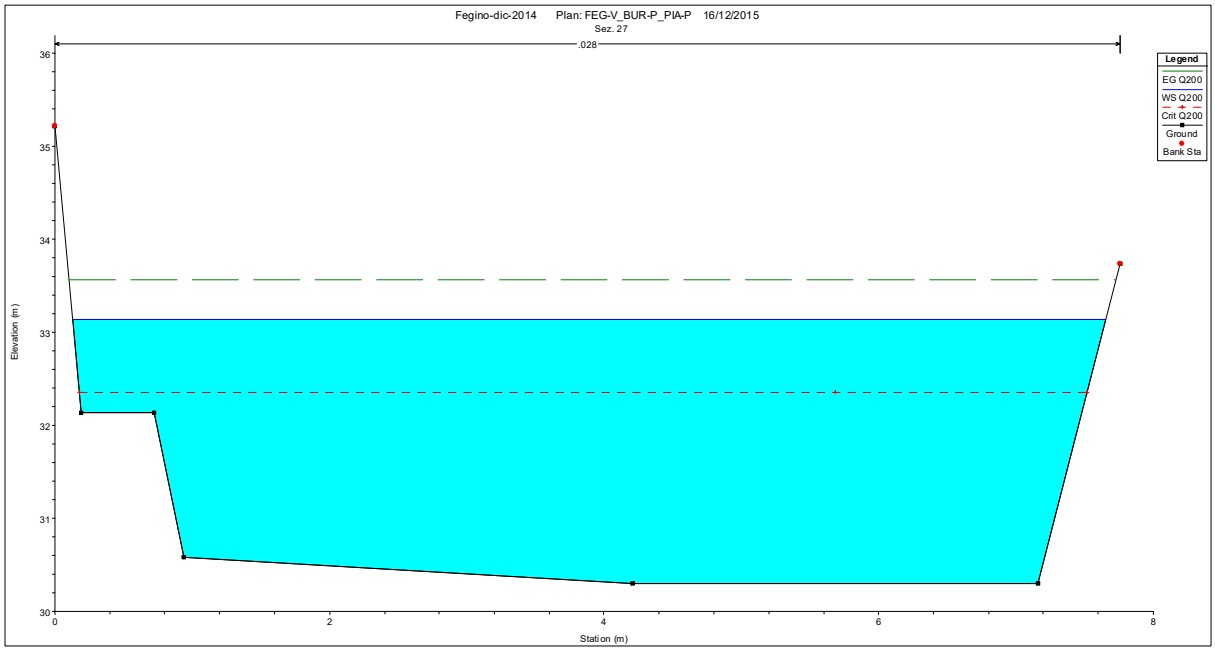
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



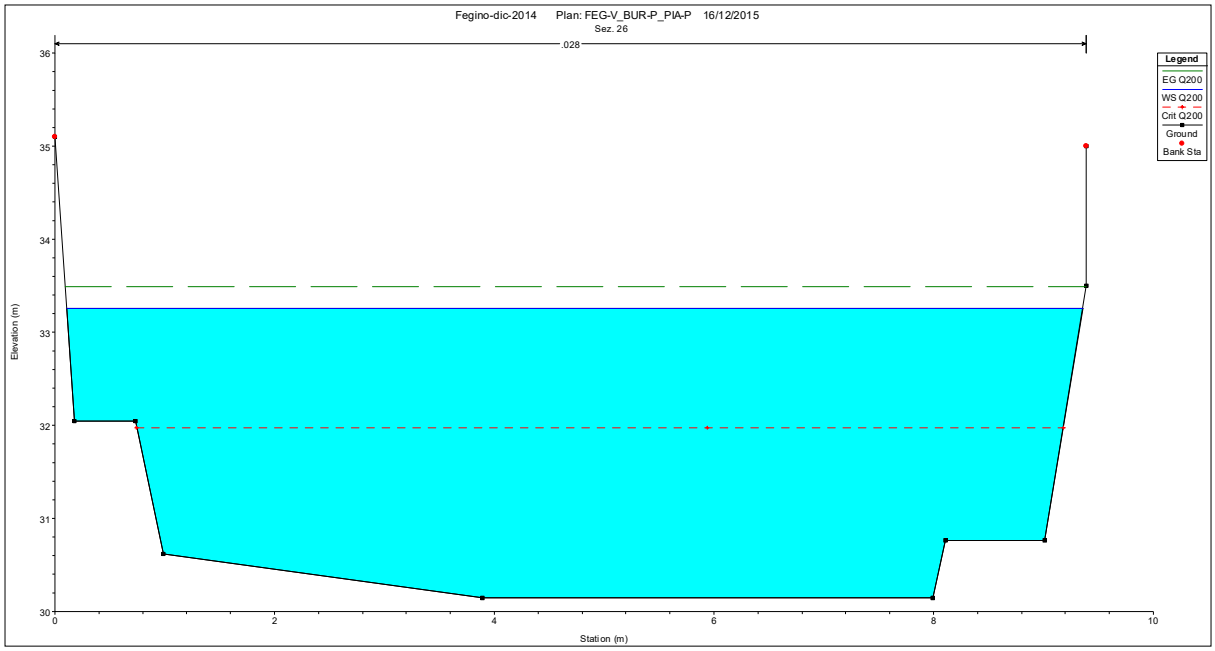


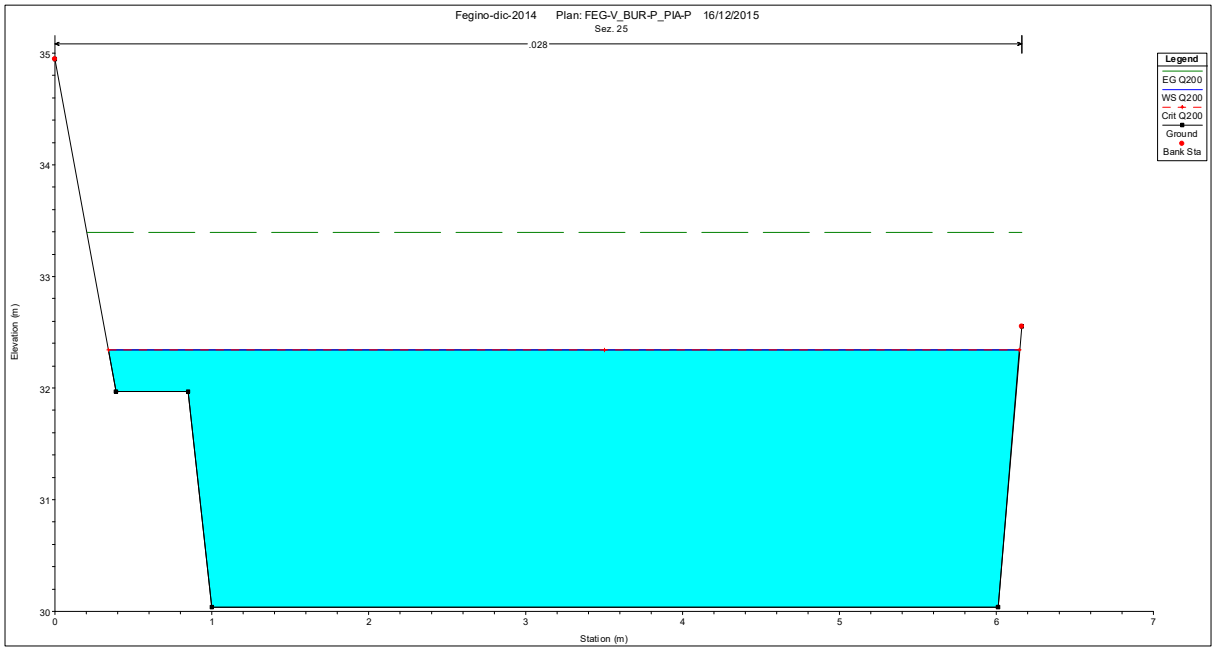
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



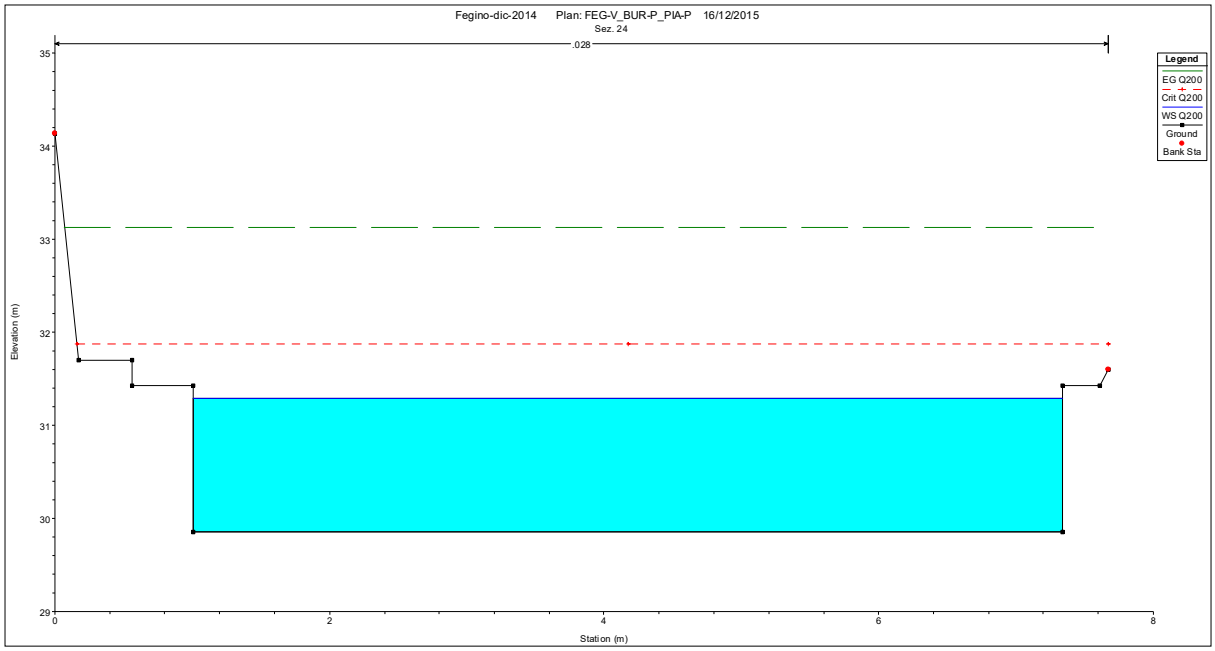


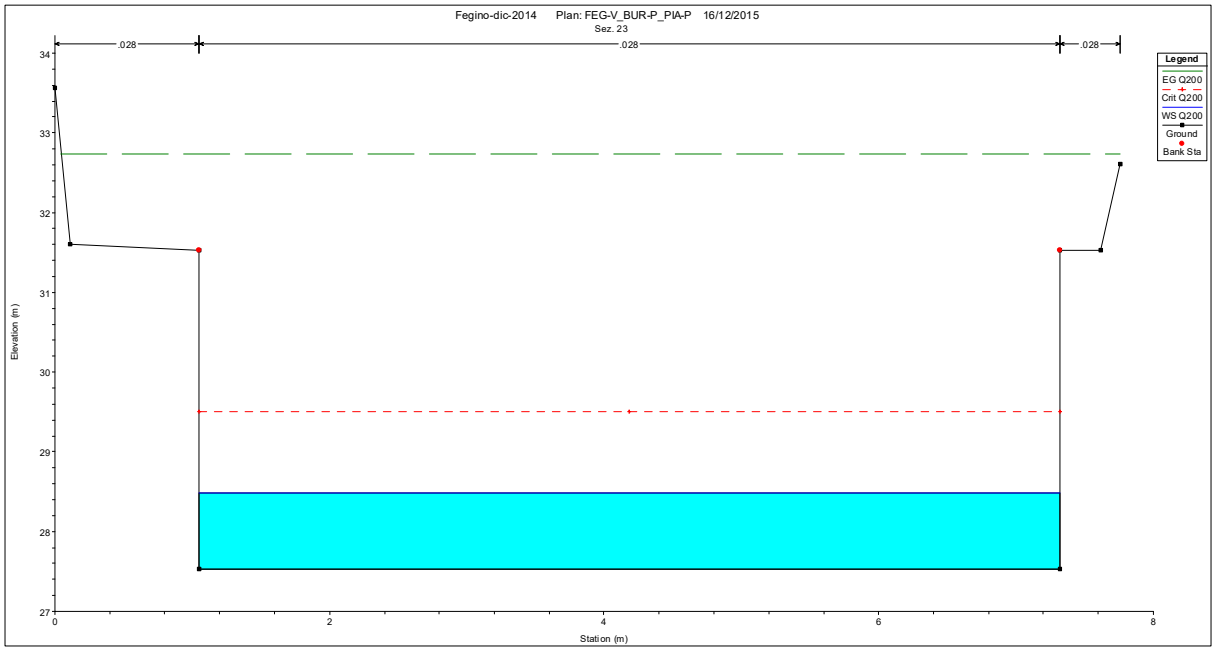
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



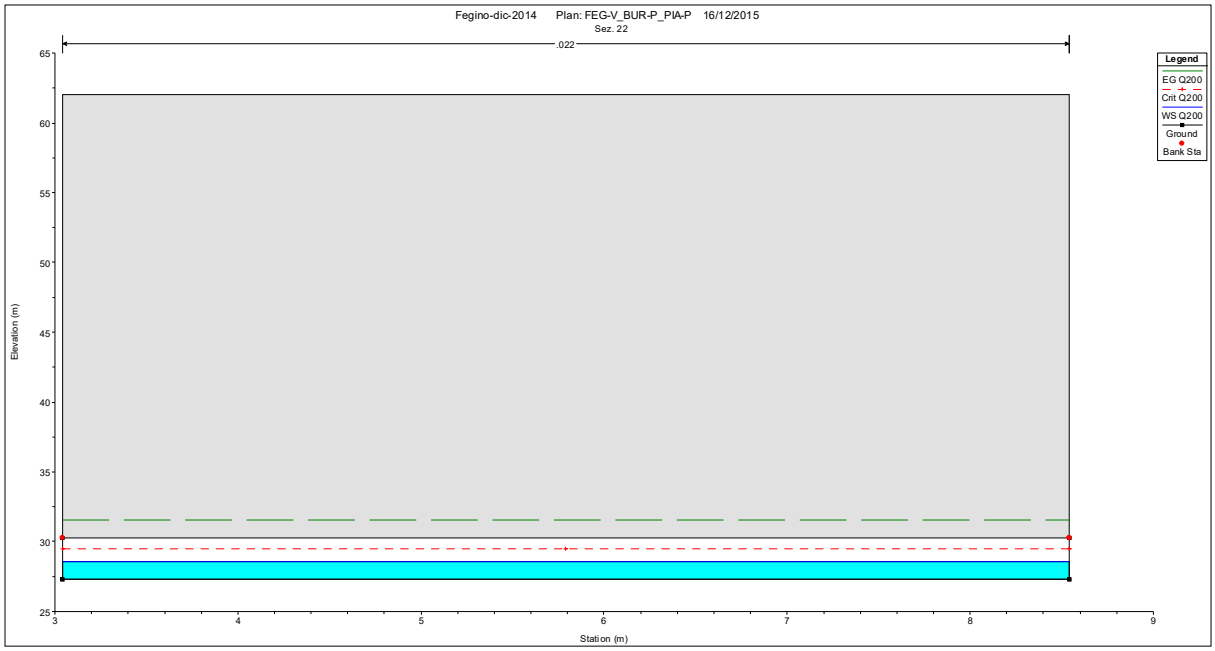


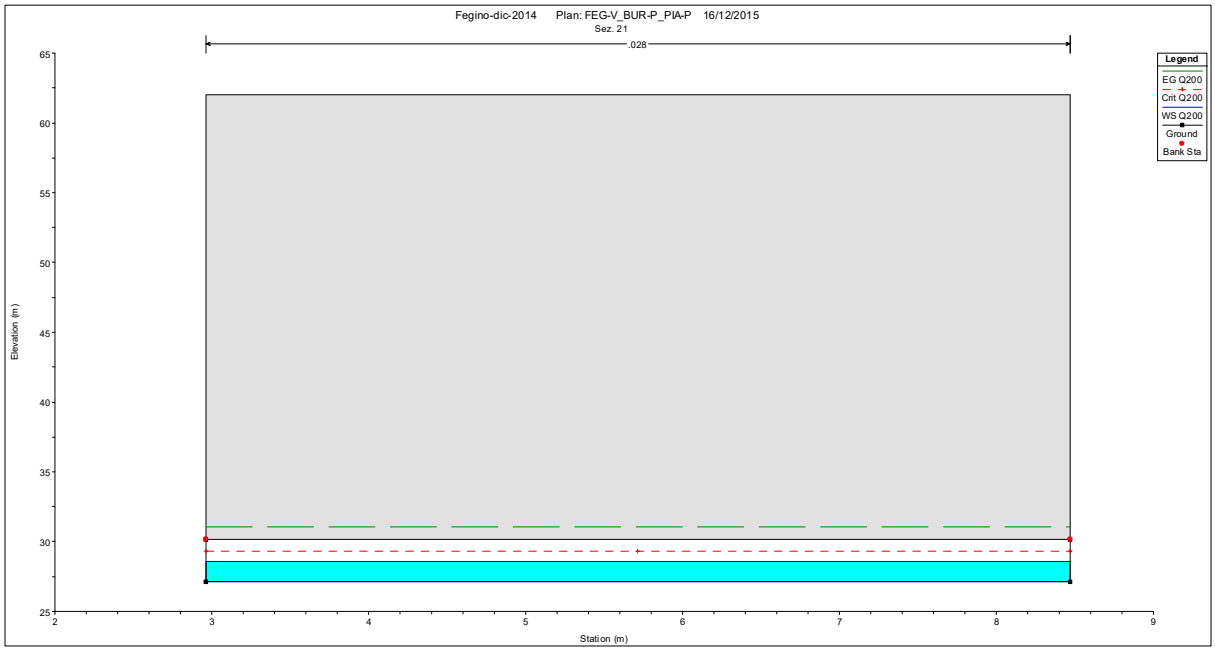
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



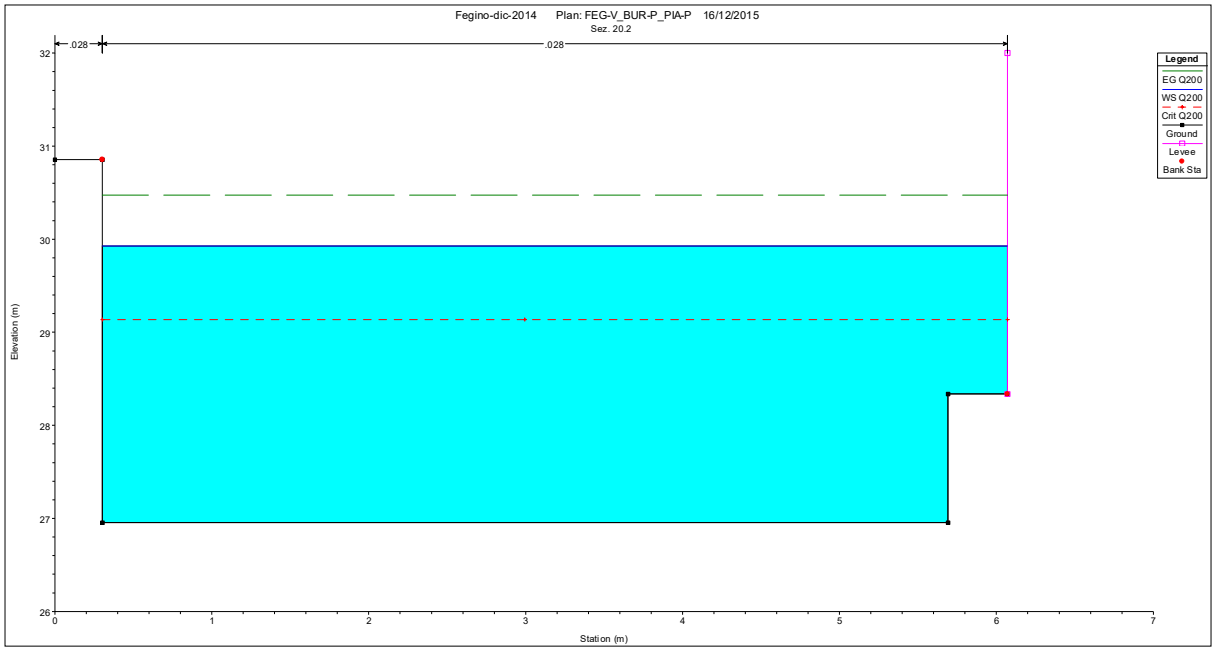


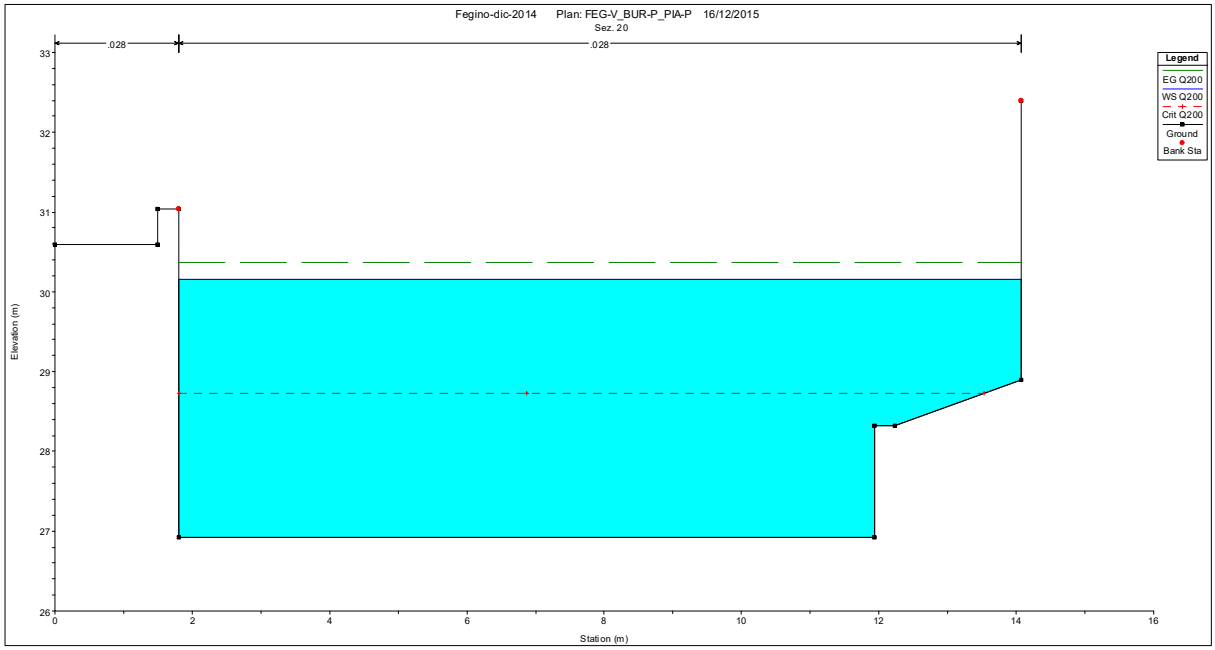
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



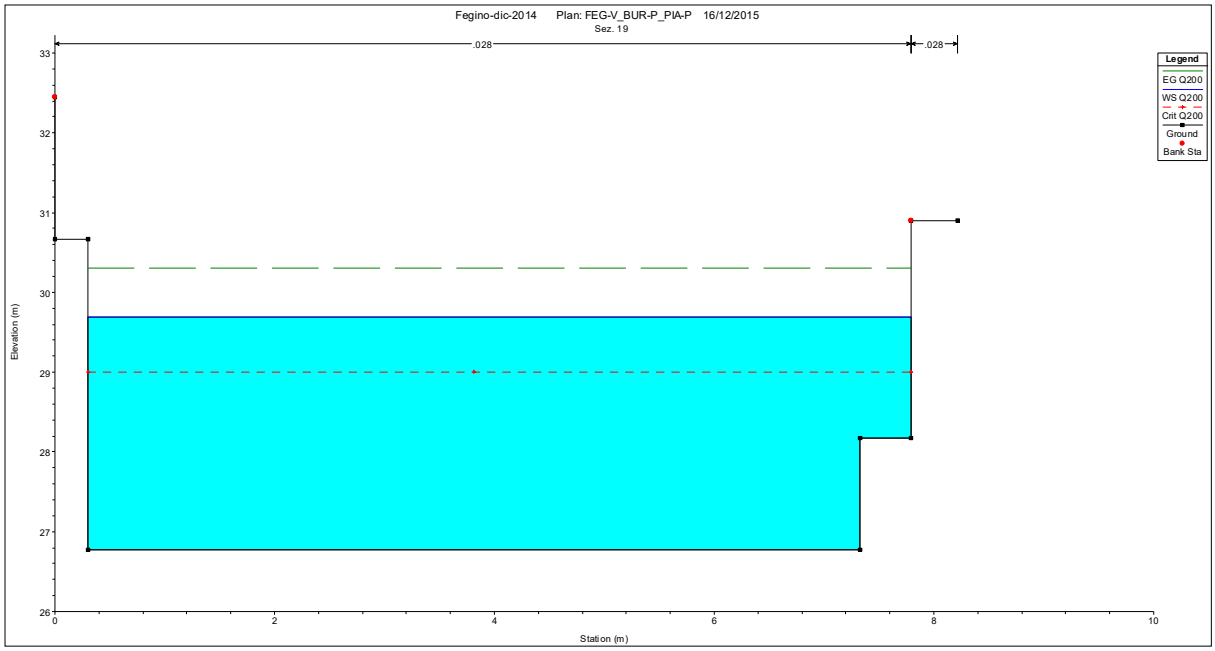


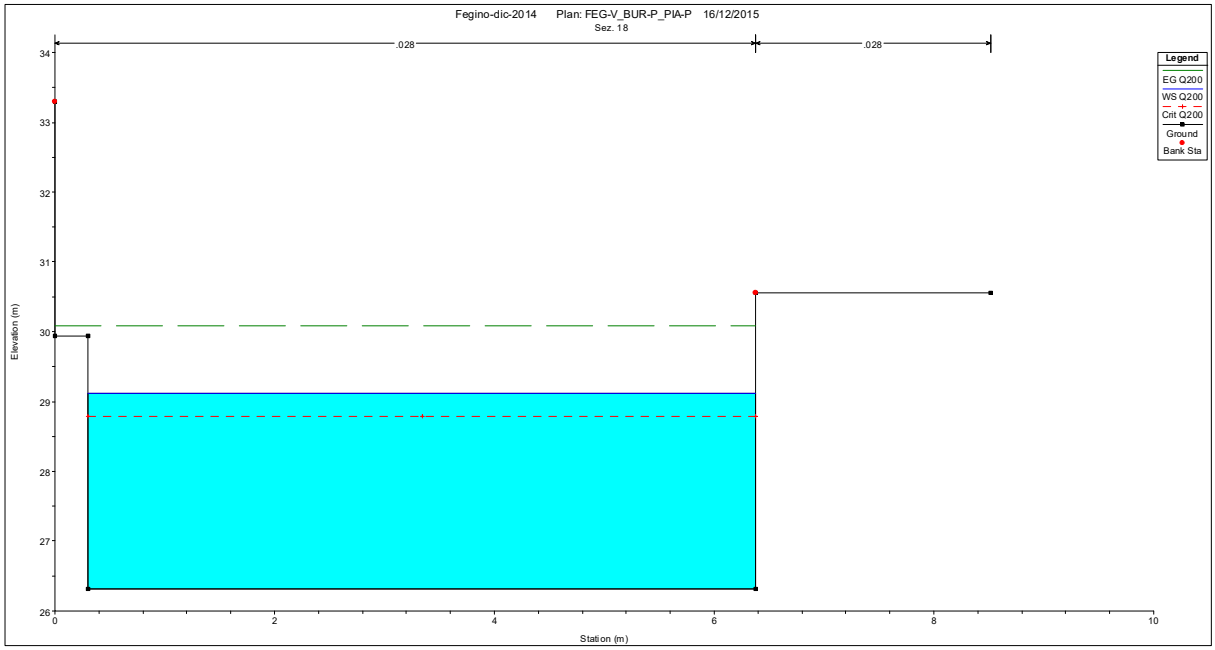
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



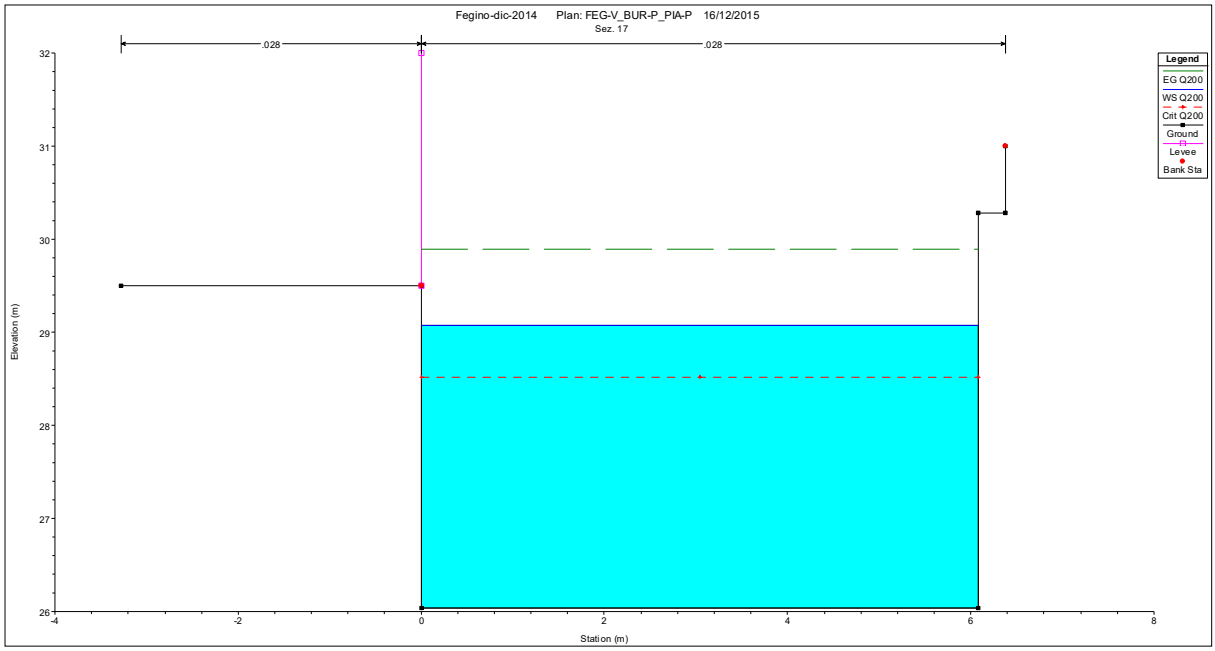


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta





È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta


Fegino-dic-2014 Plan: FEG-V_BUR-P_PIA-P 16/12/2015
Sez. 17
.028
.028
Legend
EG Q200
WS Q200
Crit Q200
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
32
31
30
29
28
27
26
-4
-2
0
2
4
6
8